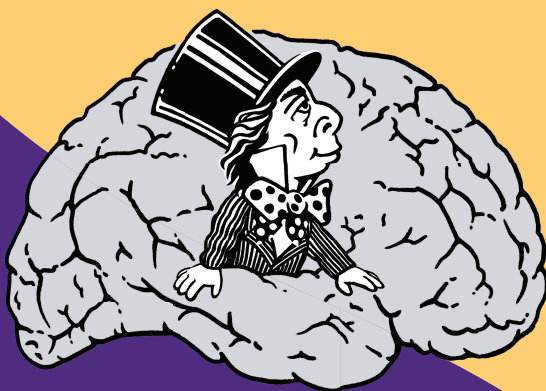


КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2021

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ
НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ **2021**

ПОД РЕДАКЦИЕЙ Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ,
М.В. ФАЛИКМАН, А.Я. КОЙФМАН

Москва
БукиВеди, ИППИП
2021

УДК 159.9
ББК 88.25
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 23–24 июня 2021. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман, А.Я. Койфман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППип. 2021 г. — 556 стр.

ISBN 978-5-4465-3292-6

УДК 159.9
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-3292-6

© Авторы статей, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редакторов.....	12
Программный комитет конференции.....	14
Организационный комитет конференции	14
 Часть I. Новые исследования	15
 Antonova N., Khudyakova M., Shibanova M., Nelyubina M., Surova A., Vorobyova A., Minnigulova A., Yashin K., Medyanik I., Zuev A., Gronskaia N., Dragoy O. Discourse production before and after brain tumor removal: Evidence from three elicitation tasks	17
 Gordeyeva E., Bronov O., Kopachev D., Kremneva E., Petrosyan D., Zuev A., Dragoy O. Comparison of pre- and postoperative cognitive performance in patients with meningiomas	22
 Karpinskaya V.J., Lyakhovetskii V.A., Hutcheon T., Dotdaeva A.R. Preschooler's motor and verbal estimation of visual illusions	28
 Kromina A., Laurinavichyute A. Eye movement comparison during reading in deaf and hard-of-hearing russian sign language speakers	33
 Miasnikova A.S., Chernyshev B.V. Feedback-related beta-band power predicts exploration in a probabilistic gambling task	39
 Nazarova M.A., Asmolova A.S., Ivanina E.O., Makarova M.M., Novikov P.A., Reshetnikov M.L., Nikulin V.V. Multi-muscle tms mapping for the assessment of motor cortex reorganization during hand motor skill acquisition	45
 Алексеева С.В., Зубов В.И. Регистрация движения глаз при чтении текста на бумаге: роль шрифта <i>LexiaD</i>	51
 Андрянова Н.В., Филиппова М.Г., Карпинская В.Ю. Роль иллюзорного контекста в задаче поиска различий	58
 Ануфриева А.А., Горбунова Е.С. Устойчивость внимания в цифровой среде	64

Асланов И.А., Судоргина Ю.В., Котов А.А. Влияние вербального ярлыка на оценку суждений о категории сохраняется, даже если мы не помним ярлык	69
Березнер Т.А. Может ли наличие изображений быть модератором эффекта не-беглости при запоминании слов?	75
Берлин Хенис А.А., Пучкова А.Н., Горбачева А.В. Восприятие мемов и демотиваторов: исследование методом айтрекинга	80
Буйницкая С.Д., Смирнова А.А., Самулеева М.В., Ершов Е.В., Чимирис М.Ю., Алкеева Е.В. Оценка способности серых ворон (<i>Corvus cornix</i>) оперировать представлениями о размере своего тела: предварительные данные	56
Веденина О.Д., Ладинская Н.С., Лопухина А.А., Барцева К.В., Гольдина С.М., Здорова Н.С., Каприелова А.В., Староверова В.Н., Драгой О.В. Влияние факторов речевого развития на формирование навыков чтения у русскоязычных детей	92
Верхлютов В.М., Бурлаков Е.О. Ментальный трекинг в зрительной коре в состоянии покоя	96
Виницкий Д.А., Меньшикова Г.Я., Сергеев А.А., Кисельников А.А. Субъективные цвето-эмоциональные пространства имеют близкую структуру на перцептивном и семантическом уровне	102
Воскресенская Е.Ю. Эффекты последствий при решении однотипных мнемических задач	108
Герасименко Н.Ю., Кушнир А.Б., Михайлова Е.С. Влияние уровня категоризации и степени конгруэнтности предшествующей маски на опознание изображений предметов	113
Гершкович В.А., Васильева А.С. Искажение воспоминаний о сделанном выборе под влиянием прочтения комментариев и оценок других людей	120
Гершкович В.А., Морошкина Н.В., Горицкая А.Д. Роль эффекта генерации и ага!-переживания в припоминании источника решения задачи	126
Горюшкина А.П., Ковалев А.И. Оценка надежности деятельности оператора с применением технологии виртуальной реальности	132

Диффинэ Е.А., Смирнова А.А.

Использование модифицированного варианта Эзопова теста для исследования способности серых ворон (*Corvus cornix*) к пониманию причинно-следственных связей: предварительные данные 138

Жегалло А.В., Басюл И.А., Смольный Я.Н.

Особенности опознавания «базовых» эмоциональных экспрессий при пороговых временах экспозиции 143

Жердева М.П., Артени Н.А., Афанасьева В.М., Котов А.А.

Стратегии категоризации у детей дошкольного и младшего школьного возрастов 149

Захарова М.Н., Сугрובה Г.А., Мачинская Р.И.

Возрастные изменения управляющих функций у детей 5–7 лет 154

Зотова Н.Е., Зотов М.В., Короткова И.С., Белоусова А.Ю.

Выявление когнитивных ошибок другого человека приводит к выработке эффективных стратегий переработки информации 160

Зубов В.И., Прокаева В.О., Риехакainen Е.И.

Ошибка ошибке рознь: что движения глаз могут рассказать о чтении вслух? 166

Каверина М.Ю., Гаврилова Е.В., Галкин М.В., Кроткова О.А., Ениколопова Е.В.

Диссоциация ошибок забывания и ложного узнавания лиц при унилатеральной лучевой терапии 172

Каприелова А.В., Лопухина А.А., Барцева К.В., Веденина О.Д., Гольдина С.М.,

Здорова Н.С., Ладинская Н.С., Староверова В.Н., Драгой О.В.
Влияние фонологической и орфографической обработки на движения глаз при чтении у младших русскоязычных школьников 177

Каримова Е.Д., Буркитбаев С.Е., Ридер Ф.К., Лебедева Н.Н.

Особенности реакции сенсомоторного ритма пациентов с височной эпилепсией при выполнении моторных задач 183

Карчевская А.Е., Каверина М.Ю., Ениколопова Е.В., Кроткова О.А.

«Перевод взора к начинающемуся движению» — один из показателей восстановления смыслового восприятия при тяжелых поражениях мозга 189

Корнеев А.А., Букинич А.М., Матвеева Е.Ю., Ахутина Т.В.

Структурный анализ показателей нейродинамических и управляющих функций на материале комплексного нейропсихологического обследования 195

Корнеев А.А., Ломакин Д.И., Курганский А.В.

Удержание зрительной серийной информации в рабочей памяти: влияние режима предъявления и модальности 201

Коровкин С.Ю., Маркина П.Н. Остроумность лежит в основе инсайтного решения	207
Коровкин С.Ю., Савинова А.Д., Падалка Ю.А., Железова А.В. Схемы в рабочей памяти приводят к полному инсайту и переживанию изящности решения	212
Королькова О.А., Хозе Е.Г., Рябинина Е.В. Влияние социального контекста на восприятие сложных эмоциональных экспрессий	218
Кузьмина Ю.В., Захаров И.М., Лобаскова М.М., Маракшина Ю.А. Изменчивость эффекта конгруэнтности для несимволического чувства числа в зависимости от условий предъявления стимулов	224
Кулиева А.К. Ретроспективный подход к измерению прогноза эффективности выполнения когнитивных задачах	231
Кушнир А.Б., Михайлова Е.С., Герасименко Н.Ю. Взаимосвязь стратегий навигационного поведения и ориентационной чувствительности. Половые различия	236
Ларионова Е.В., Мартынова О.В. Восприятие орфографических ошибок носителями русского языка с различным уровнем грамотности: исследование вызванных потенциалов	242
Лихоманова Е.Н., Ковалева А.В. Особенности некоторых управляющих функций и слухомоторной синхронизации у детей, перенесших лечение по поводу опухоли задней черепной ямки	248
Логинов Н.И., Спиридонов В.Ф., Курбанов К.А., Ардисламов В.В., Аммалайнен А.В., Вязовкина В.К. Устойчивые индивидуальные различия в предпочтениях ментального vs воплощенного режимов решения мыслительных задач	255
Лопухина А.А., Гольдина С.М., Лауринавичюте А.К., Искра Е.В., Драгой О.В. Специфика движений глаз при чтении предложений у детей с дислексией	261
Манюхина В.О., Ростовцева Е.Н., Прокофьев А.О., Обухова Т.С., Шнейдерман Дж.Ф., Строганова Т.А., Орехова Е.В. Модуляция магнитоэнцефалографических гамма осцилляций в зрительной коре у здоровых людей связана с чувствительностью к сенсорным стимулам	267

Марченко О.П., Гурьянов Н.С. Самооценки силы эмоционального возбуждения в коллективистских и индивидуалистских обществах	273
Медынцев А.А., Сабадош П.С., Коган А.А., Комаровская А.И., Харазян А.Г. Произвольный компонент в движении взгляда при решении анаграмм	279
Меньшикова Г.Я., Величковский Б.Б., Бугрий Г.С., Савельева О.А. Точность формирования пространственных репрезентаций в рабочей памяти	285
Монина М.Ю., Жердева М.П., Котова Т.Н., Котов А.А. Тренировка вербализации частей объекта улучшает осознание правил, но не научение им у детей 6 – 8 лет	291
Морошкина Н.В., Замковая М.Е., Гершкович В.А. Ретроспективное искажение интуитивных оценок решаемости инсайтных задач после знакомства с правильными ответами	296
Морошкина Н.В., Павлючик Е.И. Вызывает ли преодоление фиксированности при решении анаграмм последующее забывание фиксирующих слов?	302
Николаева Ю.В. Дискурсивные маркеры и их корреляты в жестикуляции	307
Павлова А.А., Тюленев Н.Б., Третьякова В.Д., Скавронская В.В., Николаева А.Ю., Прокофьев А.О., Чернышев Б.В., Строганова Т.А. Усвоение ассоциации между движением и словом сопровождается усилением бета-ритма во время и после движения	313
Палихова Т.А., Пивоваров А.С. Существование $\alpha 7$ никотиновых рецепторов ацетилхолина на идентифицированных нейронах наземной улитки	319
Паникратова Я.Р., Абдуллина Е.Г., Тихонов Д.В., Голубев С.А., Каледа В.Г., Лебедева И.С. Вербальные ассоциации и функциональная связанность дополнительной моторной коры у длительно болеющих пациентов с шизофренией	323
Перепелкина О.В., Огиенко Н.А., Полетаева И.И. Решение элементарных логических задач лабораторными мышами	329
Петрова Т.Е. Поликодовый текст в исследованиях Петербургской школы психолингвистики	334

Прокопеня В.К., Ахапкин Д.Н., Саенко Е., Жунусова А. <i>Я к розам хочу, в тот единственный сад: роль дейксиста</i> к воображаемому при восприятии поэтического текста	339
Пряхина Т.В., Белова С.С. Связь индивидуальных различий в управляющих функциях с успешностью решения анаграмм и задач на отдаленное ассоциирование	345
Пучкова А.Н., Берлин Хенис А.А., Лебедева М.Ю., Лапошина А.Н. Проявление уровня сформированности читательских навыков и эффектов длины и частотности слова в окуломоторной активности при чтении учебных текстов младшими школьниками	351
Ребрейкина А.Б., Мартынова О.В. Связанные с событиями потенциалы при восприятии слов с орфографическими ошибками разных типов у подростков	357
Рехова Т.С., Морошкина Н.В. Стратегия спонтанного прерывания при решении инсайтных задач на материале задач на поиск отдаленных ассоциаций	363
Риехакайнен Е.И., Скоробагатько Л.Л. Влияет ли формат представления информации на эффективность усвоения учебного материала при онлайн-обучении?	369
Савина А.И., Морошкина Н.В., Ошканова А.П. Интуиция и инсайт: связь интуитивного чувства когерентности и ага!-переживания при решении задач на поиск отдаленных ассоциаций	375
Савинова А.Д., Коровкин С.Ю. В ожидании чуда: эмоции, ожидания и инсайтные задачи	381
Сайфулина К.Э., Козунова Г.Л., Медведев В.А., Чернышев Б.В. Два конфликта при принятии решений в гэмблинг- задаче: пупиллометрическое исследование	388
Селиванова Е.И., Спиридонов В.Ф. Запоминаются ли лучше главные члены предложения по сравнению со второстепенными?	395
Скороходов И.В., Иванова М.А., Семиреченко А.Н., Ткаченко О.Н., Варламов А.А. Характеристики ЭЭГ-ответа быстрой осозательной системы на прекращение стимуляции	400

Спиридонов В.Ф., Логинов Н.И., Аммалайнен А.В., Вязовкина В.К., Ардисламов В.В., Ануфриев Г.В. Ментальные модели в действии: разница времени у согласованных ответов на связанные утверждения меньше, чем у несогласованных	405
Староверова В.Н., Лопухина А.А., Здорова Н.С., Ладинская Н.С., Веденина О.Д., Гольдина С.М., Каприелова А.В., Барцева К.В., Драгой О.В. Фонологическая и орфографическая обработка в парафовеальной области при чтении у детей и взрослых	411
Фомина М.А., Ахутина Т.В., Матвеева Е.Ю., Корнеев А.А. Возрастная динамика при выполнении методики на слухоречевую память у детей 7 – 10 лет	417
Фомичева А.Д., Бурмистров С.Н., Агафонов А.Ю. Возможно ли обнаружение закономерностей в структуре подпороговой информации?	422
Хватов И.А., Харитонов А.Н., Соколов А.Ю. Серые крысы (<i>Rattus norvegicus</i>) учитывают вес собственного тела при оценке прочности опоры	428
Хозе Е.Г., Басюл И.А., Лупенко Е.А., Юрьева М.В., Маринова М.М. Оценка уровня понимания вербальных обозначений базовых эмоций детьми младшего школьного возраста	434
Чехонин И.В., Спиридонов В.Ф. Существует ли моторная семантика: влияние моторного прайминга на запоминание существительных	440
Шеденко К.Ю., Анисимов В.Н., Латанов А.В. Глазодвигательные, электроэнцефалографические и вегетативные корреляты интереса при сочетанном предъявлении изображений и текста	445
Шурупова М.А., Миронец С.А., Девятерикова А.А., Касаткин В.Н., Латанов А.В. Зрительно-пространственное внимание и память у детей с дисфункцией мозжечка: глазодвигательные и когнитивные показатели	451
Юрченко А.Н., Шарафутдинова Д.М., Головтеев А.Л. Лексическая обработка на уровне отдельных слов и дискурса у пациентов с височной эпилепсией	456

Часть II. Новые методы	461
Blokhina T.I., Dorokhov V.B. Development of methods for two-way communication with a dreamer in the state of lucid dreaming	463
Chernova D., Bakhturina P. Developing the Russian Author Recognition Test: A tool to assess print exposure	469
Kotov A., Filatov A. Imagination and the theory of mind: Simulation of semantic domains for a companion robot	474
Razmyslovich A., Buivolova O., Samoukina A., Ivanova E., Iskra E., Soloukhina O., Pakholiuk O., Shlyakhova A., Ivanova M., Malyutina S., Dragoy O. Combination of verb network strengthening treatment with different types of non-invasive brain stimulation	479
Беглер А.М., Ануфриев Г.В. Формальная модель переменных как часть инфраструктуры для обеспечения принципов FAIR в поведенческих экспериментах	484
Владимиров И.Ю., Макаров И.Н., Бушманова А.С. Поведенческие корреляты основных стадий инсайтного решения	490
Горбунов И.А., Морозова С.В. Диагностика использования математических и статистических методов в психологии: нелинейные алгоритмы анализа аннотаций статей	496
Дорофеева С.В., Гринько И.Ю., Перевощикова Т.Д., Драгой О.В.Дорофеева С.В., Гринько И.Ю., Перевощикова Т.Д., Драгой О.В. Разработка тестов на чтение слов и псевдослов для оценки навыков чтения у русскоговорящих детей	502
Дубровский В.Е., Лунякова Е.Г., Крускоп А.С., Гарусев А.В. Проблемы и методы оценки характеристик глазного дрейфа	508
Евдокимова А.А. К вопросу о методике выделения функциональных типов жестов в цефалическом канале в рамках мультиканального анализа	515

Зинина А.А., Котов А.А., Зайдельман Л.Я., Аринкин Н.А. Моделирование эмоций разной глубины на роботе Ф-2	521
Лелик В.П., Лопухина А.А. Ранние этапы формирования словарного запаса у русскоязычного ребенка 1–3 лет (на материале корпуса CHILDES)	526
Митюрева Д.Г., Бобров П.Д., Ребрейкина А.Б., Сысоева О.В. Применение метода независимых компонент для анализа характеристик мю- и альфа-ритма у детей	532
Согоян Г., Ледовский А., Некрашевич М., Мартынова О., Шараев М. Веб-интерфейс для автоматической разметки независимых компонент электроэнцефалографии	538
Черная Т.П., Спиридонов В.Ф. Метод компьютерной обработки моторных протоколов решения задачи 9 точек	543
Чжао Д.Г., Московский А.Д., Мельничук Е.В., Величковский Б.М., Шишкин С.Л. Чем интересна ЭЭГ, регистрируемая при управлении роботизированной инвалидной коляской с помощью взгляда?	548

ОТ РЕДАКТОРОВ

Перед вами сборник материалов шестой конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования» (2021), которую мы проводим каждые два года в течение уже десяти лет. С 2011 года конференцию проводил Московский семинар по когнитивной науке, а в настоящее время организует «Российский журнал когнитивной науки» при поддержке Международного института психосоматического здоровья, Института практической психологии и психоанализа и НИИ нейропсихологии письма и речи.

Особенность этой серии конференций состоит в том, что на ней представляются исключительно стендовые доклады. Благодаря этому участники получают возможность подробно обсудить результаты своих исследований как со специалистами, так и с представителями смежных областей науки.

В сборнике представлены материалы 93 из 120 докладов, вошедших в программу конференции (в этом году появилась возможность представить доклады без публикации для тех участников, чьи материалы уже были ранее опубликованы или находятся на рассмотрении в журналах). На каждую заявку авторы получили по две рецензии членов Программного комитета, а в некоторых случаях между авторами, рецензентами и редакторами развернулась обстоятельная переписка.

Несмотря на название конференции, ее география в этом году традиционно вышла за пределы Москвы и России: в сборнике представлены работы исследователей из Санкт-Петербурга, Ярославля, Самары, Нижнего Новгорода, Тамбова, Пензы, Сочи, Ульяновска, Чехова Московской области, а также когнитивистов, работающих в Гётеборге, Нью-Йорке, Амстердаме, Беркли и Аугсбурге. И хотя за годы проведения конференции круг учёных, представляющих на ней свои исследования, в целом сформировался, мы неизменно рады видеть в числе участников новые научные группы и новых молодых исследователей — нейробиологов, психологов, лингвистов, специалистов в области компьютерных наук и медицины.

В первую часть сборника — «Новые исследования» — традиционно вошли результаты фундаментальных и прикладных эмпирических исследований в области восприятия, внимания, памяти, мышления и решения задач, обработки эмоциональной информации, когнитивного развития, поведения животных и многого другого. А вторая часть — «Новые методы» — объединила немногочисленные, но крайне интересные работы, в которых предлагаются новые методы и инструменты для проведения когнитивных исследований.

Нам представляется, что методические находки могут сыграть не менее важную роль в развитии исследований, чем новые результаты, обычно обсуждаемые на нашей конференции. В этом году множество исследований пришлось перенести в онлайн-формат, что также обогатило науку новыми методами и методическими приемами, нашедшими отражение в обеих частях сборника.

Мы признательны членам Программного комитета конференции, которые проделали большую работу по рецензированию и отбору поступивших заявок. Мы также благодарны С.М. Злочевскому, А.А. Акопяну, Е.М. Лаптевой, Я.Р. Паникратовой, М.А. Фоминой, В.С. Василенко, К. Кэллахан, П.Г. Лебедевой, Н.П. Власенко и И.Б. Цюю за техническую помощь в обработке результатов рецензирования и в подготовке сборника, прошедшей в рекордные сроки.

Электронная версия сборника и дополнительные материалы будут выложены на сайте конференции (conf.virtualcoglab.org).

Екатерина Печенкова
Мария Фаликман
Александра Койфман

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Т.В. Ахутина, д. психол. наук
С.А. Бурлак, д. филол. наук
Н.А. Варако, к. психол. наук
Р.М. Власова, к. психол. наук
А.А. Досовицкий, к. физ-мат. наук
В.Е. Дьяконова, д. биол. наук
А.А. Кибрик, д. филол. наук
О.А. Королькова, к. психол. наук
С.Ю. Коровкин, к. психол. наук
О.П. Кузнецов, д. техн. наук
А.В. Курганский, д. биол. наук
А.А. Лопухина, к. филол. наук
Д.В. Люсин, к. пед. наук
С.А. Малытина, Ph.D. in Communication Sciences and Disorders
Р.И. Мачинская, д. биол. наук
Б.Г. Мещеряков, д. психол. наук
Н.В. Морошкина, к. психол. наук
О.С. Перепелкина, к. психол. наук
Е.В. Печенкова, к. психол. наук
В.К. Прокопеня, к. филол. наук
О.Е. Сварник, к. психол. наук
В.Ф. Спиридонов, д. психол. наук
И.С. Уточкин, к. психол. наук
М.В. Фаликман, д. психол. наук
С.Л. Шишкин, к. биол. наук

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Е.В. Печенкова
А.Б. Абраменко
В.С. Василенко
О.Р. Добрушина
А.Я. Койфман
Е.М. Лаптева
С.Е. Мартынов
Я.Р. Паникратова
Е.А. Спиркина
М.В. Фаликман
М.А. Фомина
Ю.И. Шпуров

ЧАСТЬ I. НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

DISCOURSE PRODUCTION BEFORE AND AFTER BRAIN TUMOR REMOVAL: EVIDENCE FROM THREE ELICITATION TASKS

N. Antonova* (1), M. Khudyakova (1), M. Shibanova (1), M. Nelyubina (1),
A. Surova (1), A. Vorobyova (1), A. Minnigulova (1), K. Yashin (2), I. Medyanik (2),
A. Zuev (4), N. Gronskaya (1), O. Dragoy (1, 5)
natalie.eskadron@gmail.com

1 – National Research University Higher School of Economics, Nizhny
Novgorod/Moscow; 2 – Privolzhsky Research Medical University, Nizhny
Novgorod; 3 – Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow;
4 – Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow;
5 – Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow

Abstract. The purpose of the present study was to examine discourse production in people with left hemisphere brain tumors before and after surgery. Discourse samples were collected from 21 patients by using three elicitation tasks: personal stories, sequential pictures and procedural pictures. The patients' results were compared with the results of the normative sample of 73 people in four age groups. Our analysis of characteristics such as total number of tokens, articulatory speech rate, median length of absolute pauses and lexical diversity revealed that there was no significant difference between the results in pre- and post surgical periods in patients who demonstrated improvement or remained unchanged after surgery. Interestingly, we found a significant difference in the total number of tokens before and after surgery in the group of patients with overall language deterioration.

Keywords: neurolinguistics, discourse production, spontaneous speech, discourse analysis, brain tumors

This research is supported by the Russian Science Foundation, Grant № 20-18-00.

Introduction

Spontaneous speech is a crucial language modality in daily communication. Patients with brain tumors have language deficits that disrupt communicative language behaviour. Analysis of spontaneous speech allows us to evaluate language production on different levels (Bryant et al., 2017; Linnik et al., 2015). Furthermore, spontaneous speech assessment is essential in terms of language deficits treatment while both its outcomes and results of formal language testing contribute to the adequate therapy procedure. Additionally, evaluation of spontaneous speech may detect the mutual influence of different linguistic levels be-

cause, for example, morphosyntax, phonology, and word findings only interact in discourse (Prins, Bastiaanse, 2004).

There are two main methods which are often used to evaluate spontaneous speech. First is assessing different language aspects on a restricted number of scales, for instance, phrase length or grammatical form. Second is quantitative assessment of linguistic variables such as mean length of utterances or content and function words ratio. For quantitative analysis, typical spontaneous speech tasks are description of situational pictures or telling a story (Prins, Bastiaanse, 2004). The genre of discourse is known to influence the quantitative aspects of spontaneous speech (Fergadiotis, Wright, 2011; Olness, 2006). For this reason, discourse samples of different genres will be examined.

Satoer et al. (2013) claimed that before surgery patients produced more incomplete sentences where content words were omitted. Additionally, it was suggested that after surgery patients with brain tumors generated shorter sentences than people from the normative group (Satoer et al., 2013). The purpose of the present study was to examine discourse production pre- and post-operatively in more detail, using the following criteria: total number of tokens, articulatory speech rate, median length of absolute pauses and lexical diversity.

Method

Participants. We tested two groups of people: clinical and normative sample populations. The participants in the clinical group were 21 native Russian speakers (8 women, mean age = 47, $SD=13.8$; average number of years of education = 14, $SD=2.6$) who had tumors in the left hemisphere and were submitted to a surgical resection. Three patients were excluded from future analysis due to the missing results of postoperative language data. For proper language assessment we also collected normative speech data from 73 native Russian speakers without neuropsychological disorders from corresponding age groups: 18–29 (16 females, 5 males; mean age = 20.9, $SD=2.6$; average number of years of education = 14, $SD=2.0$), 30–49 (15 females, 8 males; mean age = 38.1, $SD=6.6$; average number of years of education = 17, $SD=2.9$), 50–64 (14 females, 8 males; mean age = 57, $SD=4.1$; average number of years of education = 17, $SD=2.2$), and 65+ (7 females, 2 male; mean age = 69, $SD=3.4$; average number of years of education = 15, $SD=3.3$). Participants signed the consent form before the experiment. The research was approved by the Ethical Committee of the HSE University.

Materials. We collected and analyzed discourse samples across three elicitation tasks: picture-elicited narratives, personal stories and procedural discourse. We used three comics by Herluf Bidstrup ("Superman", "Discovery of the World", "Wonderful Day") to obtain discourse based on sequential pictures. To elicit personal story production we selected three questions about notable occasions in person's life: (1) Please tell me about the best or the most memorable gift you have received; (2) Please tell about the best or the most memorable trip you have gone on; (3) Please tell me about the best or the most memorable party you have had. As stimuli for procedural discourse elicitation tasks we used IKEA's self-assembly furniture manuals for a chair, a table and a bench. Each participant was

presented with one task at a time. The combinations of tasks in experimental lists were balanced.

Procedure. Normative discourse samples for 18–29, 30–49 and 50–64 age groups were collected online on the Finding Five platform (FindingFive, 2019). Discourse samples in the normative 65+ age group were obtained using printed versions of stimuli. Clinical group discourse samples were collected from patients who underwent surgery for brain tumors in the Privolzhsky Research Medical University (PIMU) in Nizhny Novgorod and National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov in Moscow. Patients were tested at two time points: 1–2 days before surgery and within 3–7 days after surgery. Stimuli for the clinical group were presented on a 10.4-inch tablet. Participants were presented with one task of each type in a fixed order.

The discourse samples were annotated in ELAN (Wittenburg et al., 2006) according to the scheme that includes transcription and segmentation into EDU – elementary discourse units. The annotation scheme also involves marking filled and unfilled pauses as it allows to analyze speech rate characteristics. Lemmatization and part-of-speech tagging stages of annotation make it possible to assess the total number of different tokens and to analyze lexical diversity measures.

Linguistic variables. Articulatory speech rate was calculated by dividing the total amount of syllables in the discourse sample on the length of the sample in minutes with excluded filled and absolute pauses. Moving-average type-token (MATTR; Covington, McFall, 2010) ratio was calculated in R as a measure of lexical diversity. MATTR was calculated as the mean of the type- token ratio (TTR) of speech segments of the length of 30. The calculation of the total number of tokens and median of absolute pauses was based on annotation results.

Results

Since the used elicitation tasks were not standardized, we computed the general interquartile range and interquartile range according to each genre for each age group in order to evaluate patients' performance in comparison with the normative sample. Further, we correlated the results of each individual patient with the quartile of their age group before and after surgery.

Sample of patients was divided into two groups according to the number of identified improvements and/or deteriorations in four parameters. The first group included 11 patients who showed a general deterioration in at least 2 indicators out of 4 after surgery. As for those patients who had 2 worsened parameters, we included in this group only those who had significant deterioration influencing the changes in the quartile. The second group included 7 patients who showed an improvement on 3 out of 4 parameters or remained unchanged after surgery, as well as those who had 2 minor deteriorations out of 4, without a change in the quartile. According to results of the Shapiro-Wilk test we ran a series of paired-samples *t*-tests and the Wilcoxon Signed-Ranks tests. We found that there was no significant difference between pre- and postoperative results in total number of tokens ($Z = 92$, $p = .424$), articulatory speech rate ($t(20) = 1.032$, $p = .314$), median of absolute pauses ($Z = 150$, $p = .554$) and lexical diversity ($Z = 89.5$, $p = .243$) in the group

of patients without deterioration after surgery. In the same vein, the group results with overall deterioration did not demonstrate the significant difference in the following measures: articulatory speech rate ($Z=225$, $p=.330$), median of absolute pauses ($Z=178$, $p=.068$) and lexical diversity ($Z=182$, $p=.368$). There was a significant difference between pre- and post-operative results in the total number of tokens for the group with overall deterioration ($Z=225$, $p=.022$).

Discussion

The present paper describes preliminary results of an ongoing research. This study was set out with the aim of assessing discourse production in two time points: before and after surgery. To analyze discourse, we examined the total number of tokens, speech rate, median length of absolute pauses and lexical diversity. We did not find a significant difference before and after surgery in the group of patients without deterioration for all of aforementioned parameters. However, we indicated the significant difference in the total amount of tokens before and after surgery in the group of patients who showed the overall deterioration. The difference in the number of tokens can be caused by a general trend towards a decrease in the lexical diversity parameter which might have affected the total number of words in the postoperative period.

References

- Bryant L., Spencer E., Ferguson A. Clinical use of linguistic discourse analysis for the assessment of language in aphasia // *Aphasiology*. 2016. Vol. 31. No. 10. P. 1105–1126. <http://dx.doi.org/10.1080/02687038.2016.1239013>
- Fergadiotis G., Wright H.H. Lexical diversity for adults with and without aphasia across discourse elicitation tasks // *Aphasiology*. 2011. Vol. 25. No. 11. P. 1414–1430. <http://dx.doi.org/10.1080/02687038.2011.603898>
- Linnik A., Bastiaanse R., Höhle B. Discourse production in aphasia: A current review of theoretical and methodological challenges // *Aphasiology*. 2015. Vol. 30. No. 7. P. 765–800. <http://dx.doi.org/10.1080/02687038.2015.1113489>
- Olness G.S. Genre, verb, and coherence in picture-elicited discourse of adults with aphasia // *Aphasiology*. 2006. Vol. 20. No. 2–4. P. 175–187. <http://dx.doi.org/10.1080/02687030500472710>
- Prins R., Bastiaanse R. Analysing the spontaneous speech of aphasic speakers // *Aphasiology*. 2004. Vol. 18. No. 12. P. 1075–1091.
- Satoe D., Vincent A., Smits M., Dirven C., Visch-Brink E. Spontaneous speech of patients with gliomas in eloquent areas before and early after surgery // *Acta Neurochirurgica*. 2013. Vol. 155. No. 4. P. 685–692. <http://dx.doi.org/10.1007/s00701-013-1638-8>
- Team F. FindingFive: A web platform for creating, running, and managing your studies in one place. NJ, USA: FindingFive Corporation (nonprofit), 2019.
- Wittenburg P., Brugman H., Russel A., Klassmann A., Sloetjes H. ELAN: A professional framework for multimodality research // *Proceedings of the 5th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2006)*. 2006. P. 1556–1559.

ПОРОЖДЕНИЕ ДИСКУРСА ДО И ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ ОПУХОЛИ ГОЛОВНОГО МОЗГА: НА МАТЕРИАЛЕ ТРЕХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЭЛИСИТАЦИИ ДИСКУРСА

Н.Ю. Антонова* (1), М.В. Худякова (1), М.В. Шибанова (1), М.С. Нелюбина (1), А.А. Сурова (1), А.А. Воробьева (1), А.Ш. Миннигулова (1), К.С. Яшин (2), И.А. Медяник (2), А.А. Зувев (4), Н.Э. Гронская (1), О.В. Драгой (1, 5)
natalie.eskadron@gmail.com

1 – Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Нижний Новгород/Москва; 2 – Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород; 3 – Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва; 4 – Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова, Москва; 5 – Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва

Аннотация. Цель настоящего исследования заключалась в изучении способности к порождению дискурса у людей с опухолями левого полушария до и после операции. Образцы спонтанной речи были собраны у 21 пациента с помощью трех типов заданий: рассказ по серии рисунков, личная история, описание инструкции. Результаты пациентов сравнивались с результатами нормативной выборки из 73 человек в 4 возрастных группах. Проведенный анализ таких характеристик, как общее количество слов, артикуляционный темп речи, средняя длительность незаполненных пауз и лексическое разнообразие, показал, что нет значимой разницы между результатами в до- и послеоперационном периоде у пациентов, продемонстрировавших улучшение или прежние результаты после операции. Однако мы обнаружили значимую разницу в общем количестве слов до и после операции в группе пациентов с общим ухудшением речи после операции.

Ключевые слова: нейролингвистика, порождение дискурса, спонтанная речь, лингвистический анализ дискурса, опухоли головного мозга

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-18-00399.

COMPARISON OF PRE- AND POSTOPERATIVE COGNITIVE PERFORMANCE IN PATIENTS WITH MENINGIOMAS

E. Gordeyeva* (1), O. Bronov (2), D. Kopachev (3), E. Kremneva (3),
D. Petrosyan (3), A. Zuev (2), O. Dragoy (1, 4)
lis.gordeyeva@gmail.com

1 – Center for Language and Brain, HSE University, Moscow;
2 – National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov,
Moscow; 3 – Research Center of Neurology, Moscow; 4 – Federal
Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow

Abstract. Little is known about perioperative cognitive performance in patients with meningiomas. Existing evidence suggests such patients have mild to moderate cognitive deficits preoperatively, and deficit patterns depend on which brain structures are compressed by the tumor. This study compares the pre- and postoperative cognitive performance of seven patients with meningiomas based on formal assessment of their language, verbal memory, and visuospatial processing. These data were analyzed in relation to the brain topography of the pathological tissue extracted from structural MR images. Overall, only one patient showed mild language comprehension impairment preoperatively with postoperative improvement. Otherwise, the results showed two patterns of postoperative changes. One was the improvement of visuospatial functioning, which did not seem to be related to a specific location of the meningioma. The other was a worsening of verbal memory, which might be related to specific postoperative lesions or edema in the left inferior frontal and left parietal-occipital areas. However, more data are needed to support these suggestions.

Keywords: meningioma, cognitive assessment, language, memory, visuospatial functions

Introduction

Different types of brain tumors can cause various cognitive impairments. For some (especially gliomas), these deficits manifest themselves vividly and are well-described (e.g., Chao et al., 2012). Specifically, they can cause severe problems with language (Davie et al., 2009), memory (Campanella et al., 2018), and visuospatial processing (Vallar et al., 2014). In patients with other types of tumors, however, cognitive impairments may be mild and transient. They therefore attract less attention of the clinicians and are less studied.

This research focuses on the pre- and postoperative cognitive status of patients with meningiomas. While growing, meningiomas usually compress brain structures and cause edema. At the same time, the chance of brain tissue infiltration in meningiomas is quite low. Therefore, after the tumor resection, com-

pressed brain structures tend to return to their normal shape (Meningioma, 2017), which theoretically should beneficially affect a patient's cognitive status.

Previous studies showed the presence of mild to moderate preoperative cognitive deficits in this cohort of patients. Bommakanti and colleagues (Bommakanti et al., 2016) found that cognitive performance in 73.7% of patients was lower than that of healthy controls, with deterioration rate depending on tumor localization (frontal and temporal meningiomas caused more deficit, and memory, attention and executive functions were impaired most often) and tumor and edema volume (large frontal tumors and large peritumoral edema caused stronger deficit). Meskal and colleagues (Meskal et al., 2015) showed a preoperative performance decline in all tested cognitive domains (memory, psychomotor speed, reaction time, complex attention, cognitive flexibility, processing speed, and executive functioning were measured). Both studies found postoperative improvement of patients' cognitive functioning. It was also shown that it varied depending on the lesion localization: e.g., Liouta et al.'s (2016) patients with left hemispheric meningiomas performed worse in phonological and semantic tasks than patients with right hemispheric tumors; patients with skull base meningiomas performed worse in memory tasks than patients with convexity meningiomas; patients with frontal convexity meningiomas showed worse executive functioning compared to parietal convexity meningioma patients, whereas the latter demonstrated various deficits not present in the frontal group.

This study further explores 1) the nature of cognitive deficit in patients with meningiomas affecting the left (dominant) brain hemisphere, 2) if this deficit is associated with specific areas affected by the tumor, and 3) how patients' cognitive status changes after the tumor is resected.

Method

Seven patients took part in this continuing study (6 women; mean age 54, *SD* 12.8, range 32–70 y.o.). The inclusion criteria were: a meningioma affecting the left hemisphere; right-handedness; no previous history of neurosurgery; native proficiency in Russian (three patients self-reported bilingualism with Russian dominance). Subjects were recruited in two hospitals in Moscow: six – at the National Medical and Surgical Center named after N.I.Pirogov, one patient was tested at the Research Center of Neurology. All patients signed an informed consent before participating in the study.

All patients performed a formal assessment of language, verbal memory, visuospatial processing – pre- (1 day before) and postsurgically (3 to 6 days after the operation). The battery included the following measurements: language comprehension and production – Russian Aphasia Test (RAT; Ivanova et al., 2016); aphasia screening – Token Test (de Renzi, Faglioni, 1978); memory – Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT; Russian adaptation of Peaker, Stewart, 1989); visuospatial functions – Rey-Osterrieth Complex Figure (ROCF; Spreen, Strauss, 1998). Non-verbal general intelligence was measured presurgically using Raven's Progressive Matrices (Raven, 1989). Five patients' intelligence was average or higher; patient 2 had low intelligence; patient 5 had mild dementia. Structural magnetic

resonance imaging data, namely T1-weighted presurgical images, were used to identify brain structures affected by the tumor.

Table 1. Demographic and Clinical Data

ID	Age	Sex	Hemisphere	Areas affected	Presurgical IQ
1	65	m	left	left pre- and postcentral	101
2	44	f	left	left parieto-occipital	75
3	53	f	left right	left and right inferomedial frontal	104
4	58	f	left right	left and right inferomedial frontal	123
5	32	f	left	left inferior frontal	67
6	70	f	left right	left and right inferior frontal	94
7	56	f	left	left pre- and postcentral	101

Results

None of the patients demonstrated presence of aphasia according to the Token Test. Only patient 6 demonstrated preoperative mild decline in language comprehension with postoperative improvement. Five out of seven patients demonstrated a very specific postsurgical change: they improved on the immediate recall of the Rey-Osterrieth complex figure. Another task showing perioperative changes was the RAVLT. Three patients showed postsurgical deterioration in the immediate recall of words after interference and in the 20-minute delayed recall task (patients 5, 6) and visual delayed recall (patient 2). Complete results are presented in Tables 2 and 3.

Table 2. RAT and ROCF Results

Pat.	Language comprehension		Language production		ROCF copy		ROCF recall	
	before	after	before	after	before	after	before	after
1	2.7	2.8	2.9	3.0	30.5	33.5	28.5	26.5
2	2.7	2.8	2.7	2.6	36	36	6.5	14.5
3	2.8	2.7	3.0	3.0	36	36	14.5	26
4	3.0	3.0	3.0	3.0	34	35	17.5	21.5
5	3.0	2.8	3.0	3.0	34	33	19.5	25
6	2.3	2.7	3.0	2.9	34	34	23	25
7	3.0	2.8	3.0	3.0	33	34	20	27

Table 3. Changes in RAVLT

Patient	Task	Result before	Result after
2	VR	15	10
5	RI	8	3
5	DR	7	4
6	RI	5	0
6	DR	5	0

Note. VR – visual delayed recall; RI – immediate recall after interference; DR – 20-minute delayed recall

Discussion and Conclusions

Patient 6, who showed preoperative language comprehension decline resolved postoperatively, had the tumor affecting inferior frontal regions. Her preoperative edema was very large and might explain this effect.

Out of five patients, who improved on the immediate recall of the ROCF task, three had tumors affecting inferior frontal structures (patients 3, 4, 5); one had a tumor affecting sensorimotor area (patient 7); and one had a tumor in the parieto-occipital region (patient 2). Such variability in tumor locations may mean this pattern is not associated with the postsurgical decompression of specific structures. One could assume this postoperative improvement may be connected with figure familiarity after surgery. This assumption requires a separate experiment to be tested.

Regarding the RAVLT-associated changes, inferior frontal areas were affected by meningiomas and postoperative edemas in patients 5 and 6. Thus, we hypothesize that partial damage of the inferior frontal areas might cause a deficit in the oral recall of words. In patient 2, the parieto-occipital region was affected by a meningioma and a postoperative edema. These could lead to a specific impairment of the visual component and cause a postoperative decline of visual recognition and recall.

Overall, several interesting changes in perioperative cognitive functioning in patients with meningiomas have been observed. However, small group size does not allow us to make reliable conclusions. We will recruit more patients to conduct reliable statistical analysis.

One vivid limitation of the study is the lack of normative data. This issue will be resolved in future work: a group of healthy controls will be tested under the same conditions as patients to receive normative data.

References

- Bommakanti K., Somayajula S., Suvarna A., Purohit A.K., Mekala S., Chadawadi S.K., Gaddamanugu P. Pre-operative and post-operative cognitive deficits in patients with supratentorial meningiomas // *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2016. Vol. 143. P. 150–158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clineuro.2016.02.033>
- Campanella F., Missier F.D., Shallice T., Skrap M. Localizing memory functions in brain tumor patients: Anatomical hotspots over 260 patients // *World Neurosurgery*. 2018. Vol. 120. P. e690 – e709. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.145>

Chao S., Wei-min B., Bo-jie Y., Rong X., Xiao-yun C., Shi-hai L., Ying M. Cognitive deficits in patients with brain tumor // Chinese Medical Journal (Engl). 2012. Vol. 125. P. 2610 – 2617.

Davie G.L., Hutcheson K.A., Barringer D.A., Weinberg J.S., Lewin J.S. Aphasia in patients after brain tumour resection // Aphasiology. 2009. Vol. 23. No. 9. P. 1196 – 1206. <http://dx.doi.org/10.1080/02687030802436900>

De Renzi E., Faglioni P. Normative data and screening power of a shortened version of the token test // Cortex. 1978. Vol. 14. No.1. P. 41 – 49. [http://dx.doi.org/10.1016/s0010-9452\(78\)80006-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0010-9452(78)80006-9)

Ivanova M., Dragoy O., Akinina J., Soloukhina O., Iskra E., Khudyakova M., Akhutina T. AutoRAT at your fingertips: Introducing the new Russian Aphasia Test on a tablet // Frontiers in Psychology. 2016. Vol. 7. No. 116. <http://dx.doi.org/10.3389/conf.fpsyg.2016.68.00116>

Liouta E., Koutsarnakis C., Liakos F., Stranjalis G. Effects of intracranial meningioma location, size, and surgery on neurocognitive functions: A 3-year prospective study // Journal of Neurosurgery. 2016. Vol. 124. No. 6. P. 1578 – 1584. <http://dx.doi.org/10.3171/2015.6.jns1549>

Meningioma. American Brain Tumor Association, 2017. URL: <https://www.abta.org/wp-content/uploads/2018/03/meningioma-brochure.pdf>

Meskal I., Gehring K., van der Linden S.D., Rutten G.-J.M., Sitskoorn M.M. Cognitive improvement in meningioma patients after surgery: Clinical relevance of computerized testing // Journal of Neuro-Oncology. 2015. Vol. 121. No. 3. P. 617 – 625. <http://dx.doi.org/10.1007/s11060-014-1679-8>

Peaker A., Stewart L.E. Rey's auditory verbal learning test – A review // Developments in clinical and experimental neuropsychology / J. R. Crawford, D. M. Parker (Eds.). New York: Plenum Press, 1989. P. 219 – 236.

Raven J. The Raven Progressive Matrices: A review of national norming studies and ethnic and socioeconomic variation within the United States // Journal of Educational Measurement. 1989. Vol. 26. No. 1. P. 1 – 16. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-3984.1989.tb00314.x>

Spreen O., Strauss E.A. Compendium of neuropsychological tests. Administration, norms and commentary (2nd ed.). New York: Oxford University Press, 1998.

Vallar G., Bello L., Bricolo E., Castellano A., Casarotti A., Falini A., Riva M., Fava E., Papagno C. Cerebral correlates of visuospatial neglect: A direct cerebral stimulation study // Human Brain Mapping. 2013. Vol. 35. No. 4. P. 1334 – 1350. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.22257>

СРАВНЕНИЕ ДО- И ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ С МЕНИНГИОМАМИ

Е.А. Гордеева* (1), О.Ю. Бронов (2), Д.Н. Копачев (3), Е.И. Кремнева (3),
Д.В. Петросян (3), А.А. Зуев (2), О.В. Драгой (1, 4)
lis.gordeyeva@gmail.com

1 – Центр языка и мозга, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва;

2 – Национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова, Москва; 3 – Научный Центр Неврологии, Москва;

4 – Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва

Аннотация. Существует сравнительно мало данных о состоянии когнитивных функций у пациентов с менингиомами до и после операции. Согласно имеющимся исследованиям, до операции у этих пациентов наблюдаются когнитивные нарушения легкой или средней степени, и характер нарушений зависит от того, какие структуры мозга компрессирует

опухоль. В этом исследовании сравниваются до- и послеоперационные результаты обследования когнитивных функций у семи пациентов с менингиомами, основанные на объективной оценке их вербальной памяти, языковой и зрительно-пространственной обработки. Эти данные были сопоставлены с топографией патологической ткани в мозге, извлеченной из структурных МРТ-изображений. Только у одного пациента наблюдалось легкое дооперационное снижение понимания речи, после операции наступило улучшение. Однако результаты демонстрируют два типа послеоперационных изменений. Первый тип — улучшение зрительно-пространственной обработки, которое, вероятно, не связано с локализацией менингиомы. Второй тип изменений — ухудшение вербальной памяти, которое может быть связано с послеоперационным повреждением или отеком левых нижнелобных и теменно-затылочных структур. Чтобы проверить это предположение, необходимо больше данных.

Ключевые слова: менингиома, оценка когнитивных функций, язык, память, зрительно-пространственные функции

PRESCHOOLER'S MOTOR AND VERBAL ESTIMATION OF VISUAL ILLUSIONS

V.J. Karpinskaya (1), V.A. Lyakhovetskii (2), T. Hutcheon (3), A.R. Dotdaeva* (1)

arina.dotdaeva@mail.ru

1 – Saint Petersburg University, St. Petersburg; 2 – Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg; 3 – Bard College, NY

Abstract. Research on visual perception is difficult to qualify without tasks addressing the perception of illusions. It is known that the magnitude of visual illusions changes with age, which is presumably associated with uneven maturation of the ventral and dorsal subsystems of visual perception. This article presents the results of an experimental comparison of the verbal and motor estimations of Müller-Lyer and Ponzo visual illusions in preschool children and adults. The results demonstrated that in the verbal assessment, illusions are observed in both adults and children, although they are more pronounced in preschoolers. It was shown that greater maturity of the ventral system in relation to the dorsal one leads to an increase in the strength of illusions in children. The motor estimation revealed that its stable differences from the verbal one can be considered as starting from the later preschool age.

Keywords: visual perception, power of illusion, preschoolers, ventral flow, dorsal flow, motor estimation, verbal estimation

Introduction

Visual illusions represent an opportunity to study the development of visual perception. Jean Piaget was the first to note that the effect of the Müller-Lyer illusion is more pronounced in children than in adults (Piaget, 1950). Similarly, Leibowitz and others plotted the illusory effect of Ponzo illusion. They found that the strength of the distortion is minimal at the age of 5 years and further increases, reaching the value that remains in adulthood by 10 years (Leibowitz, Judisch, 1967; Brislin, 1974). In 2003 Rival published the results of motor estimation of illusions in children of different ages. Specifically, the size of the illusion was estimated by the distance between fingers when grasping segments framed by arrows pointing inward and outward (Rival et al., 2003).

Studies have shown age differences in the magnitude of illusionary effects, but the reasons for these differences remain unclear. Each period of childhood is characterized by changes in physiology and cognitive development and each of these changes likely impacts the perceptual processes and the magnitude of these illusions. It is often suggested that the maturity of some functions or systems (or,

conversely, insufficient maturity of others) can explain the differences obtained between the magnitude of the illusion experienced by children and adults (Bezrukikh et al., 2013; Piaget, 1950; Leibovitz, Judisch, 1967; Brislin, 1974).

It is known that magnitude of illusion depends on method of estimation, for example, it can depend on specific modality used to make a response. When grasping the circles with forefinger and thumb in the context of an Ebbinghaus illusion, it was found that fingers were spaced at the same distance to reach the target regardless of the size of the surrounding circles. Importantly, this was observed despite the fact that when verbally assessing the size of the circles, people evaluated these circles as different in size (Aglioti et al., 1995). This dissociation between verbal and motor responses may be explained by the organization of visual perception in the brain. Mishkin et al. (1983) proposed an approach distinguishing two subsystems in visual perception – dorsal and ventral streams, as, respectively, the path associated with the localization of objects in space – the “where” path (path for action) and the path responsible for recognizing characteristics objects, – the path “what”. Ventral stream, according to the authors, transmits information necessary for perception of stimuli, and the dorsal stream – for actions with objects. Damage to the “where” pathway has been shown to impact motor movement towards an object while damage to the “what” pathway has been shown to impact recognition of the object (Aglioti et al., 1995; Milner, Goodale, 1995). Given that the subsystems of visual perception develop with age and development occurs unevenly, not only the dorsal and ventral pathways mature at different times, but also some parts of the dorsal pathway function from birth, while others only get mature by the age of seven (Friederici, 2012; Kovács, 2000), the functioning of these subsystems may give rise to age-differences in the size of visual illusions.

The purpose of the study is to compare verbal and motor estimation of visual illusions in preschool children and adults. We believe that the uneven maturation of visual perception subsystems will affect the magnitude of illusions. Our study involved children 4–7 years old and adults 19–50 years old.

Method

In this study we used neutral segments, Ponzo and Müller-Lyer illusions as stimulus material. The experiment was carried out in several stages.

The first stage is a verbal assessment of illusions. A series of stimuli were presented on the screen in sequence: Müller-Lyer illusions, Ponzo's illusions, neutral segments that followed first and then after each of the illusions in order to avoid the aftereffect of the perception of one illusion on another. Each type of stimulus was presented 5 times. The sizes of the inner segments of illusory and neutral images varied from trial to trial. Each subject was positioned at a distance of 50 cm from the monitor with stimuli. In each image, the upper segment acted as a standard, and the lower one had to be made the same length as the upper one. Subjects gave the experimenter oral instructions to make a segment shorter or longer and the experimenter, by pressing the keys, aligned it.

The second stage was carried out the next day – motor estimation (Karpinskaia, Lyakhovetskii, 2013). A set of stimuli was presented, similar to the first part, with the difference that it was necessary to move the forefinger of the leading hand over the touch screen, marking the length of the upper and lower segments, memorize the length of segments, and reproduce them on a blank screen following each slide. No feedback was provided.

The significance of difference in power of illusions (overestimation of the neutral segment) from zero was assessed using the Mann-Whitney test, the reliability of the difference in power of illusions between the groups was assessed in GraphPad Prism 7.0 with the help of one-way ANOVA with Holm-Sidak correction for multiple comparisons.

Results

We divided the subjects into four groups: junior preschool age (56 months), middle preschool age (68 months), senior preschool age (87 months), and adults.

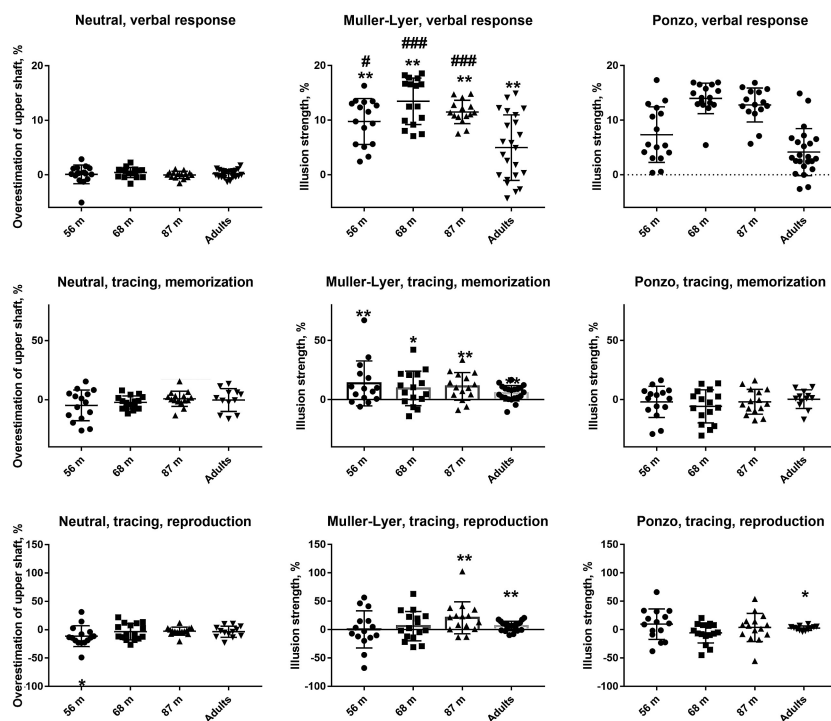


Figure 1. Comparison of motor and verbal estimation of Müller-Lyer and Ponzo illusions by preschoolers and adults. * – differences from 0, # – from adult group, \$ – differences between younger preschool group from other groups.

The results for each group for verbal and motor estimation (memorization and reproduction) are plotted in Fig. 1.

Discussion and Conclusions

Results can be summarized in the following way. In a verbal assessment, all groups of subjects have illusions. The strength of the Müller-Lyer illusion is greater in children than in adults. The Ponzo illusion in the younger group is less pronounced than in children of other groups, increases in preschool age when it becomes greater than in adults, and decreases again in adulthood. This is consistent with the assumption that development of visual perception subsystems is heterochronous. Development of ventral stream and its increased activation in relation to the dorsal stream lead to an increase in the strength of the illusion in verbal estimation in older preschool age children. Analysis of motor estimation of neutral and illusory stimuli showed that for motor estimation, small differences associated with the illusion are within the margin of error. The stable difference between verbal and motor assessment can be considered only emerging in older preschool age (starting from 87 months), and the magnitude of this difference corresponds to the in subjects from the group of adults.

References

- Aglioti S., DeSouza J.F.X., Goodale M.A. Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand // *Current Biology*. 1995. Vol. 5. No. 6. P. 679–685. [http://dx.doi.org/10.1016/s0960-9822\(95\)00133-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0960-9822(95)00133-3)
- Bezrukikh M.M., Khrianin A.V., Terebova N.N. Vozrastnye i polovye osobennosti psikhofiziologicheskoi struktury zritel'nogo vospriiatiia u detei 5–7 let [Gender and age specific factors in the psychophysiological structure of visual perception in children aged 5–7] // *Novye issledovaniia*. 2013. Vol. 4. No. 37. P. 20–36.
- Bristin R.W. The Ponzo illusion: Additional cues, age, orientation, and culture // *Journal of Cross-Cultural Psychology*. 1974. Vol. 5. No. 2. P. 139–161. <http://dx.doi.org/10.1177/002202217400500201>
- Friederici A.D. Language development and the ontogeny of the dorsal pathway // *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*. 2012. Vol. 4. No. 3. <http://dx.doi.org/10.3389/fnevo.2012.00003>
- Karpinskaia V., Lyakhovetskii V. The sensorimotor evaluation of perceptual illusions // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 86. P. 323–327. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.572>
- Kovács I. Human development of perceptual organization // *Vision Research*. 2000. Vol. 40. No. 10–12. P. 1301–1310. [http://dx.doi.org/10.1016/s0042-6989\(00\)00055-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0042-6989(00)00055-9)
- Leibowitz H.W., Judisch J.M. Size-constancy in older persons: A function of distance // *The American Journal of Psychology*. 1967. Vol. 80. No. 2. P. 294. <http://dx.doi.org/10.2307/1420992>
- Milner D., Goodale M. The visual brain in action. Oxford University Press, 2006. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198524724.001.0001>
- Mishkin M., Ungerleider L.G., Macko K.A. Object vision and spatial vision: Two cortical pathways // *Trends in Neurosciences*. 1983. Vol. 6. P. 414–417. [http://dx.doi.org/10.1016/0166-2236\(83\)90190-x](http://dx.doi.org/10.1016/0166-2236(83)90190-x)
- Piaget J. The psychology of intelligence. London: Routledge & Kegan Paul Ltd, 1950.

Rival C., Olivier I., Ceyte H., Ferrel C. Age-related differences in a delayed pointing of a Müller-Lyer illusion // *Experimental Brain Research*. 2003. Vol. 153. No. 3. P. 378–381. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-003-1559-5>

МОТОРНАЯ И ВЕРБАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЛЛЮЗИЙ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

В.Ю. Карпинская (1), В.А. Ляховецкий (2), Т. Хатчеон (3), А.Р. Дотдаева* (1)
arina.dotdaeva@mail.ru

1 — СПбГУ, Санкт-Петербург; 2 — Институт физиологии РАН
им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург; 3 — Бард-Колледж, Нью-Йорк

Аннотация. Исследование зрительного восприятия трудно представить без использования заданий, связанных с восприятием иллюзий. Известно, что величина зрительных иллюзий изменяется с возрастом, что, предположительно, связано с неравномерным созреванием вентральной и дорсальной подсистем зрительного восприятия. В статье представлены результаты экспериментального сравнения вербальной и моторной оценки зрительных иллюзий Мюллера-Лайера и Понзо у детей дошкольного возраста и взрослых. Было показано, что при вербальной оценке иллюзии наблюдаются и у взрослых, и у детей, однако у дошкольников они выражены в большей степени. На основе этих данных мы заключаем, что большая зрелость вентральной системы по отношению к дорсальной приводит к росту силы иллюзии у детей. Моторная же оценка показала, что устойчивые отличия её от вербальной можно рассматривать, начиная со старшего дошкольного возраста.

Ключевые слова: зрительное восприятие, сила иллюзии, дошкольники, вентральный поток, дорсальный поток, моторная оценка, вербальная оценка

EYE-MOVEMENT COMPARISON IN READING IN DEAF AND HARD-OF-HEARING RUSSIAN SIGN LANGUAGE SPEAKERS

A. Kromina* (1), A. Laurinavichyute (1, 2)

nastya.kromina@gmail.com

1 – HSE University, Moscow; 2 – University of Potsdam, Potsdam

Abstract. For most deaf people, the first language is sign language. So, they usually acquire spoken language in which they further start reading as the second language. Due to late spoken language acquisition, deaf individuals do not become fluent spoken language users, and, as a consequence, do not become skilled readers. Individuals with partial hearing loss (hard-of-hearing) have partial access to sounds from birth and acquire spoken language as their first. We hypothesized that hard-of-hearing people would demonstrate more skilled reading than deaf people because they, probably, better know the language in which they read. To test this hypothesis, we recorded eye movements while reading in deaf ($N=22$) and hard-of-hearing ($N=13$) groups of signers. We found that both groups have mostly comparable reading skills. The deaf group differed from the hard-of-hearing group in lower comprehension question responses in trials with long sentences and in the more effective processing of long words with a single fixation. To sum up, deaf and hard-of-hearing people have comparable reading skills. That means that early access to spoken language does not improve reading skills.

Keywords: eye movements, sentence processing, reading, deaf readers, hard-of-hearing

Introduction

Deaf individuals are usually considered poorer readers than hearing people (Berent, Kelly, 2007; Bélanger et al., 2012a, Bélanger, Rayner, 2015). The precise nature of the difficulties that deaf people face in learning to read, are still under discussion. Some experts suggest that phonological deficit may be the cause of less-skilled reading in the deaf population (Bélanger et al., 2012a). Phonological deficit here is the inability to relate letters with sounds. However, several experiments demonstrated that deaf people can be skilled readers despite this phonological deprivation (Bélanger et al., 2012a; Bélanger et al, 2013). It was also suggested that reallocation of attention to the periphery in deaf individuals may complicate processing in the foveal area, but this hypothesis was also refuted (Bélanger et al., 2012b).

The current view on the causes of less-skilled reading in the deaf population blames spoken language deprivation at an early age (Goldin-Meadow, Mayberry, 2001). People with severe and profound deafness are not exposed to the spoken

language from birth and start learning it at school, approximately at the age of six. In these circumstances, deaf children risk not acquiring proficiency in spoken language and, consequently, in reading (Goldin-Meadow, Mayberry, 2001).

If spoken language deprivation at an early age in deaf readers is indeed a factor that negatively affects their further reading skills, then people with partial hearing loss should demonstrate better reading skills. Hard-of-hearing people differ from deaf individuals in their spoken language acquisition. Having partial access to sounds, hard-of-hearing individuals may acquire spoken language as the first one and later learn to read in their native language. In contrast, for deaf people, the first language is usually sign language because it is more accessible for them, and spoken language is acquired as the second one. It is likely that hard-of-hearing people might read better than deaf signers because hard-of-hearing people in most cases read in their first language, while deaf individuals read in their second language.

Method

To test whether hard-of-hearing users can read better than deaf signers, we studied eye movements while reading in the group of hard-of-hearing participants ($N=13$, $M_{age}=25$ years) and in a group of participants with complete hearing loss ($N=22$, $M_{age}=29$ years). All participants were daily Russian Sign Language (RSL) users. Hard-of-hearing group of participants included people who had from slight to moderately severe hearing loss (Clark, 1981). Table 1 presents a hearing loss range in dB for each degree of hearing loss. Hearing loss range for degrees from slight to moderately severe corresponds to speech sound range (Berger et al., 2006). Thus, participants from the hard-of-hearing group had partial access to speech sounds. Group of participants with complete hearing loss included people with severe and profound hearing loss (see Table 1). According to Berger et al. (2006) speech sounds do not exceed 70 dB. So, participants from deaf group were not exposed to spoken language.

Table 1. Common way to classify hearing loss.

Degree of hearing loss	Hearing loss range (dB HL)
Normal	10 to 15
Slight	16 to 25
Mild	26 to 40
Moderate	41 to 55
Moderately severe	56 to 70
Severe	71 to 90
Profound	91+

Participants read 144 sentences from the Russian Sentence Corpus (Laurinavichyute et al., 2019). Their eye movements were recorded using an Eyelink 1000+

at 1000 Hz. All sentences were no longer than 13 words. After 58 % of the sentences, participants were asked to answer comprehension questions by choosing one of three answer options. See Table 2 as a stimuli example.

Table 2. Example of the sentence, question, and suggested answers.

Sentence	Не поручайте мужу ухаживать за рыбками в аквариуме, он обязательно забудет. (Do not ask your husband to look after the fish in the aquarium, he will no doubts forget.)
Question	Кому нельзя доверять уход за рыбками? (Who is not a reliable fish caregiver?)
Correct answer	Мужу (Husband)
Incorrect answer 1	Брату (Brother)
Incorrect answer 2	Соседу (Neighbour)

Results

Mixed-effects linear models were used for data analysis. We found that deaf and hard-of-hearing RSL users mostly have comparable reading skills: similar single fixation durations ($B=-0.03$, $SE=0.07$, $t=-0.38$, $p=.7$), first fixation durations ($B=0.03$, $SE=0.09$, $t=0.28$, $p=.78$), gaze durations ($B=-0.03$, $SE=0.08$, $t=-0.4$, $p=.68$), skipping rates ($OR=0.64$, $SE=0.29$, $z=-1.55$, $p=.12$), numbers of fixations per word ($B=0.06$, $SE=0.27$, $t=0.2$, $p=.83$), saccade landing positions ($B=-0.1$, $SE=0.04$, $t=-0.27$, $p=.79$), word reading speeds ($B=-0.02$, $SE=0.12$, $t=-0.14$, $p=.89$), sentence reading speeds ($B=-0.11$, $SE=0.17$, $t=-1.1$, $p=.27$), as well as accuracies in questions responses ($OR=0.84$, $SE=0.42$, $z=-0.43$, $p=.67$).

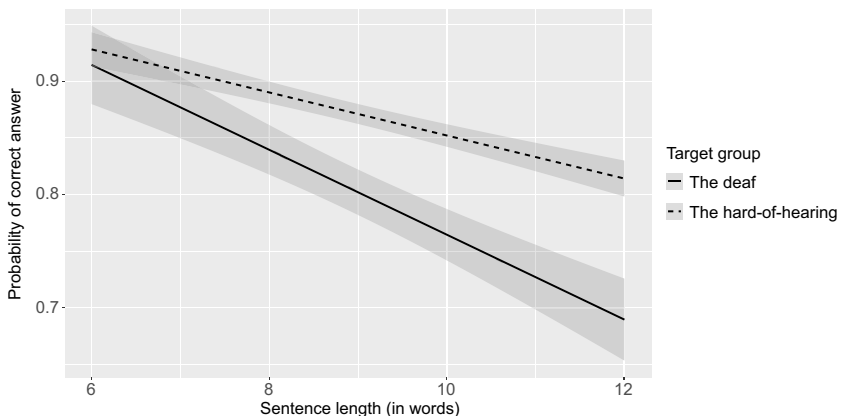


Figure 1. The probability of a correct answer depending on the length of the sentence.

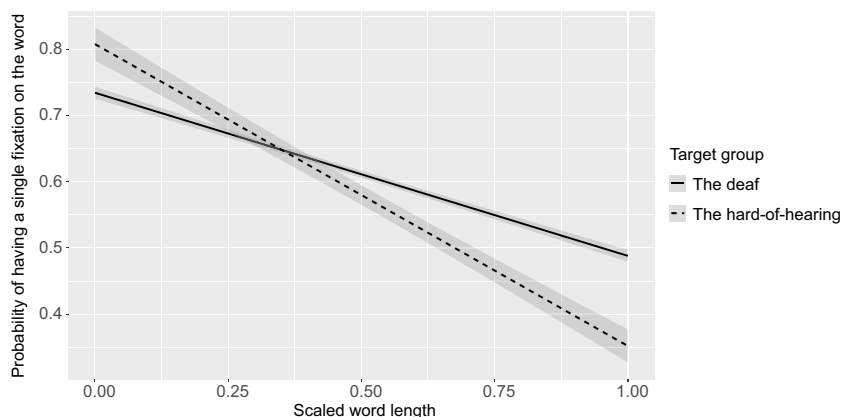


Figure 2. Probability of having a single fixation on the word depending on word length.

At the same time, some patterns compatible with poorer reading skills were found in deaf individuals. First, comprehension question responses demonstrated that deaf participants had a pronounced decrease in correct answers with increasing sentence length ($OR=1.07$, $SE=0.03$, $z=-0.43$, $p=.037$; Fig. 1). Second, while hard-of-hearing individuals had a pronounced speed up in reading high frequent words using a single fixation ($B=-0.01$, $SE=-0.01$, $t=-1.98$, $p=.048$), in deaf participants this effect was less pronounced.

On the other hand, deaf signers demonstrated a pattern of skilled readers. They were more effective than the hard-of-hearing at processing long words using a single fixation ($OR=0.39$, $SE=0.023$, $z=-4.12$, $p<.001$; Fig. 2).

Discussion and Conclusions

To sum up, deaf and hard-of-hearing signers mostly have comparable reading patterns. Both groups demonstrated some poor and some skilled reading patterns, but these patterns were different across the groups. Deaf people compared to hard-of-hearing people had lower comprehension level while reading long sentences. However, general sentence comprehension was similar in both groups. Probably, long sentences complicate deaf signers' comprehension because of more complex syntax or because long sentences are harder to remember. Hard-of-hearing people, in turn, had a less-skilled strategy processing long words using more than one fixation.

Our hypothesis about more skilled reading in the hard-of-hearing group compared to the deaf group was not confirmed. Early access to spoken language does not affect reading skills in adulthood but seems to improve comprehension of the text.

References

- Bélanger N.N., Baum S.R., Mayberry R.I. Reading difficulties in adult deaf readers of French: Phonological codes, not guilty! // *Scientific Studies of Reading*. 2012a. Vol. 16. No. 3. P. 263 – 285. <http://dx.doi.org/10.1080/10888438.2011.568555>
- Bélanger N.N., Mayberry R.I., Rayner K. Orthographic and phonological preview benefits: Parafoveal processing in skilled and less-skilled deaf readers // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2013. Vol. 66. No. 11. P. 2237 – 2252. <http://dx.doi.org/10.1080/17470218.2013.780085>
- Bélanger N.N., Rayner K. What eye movements reveal about deaf readers // *Current Directions in Psychological Science*. 2015. Vol. 24. No. 3. P. 220 – 226. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721414567527>
- Bélanger N.N., Slattery T.J., Mayberry R.I., Rayner K. Skilled deaf readers have an enhanced perceptual span in reading // *Psychological Science*. 2012b. Vol. 23. No. 7. P. 816 – 823. <http://dx.doi.org/10.1177/0956797611435130>
- Berent G.P., Kelly R.R. The Efficacy of Visual Input Enhancement in Teaching Deaf Learners of L2 English // *Understanding Second Language Process Multilingual Matters*, 2007. P. 80 – 105. <http://dx.doi.org/10.21832/9781847690159-007>
- Berger E.H., Neitzel R., Kladden C.A. Noise navigator tm sound level database with over 1700 measurement values. Seattle: University of Washington, Department of Environmental & Occupational Health Sciences, 2006. URL: <http://www.ear.com/pdf/hearingcons/Noise-Nav.xls>
- Clark J.G. Uses and abuses of hearing loss classification // *Asha*. 1981. Vol. 23. No. 7. P. 493 – 500.
- Goldin-Meadow S., Mayberry R.I. How do profoundly deaf children learn to read? // *Learning Disabilities Research and Practice*. 2001. Vol. 16. No. 4. P. 222 – 229. <http://dx.doi.org/10.1111/0938-8982.00022>
- Laurinavichyute A.K., Sekerina I.A., Alexeeva S., Bagdasaryan K., Kliegl R. Russian Sentence Corpus: Benchmark measures of eye movements in reading in Russian // *Behavior Research Methods*. 2018. Vol. 51. No. 3. P. 1161 – 1178. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-018-1051-6>

СРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ ЧТЕНИИ У ГЛУХИХ И СЛАБОСЛЫШАЩИХ НОСИТЕЛЕЙ РУССКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА

А.А. Кромина* (1), А.К. Лауринавичюте (1, 2)

nastyakromina@gmail.com

1 — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва; 2 — Университет Потсдама, Потсдам

Аннотация. Для глухих людей устный язык, на котором они читают, является вторым. Первым для них обычно является жестовый язык. Из-за позднего усвоения устного языка глухие не овладевают им свободно и, как следствие, не становятся опытными читателями. Люди с частичным нарушением слуха (слабослышащие) имеют частичный доступ к звукам речи с рождения, поэтому, в отличие от глухих, обычно овладевают устным языком в первую очередь. В данном исследовании мы предположили, что слабослышащие продемонстрируют более продвинутые навыки чтения, чем глухие, так как, вероятно, лучше владеют языком, на котором читают. Для проверки этой гипотезы мы записали движения глаз при чтении у глухих ($N=22$) и слабослышащих ($N=13$) носителей русского жестового языка. Результаты показали, что обе группы имеют преимуще-

щественно сопоставимые навыки чтения. Однако у группы глухих в отличие от группы слабослышащих с увеличением длины предложения значительно снижалась вероятность правильного ответа на вопрос к предложению. Также глухие эффективнее, чем слабослышащие, обрабатывали длинные слова с помощью одной фиксации. Итак, глухие и слабослышащие носители русского жестового языка обладают сопоставимыми навыками чтения с небольшими различиями, поэтому ранний доступ к устному языку не является фактором, влияющим на успешное усвоение чтения.

Ключевые слова: движения глаз, чтение предложений, навыки чтения, глухие, слабослышащие

FEEDBACK-RELATED BETA-BAND POWER PREDICTS EXPLORATION IN A PROBABILISTIC GAMBLING TASK

A.S. Miasnikova* (1), B.V. Chernyshev (1, 2)

myasnikovaas@mgppu.ru

1 – Moscow State University of Psychology and Education, Moscow; 2 – Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. In probabilistic conditions, people choose low-payoff alternatives on some trials, thus failing to maximize their payoffs. We suggest that such behavior implies an exploration of task rules by choosing risky options instead of exploiting more rewarding alternatives. We hypothesized that, first, during exploration the importance of feedback on risky trials may augment feedback salience. Second, the exploratory strategy could develop gradually and, therefore, a decision to make an exploratory choice may affect brain responses to the feedback on trials preceding risky choices. Specifically, we expected to observe indications of increased feedback salience on trials with risky choices and indications of decreased feedback importance on trials preceding risky choices. We investigated beta power (16–30 Hz) in magnetoencephalographic data from 62 healthy participants performing a two-choice probabilistic gambling task involving monetary gains and losses. We found increases in beta power 600–800 ms following losses in risky choices, possibly implying a more articulated response to missed rewards. On trials preceding risky choices, we identified a decrease in beta power 800 ms following rewards. This effect might reflect a change in decision-making strategy and a shift towards cognitive flexibility and exploration.

Keywords: decision-making, gambling, risk, exploration, magnetoencephalography

Supported by Russian Science Foundation grant 20-18-00252.

Introduction

When making repetitive choices between alternatives in probabilistic conditions, people tend to select low-payoff options on some trials, thus failing to maximize their payoffs (Shanks et al., 2002). Recently it was suggested that humans form a set of beliefs regarding the task regularities, and adjust their expectations by occasionally exploring risky options instead of continuously exploiting a more rewarding alternative (Sayfulina et al., 2020; Dezza et al., 2017). Such behaviour may seem unaccountable both in terms of reward learning and in terms of rational choice, and it can represent exploration as opposed to exploitation (Chakroun et al., 2020).

The goal of the current study was to identify neuromagnetic correlates of a shift to exploratory strategy in decision making in a 2-choice probabilistic gambling task.

As risky choices may imply attempts to probe into the surmised task rules rather than accidental mistakes (Sayfulina et al., 2020), we hypothesized that, first, feedback salience on risky trials may increase, resulting in a larger feedback-related brain response. Second, we assumed that exploratory strategy may unfold over the course of time and, therefore, a covertly emerging decision to make an exploratory choice may affect brain response to the feedback on trials preceding risky choices. Our expectations are based on previous research, which demonstrated an increase in beta power in response to positive feedback in central and midfrontal areas suggesting learning, and an increase in motor brain areas in response to correct performance feedback suggesting a signal to adhere to the current motor/cognitive state (Luft, 2014).

Method

We developed a novel version of a probabilistic gambling task. Participants were asked to repetitively choose between two figures. Each pair of figures was produced from a hiragana hieroglyph rotated at different angles, and a new pair of figures was used in each experimental block. Choosing one figure delivered a reward with a 70% probability, and choosing the other was followed by a reward with a 30% probability. We equalized the stimuli in terms of size, brightness, perceptual complexity, and spatial position. Participants were to infer which figure represented a rewarding alternative and press the corresponding button. Feedback (a win or a loss) was presented 1 second after the response and lasted for 500 ms (Fig. 1). A time interval of 800–1400 ms was introduced between trials. At the end of each block, participants were shown their cumulative score.

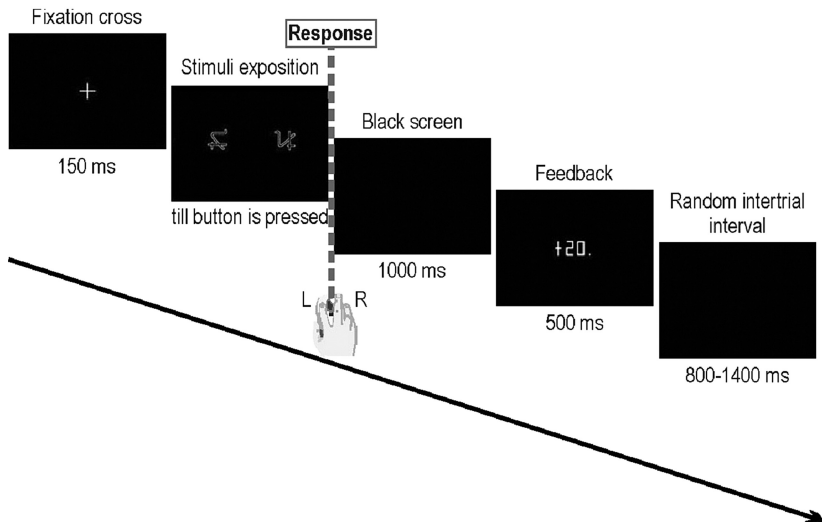


Figure 1. Experimental paradigm.

In order to identify risky exploratory choices, in each block we analysed only periods after reaching the learning criterion. We defined such periods as starting upon four consecutive choices of a rewarding stimulus, if all trials until the end of the block exhibited the percentage of rewarding choices significantly above chance ($\geq 66\%$).

Sixty two healthy participants (31 male, 34 female, age $M = 23$, $SD = 6.5$) without neurological or severe visual impairment participated in the study. All of them signed an informed consent. During the experiment, they were seated in a chair in front of the monitor and kept their forefinger on the left button of the gamepad, and the middle finger was kept on the right button. To choose a stimulus, participants pressed one of the buttons according to the location of the stimuli on the screen (to the left or to the right). Before the experiment, all participants completed a short test for visual discrimination and recognition of figures used. The experiment lasted 30 minutes.

MEG data were recorded using a 306-channel MEG system (Elekta Neuromag VectorView). The data was motion corrected, and adjusted to a common head position. For the offline analysis, MNE-Python software was used. Independent component analysis (ICA) was applied to correct for biological artefacts. The data were then filtered (0.1–50 Hz, FIR), downsampled to 350 Hz, epoched (-1.4 to 2.0 s relative to the response onset) in accordance with previous research (Yaple et al., 2018). Power dynamics in the beta frequency range (~ 16 – 30 Hz) was obtained using multitaper time-frequency analysis. Within-group statistical comparisons were performed for risky and non-risky trials, as well as for those trials immediately preceding risky choices trials against non-risky choices. Results are reported for t -test statistics, FDR (false discovery rate) corrected.

Results

We found significant relative increases in beta power 600–800 ms following losses on risky choices compared to non-risky choices in left central, left parietal and midfrontal areas: ($p < .05$, FDR-corrected) (Fig. 2).

On trials immediately preceding risky choices, we revealed a relative decrease in beta power at around 800 ms after rewarding feedback compared to non-risky choices in left temporal and left fronto-central areas ($p < .05$, FDR-corrected) (Fig. 3).

Discussion and Conclusions

In this study, we aimed to identify a shift to exploratory strategy during decision-making in the probabilistic gambling task.

We revealed neuromagnetic correlates of changes in salience of feedback on both risky trials and on trials preceding risky choices. On risky trials, we identified a larger power of beta oscillations following losses compared to that after non-rewarding non-risky choices. Previously a similar effect was reported by Yaple et al. (2018), and interpreted as a specificity of beta activity to omission of gains with putative functional relations to negative monetary value. The localization and timing of the effect reported here comply with those reported by Yaple

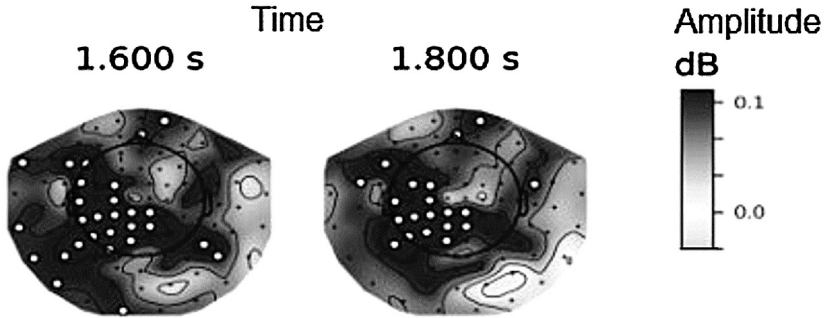


Figure 2. Topographies of contrasts (risky choices vs. non-risky choices) in the beta frequency bin after demonstration of negative feedback (1 s), in decibels. Statistically significant channels are highlighted.

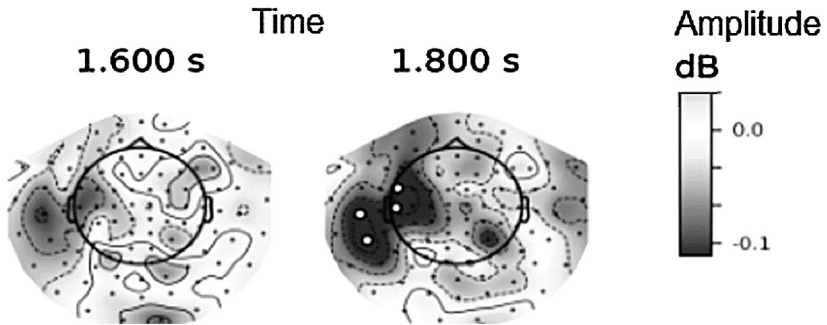


Figure 3. Topographies of contrasts (trials prior to risky choices vs. non-risky choices) in the beta frequency range after demonstration of positive feedback at 1 s, in decibels. Statistically significant channels are highlighted.

et al. (2018). In line with their interpretation, we suggest that a reward learning mechanism could be implicated.

Another finding concerns beta activity on trials preceding risky choices and reflects attenuated power of beta oscillations in response to wins compared to rewarding non-risky choices. Based on the localization of the effect with the involvement of left central and fronto-central brain areas, we infer that somato-sensory networks for performance feedback and learning could be implicated. Previously it was shown that a decrease in beta-band activity in the left sensorimotor area was associated with response to small errors in a non-motor task and with higher learning rates (Luft et al., 2014). Beta-band synchronization of motor and fronto-central brain areas are believed to reflect better error adjustment (Luft et al., 2014). In accordance with the theoretical framework suggested by Engel and Fries (Engel, Fries, 2010), we suggest that augmented feedback-related beta-band activity is associated with retaining the current cognitive set whereas a decrease in beta-band oscillations may indicate cancellation of the current cog-

nitive set considered no longer appropriate. Since we observed a decrease in the power of beta-band oscillations following rewards in trials preceding risks, we inferred that gains prior to risks were regarded as inappropriate (faulty) and therefore lost their salience. Supposedly, these events reflect cancellation of a current decision making strategy (exploitation) and a change towards exploration which implies increased cognitive flexibility.

Overall, we assume that the neurocognitive mechanism of rejecting exploitation and shifting towards exploration may involve at least two stages: first, decreased salience of wins prior to making a risky decision, implying readiness to change a cognitive set, and, second, increased salience of negative outcome after risky choices suggesting reward learning and establishing functional relations to negative monetary value.

References

- Chakroun K., Mathar D., Wiehler A., Ganzer F., Peters J. Dopaminergic modulation of the exploration/exploitation trade-off in human decision-making // *eLife*. 2020. Vol. 9. P. e51260. <http://dx.doi.org/10.7554/elife.51260>
- Dezza I.C., Yu A.J., Cleeremans A., Alexander W. Learning the value of information and reward over time when solving exploration-exploitation problems // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-17237-w>
- Engel A.K., Fries P. Beta-band oscillations—signalling the status quo? // *Current Opinion in Neurobiology*. 2010. Vol. 20. No. 2. P. 156–165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2010.02.015>
- Luft C.D.B. Learning from feedback: The neural mechanisms of feedback processing facilitating better performance // *Behavioural Brain Research*. 2014. Vol. 261. P. 356–368. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2013.12.043>
- Luft C.D.B., Takase E., Bhattacharya J. Processing graded feedback: Electrophysiological correlates of learning from small and large errors // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2014. Vol. 26. No. 5. P. 1180–1193. http://dx.doi.org/10.1162/jocn_a_00543
- Sayfulina K.E., Kozunova G.L., Medvedev V.A., Rytikova A.M., Chernyshev B.V. [Decision making under uncertainty: exploration and exploitation] // *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya / Journal of Modern Foreign Psychology*. 2020. Vol. 9. No. 2. P. 93–106. (In Russian). <http://dx.doi.org/10.17759/jmfp.2020090208>
- Shanks D.R., Tunney R.J., McCarthy J.D. A re-examination of probability matching and rational choice // *Journal of Behavioral Decision Making*. 2002. Vol. 15. No. 3. P. 233–250. <http://dx.doi.org/10.1002/bdm.413>
- Yaple Z., Martinez-Saito M., Novikov N., Altukhov D., Shestakova A., Klucharev V. Power of feedback-induced beta oscillations reflect omission of rewards: Evidence from an EEG gambling study // *Frontiers in Neuroscience*. 2018. Vol. 12. <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2018.00776>

МОЩНОСТЬ БЕТА-ОСЦИЛЛЯЦИЙ ЯВЛЯЕТСЯ МАРКЕРОМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ СТРАТЕГИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧИ ВЕРОЯТНОСТНОГО ВЫБОРА

А.С. Мясникова* (1), Б.В. Чернышев (1, 2)

myasnikovaas@mgppu.ru

1 — Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва; 2 — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. При выборе между альтернативами с разной вероятностью выигрыша в условиях неопределенности люди нередко принимают неоптимальные решения, что не позволяет им максимизировать получаемую выгоду. Данное поведение может предполагать исследование закономерностей задачи путем совершения рискованных выборов вместо выбора более выигрышной альтернативы. Согласно нашей гипотезе, во-первых, исследовательское поведение сопровождается повышением влияния обратной связи в рискованных пробах. Во-вторых, исследовательская стратегия формируется постепенно и ассоциирована не только с обратной связью в пробах с рискованным выбором, но и с обратной связью в пробах, предшествующих рискованному выбору. Именно, мы ожидали обнаружить изменение влияния обратной связи как в пробах с рискованным выбором, так и в пробах, предшествующих рискованному выбору. Мы изучили частотно-временную динамику в диапазоне частоты бета (16–30 Hz) в записях магнитоэнцефалограммы 62 здоровых испытуемых, выполнявших задачу двухальтернативного выбора с вероятностным исходом. Мы обнаружили повышение мощности сигнала на частоте бета при рискованном выборе в сравнении с нерискованным выбором в интервале 600–800 мс после демонстрации проигрыша. Предположительно, данный результат вызван более выраженной мозговой активностью в ответ на пропущенные выигрыши. В пробах, предшествующих рискованному выбору, мы обнаружили снижение спектральной мощности бета-осцилляций в интервале 800 мс после демонстрации выигрыша, что может отражать изменения в стратегии принятия решений и переход к проактивному исследованию.

Ключевые слова: принятие решений, гэмблинг, риск, исследование, магнитоэнцефалография

Исследование поддержано Российским научным фондом, грант 20-18-00252.

MULTI-MUSCLE TMS MAPPING FOR THE ASSESSMENT OF MOTOR-CORTEX REORGANIZATION DURING HAND MOTOR-SKILL ACQUISITION

M.A. Nazarova* (1, 2), A.S. Asmolova (1), E.O. Ivanina (1), M.M. Makarova (1), P.A. Novikov (1), M.L. Reshetnikov (1), V.V. Nikulin (1, 3)
chantante@gmail.com

1 – Centre for Cognition and Decision Making, Institute for Cognitive Neuroscience, National Research University Higher School of Economics, Moscow; 2 – Federal State Budgetary Institution “Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow; 3 – Department of Neurology, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig, Germany

Abstract. Despite the fact that the motor cortex remains one of the most studied cortical areas in the human brain, not much is known about the delicate orchestration of neuronal activity in the neighboring cortical areas following motor training and motor recovery. MRI-navigated transcranial magnetic stimulation (TMS) is a promising tool to address this topic. Recently we have shown that it is possible to reliably trace interactions among motor cortical representations (MCRs) of different hand muscles using TMS motor mapping, demonstrating that the overlaps among different muscle MCRs are highly reliable. Using this approach in the present study we investigate how the interactions among different upper limb muscle MCRs change after a fine finger movement EMG-based training. We hypothesized that the overlaps between muscles, which are trained to be contracted independently, would decrease, while the overlap between the control muscles would not change. Our preliminary results from four healthy young volunteers demonstrate that, indeed, the overlaps between muscles trained to act independently (*abductor pollicis brevis* and *abductor digiti minimi*) became smaller compared to the control intrinsic and extrinsic hand muscles (EDC, FDI).

Keywords: motor cortex, TMS, motor mapping, muscle cortical representation, cortical reorganization, motor learning, fine finger movements

The research was supported by Russian Science Foundation grant 19-75-00104

Introduction

Despite the fact that the motor cortex is one of the most studied cortical areas in the human brain, not much is known about a delicate orchestration of neuronal activity of the neighboring cortical areas following motor training or recovery (Capaday et al., 2013; Nazarova et al., 2021; Назарова, 2015). While motor learning is widely known to contribute to reorganizational changes in the motor cortex

(Raffin, Siebner, 2019; Holland et al., 2015), there is still no clear understanding how it affects local excitatory balance among nearby cortical areas. MRI-navigated transcranial magnetic stimulation (nTMS) is a promising tool to address this question non-invasively in humans, as its spatial accuracy is in the range of a few millimeters (Romero et al., 2019). Recently we have shown that it is possible to reliably trace interactions among motor cortical representations (MCRs) of different upper limb muscles using nTMS motor mapping, demonstrating that the overlaps among different muscle MCRs are highly reliable. Using this approach in the present study we aim to investigate how these interactions among different upper limb muscle MCRs change after a fine finger movement EMG-based training. First, we hypothesize that the MCRs of the trained muscles would increase, while the representation of the proximal upper limb muscles would decrease. Also, we hypothesize that the overlaps between muscles, which are trained to be contracted independently, would decrease, while the overlaps between the control muscles would not significantly change.

Methods

Four participants have already been enrolled (1 female, 22–23 y.o.). On the first and last days of the study, the volunteers underwent a multi-muscle nTMS mapping procedure using Nexstim eXimia nTMS stimulator (Finland). Motor evoked potentials (MEPs) were recorded from five right upper limb muscles (*abductor pollicis brevis*, APB; *abductor digiti minimi*, ADM; *first dorsal interosseous*, FDI; *extensor digitorum communis*, EDC and *biceps brachii*, BB). Stimulation was performed with an intensity of 110 % of the motor resting threshold (RMT) of the APB muscle, followed by nTMS mapping as in (Nazarova, Kozlova, et al., 2021). Each TMS mapping session included 3 sub-sessions, separated by 2–5 min, each sub-session consisted of 80–89 TMS pulses (a constant number of points for each volunteer). Between the first and the second TMS sessions participants were trained for 10 days to perform individuated thumb and little finger abduction using custom-made EMG biofeedback software (Novikov et al., 2020). We probed (1) the maximal contraction for both target muscles: APB and ADM, and (2) the success of a fine motor skill acquisition, which was represented by the percentage of a maximum target-muscle contraction when the surrounding muscle was totally relaxed ($< 30 \mu\text{V}$ for peak-to-peak EMG amplitude). TMS data were processed using the TMSmap software (Novikov et al., 2018). For preliminary results we analyzed RMTs for APB, all muscles MCR areas and their overlaps and compared them with previously obtained individual smallest detectable changes (SDC) from our study with test-retest nTMS mapping assessment without motor training (Nazarova et al., 2021).

Results

We showed that training of independent thumb and little finger abduction was successful in all four volunteers, the level of the success varied from 15 % to 100 % for APB, and from 11 % to 100 % for ADM. At the same time the maximal contraction level for both target muscles did not change with any observable pat-

tern, the biggest increase of the maximal contraction was observed in a person with the smallest success of the independent movements training, in one subject it was a decrease of the maximal contraction level for both target muscles. The corticospinal excitability reflected by APB RMT decreased in two participants by 1 and 2 %, did not change in one participant, and increased in one subject by 1 %. As SDC for RMT APB (90 % confidence interval, CI) was shown to be 1.1 % (Nazarova, Kozlova, et al., 2021), we may consider the 2 % change to be a real one. As for TMS mapping data, we observed changes bigger than SDC for 90 % CI for BB MCR area, which substantially decreased in two out of four participants, for other muscles MCR area changes were divergent. As for the overlaps between MCRs, changes bigger than SDC for 90 % CI were observed in the only participant with the most successful training (whose level of independent thumb and little finger movement reached 100 %). In this participant we observed a substantial decrease of the overlaps between the target APB and ADM MCRs and between ADM and EDC MCRs. In other participants similar trend may be observed, but changes were smaller than individual SDC, so they could be interpreted only at the group level. One can see an example of a subject MCRs and their overlaps for two days at Fig. 1 and 2.

Discussion

Our preliminary results demonstrated that the independent finger training was effective in all the participants, while the strength of the contraction did not always increase, which corresponds with the widely accepted idea that hand

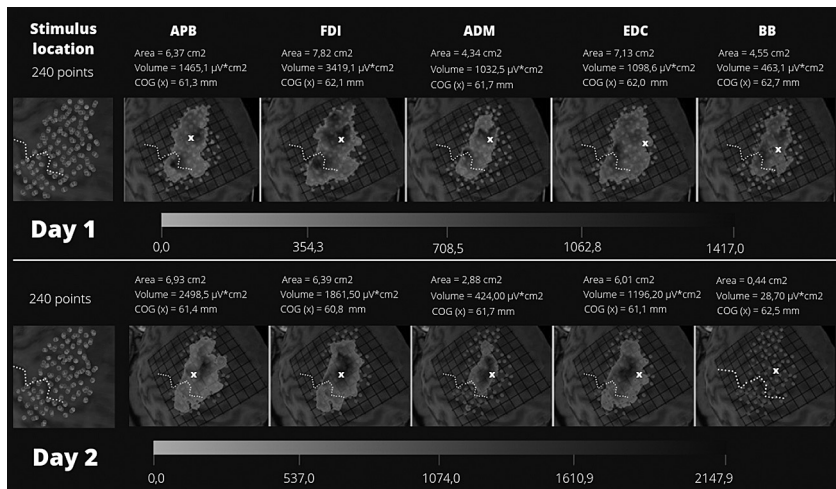


Figure 1. Exemplary TMS muscle cortical representations (MCR) of hand muscles for both days in a representative subject. MCR reconstructions are based on 240 points per day; points located closer than 2 mm are merged. White dotted line indicates the central sulcus. The areas and volumes of the MCR are shown. Centers of gravity (COGs) are shown with white crosses. The scale represents motor evoked potential amplitude in microvolts (μV)

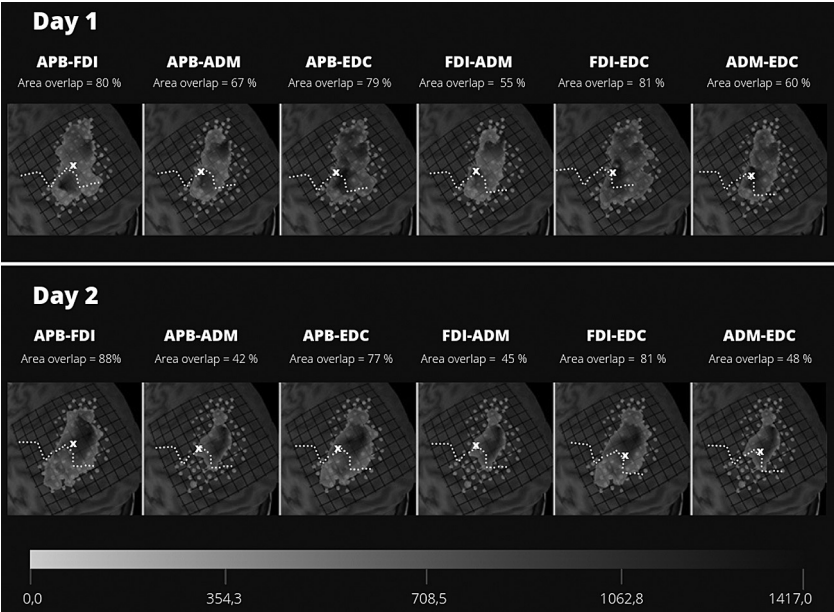


Figure 2. Exemplary TMS muscle cortical representation (MCR) overlaps of hand muscles for both days in a representative subject. MCR reconstructions are based on 240 points per day; points located closer than 2 mm are merged. White dotted line indicates the central sulcus. The area overlaps (in %) for MCR pairs are shown. Centers of gravity (COGs) are shown by white crosses. The scale represents motor evoked potential amplitude in microvolts (μV)

strength and dexterity are not tightly associated (Xu et al., 2017). However, considering a small success of the training in some participants, we suggest that the training was too difficult, so it may be worth to consider a possibility to individualize not only the level of the target muscle contraction but also the level of relaxation of a surround muscle, e.g. 5 % of the maximal contraction level as in (Sugawara et al., 2012). As this study is a continuation of our previous work, we were able to analyze some data at the individual level comparing it with the individual SDC values for the same MCRs or MCR pairs. It seems that our preliminary results support the initial hypothesis that the overlap between muscles trained to contract independently is decreasing, and that hand motor training may lead to shrinkage of the proximal muscle MCR. However, these preliminary results need to be confirmed at the group level. Moreover, the question of training effectiveness needs to be addressed. We believe that the results of this study will be of high importance from both fundamental point of view as we will understand more the interplay among synergistic and surrounding muscles representations' at the cortical level, as well as for translational purposes for the use of nTMS motor mapping to probe cortical reorganization in clinical populations such as stroke or dystonia, or special categories such as athletes, surgical trainees or musicians.

References

- Capaday C., Ethier C., Vreeswijk C.V., Darling W.G. On the functional organization and operational principles of the motor cortex // *Frontiers in Neural Circuits*. 2013. Vol. 7. <http://dx.doi.org/10.3389/fncir.2013.00066>
- Nazarova M.A. Multimodalnaya ocenka reorganizatsii dvigatel'noy sistemy ruki posle polusharnogo insulta: MRT-TMS issledovanie [Multimodal assessment of the reorganization of the hand motor system after a hemispheric stroke: MRI- TMS study]. PhD dissertation. Moscow, 2015.
- Nazarova M., Kulikova S., Piradov M.A., Limonova A.S., Dobrynina L.A., Kononov R.N., Novikov P.A., Sehm B., Villringer A., Saltykova A., Nikulin V.V. Multimodal assessment of the motor system in patients with chronic ischemic stroke // *Stroke*. 2021. Vol. 52. No. 1. P. 241 – 249. <http://dx.doi.org/10.1161/strokeaha.119.028832>
- Nazarova M., Novikov P., Ivanina E., Kozlova K., Dobrynina L., Nikulin V.V. Mapping of multiple muscles with transcranial magnetic stimulation: Absolute and relative test-retest reliability // *Human Brain Mapping*. 2021. Vol. 42. No. 8. P. 2508 – 2528. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.25383>
- Novikov P.A., Nazarova M.A., Nikulin V.V. TMSmap – Software for quantitative analysis of TMS mapping results // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2018. Vol. 12. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2018.00239>
- Novikov P.A., Reshetnikov M.L., Nazarova M.A., Gribov D.A., Nikulin V.V. Neuronavigation TMSphi. Certificate of state registration of a computer program RU2020611493 2020; appl. 27.12.2019; published 03.02.2020. Bull. № 2, Computer program registry, 2020.
- Romero M.C., Davare M., Armendariz M., Janssen P. Neural effects of transcranial magnetic stimulation at the single-cell level // *Nature Communications*. 2019. Vol. 10. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-10638-7>
- Sugawara K., Tanabe S., Higashi T., Suzuki T., Tsurumi T., Kasai T. Functional plasticity of surround inhibition in the motor cortex during single finger contraction training // *NeuroReport*. 2012. Vol. 23. No. 11. P. 663 – 667. <http://dx.doi.org/10.1097/wnr.0b013e3283556522>
- Xu J., Ejaz N., Hertler B., Branscheidt M., Widmer M., Faria A.V., Harran M.D., Cortes J.C., Kim N., Celnik P.A., Kitago T., Luft A.R., Krakauer J.W., Diedrichsen J. Separable systems for recovery of finger strength and control after stroke // *Journal of Neurophysiology*. 2017. Vol. 118. No. 2. P. 1151 – 1163. <http://dx.doi.org/10.1152/jn.00123.2017>

МУЛЬТИМЫШЕЧНОЕ ТМС-КАРТИРОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕОРГАНИЗАЦИИ МОТОРНОЙ КОРЫ НА ФОНЕ ПРИОБРЕТЕНИЯ МОТОРНОГО НАВЫКА

М.А. Назарова* (1,2), А.С. Асмолова (1), Е.О. Иванина (1), М.М. Макарова (1), П.А. Новиков (1), М.Л. Решетников (1), В.В. Никулин (1,3)
chantante@gmail.com

1 — Центр нейроэкономики и когнитивных исследований, Институт когнитивных нейронаук, НИУ ВШЭ, Москва; 2 — ФГБУ Федеральный центр мозга и нейротехнологий ФМБА России, Москва; 3 — Департамент неврологии, Макс Планк институт по изучению когнитивных и мозговых процессов, Лейпциг

Аннотация. Несмотря на то, что моторная кора остается одной из наиболее изученных областей головного мозга человека, мало что известно о тонкой организации нейрональной

активности в соседних областях коры после двигательной тренировки и восстановления моторики. Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) с навигацией по МРТ — многообещающий инструмент для решения этих вопросов. Недавно мы показали, что можно надежно проследить взаимодействие между корковыми репрезентациями различных мышц руки с использованием мультимышечного ТМС-картирования, в частности, надежной метрикой являются перекрытия между корковыми репрезентациями мышц. Используя этот подход в текущей работе, мы исследуем, как взаимодействия между различными корковыми репрезентациями мышц верхней конечности изменяются после научения тонким движениям пальцами с использованием обратной связи по ЭМГ. Мы предположили, что перекрытия между корковыми репрезентациями тренируемых мышц уменьшатся, в то время как перекрытия между контрольными мышцами не изменятся. Наши предварительные результаты, полученные у четырех молодых здоровых добровольцев, демонстрируют, что перекрытия между тренируемыми мышцами (*abductor pollicis brevis* и *abductor digiti minimi*), стали меньше по сравнению с контрольными мышцами руки (EDC, FDI).

Ключевые слова: моторная кора, ТМС, двигательное картирование, корковые репрезентации мышц, реорганизация коры, моторное научение, тонкие движения пальцев

Исследование поддержано грантом РНФ 19-75-00104.

РЕГИСТРАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ЧТЕНИИ ТЕКСТА НА БУМАГЕ: РОЛЬ ШРИФТА LexiaD

С.В. Алексеева*, В.И. Zubov

mail@s-alexeeva.ru

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Недавно для русского языка был разработан специальный шрифт для людей, испытывающих проблемы с чтением (дислексия) (Alexeeva et al., 2020). Для детей младшего школьного возраста он доказал свою эффективность, однако у подростков преимуществом обладал шрифт Arial (Alexeeva, Zubov, 2020). В данной работе проверяются две возможные причины преимущества Arial: привычность или особенности устройства. Для этого шрифт LexiaD сравнивается с Times New Roman (другой привычный шрифт) и Roboto (шрифт, похожий на Arial, но менее привычный) при чтении про себя текстов, распечатанных на бумаге. Используется регистрация движений глаз при помощи мобильного трекера (очков). Не обнаружено статистически значимой разницы в скорости чтения между исследуемыми шрифтами, однако для шрифта Times New Roman обнаружено значимо меньше фиксаций глаз на словах, чем для LexiaD. Эта закономерность показывает, что привычный шрифт Times New Roman обладает некоторым преимуществом перед LexiaD. Таким образом, можно предполагать, что привычные шрифты, такие как Times New Roman и Arial, более эффективны для подростков, чем новый шрифт LexiaD. Требуется лонгитюдное исследование шрифта LexiaD для того, чтобы проверить, как он себя поведет, когда станет более привычным для читающих.

Ключевые слова: дислексия, шрифт, мобильный трекер, распечатанный текст, русский язык

Исследование поддержано грантом Президента РФ для молодых кандидатов наук: МК-1373.2020.6.

Введение

Недавно для русского языка был разработан специальный шрифт LexiaD для людей, испытывающих проблемы с чтением (дислексия) (Alexeeva et al., 2020). LexiaD (см. рис. 1) в отличие от латинских аналогов (например, Dyslexie, OpenDyslexic) был разработан с опорой на экспериментальные данные о схожести букв кириллического алфавита (Конина, Алексеева, 2016): перцептивно похожие буквы были представлены по-разному.

Кроме того, в нем увеличены интервалы между буквами, словами и строчками, объем белого внутри букв, удлинены надстрочные и подстрочные

Уничтожили ли полинезийские крысы деревья на Рапануи? *Roboto*

Уничтожили ли полинезийские крысы деревья на Рапануи? *LexiaD*

Уничтожили ли полинезийские крысы деревья на Рапануи? *Times New Roman*

Рисунок 1. Пример строки, набранной в шрифтах Roboto, LexiaD и Times New Roman

элементы, утолщены основания букв. Показано, что все эти характеристики помогают людям с дислексией при чтении (O'Brien et al., 2005). LexiaD был протестирован в группах детей младшего (9–12 лет; Alexeeva et al., 2020) и старшего (15–17 лет; Alexeeva, Zubov, 2020) школьного возраста, имеющих и не имеющих нарушения чтения, при чтении про себя с экрана компьютера. В группе младших школьников LexiaD сравнивался с шрифтами PT Sans (без засечек) и Pt Serif (с засечками) и показал преимущество при вычленении визуальной информации (определении букв, из которых состоит слово) и при интеграции прочитанной информации (меньше перечитываний), однако в скорости лексического доступа (определения значения слова) проигрывал контрольным шрифтам. В группе подростков LexiaD уступил распространенному шрифту Arial в скорости лексического доступа и интеграции информации. Предполагается, что эффективность Arial могла быть вызвана привычностью либо устройством шрифта. Для проверки этих предположений было проведено данное исследование.

В этой работе мы сравниваем LexiaD со шрифтом Times New Roman (TNR), который используется в школьных учебниках и, таким образом, является привычным, и со шрифтом Roboto, который похож на Arial и является основным шрифтом разработок Google. Если дело в уникальном устройстве Arial, LexiaD будет проигрывать Roboto и покажет результаты, сопоставимые с TNR. Если эффективность связана с привычностью шрифта, то TNR будет читаться быстрее, чем LexiaD. Проверка этих гипотез осуществлена в наиболее естественной для чтения ситуации — чтение текста с листа. Так как в предыдущих исследованиях LexiaD не была зафиксирована разница между школьниками с проблемами чтения и без таковых, данное исследование проведено на типично развивающихся школьниках.

Методика

Участники. 36 учащихся 8–10 классов (14–17 лет) двух средних школ Санкт-Петербурга¹, носители русского языка, имеющие нормальное или скорректированное зрение. Родители участников заполнили форму с согласием на участие в эксперименте.

Материал и дизайн. Пять текстов на русском языке: два тренировочных текста про Марс и три экспериментальных текста про Рапануи. Каждый текст

¹ При поступлении в школы дети проходили отбор: оценивались их интеллектуальные способности.

был напечатан на отдельном листе бумаги. К текстам про Марс был составлен список из 8 утверждений, 4 из которых соответствовали тексту, а 4 не соответствовали. Тексты про Рапануи (связаны между собой) и задания к ним были взяты из пособия международной программы по оценке образовательных достижений учащихся (PISA, 2020). Каждый текст был набран одним из трех исследуемых шрифтов: LexiaD (16 кегль, одинарный межстрочный интервал), TNR (13 кегль, интервал 1.45) или Roboto (14 кегль, интервал 1.5). Размеры букв и междустрочных интервалов (в пикселях) совпадали. В первом тексте было 280 слов, во втором — 218 слов, в третьем — 191 слово. К каждому тексту предъявлялись задания на понимание прочитанного и на умение использовать информацию из текста, всего 8 заданий. Каждое верно выполненное задание оценивалось в 1 балл, максимальная сумма баллов за задания по всем пяти текстам — 16¹. Всего было 6 протоколов в зависимости от порядка следования шрифтов в текстах про Рапануи. Участники случайным образом распределялись между протоколами, в итоге в первый протокол (Roboto – TNR – LexiaD) вошли 5 участников, во второй — 7 участников (LexiaD – TNR – Roboto), в остальных было по 6 человек.

Процедура эксперимента. В ходе эксперимента участникам предлагали прочитать пять текстов и выполнить задания к ним. Во время чтения текстов велась запись движений глаз с помощью Pupil Core Eye Tracker 200 Гц в бинокулярном режиме, с узкоугольным объективом для сюжетной камеры (1080p: 88 ° × 54 °). Регистратор движения глаз представлял собой очки (мобильный трекер). Перед чтением каждого текста участники проходили процедуру калибровки оборудования с использованием экранного маркера и 3D-отображения взгляда в приложении Pupil Capture 2.6.19. Экранный маркер представлялся на экране ноутбука 14" 1980 × 1080, 309 × 175 мм. Экран был расположен немного ниже уровня глаз, расстояние от глаз до экрана составляло от 600 до 700 мм. После процесса калибровки участники про себя читали предъявленные на листе бумаги тексты (один за другим). Ноутбук, на котором проходила калибровка, выступал подставкой для текстов. После чтения каждого текста калибровка запускалась снова. Первые два текста (про Марс) были предназначены для ознакомления с процедурой эксперимента, следующие три (про Рапануи) были экспериментальными. После каждого текста участники получали задания в письменном виде. Во время выполнения заданий запись движений глаз не велась. Процедура эксперимента занимала от 15 до 25 минут.

Анализ и результаты

Зависимые и независимые переменные. В качестве независимой переменной выступал шрифт (три уровня: LexiaD, Roboto и TNR). Зависимыми переменными выступали среднее время чтения слова в тексте и среднее количество фиксаций на слове в тексте — относительно неподвижных положений глаз на той или иной точке визуального объекта, во время которых осуществля-

¹ Примеры текстов и подробное их описание представлено по ссылке <https://osf.io/4m59b/>.

ется восприятие и обработка информации. Для подсчета среднего времени чтения слова в тексте суммировались длительности всех фиксаций при прочтении текста, затем полученная сумма делилась на общее количество слов в тексте. Для подсчета среднего количества фиксаций на слове в тексте общее количество фиксаций при чтении текста делилось на количество слов в тексте. Усреднение на количество слов в тексте позволило сравнивать тексты разного размера (см. описание текстов выше). Данные меры, позволяющие оценить качество и скорость чтения, рассчитывались для каждого участника и для каждого шрифта отдельно.

Предобработка данных. Никто из участников не был исключен из анализа ввиду низкого уровня понимания прочитанного (точность ответов на вопросы $\leq 50\%$). Фиксации были определены при помощи пакета Saccade в R на основе отчета о координатах положения глаз, формируемого регистратором движения глаз (gaze report). Пакет нацелен на обнаружение фиксаций при чтении.

Анализ. Анализ был осуществлен в среде R. Для каждой зависимой переменной был осуществлен дисперсионный анализ с повторными измерениями, при значимости исследуемого эффекта (шрифта) процедура множественных сравнений (анализ *post hoc*) была осуществлена при помощи теста Тьюки с поправкой Бонферрони.

Результаты. На рис. 2 представлено среднее количество фиксаций на слове в каждом из трех исследуемых шрифтов. На рис. 3 изображены аналогичные данные для среднего времени чтения слов. Мы не обнаружили значимого эффекта шрифта при анализе среднего времени чтения слова ($F(2, 68) = 1.59$,

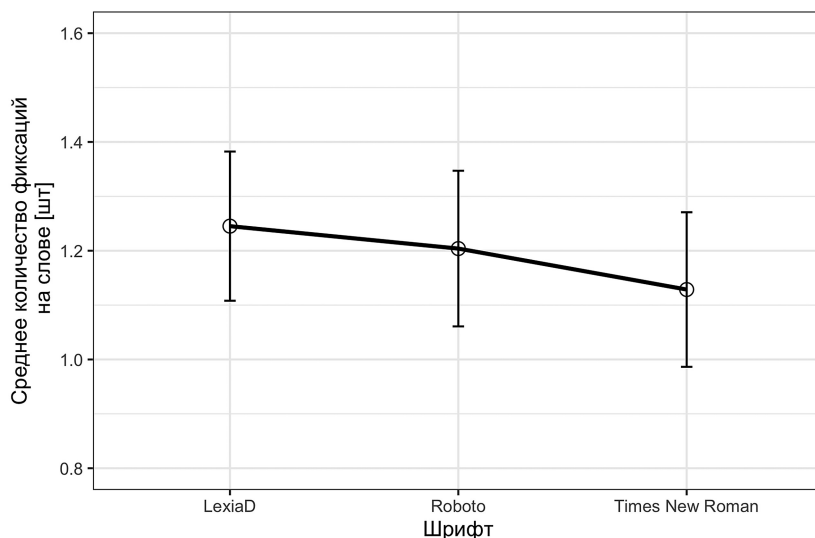


Рисунок 2. Среднее количество фиксаций на слове в зависимости от шрифта

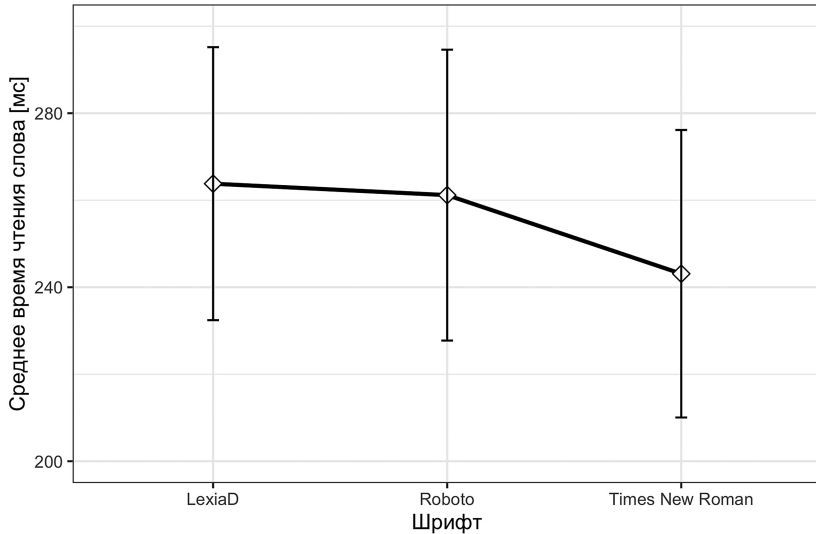


Рисунок 3. Среднее время чтения слова в зависимости от шрифта

$p = .211$). Тем не менее количество фиксаций на слове зависит от шрифта ($F(2, 68) = 3.22$, $p = .046$). Попарные сравнения показали, что в шрифте TNR значительно меньше фиксаций на словах, чем в шрифте LexiaD ($p = .035$). Между шрифтами LexiaD и Roboto ($p = .409$), а также между TNR и Roboto ($p = .922$) значимых отличий выявлено не было.

Обсуждение и выводы

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что шрифт TNR обладает некоторым преимуществом перед LexiaD у подростков, читающих распечатанный на бумаге текст, так как для распознавания слов необходимо меньшее количество фиксаций. При этом статистический анализ не дает оснований утверждать, что скорость чтения между данными шрифтами отличается. Для Roboto (похожий на Arial шрифт) мы не обнаружили значимых отличий в обеих исследованных мерах как от шрифта LexiaD, так и от шрифта TNR. TNR и Arial являются одними из самых распространенных, а следовательно, привычных шрифтов. При этом TNR принципиально отличается от шрифта Arial наличием засечек. Таким образом, мы считаем, что ранее выявленное преимущество (Alexeeva, Zubov, 2020) шрифта Arial перед LexiaD у подростков с нарушениями чтения и без таковых (читающих с экрана компьютера) связано именно с привычностью шрифта Arial, а не с его устройством. Можно сделать вывод, что более привычные шрифты, такие как Arial и TNR, эффективнее нового шрифта LexiaD при чтении подростками.

Тем не менее, поскольку для детей младшего школьного возраста была зафиксирована эффективность шрифта LexiaD по сравнению с двумя шрифтами с типичными формами букв (см. выше), мы предполагаем, что LexiaD целесообразно использовать для облегчения чтения в младшей школе, пока не сформированы представления о привычном шрифте.

Направления будущих исследований. Для подтверждения предположения, высказанного выше, необходимо протестировать шрифт LexiaD в группе младших школьников, используя в качестве контроля шрифты Arial и TNR. Для подростков требуется провести лонгитюдное исследование LexiaD для того, чтобы проверить, как он себя поведет, когда станет привычным.

Ограничения исследования. Это одно из первых исследований, применяющих регистрацию движений глаз при чтении распечатанного текста. Сложность обработки данных мобильного регистратора (в отличие от стационарного, используемого при чтении с экрана) пока не позволяет провести более детальный анализ (аналогичный Alexeeva, Zubov, 2020). Пока не существует легкодоступного ПО для мобильного трекера, которое могло бы соотнести точку взгляда с конкретным словом в тексте. Таким образом, мы не можем разделить эффекты, связанные с вычленением визуальной информации, лексическим доступом и интеграцией прочитанного. В связи с этим результаты и выводы данного исследования стоит считать предварительными.

Литература

Кони́на А.А., Алексе́ева С.В. Ошибки восприятия букв русского алфавита при краткосрочном предъявлении в парафовеальной области // VII Международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. 2016. С. 691 – 692.

PISA: читательская грамотность. Минск: РИКЗ, 2020.

Alexeeva S. LexiaD eye movement corpus // URL: <https://osf.io/fjs5a/>

Alexeeva S., Dobrego A., Zubov V. Towards the first dyslexic font in Russian // Proceedings of the LREC 2020 Workshop on Linguistic and Neurocognitive Resources. 2020. P. 9 – 14. URL: <https://www.aclweb.org/anthology/2020.lincnr-1.2.pdf>.

Alexeeva S., Zubov V. First dyslexic font in Russian: Evidence of efficiency and new questions // Proceedings of the 4th International Conference «Neurobiology of Speech and Language». 2020. P. 20 – 21.

O'Brien B.A., Mansfield J.S., Legge G.E. The effect of print size on reading speed in dyslexia // Journal of Research in Reading. 2005. Vol. 28. No. 3. P. 332 – 349. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9817.2005.00273.x>

READING PRINTED TEXTS IN LEXIAD, THE DYSLEXIC FONT IN RUSSIAN: A MOBILE EYE-TRACKING STUDY

S. V. Alexeeva*, V. I. Zubov

mail@s-alexeeva.ru

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. The LexiaD font was developed for Russian-speaking people with reading disorders (dyslexia) (Alexeeva et al., 2020). LexiaD demonstrated an advantage over other popular

fonts for primary school children, but for adolescents, the Arial font was more effective (Alexeeva, Zubov, 2020). In this paper, we tested two possible reasons for the advantages of Arial: its familiarity or its structure. LexiaD was compared to Times New Roman (another familiar font) and Roboto (a font similar to Arial, but less familiar) while reading printed texts. Eye movements were recorded using a mobile tracker (PupilCore). There was no statistically significant difference in reading speed between the fonts. Still, for the Times New Roman font, significantly fewer eye fixations on words were detected than for LexiaD. This pattern shows that the familiar Times New Roman font has some advantages over LexiaD. Thus, it can be assumed that familiar fonts, such as Times New Roman and Arial, are more effective for adolescents than the new LexiaD font. A longitudinal study of LexiaD is required to test its potential advantage when it becomes more familiar to readers.

Keywords: dyslexia, font, mobile eye-tracker, printed text, Russian

Presidential grant for young scientists № MK-1373.2020.6 funded this study.

РОЛЬ ИЛЛЮЗОРНОГО КОНТЕКСТА В ЗАДАЧЕ ПОИСКА РАЗЛИЧИЙ

Н.В. Андриянова* (1), М.Г. Филиппова (1), В.Ю. Карпинская (2)

andriyanova89@mail.ru

1 — СПбГУ, факультет психологии, Санкт-Петербург; 2 — СПбГУ, факультет свободных искусств и наук, Санкт-Петербург

Аннотация. Исследование посвящено роли иллюзий при поиске визуальных различий между объектами. Участникам эксперимента предъявлялось 72 пары изображений объектов — 24 пары объектов одинакового размера, 24 пары с различием в размере объектов на 10 % и 24 пары объектов с иллюзорными различиями в размере. Для создания иллюзорных различий использовались иллюзии Понзо и Дельбефа. Задачей испытуемых было определять, есть ли между двумя объектами различие в деталях, не обращая внимания на размер или контекст. Результаты показали, что в иллюзорном контексте испытуемые допускали больше ошибок и отвечали медленнее, чем в двух других условиях. Предполагается, что иллюзорные различия интерферируют с различиями в деталях: испытуемые вынуждены подавлять иллюзорные различия, что отражается на эффективности задачи поиска различий в деталях.

Ключевые слова: восприятие, зрительный поиск, иллюзии, категоризация, ошибки, внимание, распознавание объектов

Исследование выполнено при поддержке РФФИ № 20-013-00778 А.

Введение

Зрительные иллюзии — явления, привлекательные как для обывателей, так и для ученых. Интересно не только переживать их, но и исследовать механизмы их возникновения, чтобы использовать в качестве инструмента для изучения восприятия и когнитивных процессов в целом.

В психологии можно выделить два принципиально разных подхода к восприятию. Один из них интерпретирует переживание иллюзии как результат автоматизированных процессов. Концепция непосредственного восприятия дает ответ на вопрос «Почему мы видим вещи такими, какие они есть?» словами Дж. Гибсона: «Потому что они такие, какие они есть» (Gibson, 1950). Другой подход можно охарактеризовать словами Р. Грегори: «Мы видим только то, что понимаем». Результат восприятия, представленный в нашем сознании, зависит от наших ожиданий, нашего опыта (Gregory, 1998).

Согласно теории прямого восприятия, нет никаких ошибок, только различия в оптическом окружении и доступности. Одна и та же экологическая ситуа-

ция может вызывать разные изображения на сетчатке, а одно изображение на сетчатке может быть вызвано более чем одной экологической ситуацией. Информация о стимуле, доступная из изображения на сетчатке, определяет окружающую среду. В общем, мы не можем сказать, что это иллюзия (например, Rogers, 2017).

Исходя из идеи косвенного восприятия, при интерпретации иллюзорных раздражителей должна присутствовать информация обоих типов: объекты равны (реальный мир) и различаются по размеру (представление, основанное на бессознательном решении). И восприятие иллюзии включает в себя ошибку сознания, что объекты различны, а неосознаваемая информация — что они равны. Многочисленные исследования показали, что в когнитивных задачах субъект способен различать свои правильные и неправильные ответы неосознанно. Так, правильные ответы имеют тенденцию быть более быстрыми и уверенными в сравнении с неправильными, даже когда человек считает, что действует наугад, то есть не различает свои правильные и ошибочные ответы (например, Аллахвердов, 1993; Baranski, Petrusic, 1998). О способности различать правильные и неправильные ответы говорит также наличие тенденции замедления ответов после ошибки, даже в отсутствие обратной связи (например, Houtman et al., 2012; Crump, Logan, 2013).

Согласно нашей гипотезе, при восприятии геометрических иллюзий, таких как иллюзии Понзо и Дельбефа, происходит неосознаваемая обработка не только осознаваемых размеров объектов, но и реальных. Несовпадение этих оценок выражается в сигнале об ошибке, о наличии которого можно судить по результатам текущей когнитивной деятельности с этими иллюзиями. Если имеют значение только осознаваемые размеры объектов, то разного рода когнитивные задачи с использованием объектов, имеющих реальные различия размеров и иллюзорные, должны выполняться с одинаковой эффективностью. Однако мы ожидали, что сигнал об ошибке будет затруднять выполнение задач с объектами, имеющими иллюзорные различия в размерах, по сравнению с ситуацией использования реальных различий.

Метод

В эксперименте приняло участие 49 добровольцев в возрасте 18–35 лет (7 мужчин, 42 женщины).

Мы использовали задачу поиска различий в деталях изображенных объектов, чтобы определить влияние иллюзии размеров объектов на эффективность решения когнитивных задач.

Участникам эксперимента предъявлялось 72 пары объектов — 24 пары одинакового размера, 24 пары с различием по размеру на 10 % и 24 пары с иллюзорными различиями (кажущиеся различия в размерах) — также около 10 %. Для создания иллюзорных различий использовались иллюзии Понзо и Дельбефа. Задачей испытуемых было определять, есть ли между двумя объектами различие в деталях объектов, не обращая внимания на их размер и контекст. Половина пар объектов (36 пар) имели различия в деталях, вторая половина — не имели. Примеры используемых стимулов приведены на рис. 1.

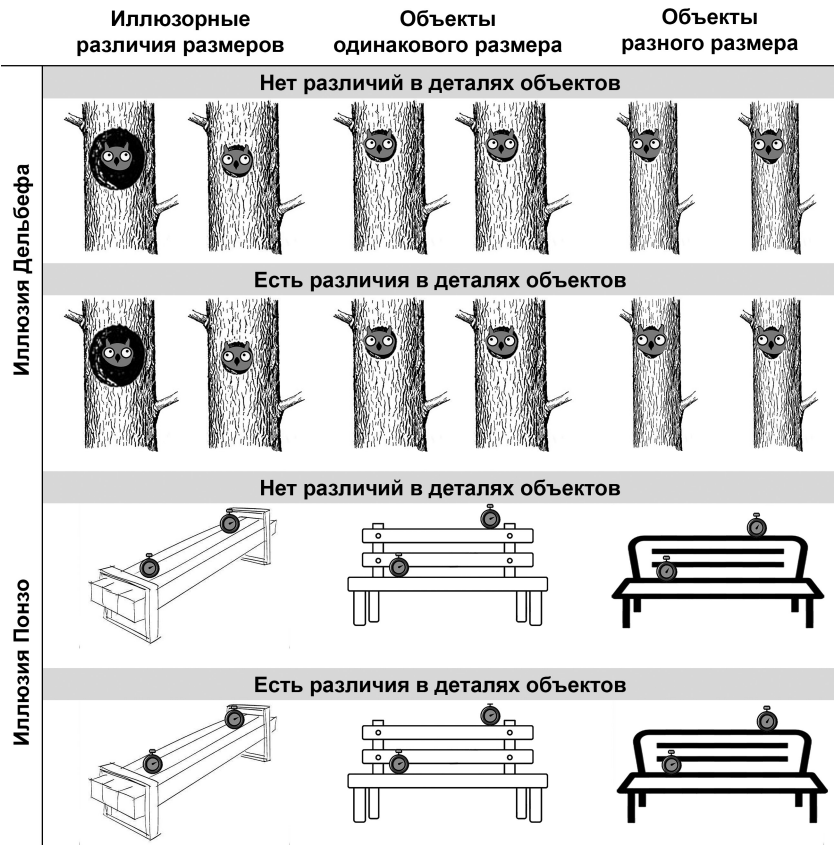


Рисунок 1. Примеры стимулов

Два объекта появлялись на экране одновременно на 5 секунд, после чего изображение сменялось темным экраном, а испытуемому давалось еще 2 секунды на ответ. Мы решили использовать ограничения времени ответа испытуемых, поскольку пилотажные эксперименты показали, что это побуждает их реагировать быстрее, тем самым сохраняя для нас дополнительную переменную в виде ошибок.

Результаты и обсуждение

Анализ результатов проводился отдельно для ситуаций, когда между объектами были различия в деталях и когда таких различий не было. Таким образом, в каждой категории результатов было по 12 пар объектов.

Результаты показали, что в случае, когда между объектами не было различий в деталях, в иллюзорном контексте испытуемые допускали больше ошибок ($F(2, 48) = 13.7$; $p < .001$) и отвечали медленнее ($F(2, 48) = 3.32$; $p < .05$), чем в двух других условиях (табл. 1). Значимых различий по точности между парами одинакового размера и парами с различием в размере 10 % обнаружено не было.

Таблица 1. Результаты в случае, когда нет различий в деталях между объектами (стандартная ошибка среднего в скобках)

	Средний % правильных ответов	Среднее время (с)
Иллюзорные различия	76.9 (1.75)	3.6 (0.06)
Одинаковые размеры	88.2 (1.33)	3.4 (0.06)
Разные размеры	85.2 (1.44)	3.5 (0.06)

Схожие результаты были получены и в условии, когда между объектами были различия в деталях. Больше всего ошибок пропуска испытуемые совершили в иллюзорном контексте ($F(2, 48) = 3.68$; $p < .05$). Время ответа при наличии различий между объектами также различалось статистически значимо ($F(2, 48) = 20.65$; $p < .001$): в условиях иллюзорного контекста испытуемым требовалось больше времени, чем в двух других условиях, чтобы обнаружить различие между картинками (табл. 2).

Таблица 2. Результаты в случае, когда есть различия в деталях между объектами (стандартная ошибка среднего в скобках)

	Средний % правильных ответов	Среднее время (с)
Иллюзорные различия	48.2 (2.04)	3.3 (0.06)
Одинаковые размеры	53.5 (2.06)	2.9 (0.05)
Разные размеры	55.2 (2.05)	3.0 (0.06)

Таким образом, в иллюзорном контексте была обнаружена наиболее низкая эффективность поиска различий, чем в других условиях. На сравнение объектов, иллюзорно различающихся в размере, уходило больше времени. Мы полагаем, что природа данного замедления в наших экспериментах аналогична тому, что происходит в экспериментах с неосознаваемой фиксацией ошибочного решения: наблюдатель фиксирует иллюзорное отличие как ошибку, что оказывает тормозящее воздействие на поиск других отличий. Таким образом, увеличивается время решения не только по сравнению с ситуацией равных стимулов, но и с ситуацией реально отличающихся по размерам стимулов.

Заслуживает внимания тот факт, что увеличивается и количество ошибок в иллюзорном контексте по сравнению с другими условиями. Особенностью разного рода визуальных иллюзий является то, что человеку нередко бывает известно, что различия в размерах являются иллюзией, но, даже несмотря на то, что он может сам при помощи линейки убедиться в этом, иллюзорный

эффект от этого не исчезает. Невозможно осознанно избавиться от иллюзии. Но можно предположить, что неосознаваемый сигнал об ошибке присутствует на протяжении всего времени переживания иллюзии. По всей видимости, это и провоцирует возрастание количества ошибок в иллюзорном контексте (даже в сравнении с условием использования объектов, имеющих реальные различия в размерах, сопоставимые с теми, которые задаются при помощи иллюзии). Таким образом, может быть сделан вывод, что именно переживание иллюзии размера является причиной снижения эффективности задачи поиска различий в деталях объектов.

Литература

Аллахвердов В.М. Опыт теоретической психологии (в жанре научной революции). СПб.: Печатный двор, 1993.

Baranski J.V., Petrusic W.M. Probing the locus of confidence judgments: Experiments on the time to determine confidence // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1998. Vol. 24. No. 3. P. 929–945. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.929>

Crump M.J.C., Logan G.D. Prevention and correction in post-error performance: An ounce of prevention, a pound of cure // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2013. Vol. 142. No. 3. P. 692–709. <http://dx.doi.org/10.1037/a0030014>

Gibson J.J. The perception of the visual world. Oxford: Houghton Mifflin, 1950.

Gregory R.L. Eye and brain: The psychology of seeing. Oxford: Oxford University Press, 1997.

Houtman F., Castellar E.N., Notebaert W. Orienting to errors with and without immediate feedback // *Journal of Cognitive Psychology*. 2012. Vol. 24. No. 3. P. 278–285. <http://dx.doi.org/10.1080/20445911.2011.617301>

Rogers B. Perception: A very short introduction. Oxford University Press, 2017.

THE ROLE OF ILLUSIONARY CONTEXT IN THE VISUAL SEARCH OF DIFFERENCES

N. Andriyanova (1)*, M. Filippova (1), V. Karpinskaia (2)

andriyanova89@mail.ru

1 – Faculty of Psychology SPbSU, Saint Petersburg; 2 – Faculty of Liberal Arts and Sciences SPbSU, Saint Petersburg

Abstract. In this research we studied the influence of illusions on the visual search of differences between objects. Stimuli included 72 pairs of objects: 24 pairs with equal size, 24 pairs with 10% difference in size and 24 pairs with an illusory difference in size. For illusory differences we used Ponzo and Delboeuf illusions. Participants had to respond whether the paired objects had differences in details or color (without paying attention to size and context). Half of the objects had such differences and the other half did not differ. We found that in the illusory context participants made more errors and responded more slowly than in the other two contexts. There were no differences in accuracy between pairs with equal size and pairs with 10% difference. We suppose that illusory differences interfere with differences in details, so participants had to inhibit the illusory differences. It is important to note that there was no such tendency observed for the objects with real

differences in size. Thus, we can conclude that illusion influences the visual search of differences between objects.

Keywords: perception, visual search, illusions, categorization, errors, attention, object recognition

The research was supported by RFBR Project No. 20-013-00778 A.

УСТОЙЧИВОСТЬ ВНИМАНИЯ В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

А.А. Ануфриева*, Е.С. Горбунова

aanufrieva@hse.ru

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва

Аннотация. В настоящее время все более популярными становятся исследования познания в цифровой среде. Однако фактически не существует исследований, посвященных выявлению конкретных механизмов влияния цифровой среды на процессы внимания. Под механизмами цифровой среды понимаются свойства, присущие цифровым средам, варьирование которых может приводить к изменениям параметров внимания. В настоящей работе была предпринята попытка изучения такого свойства цифровых сред, как насыщенность. Цель данной работы заключалась в проведении эмпирического исследования, посвященного устойчивости внимания в двух цифровых условиях: упрощенном и сложном. Для оценки устойчивости внимания использовался модифицированный тест Бурдона. Полученные результаты показывают, что внимание является менее устойчивым в упрощенном условии, что выражается в более низких показателях точности выполнения модифицированного теста Бурдона в сравнении со сложным условием, однако в упрощенном условии наблюдается меньшее количество ошибок. Настоящее исследование может расширить наши знания о свойствах цифровых сред и их непосредственном влиянии на внимание.

Ключевые слова: цифровая система, когнитивная система, устойчивость внимания, сложность цифровой среды, насыщенность цифровой среды

Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2021 году.

Введение

Одно из популярных направлений исследований в современной когнитивной психологии — изучение внимания в цифровой среде. Однако о свойствах цифровой среды с точки зрения когнитивной обработки известно не так уж много — существует пробел между теоретическим и эмпирическим пониманием конкретных свойств цифровой среды, которые влияют на внимание. Можно выделить ряд подходов, которые работают с ними и пытаются понять взаимодействие между ними, распределенное познание, расширенное познание, наука об искусственном, человек-компьютерное взаимодействие (HCI), экология артефактов и цифровая экология (Falikman, 2021). Общим для этих подходов является «размывание» границ когнитивной системы и включение

в деятельность индивида окружающих инструментов, в том числе цифровых устройств. Однако степень включения и формат его различны. С одной стороны, существует представление о цифровых системах как инструментах достижения цели, а с другой — предположение о возможном образовании единой системы посредством интеграции цифровой системы в когнитивную.

Некоторые эмпирические исследования, направленные на изучение факторов влияния цифровой среды, сосредотачиваются на сравнительном анализе внимания в цифровых и реальных условиях. Например, нами было исследовано внимание в цифровых (компьютерных) и реальных (бумажных) условиях на примере использования органайзера. Тест Бурдона использовался как методика для оценки показателей внимания. Участники должны были запомнить несколько слов, а затем найти эти слова среди других. Согласно этому исследованию, точность решения задач на внимание различается в зависимости от условий: «бумажная» группа была более точной и быстрой (Gorbunova, Anufrieva, 2020). Говоря о непосредственном влиянии цифровой среды на внимание, стоит отметить работу Леви с коллегами (2016). В исследовании участники были разделены на пять отдельных групп по типу получаемых сообщений: сообщение с текстом или сообщение с картинкой, всплывающие в окне браузера, текстовые SMS или графические MMS и контрольная группа. Во время эксперимента они должны были играть в соревновательную интернет-игру, в то время как сообщения поступали на смартфон или появлялись на экране. В результате группа, получавшая изображение с картинками, имела самое длительное время восстановления устойчивости внимания из всех групп. Леви демонстрирует, что насыщенность контента будет оказывать влияние на продолжительность возвращения к задаче (Levy et al., 2016).

Гипотеза и методика

В данном исследовании варьировалась степень цифровой «сложности», выраженная в насыщенности — свойстве цифровой среды содержать в себе большое количество интерактивных элементов различного характера. Понятие насыщенности операционализировано в данной работе как отклик системы на действие испытуемого: изменение цвета или состояния элемента интерфейса при наведении на него мыши или нажатии. Принимая это во внимание, направленной гипотезой является предположение о том, что устойчивость внимания в тесте Бурдона будет выше, если тест выполняется в «упрощенном» цифровом условии. Дизайн эксперимента — межгрупповой (2 группы), независимой переменной является количество интерактивных элементов, зависимой переменной является количество верно и ошибочно найденных стимулов. Упрощенное условие среды — это снимок экрана компьютера без интерактивных элементов (реализовано с использованием программного пакета Psychopy на платформе Pavlovia). В случае упрощенного условия испытуемые работали в полноэкранном режиме, таким образом они видели только снимок экрана (рис. 1), где верхняя и нижняя панели были частью снимка, поэтому при наведении на любой элемент интерфейса не происходило никаких изменений (цвета или состояния). Только при нажатии на слово в синем слоте появлялась

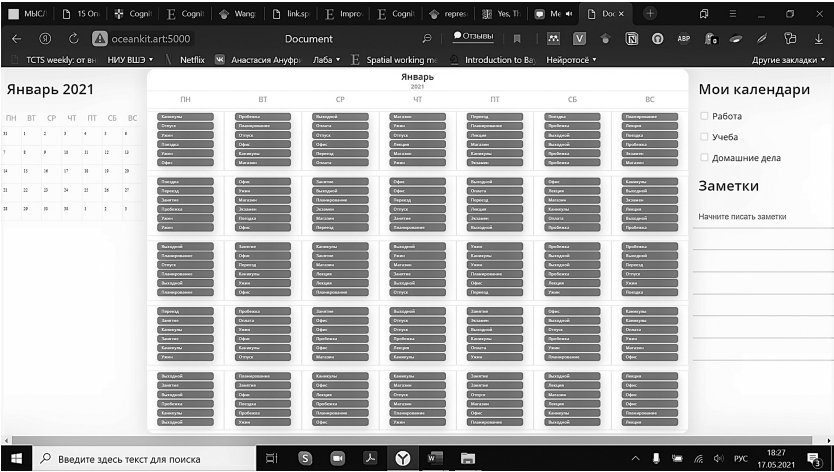


Рисунок 1. Задачное пространство для обеих групп в эксперименте

перечеркивающая линия. Сложное условие — это сайт со всеми интерактивными элементами, который был разработан для целей исследования. В сложном условии испытуемые работали на сайте, где все элементы давали отклик при наведении/нажатии, верхняя и нижняя панели были интерактивны (являлись частью браузера).

Для оценки устойчивости внимания использован модифицированный тест Бурдона. Модифицированной частью теста является форма его представления: воссоздан привычный дизайн календаря, слова для поиска напоминают форму записи дел в ежедневник. В тесте на устойчивость внимания участники запоминали три слова, продемонстрированные в течение 5 секунд. Затем они искали все слоты, которые содержат целевые слова, в течение 30 секунд. Общее количество стимулов в каждой пробе одинаковое — 210 (сетка 30 строк и 7 столбцов). Однако количество целевых стимулов в пробе варьируется: 10/25/45 процентов от всех стимулов, по 10 проб для каждого условия, следовательно, всего 30 проб. Данные собирались путем распространения ссылки на сайт или ссылки на сервис Pavlovia.

Выборка

Эмпирическая часть исследования реализована на базе департамента психологии НИУ ВШЭ. К участию привлечены студенты образовательной программы «Психология» в возрасте от 18 до 24 лет ($M=23.4$, всего 40 человек, 10 мужчин), с нормальным или скорректированным зрением, без неврологических нарушений. Прохождение эксперимента вознаграждалось дополнительным баллом к оценке за учебные дисциплины. На этапе обработки данных было исключено 4 человека, итого анализировались данные 36 испытуемых (17 — сложное условие, 19 — упрощенное условие).

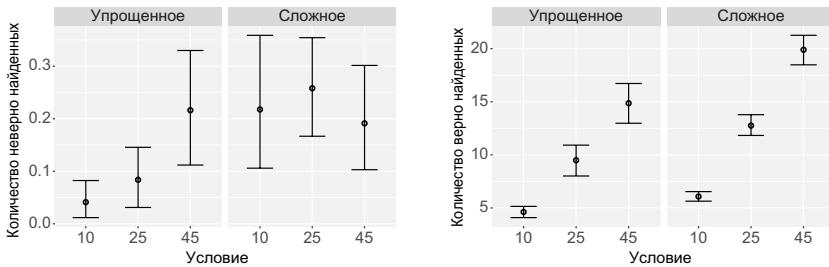


Рисунок 2. Количество ошибок (слева) и количество правильно обнаруженных целей (справа)

Результаты

Обработка и анализ данных, визуализация результатов производилась с помощью R v. 1.2.1335, Нормальность распределений было проверено с помощью теста Шапиро–Уилка ($p < .002$). Также применялся критерий Манна–Уитни для проверки гипотезы об отсутствии различий между группами. Анализировались показатели точности (количество правильно детектированных целевых слов) и ошибок (количество неправильно детектированных слов-дистракторов). Были обнаружены значимые различия между группами со сложным и упрощенным условиями по параметру точности, что отражено на рис. 2 (correct detection) ($W = 957$, $p = .004$). Дополнительно был проведен двухфакторный дисперсионный анализ, где *группа* была межгрупповой переменной, а *тип* — внутригрупповой; обнаружено значимое влияние *группы* и *типа* (*группа*: $F > 17.13$, $p < .000$, $\eta_p^2 = .266$; *тип*: $F > 547.627$, $p < .000$, $\eta_p^2 = .846$).

Обсуждение результатов

Обобщая и интерпретируя полученные результаты, можно предположить следующее: насыщенность цифровой среды, операционализированная в изменениях элементов интерфейса при взаимодействии с ними, не перегружает внимания, тем самым не делая его менее устойчивым. Напротив, подобные изменения могут выступать «подсказками», поддерживающими фокус внимания на конкретном элементе интерфейса в процессе работы. В соответствии с некоторыми исследованиями низкие показатели устойчивости внимания могут наблюдаться при работе в цифровой среде с нарушенными принципами юзабилити (Wang et al., 2014). Данное исследование было выполнено без грубых нарушений принципов юзабилити и с максимальным сохранением всех составляющих сайтов по типу календарей/органайзеров. Этот факт дает основания полагать, что были исключены влияния насыщенности иного характера, следовательно, полученные данные суть результат воздействия экспериментальных условий. Соотношение показателей точности и ошибок может говорить о том, что в сложном условии испытуемые чаще нажимали как на верные, так и на неверные объекты. Взятые вместе, данные факты требуют дальнейшего прояснения посредством эксперимента с увеличением коли-

чества времени работы (1 минута) и тестированием других свойств внимания (к примеру, переключаемости).

Литература

Falikman M. There and back again: A (reversed) vygotskian perspective on digital socialization // *Frontiers in Psychology*. 2021. Vol. 12. P. 501233. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2021.501233>

Gorbunova E.S., Anufrieva A. Working memory and attention in online and offline organizer users // *Способности и ментальные ресурсы человека в мире глобальных перемен* / под ред. А.Л. Журавлева, М.А. Холодной, П.А. Сабадоша. М.: Институт психологии РАН, 2020. P. 1557 – 1563.

Levy E.C., Rafaeli S., Ariel Y. The effect of online interruptions on the quality of cognitive performance // *Telematics and Informatics*. 2016. Vol. 33. No. 4. P. 1014 – 1021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tele.2016.03.003>

Wang Q., Yang S., Liu M., Cao Z., Ma Q. An eye-tracking study of website complexity from cognitive load perspective // *Decision Support Systems*. 2014. Vol. 62. P. 1 – 10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2014.02.007>

SUSTAINABILITY OF ATTENTION IN A DIGITAL ENVIRONMENT

A. Anufrieva*, E.S. Gorbunova

aanufrieva@hse.ru

HSE University, Moscow

Abstract. The trend of searching for the interaction between cognition and the digital environment is becoming more popular. Despite this fact, there are no studies that are dedicated to revealing parameters of the digital environment that influence the attention process. Digital environment parameters refer to the properties of digital environments, the variation of which can lead to changes in attention parameters. In the present paper, an attempt has been made to study the saturation of digital environments. The study aims to conduct empirical research on attention sustainability under two digital conditions: simplified and complex. The modified Bourdon test was used for evaluating the accuracy of attention. The results showed that attention is less stable in a simplified condition, which is expressed in low accuracy rates compared to a complex condition, but in the simplified condition there were fewer errors. This study can enhance our knowledge of digital properties and their direct impact on attention.

Keywords: digital system, a cognitive system, attention sustainability, digital system complexity, digital system saturation

The study was carried out as part of the HSE Program of Basic Research in 2021.

ВЛИЯНИЕ ВЕРБАЛЬНОГО ЯРЛЫКА НА ОЦЕНКУ СУЖДЕНИЙ О КАТЕГОРИИ СОХРАНЯЕТСЯ, ДАЖЕ ЕСЛИ МЫ НЕ ПОМНИМ ЯРЛЫК

И.А. Асланов (1), Ю.В. Судоргина (2), А.А. Котов* (2)

al.kotov@gmail.com

1 — МГУ, Москва; 2 — НИУ ВШЭ, Москва

Аннотация. В представленном исследовании мы воспроизвели эффект влияния вербального ярлыка на оценку суждений, который был найден Гиффином и коллегами (Giffin et al., 2017). В своем эксперименте они предъявляли истории, описывающие странное поведение человека. Оказалось, что последующие суждения, объясняющие странное поведение человека склонностью к такому поведению, воспринимались участниками исследования как более убедительные, если к их описанию добавлялся ярлык — искусственное название для расстройства. Авторы предположили, что вербальный ярлык изменяет суждения, добавляя к категории свойство обобщенности, независимости от субъекта. Мы воспроизвели результаты в Эксперименте 1 ($N=314$), а в последующем Эксперименте 2 ($N=155$) мы разделили восприятие информации о категории и оценку этой информации во времени (задержка длилась одну неделю). Мы обнаружили, что эффект сохраняется даже тогда, когда люди выносят суждения основываясь на своих воспоминаниях о категории, и, согласно контент-анализу воспоминаний, участники в условии с вербальным ярлыком помнят больше информации из описания, но при этом не помнят самого ярлыка, используют вместо него другие названия из области расстройств (например, «болезнь» или «клептомания»). Эти результаты позволяют выдвинуть новую интерпретацию данного эффекта: мы считаем, что в эксперименте Giffin et al. ярлык не добавлял новых свойств к категории, а выделял соответствующую семантическую область, поэтому обнаруженный эффект был вызван активацией релевантных этой области знаний в семантической памяти.

Ключевые слова: вербальный ярлык, объяснение, память, категоризация, репликация

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00698 «Влияние доступности наименования признаков объектов на категориальное научение у детей дошкольного и младшего школьного возраста».

Введение

В исследовании К. Гиффин и соавторов (Giffin et al., 2017) исследователи описали эффект, при котором объяснение на основе апелляции к категории выглядит убедительнее, если категории присваивается вербальный ярлык. В своих экспериментах они использовали истории, описывающие культурно-специфические расстройства, незнакомые респондентам. Авторы обнаружили, что объяснения, в которых странное поведение больного объяснялось

склонностью этого человека вести себя подобным образом, казались более убедительными, если расстройству давался ярлык (использовалось придуманное слово «депатафия») и этот ярлык использовался в объяснении (например, объяснение «Елена ведет себя так, потому что у нее депатафия» было убедительнее, чем «Елена ведет себя так, потому что у нее есть склонность к такому поведению»).

В нашем исследовании мы поставили задачу уточнить когнитивную природу этого эффекта. Мы предположили, что включение ярлыка в описание странного поведения влияет на саму категоризацию: социальный опыт подсказывает людям, что психические расстройства сопровождаются странным поведением и имеют наукообразные названия. Соответственно, само наличие ярлыка может быть значимым признаком для отнесения описываемого поведения к категории «болезнь», что вызывает обработку информации в соответствии со схемой этой категории — ведь, как известно, социальный опыт человека и его наивные теории могут напрямую определять результат категоризации (Murphy, Medin, 1985; Wisniewski, Medin, 1994). Предыдущий опыт, доступный в памяти, участвует также и в формировании суждений — например, гипотез (Weber et al., 1993; Thomas et al., 2014) — и объяснений (Hussak, Simpian, 2018).

Если наше объяснение верно, то в заданиях К. Гиффин и соавторов ярлык будет выполнять служебную роль, участвуя на этапе категоризации в роли своеобразного указателя на релевантную категорию или область знания, и удаляться из памяти, когда категоризация завершена, так как он уже выполнил свою основную функцию.

Репликация. Методика

В исследовании приняло участие 314 человек (177 женщины, $M=21.82$, $SD=7.31$, 86 % имели неоконченное высшее образование). В исследовании использовались материалы из реплицируемого исследования Гиффин и коллег. Материалы представляли собой четыре текста в 5–6 предложений с короткой историей, в которой человек себя вел странным образом. При создании характеристик описываемых поведенческих паттернов авторы руководствовались симптомами культурно-специфических психических расстройств, чтобы сохранить низкую вероятность, что описание поведения может быть знакомо респондентам.

Каждый текст был создан в двух вариантах, для каждого условия исследования. В условии с *вербальным ярлыком* текст содержал придуманное слово, обозначающее поведение. В контрольном условии тот же самый текст не содержал названия поведения (см. табл. 1).

Для каждого текста был составлен набор из 15 утверждений. Вопросы были направлены на оценку разных характеристик поведения. Так, в утверждениях просили оценить степень виновности человека в своем поведении, стабильность поведения в прошлом и в будущем, вероятность биологической или психологической природы поведения, возможность вылечить или контролировать поведение с помощью медикаментов или психотерапии. Все материалы опубликованы в открытом доступе и доступны для просмотра: <https://osf.io/52dsn/>.

Мы перевели и адаптировали материалы на русский язык. В частности, мы заменили имена героев на имена, широко распространенные среди русскоговорящих людей, придуманное название поведения (*depathapy*) перевели буквально (*депатафия*).

Исследование проводилось онлайн. Участники случайным образом попадали в одно из двух условий. Во время исследования они сначала читали один из четырех текстов в определенном условии, а затем оценивали тринадцать утверждений, используя 7-балльную шкалу Ликерта. В завершение они предоставляли демографическую информацию о себе (пол, возраст, образование).

Таблица 1. Пример стимульного материала в двух условиях. Курсивом выделено место, в котором встречается различие между условиями

Условие с вербальным ярлыком	Контрольное условие
Елена — 40-летняя женщина. Недавно она накричала на своего босса и ударила его, когда он обратился к ней по поводу проекта, над которым она работает. В результате ее босса пришлось госпитализировать. После случившегося коллеги Елены сообщили, что ее всю трясло. <i>Оказалось, что у Елены депатафия</i> — склонность вести себя агрессивно физически и вербально и испытывать при этом дрожь.	Елена — 40-летняя женщина. Недавно она накричала на своего босса и ударила его, когда он обратился к ней по поводу проекта, над которым она работает. В результате ее босса пришлось госпитализировать. После случившегося коллеги Елены сообщили, что ее всю трясло. <i>Оказалось, что у Елены есть склонность</i> вести себя агрессивно физически и вербально и испытывать при этом дрожь.

Репликация. Результаты

Анализ результатов по оценке утверждений проводился с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) с двумя факторами (*условие, текст*). Результаты показали значимые различия в 7 из 9 утверждений, в которых авторы оригинального исследования обнаружили эффект вербального ярлыка. Сами различия имели то же направление, что и в оригинальном исследовании. Так, участники из условия с *вербальным ярлыком*, по сравнению с участниками из *контрольного* условия, были менее склонны обвинять героя текста в его поведении, $F(1, 306) = 26.63$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .080$; считать, что герой заслуживает наказания за свои действия, $F(1, 306) = 11.98$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .038$; предполагать, что поведение имеет психологическую природу, $F(1, 306) = 8.47$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .027$; и были более удовлетворены объяснением о причинах поведения героя, $F(1, 306) = 10.30$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .033$; склонны считать, что другие люди ($F(1, 306) = 48.31$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .136$) и они сами ($F(1, 306) = 53.21$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .148$), находясь на месте героя, вели бы себя таким же образом; а также предполагать, что поведение имеет биологическую природу, $F(1, 306) = 7.32$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .023$, и может быть вылечено при помощи медикаментов, $F(1, 306) = 11.06$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .035$.

Основное исследование. Методика

В исследовании приняло участие 155 человек (129 женщин, $M = 20.31$, $SD = 4.62$) — студенты НИУ ВШЭ, получившие в качестве компенсации дополнительные баллы к психологическим предметам. Исследование проводилось

онлайн. Материалы исследования были точно такими же, как в репликации. Само исследование состояло из двух этапов. На *первом этапе* респонденты случайным образом попадали в одно из двух условий и читали один текст. Мы сообщили респондентам, что второй этап исследования будет связан с текстом, который они читали, поэтому мы их просили запоминать текст как можно более подробно. Второй этап проходил ровно через неделю после первого этапа. Мы просили респондентов вспомнить и записать максимально подробно текст, который они ранее читали. После записи текста респонденты оценивали тринадцать утверждений.

Основное исследование. Результаты

Обнаружились значимые различия в шести утверждениях, такого же направления, что и в результатах репликации. Участники из условия с вербальным ярлыком были менее склонны обвинять человека в содеянном, $F(1, 147) = 5.03$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .033$; считать, что поведение имеет биологическую природу, $F(1, 147) = 11.93$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .075$; и полагать, что поведение можно исправить с помощью психотерапии $F(1, 147) = 5.29$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .035$; были более склонны обобщать поведение на других людей, $F(1, 147) = 33.95$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .188$, и на самих себя, $F(1, 147) = 28.58$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .163$; верить в психологическую природу поведения, $F(1, 147) = 9.45$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .060$.

Мы также проанализировали воспроизведение испытуемыми текста спустя неделю знакомства с ним. Участники из условия с вербальным ярлыком чаще использовали в текстах такие слова, как «болезнь», «психическое расстройство», «фобия», и другие синонимичные слова (69 %), чем участники из контрольного условия (24 %), $\chi^2(1) = 38.0$, $p < .001$, $N = 191$. Участники из разных условий различались и по количеству воспроизводимых фактов из текста, $F(1, 183) = 7.735$, $p = .006$, $\eta_p^2 = .041$. Для оценки использовался тест Манна – Уитни, который показал, что количество воспроизводимых фактов было значимо выше в условии с вербальным ярлыком, чем в контрольном условии, $U = 3516$, $p = .01$.

Обсуждение и выводы

В нашем исследовании мы реплицировали результаты эксперимента Giffin et al., показав, что вербальный ярлык усиливает воспринимаемую объективность категории. Кроме того, нам удалось показать, что эффект ярлыка сохраняется во времени и категория, в формировании которой он участвовал, сохраняет свои свойства, даже когда сам ярлык забывается. Также, сравнив экспериментальные и контрольные условия с задержкой во времени и без нее, мы показали, что задержка во времени сама по себе способна вызывать эффект, аналогичный эффекту ярлыка. Как показал контент-анализ, большая часть фактов были забыты испытуемыми уже через неделю, и, судя по всему, с течением времени воспоминания сместились к виду, более типичному для категории, в большей степени соответствующему картине мира испытуемых.

Это позволяет нам уточнить объяснение эффекта, которое приводили авторы оригинального исследования. Мы полагаем, что вербальный ярлык

выступает в роли своеобразного указателя на релевантную понятийную область, что помогает в ходе категоризации нового феномена. Это объясняет, почему категория, имеющая ярлык, сохраняла свойства объективности, даже когда он сам забывался. Соответственно, функция ярлыка в данном случае заключается не в том, чтобы наделить категорию новыми свойствами, а в том, чтобы активировать схему релевантной понятийной области.

Мы также хотели бы указать на основные ограничения нашего исследования: 1) специфическая область категории, а именно болезни и поведение человека (возможно, в будущем необходимо будет проверить этот эффект в категориях другой области) 2) участники экспериментальной группы в репликации не пересказывали текст виньетки (что обусловлено планом оригинального исследования), хотя участники основной экспериментальной группы пересказывали — возможно, в будущем стоит добиться большего равенства между двумя сравниваемыми группами.

Литература

Giffin C., Wilkenfeld D., Lombrozo T. The explanatory effect of a label: Explanations with named categories are more satisfying // *Cognition*. 2017. Vol. 168. P. 357 – 369. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2017.07.011>

Hussak L.J., Cimpian A. Memory accessibility shapes explanation: Testing key claims of the inheritance heuristic account // *Memory & Cognition*. 2018. Vol. 46. No. 1. P. 68 – 88. <http://dx.doi.org/10.3758/s13421-017-0746-8>

Murphy G.L., Medin D.L. The role of theories in conceptual coherence // *Psychological Review*. 1985. Vol. 92. No. 3. P. 289 – 316. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295x.92.3.289>

Thomas R., Dougherty M.R., Buttaccio D.R. Memory constraints on hypothesis generation and decision making // *Current Directions in Psychological Science*. 2014. Vol. 23. No. 4. P. 264 – 270. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721414534853>

Weber E.U., Böckenholt U., Hilton D.J., Wallace B. Determinants of diagnostic hypothesis generation: effects of information, base rates, and experience // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1993. Vol. 19. No. 5. P. 1151 – 1164. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.19.5.1151>

Wisniewski E.J., Medin D.L. On the interaction of theory and data in concept learning // *Cognitive Science*. 1994. Vol. 18. No. 2. P. 221 – 281. http://dx.doi.org/10.1207/s15516709cog1802_2

EFFECT OF VERBAL LABEL ON JUDGMENT EVALUATION REMAINS EVEN IF THE LABEL IS FORGOTTEN

A.I. Aslanov (1), Y.V. Sudorgina (2), A.A. Kotov* (2)

a.i.kotov@gmail.com

1 – Moscow State University, Moscow; 2 – HSE University, Moscow

Abstract. In this study we replicated the explanatory effect of a label which was found by Giffin et al. (2017), who used vignettes describing a person's odd behavior based on culturally specific disorders unfamiliar to respondents. Explanations of an odd behavior seemed more persuasive if the disorder was given a label. We replicated results in Experiment 1, and in a follow-up Experiment 2 we separated familiarity with category information and evaluation

of that category in time (a delay of one week). The effect persists even when people make judgments based on their recollections about a category, and, according to a content analysis of the recollections, participants in the label condition remembered more information from the vignettes but tended to forget the artificial label; however, they used other words from the disorder domain instead (like “disease” or “kleptomania”). This allowed us to suggest a new interpretation of this effect: we suppose that in Giffin et al.’s experiments the label did not bring any new features to a category itself, but pointed to a relevant domain instead, so the effect was raised from the activation of areas of knowledge in semantic memory and application of relevant schema for learning new phenomena.

Keywords: label, explanation, memory, categorization, replication

The study was funded by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), Project No. 20-013-00698.

МОЖЕТ ЛИ НАЛИЧИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ БЫТЬ МОДЕРАТОРОМ ЭФФЕКТА НЕ-БЕГЛОСТИ ПРИ ЗАПОМИНАНИИ СЛОВ?

Т.А. Березнер

tberezner@hse.ru

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва

Аннотация. Недавно был открыт эффект не-беглости, согласно которому можно улучшить запоминание благодаря изменению шрифтов на менее разборчивые. В ряде исследований было поставлено существование данного эффекта под сомнение, а также был поднят вопрос о возможном существовании модераторов у данного эффекта, влияющих на его проявление. В данной работе в качестве такого модератора было рассмотрено наличие изображений, сопровождающих текстовую информацию. Испытуемым предъявлялось 40 слов, в зависимости от экспериментальной группы записанных либо беглым, либо не-беглым шрифтом, а также сопровождавшихся изображениями или нет. Было обнаружено значимое улучшение запоминания в случае наличия изображений, однако эффект не-беглости не был обнаружен, а наличие изображений не выступило модератором данного эффекта.

Ключевые слова: эффект не-беглости, запоминание, обучение, изображения, шрифты, желательные трудности

Введение

В когнитивной психологии сравнительно недавно был открыт эффект не-беглости (disfluency effect), заключающийся в том, что лучше запоминается та информация, которая записана более трудно читаемыми шрифтами. В исследовании, в котором этот эффект впервые описывается (Diemand-Yauman et al., 2011), упоминаются два эксперимента, один из которых был проведен в контролируемых лабораторных условиях, а второй — в ситуации настоящего школьного обучения. В обоих экспериментах испытуемым было предложено читать определенную информацию, после чего проверялось ее запоминание, и успешнее в ходе тестирования были те, кто читал информацию, записанную не очень разборчивыми шрифтами, например Comic Sans. Этот же эффект был обнаружен и для детей, страдающих дислексией (French et al., 2013). В качестве объяснения того, почему трудночитаемые шрифты могут улучшать запоминание, было предложено рассматривать возникающее состояние не-беглости обработки информации как «желательную трудность». Этот термин введен в работах Роберта Бьорка (Bjork, 1994), и основная идея состоит в том, что

если обучающийся испытывает определенные трудности, то это будет побуждать его уделять больше внимания изучаемым материалам, они будут обрабатываться на более глубоком уровне, благодаря чему лучше запомнятся.

Впоследствии были предприняты многочисленные попытки проверить существование эффекта не-беглости. В значительном количестве работ данный эффект не был обнаружен (Yue et al., 2013; Eitel, Kühl, 2016; Strukelj et al., 2016; Taylor et al., 2020). В качестве возможного объяснения было выдвинуто предположение, что этот эффект довольно слаб и у него могут быть модераторы, влияющие на его проявление, например ожидание тестирования испытуемыми (Eitel, Kühl, 2016), однако эта гипотеза модулируемой не-беглости не подтвердилась. Проведенный метаанализ также не показал ни существования данного эффекта, ни влияния на него каких-либо модераторов (Xie et al., 2018). Целью же данного исследования было рассмотреть возможное влияние на эффект не-беглости наличия изображений. Новизна работы состоит в рассмотрении изображений в качестве модератора эффекта и его изучении на примере кириллических шрифтов. Согласно теории двойного кодирования А. Пайвио, в процессе запоминания информации участвуют вербальная и невербальная (образная) системы, и, если вербальная информация сопровождается изображениями, она запоминается лучше (Paivio, 2006). На основе этого было предположено, что так как изображения улучшают запоминание, их наличие может оказаться модератором эффекта не-беглости. Были выдвинуты следующие гипотезы: 1) Информация с изображениями будет запомнена лучше информации без них; 2) Если изображения есть, то не будет различий в запоминании информации между шрифтами разного типа, то есть наличие изображений будет модератором эффекта; 3) Если изображений нет, то не-беглая информация запомнится лучше, то есть проявится эффект не-беглости.

Методика

Нами было проведено исследование, проходившее онлайн, в нем приняли участие 144 человека (114 женщин), средний возраст 20.15 лет ($SD = 2.08$). Испытуемым было предложено прочитать 40 слов на русском языке, после чего за 2 минуты им следовало решить 5 простых арифметических примеров с двузначными числами. Далее испытуемым предлагалось перечислить все слова, которые им удалось запомнить. Исследование строилось по межгрупповому плану: было сформировано 4 группы, в которые испытуемые попадали случайным образом. В каждой группе слова были записаны только одним определенным шрифтом, в двух это был шрифт Arial (беглый шрифт), в двух других — Comic Sans (не-беглый, как в исследовании Diemand-Yauman et al., 2011). Беглость/не-беглость шрифта была первой независимой переменной, остальные типографские характеристики шрифта (цвет, размер и т.д.) были одинаковыми во всех группах. Второй независимой переменной было наличие осмысленных изображений — для каждого типа шрифта в одной группе слова сопровождалась черно-белыми изображениями предметов, которые обозначали слова, в другой — серыми прямоугольниками. Все слова были оди-

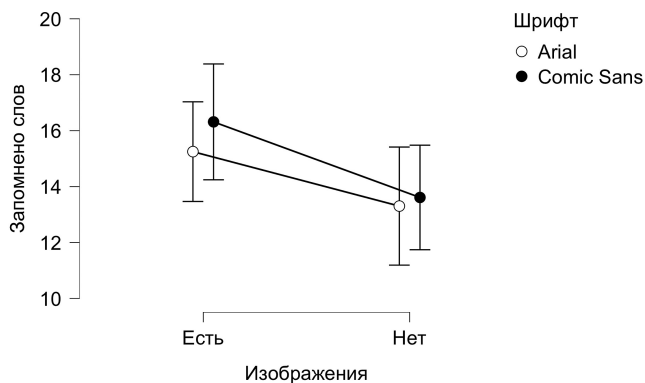


Рисунок 1. Средние значения для экспериментальных групп. Столбики — 95 %-ные доверительные интервалы

Таблица 1. Средние значения для экспериментальных групп

Шрифт	Изображения	Среднее	Стандартное отклонение
Arial	Есть	15.25	5.57
Arial	Нет	13.30	5.96
Comic Sans	Есть	16.31	6.03
Comic Sans	Нет	13.61	5.53

наковой длины в слогах, буквах и фонемах (2 слога и 4 буквы/фонемы), они и изображения к ним были взяты из специальной базы стимулов для психолингвистических исследований (Акинина и др., 2014). Размер изображений или серых прямоугольников во всех группах составлял 152 на 200 пикселей, их яркость также была идентичной. Зависимой переменной выступало количество верно воспроизведенных испытуемыми слов.

Результаты

Прежде всего было проверено, отвлекались ли испытуемые от запоминания на решение арифметических примеров. Все испытуемые пытались решить все 5 примеров, в среднем успешно было решено 4.76 примеров ($SD=0.53$), то есть испытуемые действительно отвлеклись на данную задачу. Затем был проведен тест Левена, который показал, что дисперсии для данных групп однородны ($F=0.559$, $p=.643$). После этого был проведен многофакторный дисперсионный анализ. Были обнаружены статистически значимые различия в запоминании информации в зависимости от наличия изображений ($F(1, 140)$ $\eta_p^2=5.830$, $p=.017$, $\eta_p^2=.040$), влияние же типа шрифта ($F(1, 140)=0.508$, $p=.477$, $\eta_p^2=.004$) или взаимодействия типа шрифта с наличием изображений ($F(1, 140)$, $\eta_p^2=0.154$, $p=.695$, $\eta_p^2=.001$) было незначимым. В табл. 1 приведены

значения средних для экспериментальных групп, на рис. 1 можно также увидеть график, отражающий средние. Столбиками обозначены 95 %-ные доверительные интервалы.

Обсуждение и выводы

Таким образом, было обнаружено, что наличие изображений действительно улучшает запоминание слов, возможно потому, что в таком случае испытуемый запоминает слово в сопровождении соответствующего ему зрительного образа, что подтверждает теорию двойного кодирования А. Пайвио. Первая гипотеза данного исследования подтвердилась. Вторая гипотеза также подтвердилась, так как слова, записанные беглым или не-беглым шрифтом, были запомнены одинаково хорошо, если они сопровождались изображением. Однако третья гипотеза, касавшаяся именно эффекта не-беглости, не нашла своего подтверждения: не было выявлено значимых различий в запоминании слов, записанных шрифтами Arial или Comic Sans, как в целом, так и в случае отсутствия изображений. Итак, данное исследование согласуется с многочисленными предыдущими работами, в которых эффект не-беглости не был обнаружен, а также показывает, что изображения не были модератором этого эффекта. Объяснить подобные результаты можно не только тем, что эффекта не-беглости вовсе не существует, но и тем, что шрифт Comic Sans все же незначительно отличается от шрифта Arial и вряд ли вызывает сильное ухудшение восприятия информации, тем более что Comic Sans является широко распространенным шрифтом и может быть знаком испытуемым. Возможно, в случае использования очень плохо разборчивого и незнакомого шрифта эффект был бы обнаружен. Также стоит отметить, что использованными стимулами в данной работе были короткие слова. Можно ожидать, что такой длины текста было недостаточно, чтобы вызвать ощущение трудности и вместе с тем более глубокую обработку информации. В будущих исследованиях следует рассмотреть другие, менее разборчивые шрифты, а также запоминание текстов больших объемов, например предложений.

Литература

Акинина Ю.С., Искра Е.В., Иванова М.В., Грабовская М.А., Исаев Д.Ю., Коркина И.Д., Малютина С.А., Сергеева Н.Ю. Библиотека стимулов «Существительное и объект»: нормирование психолингвистических параметров // Шестая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. Калининград, 23–27 июня 2014 г. / под ред. Ю. Александрова, К. Анохина, Б. Величковского, А. Кибрика, А. Крылова, Ю. Мазуровой, О. Федоровой, Т. Черниговской. Калининград: 2014. С. 112–114.

Bjork R.A. Memory and metamemory considerations in the training of human beings // Metacognition: Knowing about knowing / J. Metcalfe, A.P. Shimamura (Eds.). The MIT Press, 1994. P. 185–205.

Diemand-Yauman C., Oppenheimer D.M., Vaughan E.B. Fortune favors the bold (and the Italicized): Effects of disfluency on educational outcomes // Cognition. 2011. Vol. 118. No. 1. P. 111–115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2010.09.012>

Eitel A., Kühl T. Effects of disfluency and test expectancy on learning with text // *Metacognition and Learning*. 2016. Vol. 11. No. 1. P. 107 – 121. <http://dx.doi.org/10.1007/s11409-015-9145-3>

French M.M.J., Blood A., Bright N.D., Futak D., Grohmann M.J., Hasthorpe A., Heritage J., Poland R.L., Reece S., Tabor J. Changing fonts in education: How the benefits vary with ability and dyslexia // *The Journal of Educational Research*. 2013. Vol. 106. No. 4. P. 301 – 304. <http://dx.doi.org/10.1080/00220671.2012.736430>

Paivio A. Dual coding theory and education // Draft chapter presented at the Conference on Pathways to Literacy Achievement for High Poverty Children at The University of Michigan School of Education. 2006.

Strukelj A., Scheiter K., Nyström M., Holmqvist K. Exploring the lack of a disfluency effect: Evidence from eye movements // *Metacognition and Learning*. 2016. Vol. 11. No. 1. P. 71 – 88. <http://dx.doi.org/10.1007/s11409-015-9146-2>

Taylor A., Sanson M., Burnell R., Wade K.A., Garry M. Disfluent difficulties are not desirable difficulties: the (lack of) effect of Sans Forgetica on memory // *Memory*. 2020. Vol. 28. No. 7. P. 850 – 857. <http://dx.doi.org/10.1080/09658211.2020.1758726>

Xie H., Zhou Z., Liu Q. Null effects of perceptual disfluency on learning outcomes in a text-based educational context: A meta-analysis // *Educational Psychology Review*. 2018. Vol. 30. No. 3. P. 745 – 771. <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-018-9442-x>

Yue C.L., Castel A.D., Björk R.A. When disfluency is – and is not – a desirable difficulty: The influence of typeface clarity on metacognitive judgments and memory // *Memory & Cognition*. 2012. Vol. 41. No. 2. P. 229 – 241. <http://dx.doi.org/10.3758/s13421-012-0255-8>

CAN THE PRESENCE OF IMAGES BE A MODERATOR FOR THE DISFLUENCY EFFECT WHEN MEMORIZING WORDS?

T. A. Berezner

tberezner@hse.ru

HSE University, Moscow

Abstract. The disfluency effect was recently discovered, according to which it is possible to improve memorization by making fonts less legible. In a number of studies, the existence of this effect has been discussed, and the question about the possible existence of moderators for this effect has also been raised. In this paper, the presence of images accompanying text information was considered as a moderator for the disfluency effect. 40 words were shown to study participants; depending upon the experimental group, the presented words were written in either a fluent or disfluent font, and accompanied by images or not. A significant improvement in memory was found in the presence of images, but the disfluency effect was not detected, and the presence of images did not moderate this effect.

Keywords: disfluency effect, memory, learning, images, fonts, desirable difficulties

ВОСПРИЯТИЕ МЕМОВ И ДЕМОТИВАТОРОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ АЙТРЕКИНГА

А.А. Берлин Хенис*, А.Н. Пучкова, А.В. Горбачева

alexa.munxen@gmail.com

Государственный институт русского языка им. А.С. Пушкина, Москва

Аннотация. В онлайн-коммуникации широко используются поликодовые тексты, сочетающие изображение и высказывание. В исследовании приведено сравнение глазодвигательных параметров при восприятии жанров демотиватора и простого мема, которое проводится в рамках экспериментального исследования особенностей восприятия и понимания поликодовых текстов экстремистской направленности. Целью исследования является проверка гипотезы о влиянии жанра на степень сложности восприятия и стратегии рассматривания поликодовых текстов. Проанализированы движения глаз респондентов при оценке содержания стимулов на наличие экстремистского сообщения ($N = 60$; 31 судебный эксперт-лингвист с практикой по делам о противодействии экстремизму, 29 неэкспертов). Стимулы были незнакомы респондентам. В сравнении с мемами респонденты рассматривают демотиваторы более продолжительное время. В обоих жанрах изображению и высказыванию уделяется равное время, но фиксации на изображении в среднем длительнее. Таким образом, оба компонента принципиально важны для понимания содержания сообщения. В мемах дольше читают верхний блок текста, делая более длительные фиксации. В параметрах чтения текстов демотиваторов и мемов есть различия, обусловленные, вероятно, спецификой оформления текста. Результаты исследования позволяют предполагать наличие связи между жанром и степенью когнитивной сложности поликодовых текстов, а также указывают на специфику восприятия конкретных шаблонов оформления. Это обеспечивает возможность проведения дальнейших исследований в этом направлении и в перспективе позволит разрабатывать нормы когнитивной нагрузки судебных лингвистов, анализирующих поликодовые тексты экстремистской направленности.

Ключевые слова: поликодовый текст, мем, демотиватор, айтрекинг, жанр

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-29-09170.

Введение

В современной онлайн-коммуникации широко используются поликодовые тексты, сочетающие в себе знаки различных семиотических систем. Распространены тексты формата «изображение + письменное высказывание», к которому относятся разнообразные так называемые интернет-мемы. Наличие шаблонов их внешней организации, особенностей содержания и отдельных коммуника-

тивных функций позволяет говорить о разных жанрах текстов. К хорошо узнаваемым жанрам относятся демотиватор и простой мем («макрос»). В литературе описаны обязательные характеристики и коммуникативные функции различных жанров интернет-мемов, при этом существуют широкие перспективы экспериментальных исследований, рассматривающих распределение внимания и считывание подобных текстов (Канашина, 2018; Сонин, Мичурин, 2012; Петрова, Калугина, 2019; Пучкова, 2018). В данном пилотном исследовании сравниваются жанры простого мема и демотиватора с точки зрения стратегии их зрительного восприятия и важности различных компонентов для читателя. Мы предполагаем, что вне зависимости от содержания демотиваторы как жанр сложнее мема в силу оригинальности содержания и функции и что в обоих жанрах и графический, и текстовый компоненты принципиально важны для правильного понимания сообщения.

Методика

Анализ шаблонов жанров проводился в рамках исследования восприятия и понимания поликодовых текстов экстремистской направленности. В эксперименте принимали участие респонденты ($N=60$): 31 лингвист-эксперт с опытом по делам о противодействии экстремизму и 29 респондентов без экспертных компетенций. Респондентам предъявлялись ранее квалифицированные экспертами стимулы — поликодовые тексты формата «изображение + письменное высказывание» из российской судебно-экспертной практики и сходные графически тексты, не содержащие в себе признаков правонарушений.

Респонденты молча просматривали стимул на экране компьютера, после чего должны были нажатием кнопки оценить, является ли он экстремистским или нет (они также могли выбрать вариант «не уверен»), а затем вслух описать его формальное и смысловое содержание. Движения глаз регистрировались при помощи айтрекера SR Research EyeLink 1000+. Время просмотра и ответа было не ограничено. Всего в случайном порядке предъявлялось 42 стимула. В качестве материала для анализа были отобраны 13 изображений: 6 относятся к демотиваторам (4 контроля и 2 экстремистских), 7 — к мемам (5 контроля и 2 экстремистских); остальные стимулы относились к другим шаблонам. Количество стимулов неодинаково, поскольку сравнение шаблонов не было основной задачей работы; в силу этих ограничений данное исследование следует считать пилотным. В анализ был включен период рассматривания стимула до вынесения оценки. Обработка данных движений глаз проводилась с помощью ПО Data Viewer (SR research). Статистический анализ данных выполнялся в программе Statistica 10; сравнение проводилось методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение

В качестве параметров, описывающих глазодвигательную активность, были выбраны следующие: длительность фиксации, амплитуда саккад, общее и относительное время рассматривания зон интереса.

Анализ времени рассматривания всех стимулов показал, что демотиваторы рассматривали значительно дольше мемов (демотиваторы 11.57 ± 0.57 с, мемы 8.38 ± 0.43 с, $F(1,638) = 20.93$, $p < .0001$).

Во всех стимулах были выделены зоны интереса по типу информационного содержимого — текстовый (вербальный) блок или изобразительная часть поликодового текста. В демотиваторах был один текстовый блок — внизу стимула, в мемах — два, сверху и внизу. Проведено сравнение относительного времени рассматривания зон интереса. Для демотиваторов и мемов значимых различий между изобразительной частью и текстом обнаружено не было (демотиваторы: $p < .3$, изображение 48.30 ± 1.5 %, текст 50.30 ± 1 %; мемы: $p < .04$, изображение 47.90 ± 1 %, текст 50.90 ± 1 %). Однако обнаружилось различие данного параметра у мемов в верхнем и нижнем текстовых блоках: верхний текст прочитывался дольше в сравнении с нижним ($F(2,1044) = 235.17$, $p < .0001$, текст сверху 29.03 ± 0.90 %, текст снизу 21.90 ± 0.60 %).

Для демотиваторов и мемов в некоторых глазодвигательных параметрах была установлена значимая разница между вербальной и изобразительной зонами. В сравнении с текстовой зоной на изображении участники делали более длительные фиксации. Амплитуды саккад были длиннее на изобразительной части демотиваторов. Амплитуда саккад у мемов также была длиннее на текстовой части, однако этот параметр имел меньшую статистическую значимость. Фиксации на верхней части текста мемов были длиннее, чем на нижней ($F(1,5728) = 37.45$, $p < .0001$, см. табл. 1).

Таблица 1. Данные по параметрам движений глаз на изобразительной (картинка) и вербальной (текст) частях демотиваторов и мемов. Полужирным кеглем выделены результаты сравнения пар параметров, показавших значимые различия (однофакторный дисперсионный анализ)

	Ср. длит. фикс. на изобр. (мс)	Ср. длит. фикс на тексте (мс)	Ампл. саккад на изобр., градусы	Ампл. саккад на тексте, градусы
Демотиватор	294.90 ± 1.77	247.15 ± 1.15	3.86 ± 0.15	3.13 ± 0.08
Различия картинка–текст (демотиватор)	$F(1,12546) = 555.62$, $p < .0001$		$F(1,12546) = 22.170$, $p < .0003$	
Мем	292.83 ± 1.94	255.60 ± 1.40	3.66 ± 0.16	4.05 ± 0.10
Различия картинка–текст (мем)	$F(1,10567) = 249.79$, $p < .0001$		$F(1,10567) = 4.23$, $p < .03$	
Мем, текст вверху		262.70 ± 1.90		4.27 ± 0.16
Мем, текст внизу		245.50 ± 1.96		3.73 ± 0.14
Различия в паре демотиватор- мем	$(F(1,10108) = 0.62$, $p < .43)$	$(F(1,13005) = 22.57$, $p < .0001)$	$(F(1,10108) = .83$, $p < .36)$	$(F(1,13005) = 50.25$, $p < .0001)$

Обсуждение результатов

Опираясь на данные о времени рассматривания, можно говорить, что демотиваторы имеют несколько большую сложность для понимания и распознавания в сравнении с мемами.

Приблизительно одинаковая длительность рассматривания изображений и текстов и в демотиваторах, и в мемах показывает принципиальную важность обоих компонентов для понимания содержания сообщения. В обоих жанрах на изображении делались более длительные фиксации, что говорит о внимательном рассматривании для оценки содержания.

Для рассмотренного в данной работе жанра простого мема характерны простота изобразительной части, шаблонность и серийность графической части и общего содержания (Канашина, 2018). Мы предполагали, что достаточно простое изображение в меме будет относительно менее важным и привлечет мало внимания. Однако среди использованных в данном исследовании простых мемов были представлены стимулы из разных и мало распространенных серий, часто неизвестных респондентам. Долгое рассматривание и длительные фиксации могут указывать на то, что при первом столкновении с тематически новым мемом изобразительная часть крайне важна для общего понимания сообщения. Кроме того, для мемов характерно среднее по размеру центрально расположенное изображение и крупный текст, и эта специфика отразилась в параметрах саккад: относительно короткие саккады на изображении и длинные — на тексте. На чтение верхнего текста тратилось больше времени, и по сравнению с нижним текстом производились более длительные фиксации. Такой паттерн может указывать на большую важность верхнего текста для анализа содержания сообщения и на то, что обработка верхней — тематической — части высказывания происходит медленнее, нежели обработка нижней — рематической. Если обратиться к структуре мема, то можно отметить, что в верхнем тексте содержится смысловая загадка всего мема, в то время как в нижней находится ответ. Такое стандартное для мема распределение «сложности» текста может объяснять разницу в зрительной стратегии и, как следствие, в сложности для респондента.

Структура демотиватора предполагает довольно объемную текстовую часть (и достаточно мелкий текст) в сочетании с изображением, дополняющим или иллюстрирующим содержание текстового высказывания. Кроме того, адресата вынуждают проанализировать представленную ситуацию и самостоятельно оценить декларируемую автором текста точку зрения, вместо воспроизведения знакомой реакции, как в меме. В демотиваторе изобразительная и текстовая части оказались равно необходимы для оценки сообщения, при этом крупное и часто богатое деталями изображение требовало внимательного сканирования (длительные фиксации, длинные саккады) — поверхностного рассматривания было недостаточно.

При чтении текста в демотиваторах делаются более короткие фиксации и саккады, что может быть связано со спецификой оформления: в демотиваторах текста больше и часть его бывает достаточно мелким, что может объяснить различия в параметрах движений глаз.

Помимо непосредственно шаблона поликодового текста, на восприятие изображений участниками исследования влияют многие факторы — например, наличие знаний о фактах экстремистского дискурса. Но в данной работе мы рассматривали жанры поликодовых текстов независимо от конкретного содержания или читателя.

Выводы

Демотиватор по сравнению с простым мемом в целом требует большего времени для оценки содержания сообщения. В рассмотренных поликодовых текстах на изображении делаются более длительные фиксации, чем на вербальной части. В жанрах демотиватора и мема наблюдается одинаковая степень важности изображения и текста для оценки содержания поликодового текста, при условии неизвестности текста респонденту. В мемах верхний вербальный блок сложнее для восприятия и считывается дольше, чем нижний. Результаты исследования позволяют предполагать наличие связи между жанром и сложностью восприятия поликодовых текстов, а также указывают на специфику восприятия конкретных шаблонов оформления.

Литература

Канашина С.В. Интернет-мем как современный медиадискурс // Известия ВГПУ. Филологические науки. 2018. С. 125–129.

Петрова Т.Е., Калугина Н.В. Особенности движений глаз при чтении поликодовых текстов на русском языке // Когнитивные исследования языка. 2019. Т. 37. С. 825–830.

Пучкова А.Н. Шаблоны восприятия цифровых поликодовых текстов экстремистской направленности и перспективы их экспериментального исследования // Международный аспирантский вестник. Русский язык за рубежом. 2018. Т. 4. С. 74–79.

Сонин А.Г., Мичурин Д.С. Эволюция поликодовых текстов: от воздействия к взаимодействию // Вопросы психолингвистики. 2012. Т. 16. С. 164–173.

PERCEPTION OF MEMES AND DEMOTIVATIONAL POSTERS: AN EYE TRACKING STUDY

A. A. Berlin Khenis, A. N. Puchkova, A. V. Gorbacheva

alexa.munxen@gmail.com

Pushkin State Russian Language Institute, Moscow

Abstract. Multimodal texts combining an image and a verbal component are widely used in online communication. The aim of the study was to test a hypothesis about the influence of genre on the degree of complexity of perception and viewing strategies. Respondents ($n=60$) included 31 forensic linguists with anti-extremism practice, and 29 non-experts. Their eye movements were analyzed when evaluating the content of stimuli for the presence of extremist discourse. The stimuli were unfamiliar to the respondents. Participants viewed demotivators for a longer period of time compared to memes. In both genres, equal time was devoted to the image and text, but the average fixation duration on the image was longer. Thus, both components are important for understanding the content of the message. In memes, it takes longer to read the upper block of text, combined with longer fixations.

There are differences in the reading parameters of the texts in the demotivators and memes. The results of the study suggest a connection between genre and the degree of cognitive complexity of multimodal texts, and also point to the specificity of the perception of different design patterns. This provides an opportunity for further research.

Keywords: multimodal text, meme, demotivational poster, eye tracking, genre

Research supported by RFBR grant #17-29-09170.

ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ СЕРЫХ ВОРОН (*CORVUS CORNIX*) ОПЕРИРОВАТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯМИ О РАЗМЕРЕ СВОЕГО ТЕЛА: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

С.Д. Буйницкая* (1), А.А. Смирнова (1), М.В. Самулеева (2), Е.В. Ершов (2), М.Ю. Чимирис (2), Е.В. Алкеева (2)

svetabuini@gmail.com

1 — Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва;

2 — Московский институт психоанализа, Москва

Аннотация. Наличие представлений о физических свойствах своего тела считают одним из компонентов самосознания. Одной из экспериментальных методик для исследования степени развития таких представлений является оценка способности животного выбирать отверстие для прохода. Целью нашей работы было оценить степень развития представлений о размере своего тела у серых ворон (трех молодых и трех взрослых птиц). Нашей задачей было создать такой вариант методики, который дает возможность оценить способность животных сопоставлять представление о размере своего тела с размером отверстий, уменьшает вклад обучения в решение этой задачи и, кроме того, позволяет оценить факторы, влияющие на выбор отверстия для прохода. Полученные результаты показали, что разработанная методика пригодна для птиц. У пяти из шести ворон обнаружено предпочтение большего по площади отверстия, хотя на выбор отверстия влияет и его расположение, и его форма (при равной ширине вороны предпочитают более высокое отверстие). Некоторые вороны (две молодые и одна взрослая) оказались способны выбирать пригодное для прохода отверстие без физического контакта с ним, даже если оно было меньше по площади, чем непригодное. Это может указывать на то, что они способны сопоставить представления о размере своего тела с размерами отверстий.

Ключевые слова: самосознание, представление о размерах своего тела, «схема» тела, мышление, серые вороны

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ, проект № 19-18-00477.

Введение

Самосознанием называют способность индивида воспринимать свое тело отдельно от объектов внешнего мира. Одним из компонентов самосознания считают наличие представлений о физических свойствах своего тела. Как и в случае других понятий, в процессе формирования представления о своем теле должны быть задействованы основные операции мышления: сравнение, основанное на оценке сходства и различия, обобщение и абстрагирование, анализ и синтез. Животные с разным уровнем развития мозга и высших когнитивных способностей различаются по готовности вовлекать процессы мышления в решение тех или иных задач. Соответственно, у них, вероятно, различает-

ся и степень развития представлений о свойствах своего тела. К настоящему времени существует два подхода к исследованию степени развития представлений о свойствах своего тела у детей и животных. При помощи одного из них оценивают способность понимать, что вес тела может быть препятствием для выполнения экспериментальной задачи — передачи объекта экспериментатору, в то время как объект привязан к коврику, на котором стоит испытуемый. Для того, чтобы выполнить эту задачу, ребенку или животному надо сойти с коврика. В экспериментах с детьми их либо просили отдать коврик, на котором они сидели, либо привязывали к коврику тележку (Brownell et al., 2007). Дети в возрасте 18 месяцев находили способ решения этих задач только после одного или нескольких ошибочных действий. В возрасте 22 – 26 месяцев число ошибок достоверно снижалось, а некоторые дети решали эти задачи с первой пробы. Кроме детей подобную задачу предъявляли лишь слонам (Dale, Plotnik, 2017) и собакам (Lenkei et al., 2021). Представители обоих видов достоверно чаще сходили с коврика тогда, когда это было необходимо для выполнения задачи. Вторым подходом к исследованию степени развития представлений о свойствах своего тела является оценка способности детей или животных мысленно соотносить представление о размерах своего тела с размером и формой отверстия, через которые им необходимо пройти. Дети в возрасте 18 месяцев выбирали пригодное для прохода отверстие только после одной или нескольких ошибок. В возрасте 26 месяцев некоторые дети выбирали пригодное для прохода отверстие без контакта с ним (Brownell et al., 2007). Среди животных такого типа задачи предъявляли некоторым беспозвоночным (Хватов, 2011), рептилиям (Khvatov et al., 2019), грызунам (Хватов и др., 2014) и собакам (Lenkei et al., 2020). Имеющиеся к настоящему времени данные указывают на то, что способности соотносить размеры тела с размерами объектов окружающей среды различаются у животных с разными уровнями развития мозга (Lenkei et al., 2020; Khvatov et al., 2019). В большинстве экспериментов с животными оценивали не столько их способность мысленно оперировать представлениями о размере своего тела, сколько способность обучиться использовать пригодные для прохода отверстия. Методику, которая все же позволяла оценить способность животных мысленно сопоставлять размеры своего тела с размером отверстия, использовали в работе с собаками (Lenkei et al., 2020). Авторы постепенно уменьшали размер единственного отверстия и оценивали латентный период подхода к нему. Оказалось, что латентный период увеличивался незначительно до тех пор, пока размер отверстия не уменьшали до определенного значения. После этого собаки даже не пытались пройти в него. Они вновь начинали проходить через отверстие, если его размер увеличивали на «один шаг». Эти данные могут свидетельствовать о способности собак мысленно сопоставлять представление о размере своего тела с размером отверстия.

Целью нашей работы было выяснить, могут ли серые вороны (*Corvus cornix*) оперировать представлениями о размере своего тела. Для этого мы разработали вариант методики, позволяющий уменьшить влияние обучения выбору конкретного пригодного для прохода отверстия и оценить факторы, влияющие на выбор.

Методика и результаты

Для отработки методики исследование проводили сначала на трех молодых воронах (в возрасте двух лет), а затем на трех взрослых (одна четырехлетняя и две старше 10 лет). Экспериментальная установка представляла собой прямоугольную арену (110×130 см), разделенную посередине перегородкой с тремя отверстиями (их наличие/отсутствие и размер можно было регулировать). В двух противоположных стенках арены были проделаны квадратные отверстия (30×30 см). К одному из них приставляли «стартовую» клетку, оборудованную открывающейся дистанционно дверцей, а к другому — «финишную» клетку с кормушкой. При работе со взрослыми воронами установку со всех сторон огородили белой тканью. Система видеонаблюдения позволяла производить видеозапись и отслеживать поведение вороны из соседнего помещения.

На первом этапе (9 проб) всех птиц приучили проходить через единственное открытое отверстие размером 30×30 см (его расположение меняли квазислучайно) и заходить в финишную клетку. Следующую пробу проводили с другой птицей. На втором этапе (18 проб) молодых птиц приучили проходить через прямоугольные отверстия, ориентированные длинной стороной вертикально (10×18 см). Взрослых птиц на аналогичном этапе приучили проходить через прямоугольные отверстия ориентированные либо вертикально (10×20 см), либо горизонтально (20×10 см). Эти два типа проб (по шесть каждого типа) чередовали квазислучайно. Все птицы проходили через отверстие менее чем за три минуты, что позволило считать, что данная методика пригодна для птиц.

Затем выясняли, будут ли вороны выбирать большее по площади отверстие, если два других также пригодны для прохода (расположение большего отверстия меняли квазислучайно). С тремя молодыми птицами вначале провели 36 проб, в которых все три прямоугольных отверстия были ориентированы вертикально и большее по площади отверстие (15×18 см) было шире двух других (10×18 см). Две вороны из трех достоверно (здесь и далее использовали критерий χ^2) предпочитали большее по площади (более широкое) отверстие: Родя выбирал его 33 раза ($p < .001$) и Джо — 29 раз ($p < .001$). Третья ворона (Дятел) предпочитала центральное отверстие вне зависимости от его размера — он выбирал его 34 раза ($p < .001$). В следующих 36 пробах все три прямоугольных отверстия были ориентированы горизонтально и большее по площади отверстие было выше (20×18 см) двух других (20×13 см). Родя вновь предпочитал большее по площади отверстие (более высокое) — он выбирал его 24 раза ($p = .005$). Однако это предпочтение у него было сильнее выражено в первой серии, когда прямоугольные отверстия были ориентированы вертикально и большее по площади отверстие было выше ($p = .023$). У Джо в этой серии не было выявлено предпочтения большего отверстия ($p = .343$), что, вероятно, связано с тем, что он начал избегать (ни разу не прошел через него) левое отверстие, расположенное ближе к двери, через которую заходил экспериментатор. Третья ворона (Дятел) также начал избегать левое отверстие ($p = .01$).

При работе со взрослыми воронами установку огородили белой тканью. Для того, чтобы точнее оценить, влияет ли ориентация прямоугольного отвер-

ствия на его предпочтение, в эксперименте со взрослыми птицами квазислучайно чередовали пробы (всего 72), в которых прямоугольные отверстия были ориентированы либо горизонтально (20×15 см и 20×10 см), либо вертикально (15×20 см и 10×20 см). Предпочтение большего по площади (более высокого) отверстия было выявлено только тогда, когда все три отверстия были ориентированы длинной стороной горизонтально ($p < .001$ у Глаза и Шнобеля и $p = .005$ у Малышки). Эти вороны при одинаковой ширине отверстий выбирали более высокое. Если же отверстия были ориентированы вертикально, и большее по площади отверстие было шире, его предпочтения выявлено не было ($p = .624$ у Глаза, $p = .466$ у Шнобеля и $p = .058$ у Малышки). При одинаковой высоте отверстий эти вороны предпочитали центральное ($p < .001$ у Глаза и Шнобеля и $p = .005$ у Малышки) вне зависимости от его площади (и ширины), то есть выбирали кратчайший путь.

Зная, что у пяти из шести ворон выявлено предпочтение отверстия большей площади, далее мы выясняли, способны ли птицы выбрать пригодное для прохода отверстие, если оно будет меньше по площади, чем два других, непригодных для прохода. Для этого всех птиц вначале приучили проходить через единственное открытое отверстие в перегородке (его расположение меняли квазислучайно), постепенно уменьшая его размер от 10×15 см до 10×10 см. Далее провели тест, в котором выясняли, способны ли птицы выбрать пригодное для прохода квадратное отверстие (10×10 см), если оно будет меньше по площади, чем два непригодных прямоугольных (6×20 см; в половине проб они были ориентированы вертикально, а в другой половине — горизонтально). Чтобы предотвратить обучение выбору квадратных отверстий, каждую такую тестовую пробу предъявляли после двух фоновых, в которых квадратное отверстие (6×6 см) было непригодным для прохода, в отличие от двух прямоугольных (10×15 см; в половине проб они были ориентированы вертикально, а в другой половине — горизонтально). Провели 12 тестовых проб и 24 фоновых. Поскольку нашей целью было оценить способность ворон сопоставить представление о размере своего тела с размерами отверстий, при анализе результатов регистрировали не только проходы, но и подходы к отверстиям. В тестовых пробах две молодые (Родя и Джо) и одна взрослая ворона (Шнобель) с первых проб и далее достоверно предпочитали ($p < .001$) пригодные для прохода квадратные отверстия, несмотря на то, что они имели меньшую площадь. Родя и Джо во всех 12 тестовых пробах как первый проход, так и первую попытку прохода осуществляли через пригодное для этого отверстие. Джо вообще не совершал попыток прохода через непригодные для этого прямоугольные отверстия: в 9 пробах он подошел и сразу прошел через пригодное для этого квадратное отверстие, а в трех других — сделал это после 2–3 попыток прохода в него же. Родя в одной пробе сразу прошел через квадратное отверстие, а в остальных сделал это после 2–8 попыток прохода через него же. Лишь в девятой пробе после попытки прохода в квадратное отверстие он сделал три попытки прохода в узкое прямоугольное. Шнобель в 11 тестовых пробах из 12 как первый проход, так и первую попытку прохода осуществлял через пригодное для этого отверстие. Лишь в четвертой пробе он сначала подошел

к непригодному для прохода отверстию, попытался пройти через него 9 раз и только потом прошел в пригодное для этого отверстие.

Заключение

Полученные результаты показали, что большинство ворон предпочитали выбирать для прохода большее по площади отверстие. Данные, полученные на взрослых птицах, указывают на то, что высота отверстий была более значимым фактором, чем их ширина. Тот факт, что некоторые вороны могут выбирать пригодное для прохода отверстие вне зависимости от его площади и без физического контакта с ним, то есть без сенсомоторной обратной связи, может свидетельствовать о том, что они способны сопоставить представления о размере своего тела с размером отверстий.

Литература

Хватов И.А. Специфика самоотражения у вида *Periplaneta americana* // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 1. С. 28 – 39.

Хватов И.А., Соколов А.Ю., Харитонов А.Н., Куличенкова К.Н. Методика изучения схемы тела у мелких млекопитающих // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 3. С. 137 – 144.

Brownell C.A., Zerwas S., Ramani G.B. "So big": The development of body self-awareness in toddlers // Child Development. 2007. Vol. 78. No. 5. P. 1426 – 1440. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01075.x>

Dale R., Plotnik J.M. Elephants know when their bodies are obstacles to success in a novel transfer task // Scientific Reports. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 46309. <http://dx.doi.org/10.1038/srep46309>

Khvatov I.A., Sokolov A.Y., Kharitonov A.N. Snakes *Elaphe radiata* may acquire awareness of their body limits when trying to hide in a shelter // Behavioral Sciences. 2019. Vol. 9. No. 7. P. 67. <http://dx.doi.org/10.3390/bs9070067>

Lenkei R., Faragó T., Kovács D., Zsilák B., Pongrácz P. That dog won't fit: Body size awareness in dogs // Animal Cognition. 2019. Vol. 23. No. 2. P. 337 – 350. <http://dx.doi.org/10.1007/s10071-019-01337-3>

Lenkei R., Faragó T., Zsilák B., Pongrácz P. Dogs (*Canis familiaris*) recognize their own body as a physical obstacle // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. No. 1. P. 2761. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-82309-x>

BODY SIZE REPRESENTATION IN HOODED CROWS (*CORVUS CORNIX*): PRELIMINARY DATA

S.D. Buinitskaya* (1), A.A. Smirnova (1), M.V. Samyleeva (2), E.V. Ershov (2),
M.U. Chimiris (2), E.V. Alkeeva (2)
svetabuini@gmail.com

1 – Faculty of Biology, Moscow State University, Moscow;

2 – Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow

Abstract. Body awareness is considered a component of self-awareness. The opening choice task is a technique that can help to investigate the development of body awareness.

The purpose of our work was to evaluate the development of body size representation in hooded crows. A modification of the methodology allowed us to evaluate the factors that affect choice and reduce the contribution of learning. We found that this methodology is suitable for birds. Five out of six crows were found to have a preference for a larger opening, although such preference is influenced by the location of the opening. Some of the birds (two young and one adult) were able to select a suitable opening without physical contact with it, even if its area was smaller than that of an unsuitable opening. These results can indicate that crows are able to mentally match representations about their body size with the size of the opening.

Keywords: self awareness, body size task, body schema, body size representation, hooded crows

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ РЕЧЕВОГО РАЗВИТИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ ЧТЕНИЯ У РУССКОЯЗЫЧНЫХ ДЕТЕЙ

О.Д. Веденина* (1, 2), Н.С. Ладинская (1, 2), А.А. Лопухина (1, 2),
К.В. Барцева (2), С.М. Гольдина (1, 2), Н.С. Здорова (1, 2), А.В. Каприелова (1, 2),
В.Н. Старовойтова (1, 2), О.В. Драгой (1, 2, 3)

olgetta0511@gmail.com

1 — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва; 2 — Научно-технологический университет «Сириус», Сочи; 3 — Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва

Аннотация. На материале английского языка было доказано, что раннее речевое развитие влияет на успешность усвоения навыков чтения. В данной работе исследуется влияние следующих факторов на усвоение навыков чтения русскоязычными детьми: возраст начала формирования речи, возраст начала самостоятельного чтения, раннее изучение второго языка, личная мотивация ребенка к чтению. В исследовании приняли участие 72 ребенка в возрасте 7 – 12 лет. Скорость чтения участников была измерена при помощи «Стандартизированной методики исследования навыка чтения», а родители участников заполнили анкету с вопросами о лингвистическом и читательском опыте ребенка. Результаты показали, что более раннее начало помогает более быстрому чтению, а саморегуляция в чтении является важным фактором для успешного усвоения этого навыка. Кроме того, мы обнаружили, что раннее усвоение иностранного языка не является преимуществом в формировании навыка чтения.

Ключевые слова: раннее речевое развитие, чтение, дети школьного возраста, русский язык, скорость чтения

Исследование поддержано РФФИ, проект № 19-313-51014.

Введение

Исследования, проведенные на материале английского языка, показали, что раннее речевое развитие влияет на успешность усвоения навыков чтения в школьном возрасте (Olofsson, Niedersøe, 1999; Ashby et al., 2013). В частности, в работе Smith и коллег (Smith et al., 2008) была обнаружена связь между возрастом начала обучения навыку чтения и уровнем читательской компетенции в 14 лет — критическим возрастом для усвоения навыков чтения оказался возраст 5 лет. Исследование показало, что дети, овладевшие навыком самостоятельного чтения к 5 годам, достигают значительно более высокого уровня саморегуляции в чтении к 14 годам. Под саморегуляцией авторы исследования

понимают владение различными стратегиями чтения и переключение между ними в зависимости от цели чтения.

Исследования влияния раннего речевого развития на развитие навыка чтения на материале русского языка фокусировались в основном на индивидуальных особенностях когнитивного развития, и участниками таких исследований чаще всего становились дети с нарушениями развития речи (Григоренко, 2012; Лагутина, 2010). Однако работ, посвященных усвоению навыка чтения детьми с нормотипичным развитием речи, нами обнаружено не было.

Цель нашего исследования — выяснить, влияют ли факторы речевого развития на усвоение навыков чтения русскоязычными детьми с нормотипичным развитием речи. Мы исследуем четыре фактора:

- 1) возраст начала самостоятельного чтения,
- 2) возраст начала формирования речи,
- 3) раннее изучение второго языка (в дошкольном возрасте),
- 4) наличие/отсутствие личной мотивации к самостоятельному чтению у ребенка.

Методика

В исследовании приняли участие 72 русскоязычных школьника в возрасте 7 – 12 лет (средний возраст = 9.08, $SD = 1.65$, 32 девочки). Все дети имели нормальный уровень невербального интеллекта, измеренный при помощи цветных прогрессивных матриц Равена (Равен и др., 2004). Для оценки скорости чтения мы использовали «Стандартизованную методику исследования навыка чтения», в которой был использован текст «Как я ловил раков» (Корнев, 1997). Скорость чтения определялась как количество правильно прочитанных слов за одну минуту. Для оценки влияния речевого развития на чтение мы попросили родителей участников заполнить анкету. В анкете необходимо было ответить на вопросы о лингвистическом и читательском опыте ребенка. Анкета состояла из 39 вопросов. Родителям предлагалось два способа заполнения анкеты: в виде распечатанных бланков для заполнения от руки или в виде электронной анкеты, созданной с помощью сервиса Google Forms. Вопросы были одинаковыми вне зависимости от выбранного способа заполнения. Родители имели возможность задать экспериментатору уточняющие вопросы в случаях затруднения трактовки вопросов анкеты. Для анализа интересующих нас факторов мы использовали ответы на следующие вопросы:

1. *В каком возрасте ребенок начал произносить первые слова?* Возраст, по возможности, родители указывали с учетом месяцев.
2. *С какого возраста ваш ребенок начал читать самостоятельно?* Родителям было необходимо указать возраст, когда ребенок овладел навыком чтения в достаточной мере для самостоятельного чтения книг.
3. *Учит ли ваш ребенок иностранные языки?* На данный вопрос предлагалось три варианта ответа: *не изучает, изучает с раннего возраста (0 – 5 лет), изучает со школьного возраста*. Родители выбирали один из трех вариантов.

4. *Читает ли ребенок что-то по своей инициативе или по инициативе родителей?* На данный вопрос также предлагалось три варианта ответа: *не читает, читает по своей инициативе, читает по инициативе родителей*. Для вопроса была предусмотрена возможность множественного выбора, чтобы учесть случаи, когда ребенок читает как по своей инициативе, так и по инициативе родителей.

При помощи обобщенной линейной модели (Generalized Linear Models, GLM) мы анализировали, влияют ли эти факторы на скорость чтения у детей.

Результаты и обсуждение

Мы обнаружили значимую корреляцию между возрастом начала самостоятельного чтения и скоростью чтения — чем раньше ребенок научился читать, тем быстрее он/она читает ($Est. = -12.91$, $SE = 3.47$, $t = 13.80$, $p < .01$). Также мы обнаружили корреляцию между возрастом, когда ребенок начал произносить первые слова, и скоростью чтения — чем позже ребенок начал говорить, тем быстрее он/она читает ($Est. = 1.61$, $SE = 0.62$, $t = 6.59$, $p = .01$). Важным фактором оказалась личная мотивация детей к чтению — дети, которые читают по своей инициативе, читают быстрее тех детей, которые читают по инициативе родителей ($Est. = -11.9$, $SE = 6.7$, $p = .07$). Мы не нашли доказательств влияния изучения второго языка на усвоение навыков чтения в родном языке ($Est. = 3.96$, $SE = 8.04$, $t = 2.43$, $p = .29$).

Таким образом, самостоятельное чтение является ключевым фактором для успешного формирования данного навыка — важную роль играет как возраст начала самостоятельного чтения, так и инициативность ребенка в чтении. Такой результат согласуется с предыдущими исследованиями, демонстрирующими важность саморегуляции детей в чтении (Smith et al., 2008). Взаимосвязь позднего появления речи и скорости чтения требует дополнительного исследования и отчасти может быть обусловлена субъективной природой анкеты, которую заполняли родители. Раннее начало изучения второго языка не влияет на успешность усвоения навыка чтения, что может свидетельствовать о том, что владение иностранным языком не является преимуществом для речевого развития в первом языке. Это может быть связано с тем, что второй язык изучается с опорой на систему первого (Овчинников и др., 2010).

Литература

Григоренко Е.Л. Влияние индивидуальных особенностей когнитивного развития на овладение навыками чтения и письма младшими школьниками: дис. д-ра психол. наук. МГУ, 2012.

Корнев А.Н. Нарушения чтения и письма у детей: учебно-метод. пособие. СПб.: М и М, 1997.

Лагутина А.В. Проблема формирования функционального базиса чтения у детей 4-х лет с общим недоразвитием речи // Логопедия сегодня. 2010. № 2. С. 55–61.

Овчинников А.В., Протасова Е.Ю. Двухязычие и измерение речевого развития // Проблемы онтолингвистики. Материалы международной научной конференции 18–20 мая 2015 года. СПб., 2015.

Равен Д.К., Стайл И., Равен М. Цветные прогрессивные матрицы (классическая форма, серии А, Ab, В). М.: Когито Центр, 2004.

Ashby J., Dix H., Bontrager M., Dey R., Archer A. Phonemic awareness contributes to text reading fluency: Evidence from eye movements // *School Psychology Review*. 2013. Vol. 42. No. 2. P. 157 – 170. <http://dx.doi.org/10.1080/02796015.2013.12087482>

Olofsson Å., Njånes J. Early language development and kindergarten phonological awareness as predictors of reading problems // *Journal of Learning Disabilities*. 1999. Vol. 32. No. 5. P. 464 – 472. <http://dx.doi.org/10.1177/002221949903200512>

Smith L.E., Borkowski J.G., Whitman T.L. From reading readiness to reading competence: The role of self-regulation in at-risk children // *Scientific studies of reading*. 2008. Vol. 12. No. 2. P. 131 – 152.

THE INFLUENCE OF EARLY LANGUAGE DEVELOPMENT ON READING SKILLS IN RUSSIAN-SPEAKING CHILDREN

O. Vedenina (1, 2)*, N. Ladinskaya (1, 2), A. Lopukhina (1, 2), K. Bartseva (2), S. Goldina (1, 2), N. Sdorova (1, 2), A. Kaprielova (1, 2), V. Staroverova (1, 2), O. Dragoy (1, 2, 3)

olgetta0511@gmail.com

1 – HSE University, Moscow; 2 – Sirius University of Science and Technology, Sochi; 3 – Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow

Abstract. Based on previous findings for the English language, it has been proven that early language development influences successful reading acquisition. This study focuses on the influence of the following factors on the reading development of Russian-speaking children: early speech onset, onset of independent reading, early second language learning, and the child's self-motivation for reading. 72 children aged 7 to 12 participated in this study. Reading speed was measured using the Standardized Assessment of Reading Skills, and the child's linguistic and reading background were estimated by a questionnaire completed by the parents. The results showed that self-regulation in reading is an important factor for the successful acquisition of this skill. In addition, we found that early foreign language learning does not give any advantage in acquiring reading skills.

Keywords: early language development, reading, schoolchildren, Russian, reading fluency

Research supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 19-313-51014.

МЕНТАЛЬНЫЙ ТРЕКИНГ В ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЕ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ

В.М. Верхлютов* (1), Е.О. Бурлаков (2)

verkhliutov@ihna.ru

1 — ИВНД и НФ РАН, Москва; 2 — ТГУ им. Г.Р. Державина, Тамбов

Аннотация. Существуют две точки зрения на крупномасштабную пространственную динамику спонтанной и вызванной активности ЭЭГ и МЭГ. Одни авторы объясняют этот феномен на основе интракортикальной гипотезы, которая предполагает распространение бегущих волн в коре в среднем масштабе за счет внутрикорковых немиелиновых волокон со средней скоростью 0.2 м/с. Такое распространение приводит к возникновению вращающихся электрических диполей, которые проецируются на скальп, создавая видимость крупномасштабной пространственно-временной динамики. У животных и человека существование подобных волн подтвердили с использованием микроэлектродов или потенциалзависимых красителей. Другая точка зрения связывает крупномасштабные волны со структурой коннектома и предполагает их распространение за счет миелиновых волокон с характерной скоростью порядка 6 м/с. Такая скорость волн наблюдается при записи ЭЭГ, МЭГ и ЭКоГ, но не подтверждена прямой регистрацией. Мы проверяли правомерность двух вышеописанных подходов, сравнивая модельные и экспериментальные МЭГ альфа-ритма. С этой целью мы симулировали среднемасштабные и крупномасштабные бегущие волны на корковой поверхности и рассчитывали модельные МЭГ, решая прямую задачу. Средние значения корреляций модельных МЭГ и экспериментальных данных для среднемасштабных волн оказались достоверно выше, чем для крупномасштабных. Эпицентры среднемасштабных волн имели разную локализацию, но были ограничены корковыми полями V1 и V2 в шпорной и теменно-затылочной бороздах. Большее подобие среднемасштабных модельных волн экспериментальному сигналу подтверждает интракортикальную гипотезу, а различные локализации эпицентров в течение записи можно объяснить влиянием коннектома.

Ключевые слова: корковые бегущие волны, интракортикальная гипотеза, коннектом, ментальный трекинг, МЭГ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-015-00475.

Введение

Бегущие волны электрических потенциалов впервые были обнаружены в коре головного мозга у анестезированных кошек и кроликов (Adrian, Matthews, 1934). Позднее этот феномен был описан у человека при топомографии ЭЭГ (Walter, 1953).

С тех пор существование этого феномена показано при прямой регистрации микроэлектродами или оптическими методами у многих экспериментальных животных: беспозвоночных (Nikitin, 2000), птиц (Beckers, 2014), приматов (Zanos, 2015). У человека бегущие волны регистрируют с использованием мультиэлектродных юта-массивов во время нейрохирургических операций по поводу фармакорезистентной эпилепсии (Martinet, 2017). Распространяющиеся волновые фронты обнаружены в обонятельной коре (Kleinfeld, 1994), гиппокампе (Zhang, Jacobs, 2015) и во всех отделах новой коры (Zhang, 2018).

Природа бегущих волн до сих пор до конца не выяснена, но их связывают с восприятием (Sato, 2012), моторной функцией (Rubino, 2006), вниманием (Davis et al., 2020), памятью (Bhattacharya, 2021) и осознанием стимула (Davis et al., 2020). Бегущие волны регистрируются как проявление спонтанной и вызванной активности во время сна (Muller, 2016) и бодрствования (Muller, 2018).

Особую сложность вызывает интерпретация бегущих волн по данным ЭЭГ и МЭГ, когда при интерполяции «мгновенных» значений скальповых потенциалов или магнитного поля мозга человека наблюдается крупномасштабная динамика, качественно схожая с феноменом корковых бегущих волн. С одной стороны, нами было показано, что моделирование среднемасштабных бегущих волн (на площади нескольких квадратных сантиметров) на складчатой поверхности мозга человека при решении прямой задачи воспроизводит экспериментально наблюдаемые динамические паттерны спонтанной и вызванной активности ЭЭГ и МЭГ (Verkhlyutov et al., 2018; 2019).

Другая точка зрения связана с исследованиями коннектома по данным диффузионно-тензорного анализа, которые позволили создать крупномасштабные модели мозга и симулировать практически неограниченные варианты пространственно-временных паттернов электрического поля на поверхности головного мозга человека (Palesi et al., 2020).

Отличие двух подходов связано со скоростью волн. В последнем случае для крупномасштабных волн на поверхности коры мозга она должна быть более 1 м/с (в среднем порядка 6 м/с), при среднемасштабных волнах скорость волн не должна превышать 1 м/с (в среднем порядка 0.2 м/с).

Методика

Мы моделировали бегущие волны на складчатой поверхности головного мозга испытуемого, полученной из данных МРТ с высоким разрешением. При этом трехмерная модель мозга одного полушария содержала более 150 тысяч вершин. Волны стартовали от каждой вершины в левом и правом полушариях. Амплитуда волны определяла локальный ток в точке, совпадающей с вершиной, направленный перпендикулярно к поверхности коры. Для скорости 6 м/с и частоты 10 Гц волна распространялась на все полушарие при длине волны 0.6 м, а при скорости 0.2 м/с и длине волны 0.02 м распространение ограничивалось собственной длиной волны.

Для модельных волн решали прямую задачу МЭГ с использованием модели граничных элементов за 100 мс при частоте дискретизации 500 Гц. Рас-

считанные модельные МЭГ сравнивали с экспериментальными данными, полученными за 5 минут записи у здорового испытуемого с закрытыми глазами в состоянии покоя. Для сравнения использовали двумерный корреляционный анализ. Пятьдесят временных точек модельного сигнала смещали по фазе относительно экспериментального сигнала, начиная с нуля, и рассчитывали совместную корреляцию для 306 каналов МЭГ каждые 2 мс. Корреляционные коэффициенты после сортировки по возрастанию сравнивали для двух скоростей распространения волн с использованием ANOVA. Обработка данных была ограничена небольшой мощностью нашего суперминикомпьютера, что позволяло получить описываемые результаты за месяц непрерывных расчетов. Более подробно методика описана в наших предыдущих работах (Verkhlyutov, Balaev, 2018; Verkhlyutov et al., 2021).

Результаты

Средние значения корреляционных коэффициентов (r_{cp}) для скорости бегущих волн 0.2 м/с составили .60 и .59 для левого и правого полушарий соответственно и были достоверно выше ($p < .0001$) средних значений для скорости 6 м/с, составляющих .35 и .36 для левого и правого полушарий соответственно. Число эпицентров с корреляцией $r > .7$ для скорости волн 0.2 м/с было в 12 раз больше, чем для скорости 6.0 м/с. Последние располагались в области лобного и затылочного полюсов полушарий. Эпицентры бегущих волн со скоростью 0.2 м/с локализовали в корковых зонах первичной и вторичной зрительной коры в области теменно-затылочной и шпорной борозд (рис. 1).

Динамика возникновения эпицентров была хаотичной (видео представлено на ресурсе <https://github.com/BrainTravelingWaves/MentalTracking>).

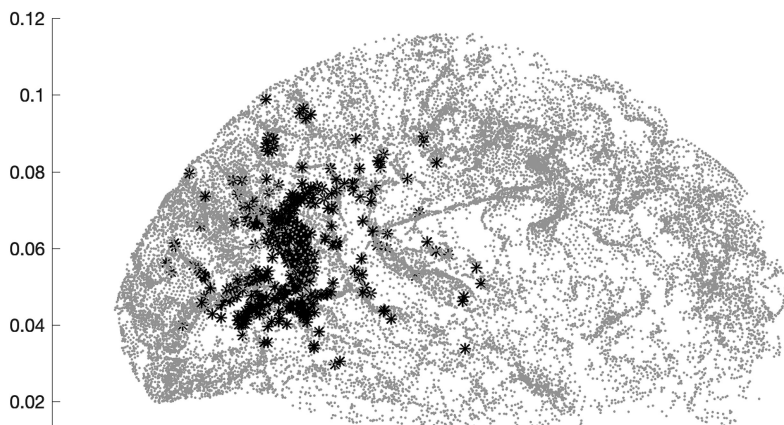


Рисунок 1. Локализация эпицентров бегущих волн в левом полушарии ($r > .7$) в теменно-затылочной и шпорной бороздах, что соответствует зрительным полям V1, V2 за 5 мин регистрации МЭГ у здорового испытуемого в состоянии покоя с закрытыми глазами. Эпицентры обозначены черными звездочками. Вершины триангуляционной сетки поверхности полушария обозначены серыми точками. Цифрами по осям абсцисс и ординат обозначены линейные размеры в метрах

Обсуждение и выводы

Значительно более высокие корреляции для скорости волн 0.2 м/с говорят в пользу интракортикальной гипотезы. Для скорости 6.0 м/с представлены только два вида паттернов и отсутствует вращательная динамика, которая показана нами для среднemasштабной модели (Verkhlyutov, Balaev, 2018). Эпицентр бегущей волны преимущественно совпадает с центром поля зрения и только в определенных условиях слежения за стимулом на периферии и при сумеречном зрении, когда отключаются цветочувствительные клетки-колбочки, эпицентр перемещается вслед за стимулом (Davis et al., 2020). Хаотический характер локализации эпицентров для скорости 0.2 м/с позволяет предположить связь бегущих волн со спонтанно возникающими зрительными образами при закрытых глазах у испытуемого. Таким образом, полученные нами локализации эпицентров бегущих волн можно назвать *ментальным трекингом*, по аналогии с айтрекингом (eye-tracking), который позволяет отслеживать центр взора при окулографии. Если бегущие волны распространяются через поперечные внутрикорковые безмиелиновые волокна, то инициация этих волн может происходить через подкорково-корковые и кортико-кортикальные связи, составляющие коннектом мозга (Breakspear, 2017).

Литература

- Adrian E.D., Matthews B. H. C. The interpretation of potential waves in the cortex // The Journal of Physiology. 1934. Vol. 81. No.4. P.440–471. <http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.1934.sp003147>
- Beckers G.J.L., van der Meij J., Lesku J.A., Rattenborg N.C. Plumes of neuronal activity propagate in three dimensions through the nuclear avian brain // BMC Biology. 2014. Vol. 12. No. 16. <http://dx.doi.org/10.1186/1741-7007-12-16>
- Bhattacharya S., Brincat S.L., Lundqvist M., Miller E.K. Traveling waves in the prefrontal cortex during working memory // bioRxiv. 2021. <http://dx.doi.org/10.1101/2021.04.08.438959>
- Breakspear M. Dynamic models of large-scale brain activity // Nature Neuroscience. 2017. Vol. 20. No. 3. P. 340–352. <http://dx.doi.org/10.1038/nn.4497>
- Davis Z.W., Muller L., Martinez-Trujillo J., Sejnowski T., Reynolds J.H. Spontaneous travelling cortical waves gate perception in behaving primates // Nature. 2020. Vol. 587. No. 7834. P. 432–436. <http://dx.doi.org/10.1038/s41586-020-2802-y>
- Kleinfeld D., Delaney K.R., Fee M.S., Flores J.A., Tank D.W., Gelperin A. Dynamics of propagating waves in the olfactory network of a terrestrial mollusk: An electrical and optical study // Journal of Neurophysiology. 1994. Vol. 72. No. 3. P. 1402–1419. <http://dx.doi.org/10.1152/jn.1994.72.3.1402>
- Martinet L.-E., Fiddymont G., Madsen J.R., Eskandar E.N., Truccolo W., Eden U.T., Cash S.S., Kramer M.A. Human seizures couple across spatial scales through travelling wave dynamics // Nature Communications. 2017. Vol. 8. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms14896>
- Muller L., Chavane F., Reynolds J., Sejnowski T.J. Cortical travelling waves: Mechanisms and computational principles // Nature Reviews Neuroscience. 2018. Vol. 19. No. 5. P. 255–268. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn.2018.20>
- Muller L., Piantoni G., Koller D., Cash S.S., Halgren E., Sejnowski T.J. Rotating waves during human sleep spindles organize global patterns of activity that repeat precisely through the night // eLife. 2016. Vol. 5. <http://dx.doi.org/10.7554/elife.17267>

Nikitin E.S., Balaban P.M. Optical recording of odor-evoked responses in the olfactory brain of the naive and aversively trained terrestrial snails // *Learning & Memory*. 2000. Vol. 7. No. 6. P. 422–432. <http://dx.doi.org/10.1101/Lm.32500>

Palesi F., Lorenzi R.M., Casellato C., Ritter P., Jirsa V., Wheeler-Kingshott C. A. M. G., D'Angelo E. The importance of cerebellar connectivity on simulated brain dynamics // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2020. Vol. 14. <http://dx.doi.org/10.3389/fncel.2020.00240>

Rubino D., Robbins K.A., Hatsopoulos N.G. Propagating waves mediate information transfer in the motor cortex // *Nature Neuroscience*. 2006. Vol. 9. No. 12. P. 1549–1557. <http://dx.doi.org/10.1038/nn1802>

Sato T.K., Nauhaus I., Carandini M. Traveling waves in visual cortex // *Neuron*. 2012. Vol. 75. No. 2. P. 218–229. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2012.06.029>

Verkhlyutov V.M., Balaev V.V. The method of modeling the human EEG by calculating radial traveling waves on the folded surface of the human cerebral cortex // *BioRxiv*. 2018. P. 1–28. <http://dx.doi.org/10.1101/242412>

Verkhlyutov V.M., Balaev V.V., Ushakov V.L., Velichkovsky B.M. A novel methodology for simulation of EEG traveling waves on the folding surface of the human cerebral cortex // *Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research II* Springer International Publishing, 2018. P. 51–63. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-01328-8_4

Verkhlyutov V.M., Burlakov E.O., Ushakov V.L., Velichkovsky B.M. Comparison of simulated macro- and mesoscopic cortical traveling waves with MEG data // *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics* Springer International Publishing, 2021. P. 700–708. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-71637-0_81

Verkhlyutov V., Sharaev M., Balaev V., Osadtchi A., Ushakov V., Skiteva L., Velichkovsky B. Towards localization of radial traveling waves in the evoked and spontaneous MEG: A solution based on the intra-cortical propagation hypothesis // *Procedia Computer Science*. 2018. Vol. 145. P. 617–622. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2018.11.073>

Walter W.G. Toposcopy // *Third International EEG Congress, Symposium I on Recent Developments in Electroencephalographic Techniques*. Elsevier, 1953. P. 7–16.

Zanos T.P., Mineault P.J., Nasiotis K.T., Guitton D., Pack C.C. A sensorimotor role for traveling waves in primate visual cortex // *Neuron*. 2015. Vol. 85. No. 3. P. 615–627. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2014.12.043>

Zhang H., Jacobs J. Traveling theta waves in the human hippocampus // *Journal of Neuroscience*. 2015. Vol. 35. No. 36. P. 12477–12487. <http://dx.doi.org/10.1523/jneurosci.5102-14.2015>

Zhang H., Watrous A.J., Patel A., Jacobs J. Theta and alpha oscillations are traveling waves in the human neocortex // *Neuron*. 2018. Vol. 98. No. 6. P. 1269–1281. e4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2018.05.019>

RESTING MENTAL TRACKING IN THE VISUAL CORTEX

V.M. Verkhlyutov (1)*, E.O. Burlakov (2)

verkhlyutov@ihna.ru

1 – IHNA and NPh RAS, Moscow; 2 – Derzhavin TSU, Tambov

Abstract. There are two points of view on the large-scale spatial dynamics of spontaneous and evoked EEG and MEG activity. The intra-cortical hypothesis assumes the propagation of waves traveling in the cortex on a meso-scale due to intra-cortical axons (0.2 m/s average speed). The other perspective assumes the propagation of large-scale waves due to cortico-cortical axons (6 m/s average speed). The latter wave speed is observed

when recording EEG, MEG and ECoG, but is not confirmed by direct recording. We tested the validity of the above two approaches by comparing the model and experimental MEG of the alpha rhythm. For this purpose, we simulated meso-scale and large-scale traveling waves on the cortical surface and calculated the model MEG, solving the forward problem. The average values of the correlations of the model MEG and experimental data for the medium-scale waves were significantly higher than for the large-scale ones. The Epicenters of the meso-scale waves were chaotically distributed in the cortical fields V1 and V2. The greater similarity of the meso-scale model waves to the experimental signal confirms the intra-cortical hypothesis, and the localization features of the epicenters during the recording can be explained by the influence of the connectome.

Keywords: cortical traveling waves, intra-cortical hypothesis, connectome, mental tracking, MEG

The study was funded by RFBR, project number 20-015-00475.

СУБЪЕКТИВНЫЕ ЦВЕТО-ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОСТРАНСТВА ИМЕЮТ БЛИЗКУЮ СТРУКТУРУ НА ПЕРЦЕПТИВНОМ И СЕМАНТИЧЕСКОМ УРОВНЕ

Д.А. Виноцкий*, Г.Я. Меньшикова, А.А. Сергеев, А.А. Кисельников

vinitkiy_da@mail.ru

МГУ, Москва

Аннотация. В соответствии с идеями Е.Н. Соколова, субъективные различия между стимулами на семантическом и перцептивном уровне определяются единым механизмом, из чего следует высокий уровень сходства соответствующих субъективных пространств. В предыдущей работе нами было построено четырехмерное сферическое цвето-эмоциональное пространство на семантическом уровне. Чтобы показать структурную близость, мы провели психофизический эксперимент, в котором респонденты сравнивали цветовые оттенки и лицевые экспрессии эмоций. Далее матрица различий между стимулами была обработана методом многомерного шкалирования. Мы получили четырехмерные сферические пространства для цвето-цветовых, эмоционально-эмоциональных и цвето-эмоциональных связей в единой метрике. Структура и содержательная интерпретация осей перцептивного пространства хорошо согласовывается с семантическим пространством. Формально структурная близость продемонстрирована с помощью высокого коэффициента корреляции между матрицами различий на семантическом и перцептивном уровне ($r = .76, p < .001$). Таким образом, мы показали высокую степень структурной близости цвето-эмоциональных связей на уровне первой и второй сигнальной системы, что говорит в пользу концепции Е.Н. Соколова.

Ключевые слова: векторная психофизиология, цвет, эмоции, семантика, многомерное шкалирование

Введение

В рамках исследовательской парадигмы «Человек – Нейрон – Модель», предложенной Е.Н. Соколовым, различия между стимулами на уровне осознаваемых представлений отражают особенности мозговых механизмов переработки информации (Sokolov, 2013). При этом различия между стимулами могут быть описаны сферической моделью, в которой стимулы представлены векторами в сферическом пространстве, а их различия — значением угла между векторами. С этими идеями хорошо согласуются данные, полученные для оценки цветовых (Izmailov, Sokolov, 1991) и эмоциональных (Izmailov, Sokolov, 1992; Yik et al., 2011) различий. Данные о различиях можно получить при помощи вербальных (вторая сигнальная система) и перцептивных (первая сиг-

нальная система) оценок. Можно предположить структурную близость этих оценок. В ходе эволюционного развития у человека, помимо перцептивного, появился второй уровень когнитивных процессов — вербально-семантический. Но вопрос связи между субъективными пространствами на семантическом и перцептивном уровне практически не изучен, в частности не изучены связи цвето-эмоциональных пространств. В нашей предыдущей работе мы изучили связь представлений о цвете и эмоциях, построив интегральное цвето-эмоциональное пространство на уровне второй сигнальной системы (Kisel'nikov et al., 2019). Также были рассмотрены возможные мозговые механизмы, связанные с этим пространством (Kozlovskiy et al., 2018). В данной работе мы построили аналогичное пространство на уровне первой сигнальной системы и сравнили полученные пространства.

Методика

В исследовании приняли участие 49 человек (36 женщин), средний возраст 21.4 ± 3.5 года. Все стимулы предъявлялись на экране ноутбука (диагональ 16 дюймов, тип матрицы IPS), который прошел цвето-яркостную калибровку с помощью колориметра Spider4Elite. Были использованы две группы стимулов: цвета и эмоции. Цвета были представлены 10 оттенками, соответствующими названиям базовых цветов в русском языке (7 хроматических: «красный», «оранжевый», «желтый», «зеленый», «голубой», «синий», «фиолетовый», — и 3 ахроматических: «белый», «серый», «черный»). Эмоции были представлены изображениями лиц, выражающими 10 экспрессий из базы POFA П. Экмана, из которой мы выбрали наиболее полный набор лицевых экспрессий, представленных одним актером («спокойствие», «гнев», «радость», «печаль», «отвращение», «страх», «удивление», причем для эмоций «гнев», «печаль» и «отвращение» присутствовали два варианта экспрессий) (Ekman, Friesen, 1971). При выборе стимулов мы старались максимально соответствовать семантическим стимулам, использованным в предыдущей работе (Kisel'nikov et al., 2019). Стимулы предъявлялись по одному в случайном порядке, респонденты должны были оценить различие между предъявляемым и предыдущим стимулом по девятибалльной шкале (1 — минимальное различие, 9 — максимальное различие), после ответа стимул сменялся на следующий. Предъявление стимулов проводилось в программе VectScal (Kisel'nikov et al., 2019). Респонденты дважды оценивали в прямом и обратном порядке различия в каждой возможной паре цвет — цвет, эмоция — эмоция и цвет — эмоция (различия в каждой паре стимулов были оценены 4 раза). В результате для каждого респондента была получена психофизическая матрица балльных различий между всеми стимулами размерностью 20×20 . Была проведена проверка согласованности индивидуальных данных с усредненной матрицей, все индивидуальные матрицы имели высокий уровень корреляции (среднее значение $r = .66$). Далее усредненная по выборке матрица балльных различий была проанализирована методом многомерного шкалирования (процедура Proxscal в программе SPSS 19). Отдельно были проанализированы цветовая (10×10) и эмоциональная (10×10) подматрицы (по шкале отношений) и общая цвето-эмоциональная (20×20) матрица

(по шкале интервалов). Выбор размерности осуществлялся на основе показателя «стресс-1» по формуле Крускала и анализа графика его перегиба. Также проверялась сферичность пространства при использовании критерия, предложенного Ч.А. Измайловым и Е.Н. Соколовым, который измеряет отклонение от идеальной сферы; пространство считается сферическим, если он не превышает 10–15 % (Izmailov, Sokolov, 1991). После этого пространство вращалось вокруг центра сферы для содержательной интерпретации.

Результаты

Для оценки структурной близости пространств, построенных на уровне второй сигнальной системы (в работе Kisel'nikov et al., 2019) и на уровне первой сигнальной системы (данная работа), были посчитаны коэффициенты корреляции между матрицами балльных субъективных различий. Для цветовых подматриц значение коэффициента корреляции составило $r = .91$ ($p < .001$), что говорит об очень высокой степени близости между структурами цветового пространства на перцептивном и на семантическом уровне. Для эмоциональных пространств этот коэффициент был значительно ниже ($r = .45$, $p < .001$), что показывает, что восприятие лицевых экспрессий в меньшей степени близко семантическим представлениям об эмоциях. Коэффициент корреляции для интегральной цвето-эмоциональной матрицы на перцептивном и семантическом уровне составил $r = .76$ ($p < .001$), что отражает промежуточный вариант выраженности структурной близости цветового и эмоционального пространств.

Для содержательного анализа соответствия мы сравнили структуру полученных многомерных пространств. В предыдущей работе, на вербальных стимулах, мы получили четырехмерные сферические решения для каждого из пространств: цветового, эмоционального и интегрального цвето-эмоционального (Kisel'nikov et al., 2019). Цветовое пространство было образовано двумя оппонентными хроматическими осями (сине-желтой и красно-зеленой), яркостной осью и осью «отличия от серого», которая соответствует оси «десатурации» (Desaturation) (Bimler et al., 2006; Bimler, 2009). Плоскость первой и второй осей эмоционального пространства, представляющих «оценку» (Valence) и «активность» (Arousal), хорошо согласовывалась с эмоциональным кругом Расселла (Yik et al., 2011). Третья и четвертая оси были проинтерпретированы как «доминантность» (Dominance) и «социальное отвержение» (Social rejection). Интегральное цвето-эмоциональное пространство в основном определялось эмоциональными осями, в которые была встроена информация о цвете. По данным текущей работы, на стимулах уровня первой сигнальной системы, также были получены три аналогичных многомерных пространства. Все пространства получились четырехмерными и сферическими.

Содержательная интерпретация была дана на основании проекции точек на оси полученного пространства и поворота структуры в соответствии с теоретическими представлениями. Для полученного цветового пространства стресс четырехмерного решения составил 3 %, а коэффициент отклонения от сферичности — 5 %. Содержательная интерпретация цветового пространства на перцептивном уровне полностью соответствует пространству на семан-

тическом уровне: сине-желтая ось, красно-зеленая ось, яркостная ось и ось «десатурации». Для четырехмерного эмоционального пространства стресс составляет 8 %, а коэффициент отклонения от сферичности составил 6 %. Три из четырех осей эмоционального пространства тоже повторяются: оси «оценки», «активности» и «доминантности». Содержательная интерпретация четвертой оси перцептивного пространства затруднительна, она представляет собой противопоставление эмоций «радость» и «отвращение» эмоциям «печаль», «удивление» и «спокойствие». В целом она представляет собой частичное соответствие оси «социального отвержения», выделенной нами в семантическом пространстве. Четырехмерное интегральное цвето-эмоциональное пространство имело стресс на уровне 9 % и коэффициент отклонения от сферичности 9 %. Первая и вторая оси содержательно интерпретировались как эмоциональные оси оценки и активности. На положительном полюсе «оценки» находится эмоция «радость» и цвета «желтый», «зеленый», «голубой» и «оранжевый». На отрицательном полюсе расположились «черный» и «серый» цвета, эмоции «гнев», «печаль» и «отвращение». На полюсе высокой активации находятся «красный» и «оранжевый» цвета, эмоции «гнев» и «отвращение». Низкой активацией обладают цвета «голубой», «синий», «фиолетовый» и «серый» — и эмоции «печаль» и «спокойствие». Третья ось содержательно соответствует оси доминантности, она образована противопоставлением «красного», «оранжевого», «гнева» и «отвращения» и эмоций «страха», «печали» и «удивления». Интерпретация четвертой оси, как и в случае эмоционального пространства, затруднительна.

Обсуждение и выводы

Мы провели сравнение цвето-эмоционального пространства, полученного в предыдущей работе на семантическом уровне (Kisel'nikov et al., 2019), с цвето-эмоциональным пространством на перцептивном уровне. Сравнение по формальному показателю уровня корреляции психофизических матриц балльных различий показало значительный уровень структурной близости семантического и перцептивного пространств. Корреляция цветового пространства достаточно высока, чтобы говорить о практически полной идентичности полученных пространств. Содержательная интерпретация осей тоже не различалась. Это подтверждает идею о соответствии структур первой и второй сигнальной системы для простых перцептивных признаков (Izmailov, Sokolov, 1992). Эмоциональное пространство достаточно похоже, но мы наблюдаем существенные различия как по формальному критерию, так и по содержательно-му (различие в интерпретации четвертой оси). Эти различия могут быть связаны с тем, что мы не использовали перцептивные аналоги для эмоций «стыд», «интерес» и «презрение», для которых П. Экманом не было выделено определенных лицевых экспрессий. В семантическом пространстве эти эмоции играли большую роль в интерпретации четвертой оси. Помимо этого, эмоции являются гораздо более сложными стимулами, и лицевые экспрессии могут не передавать в достаточной мере все содержание эмоциональных понятий, доступных на вербально-категориальном уровне (Barrett, 2006). Высокая корреляция

и схожесть содержательной интерпретации интегрального цвето-эмоционального пространства на перцептивном и вербально-семантическом уровнях подтверждают идеи об общности механизмов кодирования различий между стимулами, предложенные в работах Е.Н. Соколова (Sokolov, 2013).

Литература

- Barrett L.F. Are emotions natural kinds? // Perspectives on Psychological Science. 2006. Vol. 1. No. 1. P. 28 – 58. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00003.x>
- Bimler D. Linguistic and perceptual categories in colour vision: A critical review // Journal of Cognitive Science. 2009. Vol. 10. P. 53 – 95. <http://dx.doi.org/10.17791/jcs.2009.10.1.53>
- Bimler D.L., Paramei G.V., Izmailov C.A. A whiter shade of pale, a blacker shade of dark: Parameters of spatially induced blackness // Visual Neuroscience. 2006. Vol. 23. No. 3–4. P. 579 – 582. <http://dx.doi.org/10.1017/s0952523806233091>
- Ekman P., Friesen W.V. Constants across cultures in the face and emotion // Journal of Personality and Social Psychology. 1971. Vol. 17. No. 2. P. 124 – 129. <http://dx.doi.org/10.1037/h0030377>
- Izmailov C.A., Sokolov E.N. A semantic space of color names // Psychological Science. 1992. Vol. 3. No. 2. P. 105 – 110. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9280.1992.tb00007.x>
- Izmailov C.A., Sokolov E.N. Spherical model of color and brightness discrimination // Psychological Science. 1991. Vol. 2. No. 4. P. 249 – 260. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9280.1991.tb00143.x>
- Kiselnikov A.A., Sergeev A.A., Vinitskiy D.A. A four-dimensional spherical model of interaction between color and emotional semantics // Psychology in Russia: State of the Art. 2019. Vol. 12. No. 1. P. 48 – 66. <http://dx.doi.org/10.11621/pir.2019.0104>
- Kozlovskiy S., Kiselnikov A., Sergeev A., Vinitskiy D., Vartanov A., Ushakov V., Buldakova N., Kartashov S. Default mode network is mechanism for semantic color-emotional interdomain integration // International Journal of Psychophysiology. 2018. Vol. 131. P. S157 – S158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.07.419>
- Sokolov E.N. The psychophysiology of consciousness. Oxford, England: Oxford University Press, 2013.
- Yik M., Russell J.A., Steiger J.H. A 12-point circumplex structure of core affect // Emotion. 2011. Vol. 11. No. 4. P. 705 – 731. <http://dx.doi.org/10.1037/a0023980>

SUBJECTIVE COLOR-EMOTIONAL SPACES HAVE SIMILAR STRUCTURE ON PERCEPTUAL AND SEMANTIC LEVELS

D.A. Vinitskiy*, G.Ya. Menshikova, A.A. Sergeev, A.A. Kiselnikov
vinitskiy_da@mail.ru
Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. According to E. N. Sokolov, subjective differences between semantic and perceptual stimuli are based on the same mechanism on the neural level. This conformity predicts that subjective semantic spaces should be alike. In our previous study, we constructed a four-dimensional spherical color-emotional space on the semantic level. To show that perceptual space has a similar structure to it, we conducted another experiment where participants were asked to estimate subjective differences between colors and facial expressions of emotions. The corresponding matrix of subjective differences was analyzed with multidimensional scaling. Using this method, we created four-dimensional

spherical spaces for color, emotions, and color-emotional differences. The structure and interpretation of the axes of perceptual space fit well with the semantic space. To test this structural similarity formally, we measured the Pearson correlation coefficient between the matrixes of subjective differences. The overall correlation was very high ($r = 0.76$, $p < 0.001$), confirming that semantic and perceptual spaces have a similar structure. These results confirm the ideas proposed by E. N. Sokolov.

Keywords: vector psychophysiology, color, emotion, semantics, multidimensional scaling

ЭФФЕКТЫ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОТИПНЫХ МНЕМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Е.Ю. Воскресенская

elena_voskresen@list.ru

Санкт-Петербург

Аннотация. В исследовании демонстрируются эффекты последействия при решении испытуемыми однотипных мнемических задач. Для сличения последовательно предъявлялись пары стимулов, состоящих из восьми цифр. Задача испытуемого состояла в том, чтобы определить, насколько похожи стимулы внутри каждой пары. Время предъявления каждого стимула составляло до 600 мс, время на ответ было ограничено. Каждая пара стимулов была предъявлена два раза. Было обнаружено, что испытуемые имеют тенденцию повторять ответы, которые они дали при первом предъявлении пары. При этом если они меняют ответы, то чаще с ошибочного на верный, чем наоборот. По времени ответа при первом предъявлении стимула можно понять, будет ли ответ повторен или изменен при следующем предъявлении этой же пары стимулов: быстрее при первом предъявлении даются те ответы, которые будут повторены.

Ключевые слова: память, эффекты последействия, повторяющиеся ошибки, негативный выбор, научение

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 20-013-00778 А.

Введение

За последние 30 лет проведено немало экспериментальных исследований (Аллахвердов и др., 2006), убедительно демонстрирующих проявление эффектов последействия: тенденцию испытуемых повторять данные ими ранее ответы, причем как верные, так и ошибочные, при повторном решении задач. Впервые данный механизм был обнаружен и описан В.М. Аллахвердовым (1993), а в дальнейшем получил неоднократное подтверждение в задачах разного типа. И в задачах восприятия, и в задачах запоминания, и в мыслительных задачах испытуемые склонны не менять те ответы, которые дали ранее. Казалось бы, в этом нет ничего удивительного: испытуемые повторяют те ответы, которые кажутся им верными. Однако оказывается, что люди склонны повторять ранее данные ответы даже в таких задачах, где у них нет никакой субъективной возможности для оценки степени правильности принятого ранее решения — то есть такие решения заведомо не могут быть оценены участниками исследования как правильные.

К примеру, человек многократно решает задачу сравнения длины отрезков в парах, причем объективная разница между их длиной находится ниже порога различения для конкретного испытуемого (Владыкина, 2016). Субъ-

активно отрезки внутри каждой пары воспринимаются как равные, хотя объективно все же различаются. Экспериментатор предлагает дать ответ: какой отрезок больше, какой меньше. В этой ситуации люди чаще повторяют ответ при повторном предъявлении той же пары стимулов, чем меняют его на другой. Аналогичные результаты получены при повторном решении сложных мыслительных задач (Науменко, 2010). Испытуемым предлагалось выбрать ответ, соответствующий вычислению корня третьей степени из шестизначного числа. При повторном решении примера испытуемые значимо чаще повторяли те ответы, которые дали раньше.

Выбор варианта решения воспринимается самими испытуемыми как случайный, однако на самом деле не является таким, так как подчиняется определенной закономерности. Он осуществляется без участия сознательного контроля и появляется в сознании в виде уже готового решения. Но почему испытуемые повторяют ответ, если осознают, что не могут его проверить?

В данной работе используется концепция В.М. Аллахвердова (1993), в которой предполагается, что психика человека направлена на проверку гипотез, которые формируются автоматически без участия сознательного контроля. Одновременно возникает множество гипотез, относящихся к одному и тому же событию или стимулу. Для осознания выбирается лишь одна из них. Но после того, как выбор сделан, возникает потребность его подтвердить (например, повторив ответ при повторном решении задачи) и тем самым убедиться, что этот выбор был сделан верно.

Целью данной работы являлось исследование проявления эффектов последствий при решении испытуемыми однотипных мнемических задач. Задачи на запоминание традиционно используются при изучении эффектов последствий. Однако обычно в данных исследованиях у участников сохраняется возможность оценки степени правильности ответов. Данное исследование организовано так, что эта возможность сведена к минимуму. Последовательно в высоком темпе предъявляются 180 однотипных цифровых стимулов. Высокая скорость предъявления и небольшое время на ответ сокращают возможность сознательной оценки, испытуемым приходится полагаться на то решение, которое формируется автоматически.

Методика

Всего в данном исследовании приняли участие 40 человек.

Каждому испытуемому последовательно предъявлялись 180 пар стимулов для сличения.

Каждая пара состояла из 2 стимулов, каждый из которых представлял собой набор из 8 элементов. Первый стимул пары состоял из 7 цифр и одного пропуска, а второй стимул пары — из 8 цифр. Стимулы в паре были похожи между собой. Разница между ними заключалась в том, что место пропуска первого стимула заполнялось одной из цифр во втором стимуле. Также в половине пар одна из цифр первого стимула менялась на другую во втором, а в другой половине эти цифры совпадали (как и остальные). Задача участников исследования состояла в том, чтобы как можно быстрее определить, различаются ли стимулы

в рамках каждой пары только заменой пропуска на цифру или в дополнение к этой замене также меняется одна из цифр. К примеру, в этой паре от стимула к стимулу происходит только заполнение пропуска: 1_413618 – 16413618, а в этой дополнительно меняется одна из цифр: 26138_24 – 26135124. Первый стимул в паре предъявлялся на 500 мс, затем следовала маска на 300 мс, затем второй стимул пары на 600 мс. Время на ответ составляло 2.4 с. После этого начиналось предъявление следующей пары.

Процедура была разбита на две части. Сначала предъявлялось 90 пар стимулов, а потом снова предъявлялись эти же 90 пар стимулов, но в другом порядке.

Испытуемые не знали о том, что стимулы повторяются в рамках одной процедуры.

Результаты

По результатам проведенного исследования оказалось, что доля правильных ответов не менялась от первой ко второй части исследования (.64 и .65 соответственно, $U=6\,425\,042$, $p=.23$). Однако во второй части процедуры испытуемые начинали давать ответы быстрее (средняя скорость в первой части в нормализованных единицах – 0.02, во второй – -0.02, t -Стьюдента = 10.47, $p<.01$).

Как и ожидалось, участники исследования имели тенденцию повторять данные ранее ответы. Доля ответов первой части, которые были повторены во второй части, – .66, тогда как доля ответов, которые были изменены, – лишь .33 (угловой ϕ -Фишера = 25.105, $p<.01$). Однако если данные ранее ответы все же менялись (см. табл. 1), то чаще это наблюдалось в отношении тех ответов, которые были ошибочными в первой части. Так, доля верных ответов первого этапа, которые были заменены на ошибочные ответы на втором этапе, от всех верных ответов первого этапа составляет .25, тогда как доля ошибочных ответов первого этапа, которые были исправлены на верные на втором этапе, от всех неправильных первого этапа – .48 (угловой ϕ -Фишера 14.096, $p<.01$).

Таблица 1. Распределение верных ответов, ошибочных ответов и пропуска ответов в первой части исследования в зависимости от того, будут ли они повторены/изменены во второй части

Тип ответа в первой части	В			О			П		
Тип ответа во второй части	В	О	П	В	О	П	В	О	П
Абсолютное количество ответов	1672	556	28	609	642	17	31	29	16
Доля ответов данного типа от всех верных ответов / ошибочных ответов / ответов пропуска в первой части исследования	.74	.25	.01	.48	.51	.01	.41	.38	.21
Доля ответов данного типа от всех ответов первой части суммарно	.46	.15	.01	.17	.18	.00	.01	.01	.00

Примечание. В – верные ответы; О – ошибочные ответы; П – пропуск ответа.

Время, которое тратят испытуемые на ответ, также оказалось различным для ответов, которые были верными и ошибочными в первой части. Быстрее (в нормализованных единицах) давались верные ответы — -0.04 по сравнению с ошибочными ответами — 0.06 , t -Стьюдента = -2.86 , $p < .01$).

В совокупности эти данные демонстрируют, что, несмотря на то, что общая доля верных ответов была чуть выше вероятности случайного угадывания и не менялась от первой ко второй части (что говорит об отсутствии научения и повышения способности различать верные и неверные ответы), испытуемые действовали так, как будто они знали, какие из ответов правильные.

Более того, по времени, которое испытуемый тратит на ответ при первом предъявлении пары стимулов, можно понять, будет этот ответ повторен или изменен в дальнейшем. Так, средняя скорость в нормализованных единицах на первом этапе тех ответов, которые будут повторены, составляет -0.07 , тогда как средняя скорость на первом этапе тех ответов, которые будут изменены, — 0.14 (t -Стьюдента = -5.93 , $p < .01$). Испытуемые быстрее дают те ответы, которые потом повторяют. Возможно, данная тенденция связана с тем, что участники исследования более уверены в таких ответах, однако данное предположение требует дополнительной проверки.

Обсуждение и выводы

Проведенное исследование демонстрирует эффекты последствий при решении однотипных мнемических задач. Участники исследования имеют тенденцию повторять те ответы, которые дали раньше. Подобные результаты иногда трактуются как доказательство способности испытуемых к различению собственных верных и ошибочных ответов (Кувалдина, 2008). Результаты данного исследования подкрепляют эту точку зрения: участники исследования выполняют задания так, как будто знают, какие из ответов верные, и достоверно чаще исправляют ошибочные ответы на верные, чем меняют правильные ответы на неправильные.

Литература

Аллахвердов В.М. Опыт теоретической психологии (в жанре научной революции). СПб.: Печатный двор, 1993.

Аллахвердов В.М., Агафонов А.Ю., Волохонский В.Л., Вишнякова, Е.А., Воскресенская Е.Ю., Гершкович В.А., Иванов М.В., Иванова Е.Н., Иванова Н.А., Карпинская В.Ю., Кувалдина М.Б., Ледовая Я.А., Морошкина Н.В., Науменко О.В., Сергеев С.Ф., Филиппова М.Г. Экспериментальная психология познания: когнитивная логика сознания и бессознательного. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006.

Владыкина Н.П. Решение сенсорных задач в зоне субъективного неразличения: автореф. дис. ... канд. псих. наук. Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 2016.

Кувалдина М.Б. Феномен неосознанного негативного выбора // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2008. Т. 60. № 3. С. 128 – 133.

Науменко О.В. Проявление когнитивного бессознательного при решении вычислительных задач: автореф. дис. ... канд. псих. наук. Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 2010.

AFTEREFFECTS IN SIMILAR MNEMONIC TASKS

E.Yu. Voskresenskaya

elena_voskresen@list.ru

St. Petersburg

Abstract. The study demonstrates the aftereffects of solving similar mnemonic tasks. Subjects had to compare pairs of stimuli consisting of 8 digits which were sequentially presented. The subject's task was to determine how similar the stimuli were within each pair. The time of presentation of each stimulus was up to 600 ms, and the response time was limited. Each pair of stimuli was presented two times. The subjects had a tendency to repeat the answers they gave when a pair was presented for the first time. Moreover, if they changed their answers, it was more often from erroneous to correct than vice versa. Based on the response time at the first presentation of a stimulus, it becomes possible to predict whether it will be repeated or changed at the next presentation of the same pair of stimuli: the responses that will be repeated are faster at the first presentation.

Keywords: memory, aftereffects, repetitive mistakes, negative choice, learning

The study was supported by the RFBR grant #20-013-00778 A.

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ КАТЕГОРИЗАЦИИ И СТЕПЕНИ КОНГРУЭНТНОСТИ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕЙ МАСКИ НА ОПОЗНАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРЕДМЕТОВ

Н.Ю. Герасименко*, А.Б. Кушнир, Е.С. Михайлова

nataliagerasimenko@gmail.com

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии
Российской академии наук, Москва

Аннотация. У здоровых молодых испытуемых (средний возраст 23.6 ± 0.7 лет) анализировали механизмы переработки информации об изображениях предметов при их категоризации на базовом и суперординатном уровнях. Оpozнание стимулов осложнялось предшествующим конгруэнтным (другой предмет) или неконгруэнтным (животное) маскирующим изображением. Оpozнание происходило быстрее при категоризации на базовом уровне, независимо от типа маскировки. В проекционных областях ранний компонент N50 вызванного потенциала зависел и от уровня категоризации, и от конгруэнтности маски. Мы предполагаем, что эти отличия отражают преднастройку зрительной системы на извлечение разной информации об изображении в зависимости от уровня категоризации. Амплитуда компонентов P130 в затылочных и височных и N150 в лобных отведениях выше при маскировке неконгруэнтными изображениями, что, возможно, отражает более эффективное разделение значимой и незначимой информации на этапе перцептивного анализа. Эффект уровня категоризации проявлялся в передне-центральных областях. Амплитуда поздней позитивности (LP, латентность около 400 мс) в центральных отведениях выше при суперординатном уровне, а амплитуда фронтальной P300 — ниже. Полученные данные указывают на важную роль переднеассоциативных областей в задаче категоризации изображений и изменение их активности на поздних этапах переработки в зависимости от ее уровня (базовый или суперординатный). В проекционных областях эффект категоризации проявляется очень рано, определяя характер перцептивного анализа стимула.

Ключевые слова: человек, зрение, категоризация, прямая маскировка, зрительные вызванные потенциалы

Электрофизиологические исследования выполнены на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием для функционального картирования мозга на базе ИВНД и НФ РАН.

Введение

Зрительная категоризация — это способность человека отнести сенсорный стимул к какой-либо дискретной, поведенчески значимой категории (Freedman, Assad, 2016). Выделяют три уровня категоризации: базовый, супер-

ординатный и субординатный. Один и тот же стимул на базовом уровне будет опознаваться как стул, на более высоком — суперординатном — уровне как мебель, а на более узком — субординатном — как офисный стул (Tanaka et al., 1999; Large et al., 2004).

В настоящее время данных о мозговом обеспечении зрительной категоризации недостаточно (Grill-Spector, Weiner, 2014). Остается открытым вопрос об отличиях механизмов категоризации изображений на разных уровнях. Одни авторы предполагают, что для категоризации на разных уровнях могут извлекаться различные характеристики зрительного изображения (Taniguchi et al., 2020). Другие считают, что существуют различия в способе переработки информации об изображении (Large et al., 2004). Существует третья точка зрения, что эти два механизма могут реализоваться одновременно. Например, показано, что для опознания изображения на базовом уровне требуется высокочастотная составляющая зрительной информации, а на суперординатном — наоборот, низкочастотная (Ashtiani et al., 2017). При этом различия во временных характеристиках категоризации на разных уровнях авторы связывают с более быстрой переработкой низкочастотной информации (Ashtiani et al., 2017).

Цель настоящей работы — сравнить поведенческие и нейрофизиологические характеристики при базовой и суперординатной категоризации предметов, осложненной предшествующим дистрактором — конгруэнтной или неконгруэнтной маской — изображением другого предмета или животного.

Методика

В исследовании участвовало 19 испытуемых (10 женщин и 9 мужчин) в возрасте от 19 до 32 лет (23.6 ± 0.7). Масками и стимулами служили черно-белые фотографии животных и бытовых предметов, взятые из интернета. Предъявление стимулов, регистрацию точности и времени реакции (BP) осуществляли с помощью программы E-Prime 2.0 и выносной клавиатуры Serial Response Box. Каждый испытуемый участвовал в двух экспериментальных сериях. В одной он определял принадлежность стимула к базовой категории (кувшин или настольная лампа), в другой — к суперординатной (мебель или посуда). Стимулам предшествовали конгруэнтные (изображения других предметов) или неконгруэнтные (изображения животных) маски. В каждой серии использовалось по 32 маски (половина из них животные, половина предмет) и 32 стимула (по 16 каждой из двух категорий), из которых составляли 64 уникальных пары, предъявляемых по 2 раза в ходе эксперимента. Сначала на экране на 100 мс появлялась маска, сразу после нее на 100 мс предъявляли стимул. Межстимульный интервал варьировал от 2.8 до 3.2 с.

Регистрировали ЭЭГ высокой плотности с помощью 128-канального электроэнцефалографа фирмы Geodesics (Electrical Geodesics Inc., USA), а также BP и точность опознания. В программе NetStation 4.5.4 проводили усреднение вызванных потенциалов (ВП) на релевантный стимул для каждой категории маски. Амплитуды компонентов ВП анализировали в затылочных, височных, центральном и лобных кластерах электродов. Статистический анализ прово-

дили с использованием дисперсионного анализа ANOVA RM с учетом поправки Гринхауса – Гейссера. Анализировали влияние факторов МАСКА (конгруэнтная – предмет, неконгруэнтная – животное), УРОВЕНЬ (базовый, суперординатный), а в случае амплитуд компонентов в затылочном, височном и лобных кластерах добавляли фактор ПОЛУШАРИЕ.

Результаты

Анализ поведения. Для ВР выявлен эффект фактора УРОВЕНЬ $F(1, 19) = 14.43$, $p = .001$. ВР было больше при категоризации изображений на базовом уровне (677.3 ± 34.1 мс для конгруэнтной маски, 689.4 ± 35.2 мс для неконгруэнтной), чем на суперординатном (619.4 ± 32.2 мс и 634.8 ± 36.7 мс, соответственно). Точность опознания не зависела от категории маски и уровня категоризации и составляла около 98 % во всех случаях.

Анализ зрительных ВП. *Затылочные и височные отведения.* Первым пиком, для которого наблюдается зависимость амплитуды от условий задачи, был компонент N50 (рис. 1). Для этого компонента выявлено взаимодействие УРОВЕНЬ $\times$ МАСКА: $F(1, 18) = 16.85$, $p = .001$ и $F(1, 18) = 30.67$, $p < .001$, для затылочных и височных отведений соответственно, а также взаимодействие МАСКА $\times$ ПОЛУШАРИЕ ($F(1, 18) = 4.51$, $p = .048$ и $F(1, 19) = 6.63$, $p = .019$). Различия между уровнями наблюдаются только при конгруэнтной маске: при базовой категоризации амплитуда N50 меньше, чем при суперординатной.

Для амплитуды компонента P130 выявлен эффект фактора МАСКА и в затылочных ($F(1, 18) = 58.74$, $p < .001$), и в височных ($F(1, 18) = 71.70$, $p < .001$) отведениях. Амплитуда больше при неконгруэнтности стимула и маски.

Центральные отведения. Для среднелатентного компонента N150 выявлен эффект МАСКИ $F(1, 18) = 13.97$, $p = .002$. При использовании конгруэнтной маски амплитуда компонента меньше. Зависимость от УРОВНЯ выявлена для поздней позитивности LP (латентность около 400 мс) – $F(1, 18) = 7.41$, $p = .014$. При суперординатном уровне категоризации амплитуда LP больше, чем при базовом.

Лобные отведения. Для негативности N150 выявлен эффект фактора МАСКА $F(1, 18) = 31.70$, $p < .001$. Амплитуда компонента больше в случае неконгруэнтной маски. Влияние УРОВНЯ выявлено для амплитуды компонента P300 как основной эффект – $F(1, 18) = 4.59$, $p = .046$ и как взаимодействие УРОВЕНЬ $\times$ ПОЛУШАРИЕ $F(1, 18) = 9.31$, $p = .007$. Амплитуда P300 при категоризации на суперординатном уровне меньше, чем при базовом. Эффекты более выражены в правом полушарии. Наблюдался эффект МАСКИ $F(1, 18) = 5.28$, $p = .034$; при неконгруэнтной маске амплитуда больше, чем при конгруэнтной.

Обсуждение и выводы

Суперординатная категоризация предметов происходила быстрее, чем базовая. Это соответствует данным литературы о существовании так называемой ультрабыстрой категоризации изображений на суперординатном уровне при коротких (26 – 120 мс) длительностях предъявления (Vanmarcke et al., 2016).

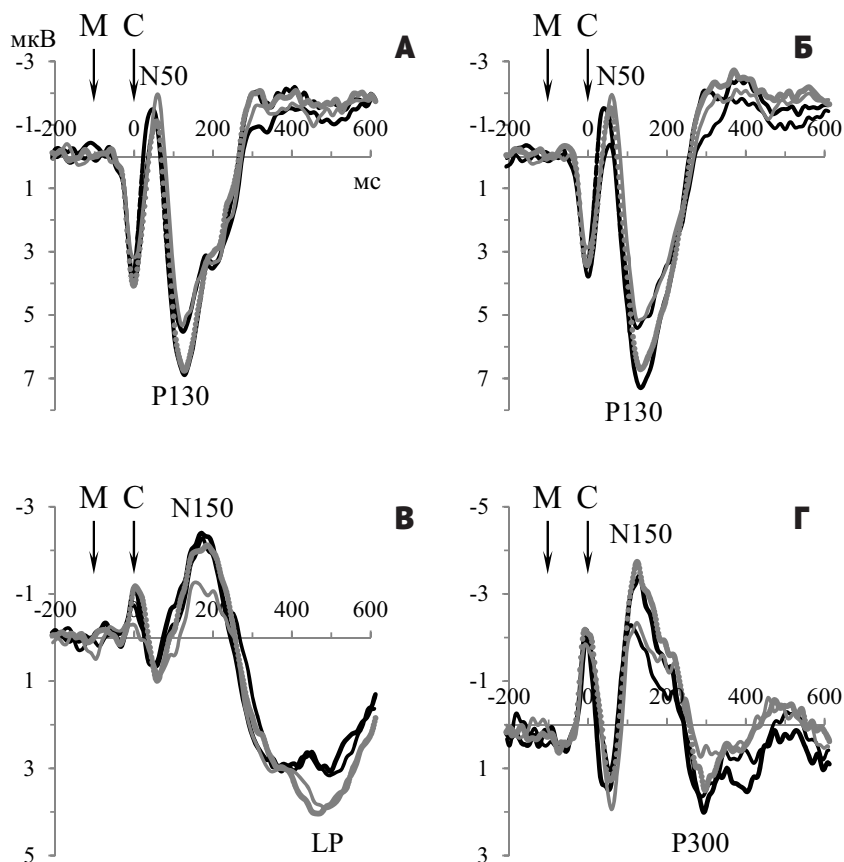


Рисунок 1. Усредненные зрительные ВП правого затылочного (А), правого височного (Б), центрального (В) и правого лобного (Г) отведений при категоризации на разных уровнях предметов, замаскированных конгруэнтными и неконгруэнтными масками. Черная сплошная линия — базовая категоризация при маскировке предметами, черная пунктирная — базовая категоризация при маскировке животными, серая сплошная — суперординатная категоризация при маскировке предметами, серая точечная — суперординатная категоризация при маскировке животными. Вертикальными стрелками обозначены моменты предъявления маски (М) и стимула (С). Обозначены пики компонентов N50, P130, N150, P300 и LP

Анализ ВП показал, что наиболее четко влияние уровня категоризации проявляется для поздних компонентов P300 и LP ВП переднеассоциативных областей коры, что совпадает с ранее полученными данными о том, что различия между уровнями проявляются сравнительно поздно (после 300 мс) и затрагивают в первую очередь передние отделы (Tanaka et al., 1999; Large et al., 2004). При суперординатной категоризации амплитуда P300 была меньше, чем при базовой. Это может быть связано с меньшей трудностью зада-

чи, так как категории «посуда» и «мебель» очень часто используются нами в повседневной жизни. Показано, что увеличение амплитуды LP является маркером успешного обучения новым категориям и обратно коррелирует с BP (Perez-Gay Juarez et al., 2019), что сходно с нашими результатами о меньшем BP и большей амплитуде LP при суперординатной категоризации.

В затылочных и височных отделах коры различия между уровнями категоризации обнаружены рано, уже во временном окне компонента N50, который регистрируется через 50 мс после предъявления стимула, то есть через 150 мс после демонстрации маски. При этом влияние уровня категоризации проявляется только при использовании конгруэнтной маски. В этом случае амплитуда N50 была больше при суперординатной категоризации по сравнению с базовой. При используемом в нашей работе блоковом дизайне испытуемый заранее знал, на каком именно уровне он должен будет категоризовать изображение. Следовательно, его зрительная система настраивалась на определенный характер извлечения зрительной релевантной информации, что могло повлиять на переработку не только релевантного, но и маскирующего стимула. То, что влияние уровня проявляется только при конгруэнтной маске-предмете, может быть связано с тем, что «преднастройка» затрагивала преимущественно области, связанные с репрезентациями изображений предметов. Этот результат соответствует гипотезе о разном характере извлечения зрительной информации в зависимости от уровня категоризации изображения (Taniguchi et al., 2020).

Влияние степени конгруэнтности маски и стимула было выявлено для амплитуд каудального компонента P130 и фронтального N150, которые были больше при использовании неконгруэнтной маски. Позитивность в задних отделах коры, регистрируемую в диапазоне 200 мс после предъявления дистрактора, связывают с процессом фильтрации зрительной информации, то есть разделением значимого и незначимого сигнала (Cepeda-Freyre et al., 2020). Можно предположить, что увеличение каудальной P130 в случае неконгруэнтной маски связано с более успешным подавлением незначимой информации. Наблюдаемое нами увеличение фронтальной N150 в случае неконгруэнтной маски предположительно связано с несовпадением информации о маскирующем и релевантном стимулах, которая поступает по магно- и парвоцеллюлярному путям (Mu, Li, 2013).

Полученные данные указывают на важную роль переднеассоциативных областей в задаче категоризации изображений и изменение их активности на поздних этапах переработки в зависимости от ее уровня (базовый или суперординатный). В проекционных областях эффект категоризации проявляется очень рано, определяя характер перцептивного анализа стимула.

Литература

Ashtiani M.N., Kheradpisheh S.R., Masquelier T., Ganjtabesh M. Object categorization in finer levels relies more on higher spatial frequencies and takes longer // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 8. P. 1261. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01261>

Cepeda-Freyre H.A., Garcia-Aguilar G., Eguibar J.R., Cortes C. Brain processing of complex geometric forms in a visual memory task increases P2 amplitude // *Brain Sciences*. 2020. Vol. 10. No. 2. P. 114. <http://dx.doi.org/10.3390/brainsci10020114>

Freedman D.J., Assad J.A. Neuronal mechanisms of visual categorization: An abstract view on decision making // *Annual Review of Neuroscience*. 2016. Vol. 39. No. 1. P. 129–147. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-071714-033919>

Grill-Spector K., Weiner K.S. The functional architecture of the ventral temporal cortex and its role in categorization // *Nature Reviews Neuroscience*. 2014. Vol. 15. No. 8. P. 536–548. <http://dx.doi.org/10.1038/nrn3747>

Large M.-E., Kiss I., McMullen N.A. Electrophysiological correlates of object categorization: Back to basics // *Cognitive Brain Research*. 2004. Vol. 20. No. 3. P. 415–426. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.03.013>

Mu T., Li S. The neural signature of spatial frequency-based information integration in scene perception // *Experimental Brain Research*. 2013. Vol. 227. No. 3. P. 367–377. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-013-3517-1>

Nérez-Gay Juárez F., Sicotte T., Thériault C., Harnad S. Category learning can alter perception and its neural correlates // *PLoS ONE*. 2019. Vol. 14. No. 12. P. e0226000. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0226000>

Tanaka J., Luu N., Weisbrod M., Kiefer M. Tracking the time course of object categorization using event-related potentials // *NeuroReport*. 1999. Vol. 10. No. 4. P. 829–835. <http://dx.doi.org/10.1097/00001756-199903170-00030>

Taniguchi K., Kuraguchi K., Takano Y., Itakura S. Object categorization processing differs according to category level: Comparing visual information between the basic and superordinate levels // *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00501>

Vanmarcke S., Calders F., Wagemans J. The time-course of ultrarapid categorization: The influence of scene congruency and top-down processing // *i-Perception*. 2016. Vol. 7. No. 5. P. 204166951667338. <http://dx.doi.org/10.1177/2041669516673384>

CATEGORIZATION LEVEL AND THE CONGRUENCE BETWEEN FORWARD MASK AND STIMULUS: INFLUENCE ON OBJECT RECOGNITION

N.Yu. Gerasimenko*, A.B. Kushnir, E.S. Mikhailova

nataliagerasimenko@gmail.com

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology
of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. In healthy young subjects, the mechanisms of object categorization processing at basic and superordinate levels were analyzed. Stimulus recognition was complicated by a previous congruent (object) or incongruent (animal) mask. Identification was faster for basic-level categorization. The early occipital and temporal N50 component depended on both the categorization level and the congruence between mask and stimulus. We assume that these differences reflect the presetting of the visual system to extract different information about the image, depending on the categorization level. The occipital and temporal P130 and the frontal N150 amplitudes are higher when masks involve incongruent images, which, possibly, reflects a more efficient separation of significant and insignificant information at the perceptual stage. In the anterior areas, the effect of categorization level was manifested. The central late positivity amplitude is higher at the superordinate-level categorization, and the frontal P300 amplitude is higher at the basic-level one. The data

obtained indicate the important role of central and frontal areas in the categorization task and the change in their activity at later processing stages, depending on categorization level. In occipital and temporal areas, the categorization level effect appears very early, altering perceptual stimulus processing.

Keywords: human, vision, categorization, forward masking, visual event-related potentials

Electrophysiological studies were carried out using equipment of the Research Resource Center of IHNA and NPh RAS for functional brain mapping.

ИСКАЖЕНИЕ ВОСПОМИНАНИЙ О СДЕЛАННОМ ВЫБОРЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОЧТЕНИЯ КОММЕНТАРИЕВ И ОЦЕНОК ДРУГИХ ЛЮДЕЙ

В.А. Гершкович*, А.С. Васильева

valeria.gershkovich@gmail.com

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Настоящее исследование посвящено вопросу о том, возможно ли искажение воспоминаний о сделанном выборе под влиянием ознакомления с оценками и комментариями, прочитанными после того, как выбор уже сделан. Эксперимент проходил в три этапа. На первом этапе испытуемые оценивали интеллект девушек, изображенных на фотографиях. На втором этапе испытуемые знакомились с комментариями и оценками других людей и писали свои комментарии. Для части фотографий предъявлялись оценки и комментарии, подкрепляющие выбор испытуемого, для части фотографий — противоположные выбору испытуемого; еще одна часть фотографий на втором этапе не предъявлялась. Испытуемые выбирали к каждой фотографии наиболее подходящие комментарии и оставляли свой. На третьем этапе испытуемым снова предъявлялись все фотографии с инструкцией вспомнить свою исходную оценку. По результатам исследования показано, что под влиянием прочтения комментариев и ознакомления с оценками, противоположными выбору испытуемых, они меняют свои воспоминания. Полученные данные свидетельствуют, что искажение воспоминаний может происходить опосредованно под влиянием анонимных сообщений, без непосредственного социального взаимодействия и социального давления.

Ключевые слова: искажение воспоминаний, конформизм в памяти, оценка интеллекта, текстовые комментарии, воспоминание об оценке

Исследование поддержано грантом РНФ № 21-18-00429 «Когнитивные механизмы обработки мультимодальной информации: тип текста и тип реципиента».

Введение

В современном мире с распространением социальных сетей мы часто сталкиваемся с ситуацией, когда, увидев и оценив некоторую информацию, читаем по ее поводу комментарии и оценки других, часто незнакомых нам, людей. Возникает вопрос: оказывают ли эти комментарии влияние на воспоминание о том, какой выбор и оценку мы сделали сами? В большом количестве исследований показано, что память действительно подвержена искажению вследствие конформизма (Roediger et al., 2001): испытуемые формируют ложные воспоминания под влиянием информации, полученной от других людей, искажают воспоминания об источнике информации, ошибаются в задачах на узнавание под влиянием мнения партнера и др. Однако в подавляющем большинстве подобных экспериментов происходит взаимодействие с партнером (реальным или виртуальным), а само решение еще не было сформировано до воздействия партнера. Остается вопрос

о том, может ли само ознакомление с оценками других людей и текстами их комментариев изменить воспоминание о собственной оценке после того, как она была высказана. В качестве исходной задачи нами была выбрана оценка интеллекта человека по его фотографии. Этот выбор обусловлен тем, что оценка психологических черт человека довольно быстро дается на основании его внешности (Барабанщиков, Майнина, 2010) и могут быть выделены общие признаки внешности, на основании которых дается оценка интеллекта (Морошкина и др., 2018). В наших предыдущих исследованиях было показано, что испытуемые имеют тенденцию не замечать подтасовки сделанного ими выбора оценки интеллекта по фотографии и склонны давать обоснование подтасовки, результатом чего является изменение воспоминаний о сделанном выборе. Однако в случае, если испытуемый вставал на позицию другого человека и давал обоснование с его точки зрения, эффект искажения не наблюдался (Гершкович, Быстрова, 2019). Чтение чужих комментариев и ознакомление с оценкой может занимать промежуточную позицию: с одной стороны, человек понимает, что это комментарии других людей, но с другой — может сработать эффект конформизма. Наконец, чтение описаний может спровоцировать эффект, аналогичный эффекту вербального затенения (Schooler et al., 1990), который проявляется в затруднении узнавания стимулов (в том числе лиц) после того, как человек дал их вербальное описание. Таким образом, мы полагаем, что ознакомление с оценками и сопроводительными комментариями, противоположными сделанным самим человеком, может привести к искажению воспоминаний о сделанном выборе.

Выборка

В исследовании приняло участие 35 добровольцев, 18–53 лет ($M = 23.4$), из них 20 женщин.

Стимульный материал

В качестве стимулов были отобраны 30 фотографий девушек из российской базы улыбающихся и нейтральных лиц (RuNeS Faces) (Морошкина и др., 2018) с оценками воспринимаемого интеллекта от 90.78 до 105.04 балла. На основании ранее проведенных исследований (Гершкович, Быстрова, 2019) 15 фотографий были отнесены к категории «условно глупых» и 15 фотографий — «условно умных», а также из этого исследования к каждой фотографии были подобраны оценки и реальные комментарии к ним, даваемые испытуемыми.

Процедура

Эксперимент проходил в три этапа, онлайн, экспериментатор наблюдал за работой испытуемого по видеосвязи. Перед началом исследования испытуемым сообщалось, что исследование посвящено тому, на какие критерии опираются люди, вынося суждение об интеллекте другого человека. На первом этапе исследования испытуемым последовательно предъявлялись на 8 сек. 30 фотографий девушек с задачей оценить их интеллект. Испытуемым

под каждой фотографией предъявлялась шкала — 90, 100, 110 и 120 баллов, в инструкции подчеркивалось, что 90 и 100 баллов — это показали скорее низкого интеллекта, а 110 и 120 баллов — скорее высокого. По окончании первого этапа испытуемые сразу же переходили ко второму этапу. Перед началом второго этапа испытуемым сообщалось, что исследователям очень важно узнать, какие критерии выбирают и формулируют люди, оценивая интеллект другого человека. Указывалось, что им будут предъявлены некоторые из ранее сделанных ими выборов, а также оценки и описания, которые дают другие люди. Испытуемых просили «лайкнуть» наиболее подходящие, на их взгляд, комментарии и вписать свой собственный комментарий в соответствующее свободное поле. Выбор комментариев с помощью «лайка» был необходим, чтобы убедиться в том, что испытуемый ознакомился с комментариями. На втором этапе последовательно предъявлялось 20 фотографий, каждая из которых сопровождалась тремя оценками с комментариями. Время ознакомления и написания комментариев не ограничивалось. На этом этапе для половины фотографий предъявлялись комментарии и оценки, противоположные по полюсу тем, которые дал испытуемый, причем два комментария сопровождалось предъявлением крайней оценки, а один комментарий — более слабым смещением (например, если на первом этапе испытуемый дал оценку 90 или 100 баллов — то на втором этапе ему предъявлялись оценки 120, 110, 120 баллов, каждая с соответствующим комментарием). Для другой половины фотографий предъявленные комментарии и оценки подкрепляли выбор, сделанный испытуемым, то есть оставались в выбранном полюсе шкалы (так, если испытуемый давал на первом этапе оценку 90 или 100 баллов, то ему предъявлялись оценки 90, 100, 90 с соответствующим комментарием). На третьем этапе исследования испытуемым вновь предъявлялись последовательно 30 фотографий с первого этапа с инструкцией вспомнить и выбрать оценку, которую они указали на первом этапе исследования.

В эксперименте оценивалось сохранение/изменение полюса оценки на третьем этапе в зависимости от трех условий: подтверждение комментариями и оценками выбора самого испытуемого; предъявление комментариев и оценок, противоположных оценке испытуемого; и контрольного — отсутствие оценок и комментариев на втором этапе.

Результаты

Анализ первого этапа. Была показана корреляция между оценками, которые дают испытуемые девушкам на фотографиях, и оценками из базы стимулов ($r = .541, p = .002$). Также показана согласованность оценок испытуемых по фотографиям (α -Кронбаха = .79), что свидетельствует о том, что испытуемые при оценке фотографий опираются на единые критерии и дают не случайную оценку. Итоговое распределение оценок по условиям представлено в табл. 1.

Анализ второго этапа. В итоговый анализ вошли данные 33 человек (2 человека были исключены из анализа вследствие технической ошибки записи результатов -1, неправильного понимания инструкции -1). Из анализа были исключены пробы, в которых испытуемые на втором этапе не выбрали

(«лайкнули») ни один комментарий и/или не написали комментарий (без «лайков» 118 проб, без комментариев – 47, всего отсеяно 167 проб).

Таблица 1. Эмпирическое распределение ответов испытуемых (шт.) на первом этапе по экспериментальным условиям

Оценки на первом этапе	Контрольное условие	Условие с подтверждением выбора	Условие с изменением выбора	Всего
Низкие оценки (90, 100 баллов)	209	143	180	532
Высокие оценки (110, 120 баллов)	141	207	170	518
Всего	350	350	350	1050

Было рассчитано количество сохранений полюса оценки / изменение полюса оценки для каждого из условий (см. табл. 2).

Таблица 2. Частоты (и %) сохранения/изменения полюса оценки фотографий на третьем этапе исследования (при воспоминании о сделанной оценке) в зависимости от экспериментальных условий

Экспериментальное условие	Сохранен полюс оценки	Изменен полюс оценки	Всего
Оценки, подтверждающие выбор испытуемого	209 (78.3 %)	58 (21.7 %)	267
Оценки, противоположные выбору испытуемого	129 (57.1 %)	97 (42.9 %)	226
Контроль (без оценок)	245 (74.2 %)	85 (25.8 %)	330
Всего	583	240	823

Были обнаружены статистически значимые различия между распределениями сохранения/смены оценки в зависимости от экспериментальных условий ($\chi^2 = 29.713$, $df = 2$, $p < .001$): в условиях, когда испытуемые видели оценки и читали комментарии, противоположные их собственному выбору, они имели тенденцию менять свои воспоминания в соответствии с навязанным полюсом оценки. Отметим также, что статистически значимых различий между контрольным условием и условием с подтверждением выбора испытуемых обнаружено не было ($\chi^2 = 1.319$, $df = 1$, $p = .289$).

Однако мы зафиксировали фактор исходной оценки интеллекта. При анализе контрольных условий было показано, что если исходно девушка на фотографии получила низкие оценки, то изменение оценки по воспоминаниям происходит значимо реже, чем если она была исходно оценена высоко ($\chi^2 = 26.820$, $df = 1$, p (с поправкой Бонферрони) = .003). Далее мы проанализировали вероятность сохранения и смены оценки в экспериментальных условиях. Оказалось, что если девушка исходно получила низкие оценки, то чтение чужих комментариев другого полюса оценки позволяет противостоять тенденции к повторению оценки

и приводит к искажению воспоминаний в сторону высокой оценки ($\chi^2 = 19.91$, $df = 2$, $p = .000$). Если же девушка на фотографии была исходно оценена высоко, то значимых различий между смещением в полюс «низких» оценок в группе без предъявления комментариев на втором этапе и группой, навязывающей противоположные оценки, не обнаруживается ($\chi^2 = 1.821$, $df = 1$, $p = .57$ с поправкой Бонферрони). Доля смещений в обеих подгруппах составляет около 50 % ответов. Однако позитивно сказываются комментарии, подкрепляющие выбор испытуемого ($\chi^2 = 16.971$, $df = 1$, $p = .003$ с поправкой Бонферрони), в этом случае доля изменений оценки составляет лишь 19 % от общего числа ответов.

Выводы

В нашем исследовании было показано, что ознакомление с оценками и комментариями незнакомых людей, не принимающих непосредственное участие во взаимодействии с испытуемым, в целом оказывает влияние на искажение припоминаний сделанных ранее оценок самим испытуемым. Примечательно, что такое искажение происходит в том случае, когда испытуемые опираются на некоторые имплицитные физиогномические характеристики при первоначальном выборе оценок. Однако эти же характеристики перестают работать при попытке вспомнить свой собственный выбор при повторном предъявлении фотографии. Обнаруженный эффект схож по своему проявлению с эффектом хиндсайта (см. обзор, Pohl, 2007), в котором искажение воспоминаний происходит как результат ознакомления с правильными ответами. В данном случае в качестве «правильных» выступают оценки и комментарии других людей.

Литература

- Барабанщиков В.А., Майнина И.Н. Оценка «глубинных» индивидуально-психологических особенностей человека по фотоизображению его лица // Экспериментальная психология. 2010. Т. 3. № 4. С. 50 – 71. URL: https://psyjournals.ru/files/36232/exp_2010_n4_Barabanshikov_Maynina.pdf.
- Гершкович В.А., Быстрова Е.Е. Изменение воспоминаний о сделанном выборе под влиянием разных установок на обоснование дезинформации // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. / Под ред. Е. В. Печенковой, М. Ф. Фаликман. Москва: Буки-Веди, 2019. С. 121 – 127.
- Морошкина Н.В., Иванчей И.И., Тихонов Р.В., Карпов А.Д., Овчинникова И.В. Разработка и апробация «Российской базы нейтральных и улыбающихся женских лиц ("RuNeS Faces")» // Экспериментальная психология. 2018. Т. 11. № 2. С. 34 – 49. <http://dx.doi.org/10.17759/exppsy.2018110203>
- Pohl R.F. Ways to assess hindsight bias // Social Cognition. 2007. Vol. 25. No. 1. P. 14 – 31. <http://dx.doi.org/10.1521/soco.2007.25.1.14>
- Roediger H.L., Meade M.L., Bergman E.T. Social contagion of memory // Psychonomic Bulletin & Review. 2001. Vol. 8. No. 2. P. 365 – 371. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03196174>
- Schooler J.W., Engstler-Schooler T.Y. Verbal overshadowing of visual memories: Some things are better left unsaid // Cognitive Psychology. 1990. Vol. 22. No. 1. P. 36 – 71. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(90\)90003-m](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(90)90003-m)

MEMORY DISTORTIONS FOR CHOICES DUE TO READING OTHER PEOPLE'S COMMENTS AND ESTIMATIONS

V. A. Gershkovich*, A. S. Vasilieva

valeria.gershkovich@gmail.com

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. The research aims to answer the question of whether it is possible to distort one's memories of his/her choice by reading other people's comments and estimations after the choice has already been made. The experiment included three stages. In the first stage, participants assessed the intelligence (IQ) of women in photos. In the second stage, participants read comments and assessments of the women's IQs made by other people. Participants chose the most appropriate comments and assessments and also left their own comments. For some photos, we presented estimations and comments that supported the choice the participant had already made. For other photos, we presented estimations and comments opposite to the choice made by the participant. Some photos were not presented in the second stage at all. In the third stage, participants were again presented with all photos seen in the first stage of the experiment. They had to recall their initial estimation of the women's IQ. The results showed that participants changed their memories when they read other people's comments and estimations that opposed their initial judgments. Our data indicate that memory distortions can occur indirectly, without real social interaction and social pressure.

Keywords: memory distortions, memory conformity, IQ estimations, verbal comments, memories for estimations

Research supported by grant RSF # 21-18-00429: "Cognitive mechanisms of multimodal information processing: Text type & type of recipient".

РОЛЬ ЭФФЕКТА ГЕНЕРАЦИИ И АГА!-ПЕРЕЖИВАНИЯ В ПРИПОМИНАНИИ ИСТОЧНИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

В.А. Гершкович*, Н.В. Морошкина, А.Д. Горицкая

Valeria.gershkovich@gmail.com

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Цель работы — выявление влияния ага!-переживания и самостоятельной генерации решения на запоминание источника решений, найденных самостоятельно или предложенных виртуальным партнером. Участники эксперимента решали задачи на поиск отдаленных ассоциаций и после ввода собственного ответа видели вариант ответа, предложенный виртуальным партнером — компьютерной программой. После этого они должны были выбрать, какой из предложенных вариантов (свой или компьютера) кажется им наиболее подходящим решением к задаче. Кроме того, испытуемые дважды оценивали возникновение ага!-переживания: первый раз — после ввода собственного варианта ответа, второй — после ознакомления с ответом виртуального партнера. Второй этап исследования проходил через неделю. Испытуемым предъявлялись задачи с ранее выбранным ими финальным вариантом решения. Требовалось вспомнить, кто именно (сам испытуемый или компьютер) предложил данное решение. Результаты показали, что испытуемые точнее атрибутируют решение, предложенное компьютером, в случае, если его предъявление сопровождалось ага!-переживанием, по сравнению с отсутствием ага!-переживания. Для самостоятельно сгенерированных решений влияния ага!-переживаний не обнаружено (возможно, в связи с эффектом потолка). Продемонстрировано, что, если финальное решение не сопровождалось ага!-переживанием, испытуемые лучше помнят авторство собственных решений по сравнению с теми, которые были предложены компьютером. Полученные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы, что ага!-переживание способствует повышению эффективности мониторинга источника решения задачи, а также позволяют распространить данные о позитивном влиянии ага!-переживания не только на припоминание содержания задач, но и на источник их решения.

Ключевые слова: мониторинг источника, инсайт, ага!-переживание, эффект генерации, тест отдаленных ассоциаций, память на источник, неосознанный плагиат

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00532 «Роль Ага!-переживания в решении задач и сохранении приобретенного опыта».

Введение

В жизни мы часто сталкиваемся с ситуациями, когда совместно с партнером ищем решение задачи — и кто-то из нас находит и озвучивает решение. Впоследствии для нас может стать важным вспомнить, кто именно является автором предложенного решения. Такая задача обозначается как мониторинг источника (Johnson et al., 1993). Ошибки в мониторинге источника могут при-

вести к эффекту неосознанного плагиата — ошибочному припоминанию решений, предложенных партнером, как своих собственных (Marsh, Bower, 1993). В качестве одного из факторов, оказывающих влияние на припоминание информации, рассматривается эффект генерации, который проявляется в более высоком уровне запоминания информации, созданной самим человеком по сравнению с той, что была ему предъявлена. Согласно теории мониторинга источника можно ожидать позитивное влияние эффекта генерации в задаче мониторинга реальности (разделения внутренне сгенерированной информации от предъявленной извне), так как полученное извне решение несет меньше информации о когнитивных операциях, вложенных в обработку, по сравнению с внутренне сгенерированным решением.

В последние годы в качестве факторов, оказывающих влияние на запоминание задач и их решений, стали рассматриваться не только когнитивные факторы, но и субъективные переживания, возникающие в процессе выполнения задачи. Было показано, что ага!-переживание (позитивное эмоциональное переживание, сопровождающееся внезапностью пришедшего ответа, чувством уверенности в его правильности), испытанное при нахождении или предъявлении решения, позитивно сказывается на запоминании решения (см. например: Danek et al., 2013; Kizilirmak et al., 2016). Однако вопрос о том, какое влияние может оказывать ага!-переживание на запоминание источника решения, изучен недостаточно. С позиции гипотезы разрядки когнитивных усилий (Preston, Wegner, 2007), переживание ага!-момента может увеличивать вероятность последующей атрибуции себе решений, которые им сопровождались, даже если решения были предъявлены извне после безуспешных попыток самостоятельного поиска решения. С другой стороны, ага!-переживание, как и другие эмоции, может способствовать закреплению воспоминания о целостном эпизоде (Auble et al., 1979; Allen et al., 2008) и использоваться как подсказка для последующей дифференциации источников.

В проведенном ранее исследовании (Гершкович и др., 2021) нам не удалось ответить на поставленный вопрос, значимого вклада ага!-переживания в припоминание источника решения обнаружено не было. Однако в упомянутом исследовании ответ на задачу просто предъявлялся в случае неудачной попытки ее решения. Известно, что эффект неосознанного плагиата чаще обнаруживается при решении задач с партнером, где ответ на задачу либо генерируется самим испытуемым, либо его партнером по взаимодействию (Marsh, Bower, 1993). В настоящей работе мы модифицировали процедуру исследования, включив в нее элементы взаимодействия с виртуальным партнером. Таким образом, цель работы — выявление роли ага!-переживания и генерации решения в запоминании источника решений, найденных самостоятельно или предложенных виртуальным партнером.

Метод

В исследовании приняли участие 39 добровольцев, 18–35 лет ($M = 22.3$), из них 30 женщин. В качестве стимульного материала были выбраны задачи на поиск отдаленных ассоциаций (Mednick, 1962). Задачи представляют

собой триады слов, к которым нужно подобрать четвертое слово, образующее устойчивое выражение с каждым из слов триады. Выбор указанных задач был обусловлен тем, что при их решении испытуемые часто отчитываются о возникновении ага!-переживаний как при нахождении, так и при предъявлении ответа (Kizilirmak et al., 2016). Для настоящего исследования были подобраны задачи из базы RAT-Rus, разработанной и апробированной на русском языке (Морошкина и др., 2020). Всего было подобрано 40 задач с вероятностью решения по результатам апробации от .27 до .68. По данным апробации, помимо правильных ответов, к каждой задаче был подобран наиболее вероятный неправильный вариант ответа, который частично подходил к некоторым словам в задаче.

Исследование проходило в два этапа с перерывом в 1 неделю и проводилось онлайн, в присутствии экспериментатора. На первом этапе испытуемым сообщалось, что они будут решать задачи на поиск отдаленных ассоциаций и после того, как они введут свой ответ, им будет показан вариант решения, подобранный компьютером из базы возможных решений. Далее испытуемым предстояло выбрать финальный вариант решения (свой собственный или предъявленный компьютером), который представлялся им наиболее подходящим. Всего в случайном порядке предъявлялось 40 задач на 20 секунд каждая для самостоятельного поиска ответа, после чего появлялось поле для ввода ответа (на 10 с). Если испытуемый не вводил никакой ответ (пропуск), то сразу же предъявлялась следующая задача. Если испытуемый вводил ответ, то ему предъявлялся вопрос, испытал ли он(а) ага!-переживание при нахождении ответа. Затем на 5 с снова предъявлялась задача и вариант ответа компьютера. Если испытуемый ввел правильный ответ, компьютер предъявлял неправильный вариант (вероятную ошибку замены); если испытуемый давал неправильный ответ, компьютер предъявлял правильный ответ. После этого задача с ответом компьютера исчезала, а испытуемому задавался вопрос о том, испытал ли он ага!-переживание, когда увидел ответ компьютера. Далее на 5 с снова предъявлялась задача с двумя вариантами ответа (испытуемого и компьютера), с инструкцией выбрать наиболее подходящий вариант ответа на задачу. После этого испытуемый переходил к решению следующей задачи. На втором этапе испытуемые выполняли задачу мониторинга источника. Им предъявлялись задачи на 10 с с ранее выбранным финальным ответом с инструкцией вспомнить, кем именно был предложен данный ответ — самим испытуемым или компьютером.

Результаты

На первом этапе из анализа были исключены 11 проб, в которых из-за технического сбоя не предъявлялся правильный ответ, а также пробы, в которых испытуемый не успел выбрать финальный ответ (74 пробы). В качестве финальных правильные ответы были выбраны 947 раз (89.7 % от общего количества ответов, вошедших в анализ). Из них свои ответы были выбраны 408 раз (с ага!-переживанием — 294, без ага!-переживания — 114), а ответы компьютера — 539 раз (с ага!-переживанием — 483, без — 56). Более частый выбор

правильного ответа в качестве финального свидетельствует о том, что испытуемые действительно старались выбрать наиболее подходящий ответ на задачу. В анализ результатов второго этапа были включены только те пробы, в которых испытуемыми в качестве финального ответа был выбран правильный ответ.

По данным второго этапа мы проанализировали связь фактора источника финального ответа на задачу (свой/чужой) и фактора наличия/отсутствия *aga!*-переживания на выбранный финальный ответ с последующей атрибуцией финального ответа. В качестве зависимой переменной анализировалась правильность атрибуции источника финального ответа. Были отсеяны данные 6 испытуемых (3 не явились на второй этап и 3 не использовали одну из опций при выборе финального ответа). Из анализа исключены пробы, в которых испытуемый не успел дать ответ на втором этапе (54). В табл. 1 представлены результаты атрибуции ответов во всех экспериментальных условиях.

Таблица 1. Частоты правильной/ошибочной атрибуции ответов на втором этапе в зависимости от источника финального ответа и наличия *aga!*-переживания

Финальный ответ	<i>Aga!</i> -переживание	Правильная атрибуция источника решения	Ошибочная атрибуция источника решения	Всего
Сгенерирован испытуемым	С <i>aga!</i> -переживанием	201	60	261
	Без <i>aga!</i> -переживания	83	16	99
Предложен компьютером	С <i>aga!</i> -переживанием	321	104	425
	Без <i>aga!</i> -переживания	32	20	52
Всего		637	200	837

Далее мы проанализировали, оказывают ли влияние фактор *источника финального решения* и то, сопровождалось ли оно *aga!*-переживанием, на правильность атрибуции. Результаты показали, что в целом фактор *источника* решения не достигает уровня статистической значимости ($\chi^2 = 2.692$, $df = 1$, $p = .059$), хотя наблюдается тенденция в пользу позитивного влияния самостоятельной генерации ответа на правильность последующей атрибуции. Однако этот фактор становится значимым в случае, если выбранный финальный ответ не сопровождался *aga!*-переживанием: испытуемые лучше помнят авторство тех решений, которые сгенерировали сами, по сравнению с теми, которые были предложены компьютером ($\chi^2 = 9.337$, $df = 1$, $p = .002$).

Аналогичным образом был проанализирован вклад *aga!*-переживания в правильность атрибуции ответа. В целом эффекта *aga!*-переживания на точность атрибуции обнаружено не было ($\chi^2 = 0.00$, $df = 1$, $p = .986$), однако этот фактор становится статистически значимым для ответов, предложенных компьютером: испытуемые точнее атрибутируют решения как предложенные компьютером в случае, если их предъявление сопровождалось *aga!*-переживанием,

по сравнению с отсутствием *ага!*-переживания ($\chi^2 = 4.714$, $df = 1$, $p = .043$). Для финальных ответов, сгенерированных самостоятельно, значимого эффекта *ага!*-переживания при нахождении ответа обнаружено не было ($\chi^2 = 2.009$, $df = 1$, $p = .153$).

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что *ага!*-переживание способствует повышению эффективности мониторинга источника решения задачи, способствуя закреплению эпизода в памяти и выступая в качестве метакогнитивной подсказки при его извлечении и атрибуции. Данный результат был показан нами только для ответов, предложенных компьютером. Возможно, нам не удалось обнаружить вклад *ага!*-переживаний для самостоятельно найденных решений из-за эффекта потолка: участники исследования с высокой точностью припоминали авторство решений, сгенерированных самостоятельно. В целом результаты согласуются с полученными ранее данными о позитивном влиянии *ага!*-переживания на память (Kizilirmak et al., 2015). Также нами было продемонстрировано положительное влияние эффекта генерации на точность определения источника: ответы на задачи, решенные самостоятельно, чаще атрибутируются верно, чем прочитанные ответы. Этот фактор становится особенно значимым в условиях отсутствия *ага!*-переживания. В целом наши результаты поддерживают концепцию мониторинга источника информации, свидетельствуя, что и метакогнитивные переживания, и когнитивные операции, вложенные в обработку информации, могут способствовать различению внутренних и внешних источников получения информации.

Литература

- Гершкович В.А., Морошкина Н.В., Федосова В.И. Припоминание источника решения в задачах поиска отдаленных ассоциаций: роль эффекта генерации и *ага!*-переживаний // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2021. Т. 11. № 1. С. 72 – 88.
- Морошкина Н.В., Аммалайнен А.В., Гершкович В.А., Львова О.В., Федосова В.И. Апробация русскоязычного банка заданий на поиск отдаленных ассоциаций (RAT-Rus) для исследований инсайта // Первый национальный конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике (ИИKN-2020). Материалы конференции. М.: 2020 (в печати).
- Allen P.A., Kaut K.P., Lord R.R. Emotion and episodic memory // Handbook of behavioral neuroscience. Handbook of episodic memory / E. Dere, A. Easton, L. Nadel, J.P. Huston (Eds.). Elsevier, 2008. P. 115 – 132. [http://dx.doi.org/10.1016/s1569-7339\(08\)00208-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1569-7339(08)00208-7)
- Auble P.M., Franks J.J., Soraci S.A., Soraci S.A., Soraci S.A. Effort toward comprehension: Elaboration or “aha”? // Memory & Cognition. 1979. Vol. 7. No. 6. P. 426 – 434. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03198259>
- Danek A.H., Fraps T., von Müller A., Grothe B., Öllinger M. Aha! experiences leave a mark: Facilitated recall of insight solutions // Psychological Research. 2013. Vol. 77. No. 5. P. 659 – 669. <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-012-0454-8>
- Johnson M.K., Hashtroudi S., Lindsay D.S. Source monitoring // Psychological Bulletin. 1993. Vol. 114. No. 1. P. 3 – 28. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.114.1.3>

Kizilirmak J.M., da Silva J. G. G., Imamoglu F., Richardson-Klavehn A. Generation and the subjective feeling of “aha!” are independently related to learning from insight // *Psychological Research*. 2016. Vol. 80. No. 6. P. 1059 – 1074. <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-015-0697-2>

Marsh R.L., Bower G.H. Eliciting cryptomnesia: Unconscious plagiarism in a puzzle task // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1993. Vol. 19. No. 3. P. 673 – 688. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.19.3.673>

Mednick S. The associative basis of the creative process // *Psychological Review*. 1962. Vol. 69. No. 3. P. 220 – 232. <http://dx.doi.org/10.1037/h0048850>

Preston J., Wegner D.M. The eureka error: Inadvertent plagiarism by misattributions of effort // *Journal of Personality and Social Psychology*. 2007. Vol. 92. No. 4. P. 575 – 584. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.92.4.575>

CONTRIBUTIONS OF GENERATION EFFECT AND AHA! EXPERIENCE TO SOURCE MONITORING JUDGEMENTS FOR PROBLEM SOLUTIONS

V.A. Gershkovich*, N.V. Moroshkina, A.D. Goritskaya

valeria.gershkovich@gmail.com

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. The current work examined the influence of aha! experience and the generation of problem solutions on a subject's memory for solution sources, either self-generated or presented by a virtual partner. Participants generated solutions for remote associate tasks and then were presented with solutions offered by a virtual partner. Afterwards, they chose which alternative (their own or partner's) seemed most suitable. Participants also estimated the aha! experience twice during the procedure: first after entering their answer, and again after being presented with their partner's answer. One week later, participants were presented with the problems and previously chosen final answers. They had to recall the source of the final solution. The results showed that participants attributed solutions to virtual partners more correctly if they had an aha! feeling when first presented with the computer answer, compared to no aha! experience. For self-generated solutions, no effect of aha! experience was found. Furthermore, when the final solution had not been accompanied by the “aha!” feeling, participants remembered the authorship of self-generated solutions better compared to those presented by the computer. Our results align with the hypothesis that aha! experience benefit the source monitoring of solutions, and extend results about the positive influence of aha! experience not only for memory of problem content, but also for solution sources.

Keywords: source monitoring, insight, aha! experience, generation effect, remote associate test, source memory, unconscious plagiarism

Research supported by RFBR project #20-013-00532: “The role of Aha!-experience in problem solving and remembering acquired knowledge”.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

А.П. Горюшкина*, А.И. Ковалев

anna.gorush@gmail.com

МГУ, Москва

Аннотация. Одной из важных задач когнитивной эргономики и инженерной психологии в настоящее время является изучение феномена надежности профессиональной деятельности субъекта труда. Несмотря на значительное число исследований в данной области, до сих пор является нерешенной задача прогнозирования надежности деятельности конкретного субъекта труда на основании выделенных поведенческих, психологических и физиологических параметров. Данная работа содержит результаты эксперимента с использованием разработанной методики оценки надежности деятельности оператора с применением технологий виртуальной реальности. В качестве предикторов фиксировались скорость реакции, параметры концентрации внимания, нервно-психическая устойчивость человека и показатели сердечной активности при оценке адаптивных ресурсов в стрессовой ситуации. Было оценено влияние стрессовых факторов на деятельность оператора путем рассмотрения изменения результативности деятельности и динамики показателей электрокардиографии. Обнаружены значимые различия в значениях частоты сердечных сокращений, вариабельности сердечного ритма и результативности деятельности в зависимости от условий выполнения деятельности в виртуальной реальности.

Ключевые слова: надежность, виртуальная реальность, деятельность оператора, электрокардиография, стресс

Исследование поддержано грантом РФФИ № 19-013-00799 «Прогностическая модель адаптивности и надежности профессионалов в экстремальных условиях труда».

Введение

Одной из актуальных задач инженерной психологии в настоящее время является изучение феномена надежности профессиональной деятельности субъекта труда. Первоначально развитие этой темы происходило в сфере технических наук и было направлено на увеличение работоспособности оборудования и увеличения времени его бесперебойной работы (Федотов, 2017).

В психологии вопрос надежности часто рассматривается в контексте особенностей и результативности профессиональной деятельности (Крук и др., 2018). Рассмотрение деятельности человека подразумевает анализ ошибок как техники, так и самого субъекта и их негативных последствий. «На-

дежность профессиональной деятельности» принято определять как сложный многоаспектный конструкт, который используется для прогнозирования профессиональной успешности специалистов (Симонова и др., 2020). Несмотря на значительное число исследований в данной области, до сих пор является нерешенной задача прогнозирования надежности деятельности конкретного субъекта труда на основании выделенных поведенческих, психологических и физиологических параметров (Morosanova et al., 2017). В качестве предикторов уровня надежности субъекта труда принято фиксировать скорость реакции, параметры концентрации внимания, параметры функционального состояния, показатели сердечной активности при оценке адаптивных ресурсов в стрессовой ситуации. Для создания условий, моделирующих ситуации выполнения профессиональной деятельности, а также стрессогенные изменения этих ситуаций, в последнее время стали возникать попытки применения технологий виртуальной реальности (Patle et al., 2019). Однако методология использования подобных сред виртуальной реальности как более эффективных и параметры оценки надежности остаются не до конца определенными.

Целью настоящего исследования стало изучение возможностей использования технологий виртуальной реальности для оценки надежности профессиональной деятельности оператора. Гипотеза заключалась в том, что изменение условий выполнения деятельности в виде появления отвлекающего стрессора в виртуальной реальности приведет к снижению результативности деятельности и изменениям в динамике показателей электрокардиографии.

Методика

Была использована виртуальная среда, имитирующая методику Stars. Задача испытуемого заключалась в том, чтобы в течение 10 мин среди однородных стимулов белого цвета, летящих на него линейно из глубины зрительного поля, определять целевые стимулы красного цвета и реагировать на них путем нажатия на кнопку манипулятора. Таким образом, летящие объекты заполняли все пространство вокруг испытуемого. Среда являлась адаптивной и увеличивала скорость подачи стимулов при безошибочной работе испытуемого. Такая настройка была установлена для того, чтобы уравнивать фактор индивидуальной успешности испытуемых по опознанию целевого стимула, обеспечив тем самым проверку влияния именно стрессового стимула. Для предъявления виртуальной среды была использована высокоиммерсивная система виртуальной реальности CAVE (Computer-Aided Virtual Environment). Она состояла из 4 плоских экранов длиной 2.5 м каждый, на которые с помощью 4 отдельных проекторов проецировалось изображение. Объемное изображение достигалось за счет использования затворных очков, в которых попеременно (с частотой 50 Гц) происходило затемнение правой и левой стороны. Эксперимент состоял из двух серий. Первоначально испытуемый заполнял анкету оценки НПУ «Прогноз-2» (Рыбников, 1990), которая предназначена для определения уровня нервно-психической устойчивости человека. Далее происходила оценка внимания испытуемого при помощи теста на внимание SART (Sustained Attention to Response Task), и он помещался в виртуальную среду на 10 мин. Во время

эксперимента в виртуальной реальности фиксировались ошибки, а также время реакции на целевые стимулы. В то же время происходила регистрация электрокардиограммы при помощи портативного электрокардиографа Nordavind. Сразу после реакции на стимулы в виртуальной среде испытуемый снова выполнял тест на внимание. В ходе второй серии процедура повторялась, но на минуте 2.5 появлялся внешний раздражитель — белый шум, который действовал на испытуемого на протяжении 5 минут. После работы в виртуальной реальности производилась заключительная оценка внимания.

Всего в эксперименте принял участие 21 испытуемый, с первыми происходила отладка методики, поэтому для дальнейшего анализа были учтены 14 человек (13 девушек и 1 молодой человек, средний возраст — 21 год). По показателям успешности операторской деятельности испытуемые были распределены в две группы: первая — у которых во второй серии число ошибок равно числу ошибок в первой серии или меньше, в нее вошли 8 человек; и вторая группа — у которых во второй серии ошибок больше, чем в первой, — 6 человек.

Результаты

В первой группе средний процент ошибок в первой и второй сериях составлял 21.6 и 16.4 соответственно (см. рис. 1), средний показатель нервно-психической устойчивости — 4.25. Во второй группе средний процент ошибок в первой серии — 15.3, во второй — 19.7, средний показатель нервно-психической устойчивости 2.5.

Были обнаружены с использованием критерия Вилкоксона значимые различия в показателях средней частоты сердечных сокращений (ЧСС) ($z = -2.201$; $p = .036$) и средних показателей вариабельности сердечного ритма ($z = -2.201$;

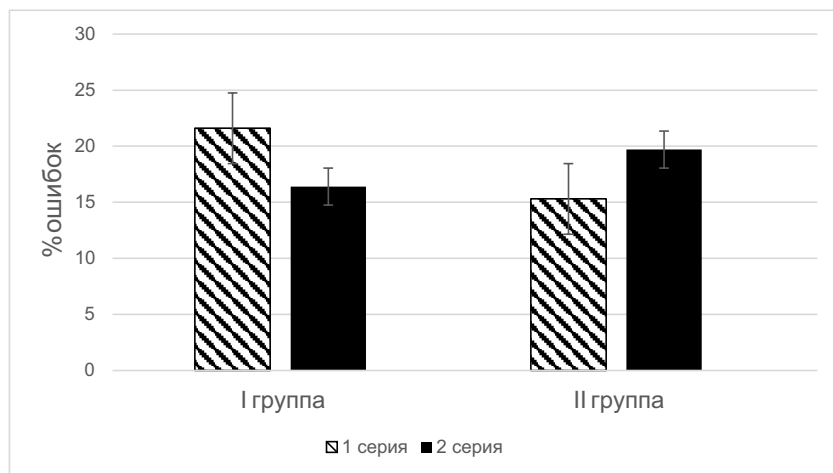


Рисунок 1. Показатели успешности операторской деятельности. Средние значения ошибок в двух сериях эксперимента у первой и второй группы испытуемых

$p = .042$) во второй группе между сериями эксперимента (рис. 2). Таким образом, испытуемые в первой группе, которые во второй серии допустили меньше ошибок, продемонстрировали меньший физиологический ответ, чем испытуемые второй группы. При этом значимых различий в изменении показателей внимания обнаружено не было.

Обсуждение и выводы

Экспериментальная гипотеза подтвердилась: условие выполнения деятельности в виртуальной реальности, сопряженное с повышенным уровнем стресса, оказало влияние на результативность части испытуемых и динамику

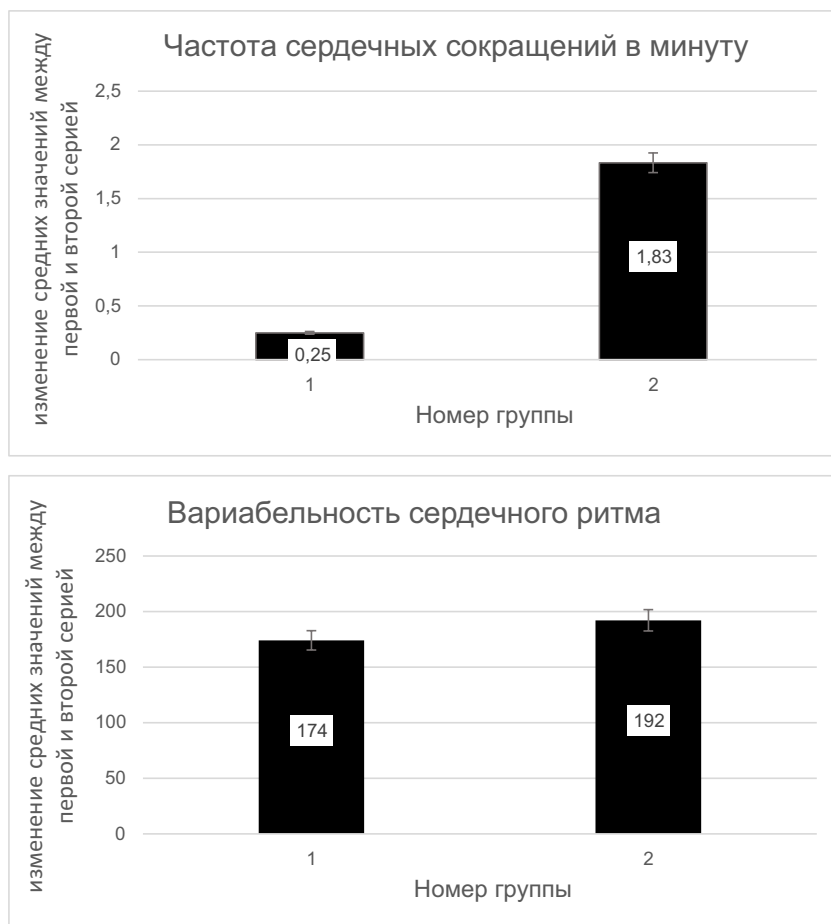


Рисунок 2. Изменение средних значений частоты сердечных сокращений и вариабельности сердечного ритма в сериях

их сердечной активности. Испытуемые, которые были менее результативны в стрессовой ситуации, обладают меньшими значениями нервно-психической устойчивости по сравнению с теми, результативность в стрессовой ситуации которых была выше. В использованной экспериментальной процедуре условие с действием стрессора всегда предъявлялось вторым по порядку. Поэтому испытуемые первой группы продемонстрировали эффект научения, снизив количество ошибок во второй серии. При этом частота сердечных сокращений менее результативной группы оказалась выше, а вариабельность сердечного ритма ниже, чем в более результативной группе, что означает большую «психофизиологическую цену» деятельности. Отсутствие значимых различий в параметрах внимания может говорить о том, что созданная ситуация не предъявила высоких требований к когнитивным ресурсам участников и не создала ситуацию утомления, поэтому полученные различия в параметрах результативности и сердечной активности могут рассматриваться именно как индикаторы надежности реализации деятельности при кратковременном действии стрессового стимула.

Таким образом, технология виртуальной реальности в данном эксперименте оказалась адекватным инструментом для моделирования ситуации операторской деятельности и оценки надежности оператора. Можно также предположить, что, в отличие от аналогичных условий моделирования деятельности оператора с применением мониторов или экранов, погружение в виртуальную реальность позволило обеспечить большую степень вовлеченности испытуемых в решение поставленной задачи.

Литература

Крук В.М., Федотов А.Ю., Трошина Ю.В. Проблема личностной надежности специалиста в отечественной психологии: историографический обзор // Психологическая работа в системе морально-психологического обеспечения оперативно-служебной деятельности личного состава: состояние, проблемы и пути решения. Сборник материалов Первой международной научно-практической конференции. М.: Академия управления МВД России, 2018. С. 69 – 85.

Рыбников В.Ю. Экспресс-методика «Прогноз-2» для оценки нервно-психической неустойчивости кандидатов на учебу в ВУЗ // Тез. докл. на I всер. совещании. М.: Воениздат, 1990. С. 132 – 135.

Симонова Н.Н., Матренко А.С., Султанова Ф.Р., Губайдулина Л.М., Барабанщикова В.В. Личностная надежность спасателей МЧС и их профессиональная успешность // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2020. № 4. С. 221 – 250.

Федотов А.Ю. Проблемы надежности в рамках различных типов научной рациональности // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2017. Т. 71. № 4. С. 24 – 28.

Morosanova V.I., Gaidamashko I.V., Chistyakova S.N., Kondratyuk N.G., Burmistrova-Savenkova A.V. Regulatory and personality predictors of the reliability of professional actions // Psychology in Russia: State of the Art. 2017. Т. 10. № 4. С. 195 – 208. <http://dx.doi.org/10.11621/pir.2017.0417>

Pattle D.S., Manca D., Nazir S., Sharma S. Operator training simulators in virtual reality environment for process operators: A review // Virtual Reality. 2019. Т. 23. № 3. С. 293 – 311. <http://dx.doi.org/10.1007/s10055-018-0354-3>

EVALUATION OF AN OPERATOR'S RELIABILITY USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES

A.P. Goryushkina*, A.I. Kovalev

anna.gorush@gmail.com

MSU, Moscow

Abstract. One of the most important tasks of cognitive ergonomics and engineering psychology is to study the phenomenon of reliability of the professional activity. Despite a significant number of studies in this area, the problem of predicting the reliability of a particular worker's activity based on the identified behavioral, psychological and physiological indicators remains unsolved. This article contains the results of an experiment applying the developed method for assessing the reliability of an operator's activities using virtual reality technologies. Reaction time, parameters of attention, functional state and indicators of cardiac activity were used as predictors, which were selected to measure the adaptive resources of an operator in a stressful situation. The impact of stress factors on the operator's activity was evaluated via changes in the performance of activity and dynamics of electrocardiography indicators. We observed a significant difference in heart rate, heart rate variability and performance depending on conditions in virtual reality.

Keywords: reliability, virtual reality, operator activity, electrocardiography, stress

Research supported by RFBR grant №19-013-00799: "Prognostic model of adaptability and reliability of professionals working under extreme job conditions".

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ВАРИАНТА ЭЗОПОВА ТЕСТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБНОСТИ СЕРЫХ ВОРОН (*CORVUS CORNIX*) К ПОНИМАНИЮ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Е.А. Диффинэ*, А.А. Смирнова

diffinenok@gmail.com

Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. При помощи Эзопова теста оценивают способность детей и животных добыть приманку, плавающую вне пределов досягаемости на поверхности воды в узком цилиндре, путем помещения в цилиндр тонущих объектов. Метаанализ данных, полученных на врановых птицах, свидетельствует о том, что они в большинстве случаев решают эту задачу за счет быстрого обучения в ходе повторных предъявлений теста. Для того чтобы выяснить, способны ли серые вороны сформировать представление о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды, провели Эзопов тест, в котором, в отличие от предыдущих исследований, использовали пять цилиндров (четыре, заполненные водой или песком на $\frac{2}{3}$ или $\frac{1}{3}$, и один пустой), а также два типа объектов (камни и кусочки пробки). Ни одна из 10 ворон с тестом не справилась. Трех молодых и трех взрослых ворон удалось обучить помещать тонущий объект в цилиндр. Далее повторно провели Эзопов тест и вновь получили отрицательный результат. Одна из взрослых ворон справилась с Эзоповым тестом, когда в тесте ей предоставили те же объекты (гайки), которые были использованы при обучении. Таким образом, обучения с одним типом объектов оказалось недостаточно для формирования у ворон представления о свойстве любых тонущих объектов поднимать уровень воды.

Ключевые слова: Эзопов тест, мышление, формирование представлений, понимание причинно-следственных отношений, орудийная деятельность, серые вороны

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (проект № 20-015-00287А); в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121032500080-8).

Введение

При помощи Эзопова теста оценивают способность детей и животных добыть приманку, плавающую вне пределов досягаемости на поверхности воды в узком цилиндре, путем помещения в цилиндр тонущих объектов. Этот тест позволяет оценить наличие представления о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды. Дети младше семи лет справляются с ним лишь с четвертой-пятой пробы, что свидетельствует об обучении в процессе решения задачи (Cheke et al., 2012). Дети восьми лет и старше справляются с наиболее сложными вариантами Эзопова теста с первой пробы (Cheke et al., 2012). Это свидетельствует о том, что к этому возрасту необходимые представления полностью сформированы. Среди животных этот тест проводили с понгидами (Mendes et al., 2007; Hanus et al., 2011), с несколькими видами врановых птиц (Bird, Emery, 2009), с представителем другого семейства воробьинообразных —

граклами (Logan et al., 2016) и с енотами (Stanton et al., 2017). Для понгид использовали вариант теста, в котором поднять уровень воды можно было за счет добавления дополнительных порций воды. Некоторые орангутаны и шимпанзе справились с этой задачей с первой пробы, что может свидетельствовать о том, что они поняли структуру задачи и что у них сформированы необходимые для ее решения представления (Hanus et al., 2011). С остальными исследованными видами животных использовали вариант теста, в котором для поднятия уровня воды нужно было помещать в нее тонущие объекты. Практически во всех этих работах животных вначале обучали бросать камни либо в цилиндр без воды, но с откидывающимся дном (Taylor et al., 2011), либо в цилиндр с водой, помещая камень на платформу рядом с его отверстием (Bird, Emery, 2009). После того как животных обучают помещать камни в цилиндр, проводят тесты, в которых им предлагают выбрать, например, между двумя цилиндрами, один из которых заполнен водой, а другой — песком; или между более или менее эффективными для решения задачи объектами — тонущими или плавающими, вытесняющими больше или меньше воды. Оценивая, как быстро животные начинают справляться с этими задачами, пытаются выяснить, понимают ли они структуру этих задач, есть ли у них представление о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды или могут ли они его сформировать в ходе тестирования. Метаанализ полученных на врановых птицах данных указывает на то, что, как и дети младше семи лет, врановые в большинстве случаев решали эти задачи не с первой пробы, а благодаря обучению в ходе повторных предъявлений теста (Hennefield et al., 2018). Обучались ли птицы при этом чему-то большему, чем повторению действий, приближающих приманку, остается неизвестным. Целью нашей работы было выяснить, способны ли серые вороны понять структуру Эзопова теста и могут ли они сформировать представление о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды.

Методика и результаты

Для отработки методики исследование проводили на 10 птицах — сначала на четырех молодых воронах (полутораговых), а затем на трех взрослых (одной трехлетней и двух старше 10 лет), другие три птицы участвовали только на первых трех этапах. Всем птицам дали возможность ознакомиться со свойствами компонентов задачи: сначала в течение месяца в жилом вольере, а затем в экспериментальной клетке. Для этого к стенке вольера или экспериментальной клетки прикрепляли прозрачные пластиковые цилиндры (высотой 104 мм и диаметром 15 мм): часть из них была заполнена водой или песком либо доверху, либо на $\frac{1}{3}$, а некоторые были пустыми. Приманку в цилиндры не помещали. Перед цилиндрами размещали поддон с камнями и кусочками пробки (примерный диаметр всех объектов — 10 мм). В цилиндрах, установленных в вольере, за весь месяц были обнаружены только четыре кусочка пробки. В ходе пяти серий (15 мин каждая) в экспериментальной клетке вороны не помещали в цилиндры никакие объекты. Таким образом, у них не было возможности ознакомиться со свойством тонущих объектов поднимать уровень воды в узких емкостях.

Для того чтобы выяснить, обладали ли птицы к моменту проведения теста представлением о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды, с ними провели модифицированный вариант Эзопова теста, в котором воронам нужно было выбирать между двумя типами объектов (камнями и кусочками пробки) и пятью типами цилиндров (два были заполнены водой и песком до уровня на полсантиметра ниже доступного воронам, то есть примерно на $\frac{2}{3}$; два были заполнены водой и песком на $\frac{1}{3}$; и один был пустым). Поддон с камнями и кусочками пробки размещали на расстоянии 10–15 см от цилиндров. В каждый из цилиндров помещали личинку мучного хрущака, привязанную к кусочку пробки. Ворона могла достать приманку, поместив 3–5 камней в цилиндр, заполненный водой на $\frac{2}{3}$. Ситуация множественного выбора уменьшала вероятность первого случайного правильного решения и, соответственно, влияние обучения на результат теста. За три сессии (10 мин каждая) ни одна из ворон не бросила в цилиндры никакие объекты. Таким образом, ни молодые, ни взрослые вороны не справились с Эзоповым тестом спонтанно (без обучения). Это свидетельствует о том, что они не поняли структуру этой задачи и к моменту проведения теста у них не было представления о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды.

Далее, для того чтобы выяснить, могут ли вороны понять структуру этой задачи и сформировать представление о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды в результате обучения, всех ворон учили помещать тонущие объекты в цилиндр с водой для получения приманки. Для этого на краю цилиндра, заполненного на $\frac{2}{3}$ водой, на поверхности которой плавала приманка, закрепляли прозрачную платформу и помещали на нее камень (для молодых птиц) или гайку (для взрослых). После того, как ворона пять раз подряд получала приманку, сбрасывая объекты с платформы в воду, платформу перемещали ниже. Добивались того, чтобы птицы поднимали объекты с пола и помещали их в цилиндр. Этот навык удалось сформировать у пяти ворон: трех молодых (им потребовалось для этого 17, 24 и 51 проба) и двух взрослых (им потребовалось 5 и 15 проб). С третьей взрослой вороной работа продолжается. Пробой считали получение приманки в результате падения камня в воду (в том числе случайного), но только если это происходило в поле зрения птицы.

Для того чтобы выяснить, чему именно обучились птицы — последовательности действий, приводящих к получению приманки, или же чему-то большему, — с ними повторно провели Эзопов тест. Перед этим провели дополнительную серию, в ходе которой птицам дали возможность получить приманку из остальных четырех цилиндров, выбор которых в тесте будет «неправильным». Это было сделано для того, чтобы получение приманки было ассоциировано со всеми типами цилиндров, а не только с использованным в ходе обучения цилиндром — заполненным водой на $\frac{2}{3}$. Чтобы приманка была доступной, в стенках трех из этих цилиндров (заполненных водой и песком на $\frac{1}{3}$ и пустом) были проделаны отверстия. Четвертый цилиндр заполняли песком почти доверху. В результате этой серии вороны получили приманку из каждого из этих четырех цилиндров равное или большее число раз, чем в ходе обучения из цилиндра, заполненного водой на $\frac{2}{3}$. Анализ первых пяти проб этой серии показал, что молодые птицы (но не взрослые) помещали в эти цилиндры

камни, хотя делать это для получения приманки не требовалось. Это могло указывать на то, что в ходе обучения молодые вороны скорее сформировали ассоциацию между помещением камня в цилиндр и получением приманки, чем поняли структуру задачи.

Далее Эзопов тест с пятью типами цилиндров и двумя типами объектов провели с тремя молодыми птицами и двумя взрослыми. Важно отметить, что только для молодых птиц камни были именно теми объектами, которые птиц обучали помещать в цилиндр. Для взрослых ворон камни были новыми объектами (их обучали помещать в цилиндр гайки). Ни одна из ворон не добыла приманку за три сессии по 10 минут каждая. Только одна молодая ворона помещала камни в цилиндр, заполненный водой на $\frac{2}{3}$, но в недостаточном для получения приманки количестве. Две другие вороны помещали камни в другие цилиндры: в заполненный песком на $\frac{1}{3}$ и на $\frac{2}{3}$. Две вороны помещали в цилиндры кусочки пробки: одна молодая поместила такой в цилиндр, заполненный водой на $\frac{2}{3}$, а взрослая — в цилиндр, заполненный на $\frac{1}{3}$ песком. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в ходе обучения и молодые и взрослые вороны скорее сформировали ассоциацию между помещением камня в цилиндр и получением приманки, чем поняли структуру этой задачи и сформировали представление о свойстве тонущих объектов поднимать уровень воды.

Для того чтобы выяснить, какие именно факторы влияют на поведение двух взрослых ворон, далее мы пошагово приближали условия теста к тем, которые были использованы при обучении. Вначале ситуацию упростили, разместив камни и кусочки пробки непосредственно около цилиндров. Ни одна из двух ворон за три двадцатиминутных сессии не поместила никакие объекты в цилиндры. После этого заменили камни на гайки — объекты, которые были использованы при обучении. Только в этом случае одна из двух взрослых ворон справилась с Эзоповым тестом. Ей удавалось добыть приманку из цилиндра, заполненного водой на $\frac{2}{3}$ в каждой из четырех двадцатиминутных серий. Она ни разу не бросила в цилиндры кусочки пробки, а если брала их в клюв — сразу отбрасывала. Таким образом, одна из двух взрослых ворон справилась с Эзоповым тестом, но только в случае, когда ей предоставили знакомые объекты.

Заключение

Таким образом, обучения с одним типом объектов оказалось недостаточно для формирования у ворон представления о свойстве любых тонущих объектов поднимать уровень воды.

Литература

Bird C.D., Emery N.J. Rooks use stones to raise the water level to reach a floating worm // *Current Biology*. 2009. Vol. 19. No. 16. P. 1410–1414. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2009.07.033>

Cheke L.G., Loissel E., Clayton N.S. How do children solve Aesop's Fable? // *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. No. 7. P. e40574. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0040574>

Hanus D., Mendes N., Tennie C., Call J. Comparing the performances of apes (*Gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*, *Pongo pygmaeus*) and human children (*Homo sapiens*) in the floating peanut task // PLoS ONE. 2011. Vol. 6. No. 6. P. e19555. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0019555>

Hennefield L., Hwang H.G., Weston S.J., Povinelli D.J. Meta-analytic techniques reveal that corvid causal reasoning in the Aesop's Fable paradigm is driven by trial-and-error learning // Animal Cognition. 2018. Vol. 21. No. 6. P. 735–748. <http://dx.doi.org/10.1007/s10071-018-1206-y>

Logan C.J., Harvey B.D., Schlinger B.A., Rensel M. Western scrub-jays do not appear to attend to functionality in Aesop's Fable experiments // PeerJ. 2016. Vol. 4. P. e1707. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.1707>

Mendes N., Hanus D., Call J. Raising the level: Orangutans use water as a tool // Biology Letters. 2007. Vol. 3. No. 5. P. 453–455. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2007.0198>

Stanton L., Davis E., Johnson S., Gilbert A., Benson-Amram S. Adaptation of the Aesop's Fable paradigm for use with raccoons (*Procyon lotor*): Considerations for future application in non-avian and non-primate species // Animal Cognition. 2017. Vol. 20. No. 6. P. 1147–1152. <http://dx.doi.org/10.1007/s10071-017-1129-z>

Taylor A.H., Elliffe D.M., Hunt G.R., Emery N.J., Clayton N.S., Gray R.D. New Caledonian crows learn the functional properties of novel tool types // PLoS ONE. 2011. Vol. 6. No. 12. P. e26887. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0026887>

USING THE MODIFIED VERSION OF THE AESOP'S TEST TO INVESTIGATE THE ABILITY OF HOODED CROWS (*CORVUS CORNIX*) TO UNDERSTAND CAUSE-AND-EFFECT RELATIONSHIPS: PRELIMINARY DATA

E. A. Diffine*, A. A. Smirnova

diffinenok@gmail.com

Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. The Aesop's test is used to assess the ability of subjects to obtain a floating reward which can be reached only by dropping sinking objects into a cylinder. A meta-analysis of the data collected on corvids indicates that they solve this problem due to rapid learning during repeated presentations of the test. In order to find out whether hooded crows are able to form an idea of the property of sinking objects to raise the water level, unlike in previous studies the Aesop's test was carried out with five cylinders (four were filled with water or sand by $\frac{2}{3}$ or $\frac{1}{2}$, and one was empty) and two types of objects (stones and pieces of cork). None of the ten crows passed the test. Three young and three adult crows were trained to drop sinking objects into a cylinder. After the repetition of the Aesop's test, a negative result was received again. One of the adult crows passed the test when it was given the same objects (six-sided metal nuts) in the test that were used during training. Thus, learning with one type of object turned out to be insufficient to form a notion of the ability of any sinking objects to raise the water level.

Keywords: Aesop's fable paradigm, cognition, notion formation, understanding cause-and-effect relationships, tool-use, *Corvus cornix*

The reported study was funded by RFBR project number 20-015-00287, as well as the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project number 075-015-2020-801.

ОСОБЕННОСТИ ОПОЗНАНИЯ «БАЗОВЫХ» ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ЭКСПРЕССИЙ ПРИ ПОРОГОВЫХ ВРЕМЕНАХ ЭКСПОЗИЦИИ

А.В. Жегалло*, И.А. Басюл, Я.Н. Смольный

ZhegalloAV@ipran.ru

ИП РАН, Москва

Аннотация. Изучалось невербальное опознание «базовых» эмоциональных экспрессий лица в предельных условиях. Современные мониторы 240 Гц обеспечивают возможность экспозиции изображения на 4 мс, что дает радикальное снижение эффективности опознания «базовых» сильно выраженных эмоциональных экспрессий лица. Предполагалось, что в таких условиях будет проявляться особая роль «спокойного состояния» как прототипа восприятия эмоциональных состояний (Барабанщиков, 2009). По результатам эксперимента участники были квалифицированы по двум основаниям: по эффективности — низкоэффективные либо высокоэффективные, по используемой стратегии — отказывающиеся от ответа либо использующие экспрессии-заместители. Спокойное лицо как «экспрессию-заместитель» используют только «высокоэффективные» испытуемые со средней точностью опознания .5. «Низкоэффективные» испытуемые со средней точностью опознания .17 в качестве «экспрессии-заместителя» используют группу выражений «радость — спокойное лицо — печаль». Таким образом, положение об особой роли «спокойного состояния» подтверждается частично.

Ключевые слова: эмоциональные экспрессии, тахистоскопия, точность опознания, структура ошибочных ответов, предельные условия восприятия, экспрессии-заместители

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-68-47048 «Психологические и биологические механизмы и детерминанты восприятия эмоционально окрашенных сцен и эмоциональных экспрессий лица».

Введение

Результаты ранее проводившихся нами исследований (Барабанщиков и др., 2016) показывают, что «базовые» (Ekman, 1999) эмоциональные экспрессии лица характеризуются высокой точностью опознания, в том числе при тахистоскопическом предъявлении — вплоть до предельных времен экспозиции, технически достижимых до настоящего времени. Ограничения теории Экмана проявляются в двух случаях: для амбивалентных изображений, несущих одновременно признаки различных эмоциональных экспрессий — при нормальных условиях экспозиции; для стандартизованных сильно выраженных эмоциональных экспрессий — в специальных условиях, обеспечивающих ухудшение условий опознания. *Цель настоящего исследования* — изучение особенностей опознания стандартизованных изображений эмоциональных экспрессий при дальнейшем снижении времени экспозиции.

До настоящего времени изучение внутренних соотношений между эмоциональными экспрессиями проводилось в экспериментах, включающих косвенные способы ухудшения условий опознания: переворачивание изображений,

низкочастотная фильтрация, использование изображений слабо выраженных эмоциональных экспрессий, периферическая экспозиция, зашумление изображений. Полученные результаты далее представлялись как отражающие структурные взаимоотношения между эмоциональными экспрессиями лица, соответствующими «базовым» эмоциям.

Представления об особой роли спокойного лица как фона для проявления эмоциональных экспрессий (Барабанщиков, 2009) первоначально были сформулированы на основе эксперимента, в котором опознавались зашумленные изображения эмоциональных экспрессий при относительно длительной (100 мс) экспозиции (Хрисанфова, 2004). Опираясь на данные представления, можно *выдвинуть гипотезу*: при сокращении времени экспозиции испытуемые будут опознавать сильно выраженные «базовые» экспрессии как спокойное лицо. До недавнего времени практически доступное минимальное время экспозиции составляло от 16.6 до 10 мс. Появление на рынке ЖК-мониторов с частотой кадровой развертки 240 Гц позволяет получить время экспозиции 4 мс, что открывает новые возможности для тахистоскопических исследований, в том числе для непосредственного изучения особенностей восприятия эмоциональных экспрессий в предельных условиях.

Методика

Предъявление изображений выполнялось на мониторах ACER KG251QD bmiipx 24.5", подключенных к компьютерам с видеокартой ASUS ROG-STRIX-GTX1650-A4G-GAMING RTL Display Port v1.4. Компьютеры работали под управлением ОС Windows 10. Для проведения эксперимента использовалось ПО PxlLab (Irtel, 2007), Java 8.281. Контроль времени экспозиции выполнялся косвенно, путем фиксации фактического времени экспозиции (параметр ResponseTime). На этапе подготовки эксперимента выборочный прямой контроль фактического времени экспозиции выполнялся путем высокоскоростной видеосъемки; камера CASIO EXLIM EX-F1, режим съемки 336 × 96 px, 1200 к/сек. Субъективно (для первого автора) время предъявления 16 мс (4 кадра развертки) и 4 мс (1 кадр развертки) хорошо различимо. При экспозиции на 16 мс времени достаточно для уверенного опознания эмоциональной экспрессии; при экспозиции на 4 мс виден контур лица и иногда отдельные элементы внутренней структуры. Составить полное впечатление о выражении лица не удается.

В качестве стимульного материала использовались изображения эмоциональных экспрессий из базы RAFD (Langner et al., 2010), 6 натурщиков, изображения 7 экспрессий (спокойное лицо, радость, печаль, страх, гнев, удивление, отвращение). Изображения кадрированы до размера 455 × 570 px. Расстояние до экрана 60 см. После целевого изображения на 500 мс экспонировалась шумовая маска, а затем экран выбора ответа. Идентификация невербальная, путем выбора в качестве ответа изображения лица натурщика, не входившего в число предъявлявшихся. Участники эксперимента должны были выбрать в качестве ответа лицо с тем же выражением, что и показанное. При невозможности опознать выражение лица можно было в качестве ответа выбрать изображение со знаком вопроса.

Объем эксперимента на каждого участника составил: 42 экспозиции (по 1 экспозиции каждого изображения; 1 блок) при времени экспозиции 16 мс; 84 экспозиции (2 блока) при времени экспозиции 8 мс; 84 экспозиции (2 блока) при времени экспозиции 4 мс. Общая продолжительность эксперимента — до 20 мин.

В исследовании приняли участие студенты московских вузов, 29 человек, 5 мужчин, 24 женщины, средний возраст $M=23.3$ года, $SD=5.6$. Конечный объем выборки планируется довести до 100 испытуемых, в то же время имеющийся в настоящее время объем выборки можно считать достаточным для отработки способов анализа данных и возможного уточнения экспериментальной процедуры.

Результаты

Для каждого участника вычислялось количество правильных ответов и определялась структура ответов при времени экспозиции 16 мс, 8 мс, 4 мс. При времени экспозиции 16 мс медианная точность решения по всем участникам составила $Me=.79$, $IQR=.69-.83$; при 8 мс $Me=.71$, $IQR=.56-.76$; при 4 мс $Me=.24$, $IQR=.17-.45$. Данные результаты показывают, что проведенное сокращение времени экспозиции действительно выводит восприятие эмоциональных экспрессий лица в пороговую область.

Индивидуальный анализ распределений структуры ответов для разных эмоциональных экспрессий лица показал значительную их вариативность. Для сокращения объема описания был выполнен кластерный анализ k -средних. Разбиение на 4 кластера объясняет 47.7 % дисперсии. Охарактеризуем данные кластеры в порядке возрастания точности решения при времени экспозиции 16 мс. В качестве численных характеристик далее приводится среднее число правильных опознаний каждой из экспрессий. Отметим, что для отдельного испытуемого каждая экспрессия показывалась 6 раз при времени экспозиции 16 мс и 12 раз при времени экспозиции 8 мс и 4 мс (рис. 1).

- 1-й кластер (8 человек). Средняя точность решения при 16 мс — .69. Максимально точно опознаются экспрессии радости, отвращения, удивления. При времени экспозиции 8 мс точность решения снижается до .57 с сохранением прежней структуры ответов. При времени экспозиции 4 мс происходит радикальное снижение точности решения до .15. Основное место в структуре ответов занимают отказы. Остается тенденция к правильному опознанию тех экспрессий, которые ранее опознавались наиболее точно: отвращение, радость, удивление.
- 2-й кластер (8 человек). Средняя точность решения при 16 мс — .72. Максимально точно опознаются экспрессии радости, отвращения, удивления. При времени экспозиции 8 мс точность решения снижается до .64 с сохранением прежней структуры ответов. Отказы от ответов отсутствуют. При времени экспозиции 4 мс происходит радикальное снижение точности решения до .17. Отказы от ответов отсутствуют. Основное место в структуре ответов для всех экспрессий занимает связка печаль, спокойное лицо, радость.

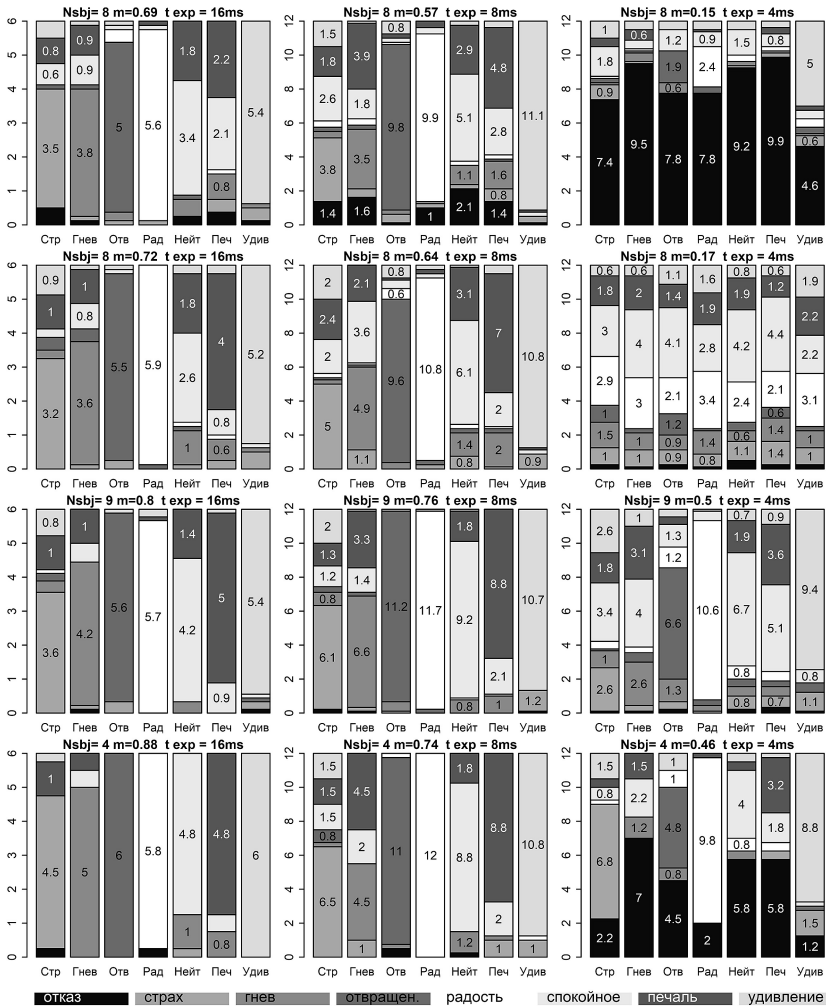


Рисунок 1. Распределение структуры ответов для четырех кластеров испытуемых. По строкам – кластеры испытуемых, по столбцам – распределения ответов при времени экспозиции 16, 8, 4 мс

3-й кластер (9 человек). Средняя точность решения при 16 мс – .8. Максимально точно опознаются экспрессии радости, отвращения, удивления. При времени экспозиции 8 мс точность решения снижается до .76 с сохранением прежней структуры ответов. При времени экспозиции 4 мс точность решения снижается до .5. Наиболее точно определяется радость. Удивление смешивается со страхом. Отвращение смешивается с гневом, спокойным лицом, радостью. Страх смешивается с гневом, спо-

койным лицом, печалью, удивлением. Гнев смешивается со спокойным лицом, печалью, удивлением. Спокойное лицо смешивается с печалью. Печаль смешивается со спокойным лицом.

4-й кластер (4 человека) Средняя точность решения при 16 мс — .88.

С высокой точностью опознаются удивление, отвращение, радость, гнев, спокойное лицо, печаль, страх. При времени экспозиции 8 мс точность снижается до .74 за счет снижения точности опознания гнева и страха. Отказы от ответов отсутствуют. При времени экспозиции 4 мс точность снижается до .46. В структуре ответов значительную часть составляют отказы. В то же время сохраняется тенденция к верному опознанию ряда экспрессий: страх, отвращение, радость, спокойное лицо, удивление.

Обсуждение и выводы

Результаты проведенного эксперимента показывают, что гипотеза об особой роли спокойного лица как фоне для проявления эмоциональных экспрессий подтверждается лишь частично. Помимо опознания экспонируемого в предельных условиях изображения как спокойного лица, участники исследования в качестве «экспрессий-заместителей» могут использовать «радость» и «печаль». Некоторые участники явно отказываются от опознания изображения. Анализ даваемых комментариев показывает, что затруднения связаны именно с опознанием эмоциональной экспрессии, при этом сам факт демонстрации лица не вызывает сомнений. Также отдельные испытуемые указывают, что в предельных условиях не могут различать выражения лица, но все еще различают пол натурщика.

Мы можем констатировать, что особенности опознания лица в предельных условиях характеризуются высокой индивидуальной вариативностью. Различается пороговое время экспозиции, при котором сохраняется эффективная оценка изображений, структура оценок, стратегия действий в условиях неопределенности. Поиск предикторов наблюдаемой вариативности требует дополнительного анализа.

Представляется перспективным введение в данный эксперимент дополнительных лицеподобных стимулов с целью установления порога опознания лица как такового.

Литература

- Барабанщиков В.А. Восприятие выражений лица. М.: ИПРАН, 2009.
- Барабанщиков В.А., Жегалло А.В., Королькова О.А. Перцептивная категоризация выражений лица. М.: ИПРАН, 2016.
- Хрисанфова Л.А. Динамика восприятия экспрессий лица: Дис. ... канд. психол. наук, М., 2004.
- Ekman P. Basic emotions // Handbook of cognition and emotion / T. Dalgleish, M. Power (Eds.). Sussex, U. K.: John Wiley & Sons Ltd, 1999. P. 45 – 60.
- IrteI H. PXLab: The Psychological Experiments Laboratory [online]. Version 2.1.11. Mannheim, Germany: University of Mannheim, 2007.
- Langner O., Dotsch R., Bijlstra G., Wigboldus D., Hawk S., Van Knippenberg A. Presentation and validation of the Radboud Faces Database // Cognition & Emotion. 2010. Vol. 24. No. 8. P. 1377 – 1388. <http://dx.doi.org/10.1080/02699930903485076>

RECOGNITION OF BASIC EMOTIONAL EXPRESSIONS AT THRESHOLD EXPOSURE TIMES

A. V. Zhegallo*, I. A. Basul , Y. N. Smolnyi

ZhegalloAV@ipran.ru

IP RAS, Moscow

Abstract. The non-verbal recognition of basic emotional expressions of the face was studied under extreme conditions. Modern 240 Hz monitors provide the possibility of image exposure for 4 ms, which results in a radical decrease in the efficiency of recognition of basic emotional expressions. It was assumed that in such conditions a special role of the “calm state” as a prototype of the perception of emotional states would manifest itself (Barabanshchikov, 2009). Based on the results of the experiment, participants were qualified on two grounds: in terms of efficiency (low-efficiency or high-efficiency) and according to the strategy used (refusing to answer or using expression substitutes). A calm face as a “substitute expression” was used only by high-efficiency subjects, with an average recognition accuracy of 0.5. Low-efficiency subjects, with an average recognition accuracy of 0.17, used the group of expressions “joy – calm face – sadness” as their so-called substitute expression. Thus, the proposition about the special role of the “calm state” is partially confirmed.

Keywords: emotional expressions, tachistoscropy, recognition accuracy, structure of erroneous answers, limiting conditions of perception, expression substitutes

Support: RSCF 20-68-47048: Psychological and biological mechanisms and determinants of the perception of affective scenes and emotional facial expressions.

СТРАТЕГИИ КАТЕГОРИЗАЦИИ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

М.П. Жердева (1)*, Н.А. Артени (2), В.М. Афанасьева (2), А.А. Котов (1)

mpzherdeva@gmail.com

1 — НИУ ВШЭ, Москва; 2 — УлГУ, Ульяновск

Аннотация. Как люди учатся новым категориям и как эта способность изменяется в онтогенезе? В нашем исследовании предпринята попытка ответить на эти вопросы, изучая стратегии категоризации у детей разного возраста. В эксперименте дети в возрасте 5, 7 и 10 лет обучались новым категориям, включающим одновременно и детерминистические признаки, требующие сфокусированного внимания, и вероятностные признаки, требующие распределенного внимания. Мы оценивали успешность категоризации и память на выделенные в ходе категоризации признаки. Анализ результатов показал, что дети возрастных групп 5 и 7 лет в ходе научения используют стратегию категоризации, основанную на распределенном внимании, и запоминают все признаки. Дети 10 лет используют стратегию сфокусированного внимания, запоминая преимущественно релевантные признаки. Таким образом, после 7 лет происходит смена стратегий категоризации. В совокупности мы представим новые данные, во-первых, указывающие на различия в стратегиях категоризации и механизмах научения в процессе развития и, во-вторых, разъясняющие роль внимания в развитии категоризации. Эти результаты в докладе мы обсудим в связи с современными теориями категоризации и ее развития.

Ключевые слова: категориальное научение, когнитивное развитие, стратегия категоризации, правило категоризации, распределенное внимание, сфокусированное внимание

Исследование поддержано грантом РФФИ № 19-313-51010 «Нейрокогнитивные основания индивидуальных различий в категориальном научении детей школьного возраста».

Введение

Развитие понятий основано на способности формирования категорий, эта способность значительно усиливается с помощью речи: язык является важным источником знаний о понятиях (Sloutsky, Deng, 2019). Знания, полученные через перцептивный опыт, в сочетании со знаниями, приобретенными через язык, приводят к формированию понятий. Однако остаются вопросы: как люди учатся новым категориям и как эта способность изменяется в онтогенезе? В нашем исследовании предпринята попытка ответить на эти вопросы путем изучения роли внимания к разным признакам объектов в развитии категоризации. В эксперименте дети в возрасте 5, 7 и 10 лет обучались новым

категориям, включающим одновременно и детерминистические признаки, требующие сфокусированного внимания, и вероятностные признаки, требующие распределенного внимания. Мы оценивали успешность категоризации и память на выделенные в ходе категоризации признаки. При разработке задач для исследования мы опирались на эксперименты по категориальному научению в рамках моделей множественных систем категоризации (Miles, Minda, 2009; Deng, Sloutsky, 2016). В данных работах участникам исследования демонстрировали примеры новой искусственной категории, и их задачей было 1) найти правило категоризации, 2) применить его по отношению к новым примерам. Распределение значений признаков в примерах категории позволяло участникам использовать две разные стратегии: 1) ориентироваться на один (детерминистический) признак, предсказывающий принадлежность категории с вероятностью 100 %, 2) ориентироваться на все признаки одновременно. Ниже на рис. 1 представлены примеры из нашего исследования. Так, каждый пример включал признак, который позволял его отнести к категории А или В (цвет и форма ног), при этом другие значения в других признаках были распределены таким образом, что встречались три из четырех значений признаков, присущих прототипу данной категории. Таким образом, в ходе и результате научения можно было ориентироваться на один признак или их совокупность (прототип). Для оценки того, какая из стратегий предпочиталась каждым участником, мы на этапе переноса навыка демонстрировали новые примеры, у которых было изменено соотношений детерминистического признака и вероятностных. Например, детерминистический признак (ноги) указывал на принадлежность к категории А, а вероятностные — к категории В. Также на этапе переноса участникам задавали вопросы, видели ли они эти примеры ранее. Для ответа на эти вопросы мы создали еще два типа новых примеров — с новым значением в категориальном признаке (другой цвет и форма ног) и новым значением в вероятностном признаке (например, другие крылья). Если участник фокусировался на детерминистический признак, то ему было бы трудно заметить изменения в вероятностных признаках, а если он распределял внимание на все признаки, то он имел возможность заметить изменения в любой части объекта.

Согласно нашей гипотезе, более младшие дети должны предпочитать стратегию ориентации на вероятностные признаки, а более старшие дети — на детерминистические.

Методика

Участниками исследования стали дети из муниципальной школы и детского сада Ульяновской области в возрасте 5–6 лет ($N=22$), 6–8 лет ($N=24$) и 10–11 лет ($N=27$).

Материал представлял собой изображения искусственных животных с пятью признаками с дихотомическими значениями (0 и 1). Один признак является категориальным, его значение одинаково у всех примеров категории. Другие признаки имели распределение значений в соответствии с правилом семейного сходства. Всего, таким образом, было по пять примеров каждой

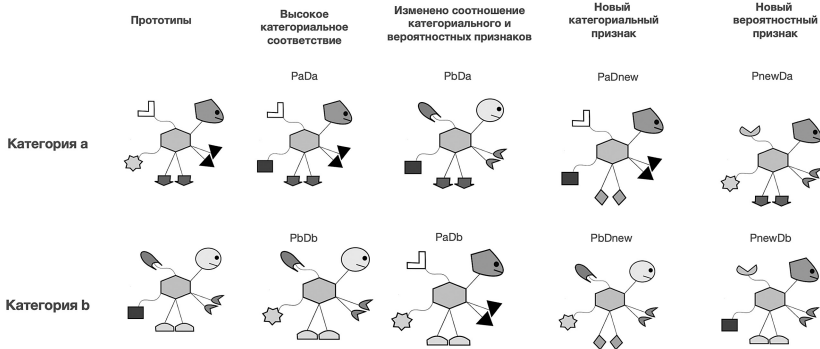


Рисунок 1. Примеры категорий на этапе научения и переноса

категории, или 10 примеров в блоке. На этапе научения все примеры повторяются пять раз в случайном порядке. После ответа участники получали обратную связь.

На этапе переноса, после научения участникам демонстрировали старые примеры (конгруэнтные примеры), новые с измененным соотношением детерминистического и вероятностного признаков (конфликтные примеры), примеры с новым значением в детерминистическом и вероятностном признаках. Задачей участника было отнести каждый пример к категории и ответить, видел ли он этот пример на этапе научения или пример является новым. Мы оценивали ответ про конфликтный пример по отношению к категории детерминистического признака: совпадали ли категория в ответе и категория детерминистического признака. При совпадении за ответ присуждался 1 балл, при несовпадении — 0. Чем чаще они совпадали и чем выше была ориентация на детерминистический признак, тем выше уровня 0.5 была итоговая сумма баллов. Чем реже они совпадали, тем выше была ориентация на вероятностные признаки.

Результаты

Логистическая модель со смешанными эффектами не показала различия между группами, $z=0.417$, $p=.675$. Однако фактор блока научения оказался значимым, $z=5.119$, $p<.001$. Также было обнаружено значимое взаимодействие фактора группы и номера блока, $z=4.625$, $p<.001$. По графику видно, что дети дошкольного возраста практически не могли научиться ни одному правилу категоризации. Успешность к последнему блоку увеличивалась лишь у группы участников 6–8 и 10–11 лет (рис. 2).

При анализе ответов на этапе переноса мы обнаружили, что успешность категоризации конгруэнтных примеров практически не различалась у детей дошкольного возраста и 6–8 лет, post-hoc-сравнение дисперсионным анализом не обнаружило значимых различий, $p=.721$. При этом она была значительно выше у детей 10–11 лет, $p=.012$. Категоризация конфликтных примеров

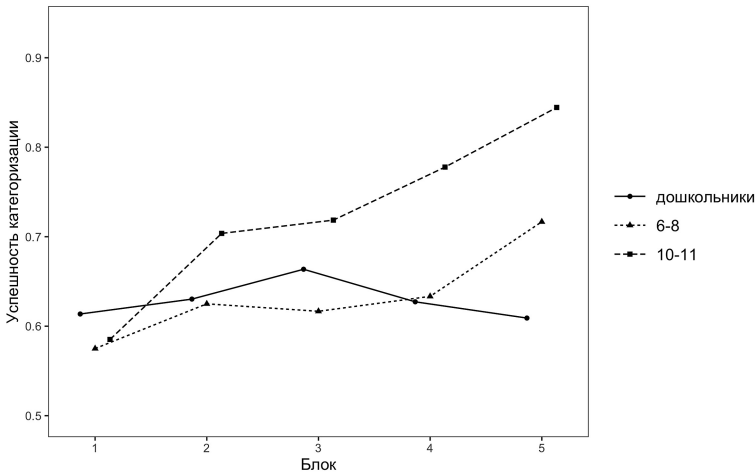


Рисунок 2. Успешность научения в разных возрастных группах

показала следующую закономерность: дети 6–8 лет и дошкольники имели среднюю долю ответов с ориентацией на детерминистический признак ниже уровня 0.5, то есть чаще давали ответы на основании вероятностных признаков (табл. 1). Дети в возрасте 10–11 лет, наоборот, чаще отвечали ориентируясь на детерминистический признак. Таким образом, ожидаемый переход в использовании стратегий происходит в возрасте после 6–8 лет.

Таблица 1. Категоризация примеров на этапе переноса по отношению к конгруэнтным и конфликтным примерам

	Конгруэнтные примеры		Конфликтные примеры	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
дошкольники	0.59	0.49	0.44	0.49
6–8	0.60	0.44	0.47	0.50
10–11	0.73	0.44	0.54	0.49

Примечание. *M* – средняя доля ответов; *SD* – стандартное отклонение.

Обсуждение и выводы

Анализ результатов показал, что, по-видимому, переход к новым стратегиям категоризации происходит в возрасте 6–8 лет, поскольку дети этого возраста уже научаются правилу категоризации, но не ориентируются на детерминистический признак. Дети 10 лет используют стратегию сфокусированного внимания, запоминая преимущественно релевантные признаки. Таким образом, мы получили новые данные, во-первых, указывающие на различия

в стратегиях категоризации и механизмах научения в процессе развития и, во-вторых, разъясняющие роль внимания в развитии категоризации. Эти результаты в докладе мы обсудим в связи с современными теориями категоризации и ее развития.

Литература

Deng W.S., Sloutsky V.M. Selective attention, diffused attention, and the development of categorization // *Cognitive Psychology*. 2016. Vol. 91. P. 24 – 62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogpsych.2016.09.002>

Miles S.J., Minda J.P. Learning new categories: Adults tend to use rules while children sometimes rely on family resemblance // *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. 2009. P. 1518 – 1523.

Sloutsky V.M., Deng W.S. Categories, concepts, and conceptual development // *Language, Cognition and Neuroscience*. 2019. Vol. 34. No. 10. P. 1284 – 1297. <http://dx.doi.org/10.1080/23273798.2017.1391398>

CATEGORIZATION STRATEGIES IN CHILDREN

M. Zherdeva (1)*, N. Arteni (2), V. Afanasyeva (2), A. Kotov (1)

mpzherdeva@gmail.com

1 – HSE University, Moscow; 2 – ULSU, Ulyanovsk

Abstract. How do people learn new categories, and how does this ability change as people develop? Our study attempts to answer these questions by examining the role of attention in the development of categorization. In an experiment, children aged 5, 7, and 10 were taught new categories consisting of both deterministic and probabilistic features requiring focused or distributed attention, respectively. We assessed their categorization and memory success. An analysis of the first measurement showed that children in age groups 5 and 7 used a categorization strategy based on distributed attention and remembered all features during learning. Children at age 10 used a focused attention strategy, remembering mostly relevant attributes. Thus, a shift in categorization strategies occurs after age 7. We present new data (1) showing differences in categorization strategies and mechanisms of learning during development, and (2) clarifying the role of attention in categorization development. We discuss these findings in relation to current theories of categorization and its development.

Keywords: category learning, cognitive development, categorization strategy, categorization rule, distributed attention, focused attention

The study was funded by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), Project Number 19-313-51010.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЙ У ДЕТЕЙ 5 – 7 ЛЕТ

М.Н. Захарова (1)*, Г.А. Сугрובה (1, 2), Р.И. Мачинская (1)

voronova-m@mail.ru

1 — ФГБНУ «Институт возрастной физиологии РАО», Москва;

2 — ФГБОУ ВО ПГУ, Пенза

Аннотация. С целью анализа возрастных изменений эффективности произвольной регуляции деятельности и рабочей памяти у детей дошкольного возраста проведено сравнительное нейропсихологическое исследование различных компонентов управляющих функций (УФ) у детей 5–6 лет (средний возраст — 5.7 ± 0.4 лет, $N=154$, 77 мальчиков, 77 девочек) и 6–7 лет (средний возраст — 6.8 ± 0.3 лет, $N=199$, 100 мальчиков, 99 девочек). Для оценки состояния УФ использовались: (1) качественные методы анализа трудностей выполнения различных тестов в процессе групповых и индивидуальных процедур тестирования, основанные на принципах концепции динамической локализации ВПФ А.Р. Лурия; (2) компьютеризированные тесты, которые включали реализованные на планшете корректурную пробу, двухцветные таблицы Шульте – Горбова, конфликтный тест «Точки», адаптированную для детей процедуру «Один шаг назад» (one-back task) — тест «Руки – ноги – голова», кубики Корси. Обнаружена неравномерность в развитии отдельных компонентов УФ, часть из которых формируется в дошкольном возрасте достаточно интенсивно, а часть не претерпевает значимых изменений. Существенные прогрессивные изменения от 5–6 к 6–7 годам касаются способности к усвоению инструкции и следованию определенным программам деятельности, хотя и в 6–7 лет эти компоненты УФ остаются относительно незрелыми. Та же возрастная траектория характерна и для развития рабочей памяти: к 6–7 годам ее эффективность и объем значительно возрастают. Способности к созданию стратегии деятельности, переключению с одного алгоритма на другой, контролю за результатами деятельности демонстрируют отсутствие выраженной положительной динамики и относительно более низкую эффективность.

Ключевые слова: управляющие функции, произвольная регуляция когнитивной деятельности, рабочая память, дошкольный возраст, нейропсихология

Введение

Актуальность исследования индивидуальных и возрастных особенностей функций программирования, избирательной регуляции и контроля деятельности — управляющих функций (УФ) — у современных детей дошкольного возраста обусловлена существенными морфофункциональными преобразованиями мозговых механизмов УФ в период онтогенеза, охватывающий дошкольный и младший школьный возраст, ролью этих компонентов УФ у современных детей, связанной с увеличением и усложнением информационной составляющей учебных программ.

В многочисленных исследованиях было показано, что в старшем дошкольном и младшем школьном возрасте происходят существенные преобразования различных компонентов УФ: в возрасте от 5 до 8 лет развиваются функции планирования, определяющие способность к последовательной организации своих действий для достижения поставленной цели (Romine, Reynolds, 2005); в то же время они остаются относительно незрелыми вплоть до 15-ти летнего возраста (Лука, 2003). К концу дошкольного периода отмечаются признаки становления процессов, позволяющих справляться с импульсивностью в поведении и сопротивляться сильным побуждениям (Diamond, Taylor, 1996), формируется система тормозного контроля (Roca et al., 2010), которая, однако, пока несовершенна и продолжает активно развиваться по одним данным до 8 лет, достигая максимума к 10–12 (Brocki, Bohlin, 2004), а по другим — до взрослого возраста (Huizinga et al., 2006). В то же время у детей 5–7 лет отмечается возрастная незрелость компонентов переключения и возможностей контроля за выполнением собственных действий (Семенова, Кошельков, 2008): даже в 7 лет дети испытывают затруднения в таких заданиях, где требуется удерживать в сознании несколько возможных характеристик объекта и переключать внимание с одной характеристики на другую (Anderson, 2002). Несмотря на значительное количество исследований, посвященных онтогенезу отдельных компонентов УФ, относительно немного известно об особенностях траектории их развития у детей в период от 5 до 7 лет. Вместе с тем изучение этого вопроса представляется особенно актуальным, поскольку дошкольный возраст является одним из критических периодов развития, когда интенсивные морфо-функциональные изменения мозга сочетаются с существенными изменениями социальных условий — переходом к систематическому обучению, требующему повышения эффективности произвольного контроля поведения и когнитивной деятельности.

Цель исследования — изучение эффективности и возрастных особенностей различных компонентов произвольной регуляции деятельности и рабочей памяти у детей последовательных возрастных групп 5–6 и 6–7 лет.

Методика

В исследовании приняли участие дети 5–6 лет (средний возраст — 5.7 ± 0.4 лет, $N=154$, 77 мальчиков, 77 девочек) и дети 6–7 лет (средний возраст — 6.8 ± 0.3 лет, $N=199$, 100 мальчиков, 99 девочек) без неврологических и психических заболеваний в анамнезе, посещающие старшую и подготовительную группы детского сада соответственно. Для нейропсихологического анализа развития УФ использовались две группы инструментов: (1) качественные методы анализа ошибок и трудностей выполнения различных тестов в процессе фронтальных (несколько детей одновременно) и индивидуальных процедур тестирования, основанные на принципах концепции динамической локализации ВПФ А.Р. Лурия (1969); (2) компьютеризированные тесты (Ахутина и др., 2017), которые включали реализованные на планшетном устройстве корректурную пробу, двухцветные таблицы Шульте–Горбова, конфликтный тест «Точки» (The dots task; Diamond et al., 2007),

адаптированную для детей процедуру one-back task — тест «Руки – ноги – голова», кубики Корси. Используемые методики позволяют оценить способность ребенка следовать простой и обратной инструкции, переключаться с одной инструкции на другую, удерживать усвоенные программы, тормозить нерелевантные задачи ответы, переключаться между двумя параллельными программами, концентрировать и удерживать внимание на задаче, в том числе монотонной, а также исследовать эффективность рабочей памяти (зрительно-вербальной и зрительно-пространственной). Результаты выполнения детьми предложенных заданий анализировались по схеме О.А. Семеновой (Семенова, 2015) с выделением семи компонентов, составляющих интегральные показатели трудностей программирования, избирательной регуляции и контроля деятельности.

Результаты

При сравнении двух групп дошкольников (рис. 1) было обнаружено, что выраженность как *интегрального показателя дефицита УФ* ($U=7522.0$, $p<.001$), так и его составляющих (программирования, избирательной регуляции и контроля) выше у детей 5–6 лет, то есть дети 5–6 лет по сравнению с детьми 6–7 лет хуже усваивают алгоритмы деятельности ($U=8234.5$, $p<.001$), удерживают их в ходе ее выполнения ($U=7510.0$, $p<.001$) и хуже контролируют результаты своей деятельности ($U=8926.0$, $p<.001$). При этом для всех детей характерными оказываются трудности контроля, которые, как было отмечено выше, преодолеваются в течение всего младшего школьного возраста.



Рисунок 1. Интегральные нейropsychологические показатели дефицита основных компонентов УФ

Более низкий уровень сформированности различных параметров УФ наблюдается и при анализе отдельных компонентов, входящих в интегральные показатели функций программирования и избирательной регуляции (рис. 2). Все дошкольники испытывают наибольшие трудности при планировании своей деятельности, создании алгоритмов деятельности, а также при необходимости отторгивания собственных непосредственных реакций, что может говорить о том, что в дошкольном возрасте эти функции не претерпевают значительных изменений.

Анализ отдельных компонентов программирования показал, что при переходе от 5–6 к 6–7 годам происходит значительный скачок в развитии возможностей понимания инструкций, предъявленных как в вербальной форме (иногда с графической подсказкой), так и в виде графического образца ($U=9731.5$, $p<.001$). Статистически значимыми оказались также и различия по показателю трудностей создания стратегий деятельности ($U=9247.0$, $p<.001$).

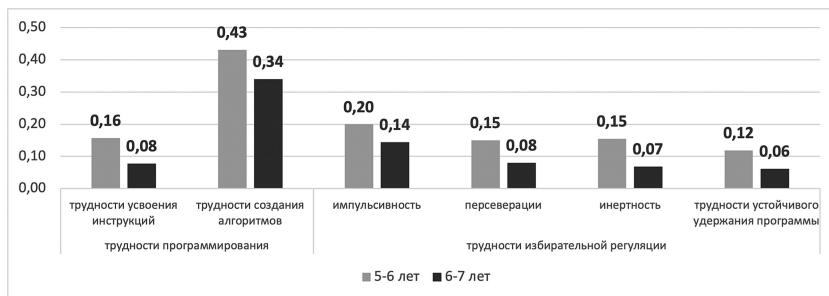


Рисунок 2. Нейropsихологические показатели дефицита различных компонентов программирования и избирательной регуляции деятельности

По-видимому, возможности контроля непосредственных реакций развиваются в дошкольном возрасте не в полной мере, при этом детям 5–6 лет это дается сложнее, чем в 6–7 летнем возрасте ($U=9232.5$, $p=.041$).

Также детям 5–6 лет сложнее своевременно прекращать начавшееся действие и переключаться с одного действия на другое ($U=7222.5$, $p<.001$), что прежде всего влияет на графомоторные и речевые функции ребенка. Заметные трудности в сравнении с детьми 6–7 лет наблюдаются и в отношении переключения с одного способа действий на другой, с одной программы на другую ($U=8248.0$, $p<.001$), а также в отношении устойчивого поддержания усвоенной программы ($U=8056.5$, $p<.001$). В среднем по этим трем параметрам мы видим интенсивное развитие — улучшение в два раза при переходе от 5–6 к 6–7 годам.

Помимо традиционных бланковых методов в данном исследовании использовались *компьютерные методы*. В пробе «Кубики Корси», позволяющей оценить состояние зрительно-пространственной *рабочей памяти* (РП), дети 5–6 лет в среднем запоминали последовательность из 3.27 символов, а дети 6–7 лет — в среднем 4.81 символа, при этом возрастные различия объема РП оказались значимыми ($U=961.0$, $p<.001$), что свидетельствует об улучшении эффективности зрительно-пространственной РП при переходе от 5–6 к 6–7 годам. В пробе «Руки-ноги-голова», также направленной на оценку РП, средняя продуктивность (произведение темпа и точности) правильных ответов у детей 5–6 лет была ниже и составляла 10.54 по сравнению с детьми 6–7 лет, у которых среднее значение по группе составляло 18.39 ($U=1176.5$, $p<.001$), точность выполнения задания в 5–6 лет также была ниже ($U=1549.5$, $p=.024$). Результаты выполнения пробы «Точки» продемонстрировали значи-

мое увеличение с возрастом способности не только удерживать простую программу, но и подавлять нерелевантный заданию ответ: в сериях с конгруэнтной задачей $U = 1120.500$, $p < .001$ для продуктивности, $U = 1513.0$, $p = .016$ для ошибок; в сериях с неконгруэнтной задачей $U = 1041.0$, $p < .001$ для продуктивности, $U = 1347.5$, $p = .003$ для ошибок

Таким образом, сравнение детей 5–6 и 6–7 лет обнаружило неравномерность в развитии отдельных компонентов УФ, часть из которых формируется в дошкольном возрасте достаточно интенсивно, а часть не претерпевает значимых изменений. Существенные прогрессивные изменения от 5–6 к 6–7 годам касаются способности к усвоению инструкции и следованию определенным программам деятельности, хотя и в 6–7 лет эти компоненты УФ остаются относительно незрелыми. Та же возрастная траектория характерна и для развития рабочей памяти: к 6–7 годам ее эффективность и объем значительно возрастают. Отсутствие выраженной положительной динамики и, как следствие, относительно более низкая эффективность характерны для таких компонентов УФ, как создание стратегии деятельности, переключение с одного алгоритма на другой, контроль за результатами деятельности.

Литература

Ахутин Т.В., Кремлёв А.Е., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., Гусев А.Н. Разработка компьютерных методик нейропсихологического обследования // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г. / под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: Буки Веди; ИППИП, 2017. С. 486–490.

Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. М.: Изд-во Московского ун-та, 1969.

Семенова О.А., Кошельков Д.А. Особенности произвольной регуляции деятельности у детей 5–6 лет с признаками дефицита внимания и гиперактивности // Новые исследования. 2008. Т. 17. № 4. С. 21–38.

Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ломакин Д.И. Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 4. С. 5–17.

Anderson V., Levin H.S., Jacobs R. Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective // Principles of Frontal Lobe Function Oxford University Press, 2002. P. 504–527. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195134971.003.0030>

Brocki K.C., Bohlin G. Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study // Developmental Neuropsychology. 2004. Vol. 26. No. 2. P. 571–593. http://dx.doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3

Diamond A., Barnett W.S., Thomas J., Munro S. The early years: Preschool program improves cognitive control // Science. 2007. Vol. 318. No. 5855. P. 1387–1388. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1151148>

Diamond A., Taylor C. Development of an aspect of executive control: Development of the abilities to remember what I said and to “Do as I say, not as I do” // Developmental Psychobiology. 1996. Vol. 29. No. 4. P. 315–334. [http://dx.doi.org/10.1002/\(sic\)1098-2302\(199605\)29:4<315::aid-dev2>3.0.co;2-t](http://dx.doi.org/10.1002/(sic)1098-2302(199605)29:4<315::aid-dev2>3.0.co;2-t)

Huizinga M., Dolan C.V., van der Molen M.W. Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis // Neuropsychologia. 2006. Vol. 44. No. 11. P. 2017–2036. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>

Luca C. R. D., Wood S.J., Anderson V., Buchanan J.-A., Proffitt T.M., Mahony K., Pantelis C. Normative data from the CANTAB. I: Development of executive function over the lifespan // *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2003. Vol. 25. No. 2. P. 242–254. <http://dx.doi.org/10.1076/jcen.25.2.242.13639>

Roca M., Parr A., Thompson R., Woolgar A., Torralva T., Antoun N., Manes F., Duncan J. Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions // *Brain*. 2009. Vol. 133. No. 1. P. 234–247. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/awp269>

Romine C.B., Reynolds C.R. A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis // *Applied Neuropsychology*. 2005. Vol. 12. No. 4. P. 190–201. http://dx.doi.org/10.1207/s15324826an1204_2

AGE-RELATED CHANGES OF EXECUTIVE FUNCTIONS IN CHILDREN AGED 5–7 YEARS

M. Zakharova (1)*, G. Sugrobova (1, 2), R. Machinskaya (1)

voronova-m@mail.ru

1 – Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education, Moscow; 2 – Penza State University, Penza

Abstract. Age-related changes in the effectiveness of executive control and working memory were analyzed in preschool children aged 5–6 years old (mean age 5.7 ± 0.4 yrs) and 6–7 years old (mean age 6.8 ± 0.3 yrs). To assess different components of executive functions (EF), we used: (1) a qualitative group and individual testing procedure based on the principles of Luria's concept of dynamic localization of higher mental functions; (2) a computerized testing procedure, which included the Bourdon-Wiersma cancellation test, two-color Schulte tables for preschoolers, Hearts and Flowers conflict test, Hands-Legs-Head test (a one-back procedure adapted for children), and Corsi block-tapping test. Different components of EF develop heterochronously: some are formed quite intensively at preschool age, and others do not undergo significant changes. Significant progressive changes from 5–6 to 6–7 years involve the ability to assimilate instructions and follow certain programs of activity, although at 6–7 years these EF components remain relatively immature. Similar age-dependent changes were found for the development of working memory: by the age of 6–7 years, its effectiveness and capacity increase significantly. Planning ability, task switching, and monitoring of the performance results do not demonstrate positive age-related dynamics.

Keywords: executive functions, working memory, voluntary control of cognitive activity, preschool age, neuropsychology

ВЫЯВЛЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ОШИБОК ДРУГОГО ЧЕЛОВЕКА ПРИВОДИТ К ВЫРАБОТКЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Н.Е. Зотова*, М.В. Зотов, И.С. Короткова, А.Ю. Белоусова

n.e.zotova@mail.ru

Кафедра медицинской психологии и психофизиологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. Распознавание когнитивных ошибок другого человека требует от индивида ко-оперативного (по Ч. Гудвину) режима организации умственной деятельности. Цель исследования: проверка гипотезы, что ко-оперативный режим (КР) обладает большей эффективностью, чем индивидуальный (ИР), поскольку способствует формированию более эффективных стратегий переработки информации. Испытуемые группы ИР ($N = 22$) выполняли задачу поиска визуально малозаметных целей в динамической среде. Испытуемые группы КР ($N = 23$) наблюдали за симулированным «игроком», выполняющим такую же задачу в той же среде. При обнаружении цели «игрок» совершал действие, ориентировавшее испытуемого относительно области ее примерного расположения. Задача: идентифицировать верные обнаружения и ошибки «игрока» (пропуски цели и ложные тревоги). Это требовало как выявления целей, на расположение которых указывал «игрок» (первый тип), так и целей, им пропущенных (второй тип). Испытуемые КР обнаруживали цели первого типа в четыре раза, а цели второго типа в два раза чаще, чем испытуемые ИР. Данный результат объяснялся тем, что, в отличие от испытуемых ИР, в начальный период работы испытуемые КР вырабатывали высокоэффективную стратегию зрительного поиска. Показана связь между ко-оперативным режимом умственной деятельности и выработкой эффективных стратегий переработки информации.

Ключевые слова: когнитивные ошибки, совместная познавательная деятельность, ко-оперативная деятельность, переработка информации, зрительное восприятие, зрительное внимание, движения глаз

Введение

Распознавание когнитивных ошибок другого человека требует от индивида особого, ко-оперативного режима организации умственной деятельности. Этот режим активируется в присутствии другого человека, когда индивид наблюдает за ним или вместе с ним участвует в совместной деятельности (Goodwin, 2017). Если в индивидуальном режиме человек просто выполняет какую-либо умственную задачу, то при ко-оперативном режиме он, с одной стороны, моделирует (воспроизводит) познавательную деятельность другого человека,

с другой стороны, дополняет ее результатами собственной когнитивной активности. Таким образом, индивид, во-первых, вычисляет и анализирует объекты (и их признаки), релевантные задаче, выполняемой наблюдаемым человеком, и оценивает корректность его восприятия этих объектов. Во-вторых, индивид выявляет объекты (и их признаки), релевантные задаче наблюдаемого человека, со своей уникальной перспективы, после чего верифицирует, воспринимает ли их человек (Зотов и др., 2019). Благодаря ко-оперативному режиму организации познавательной деятельности индивид воспринимает ситуацию через два канала: со своей перспективы и со смоделированной перспективы другого человека. Такой «двухканальный» режим восприятия обладает значительным преимуществом перед «одноканальным»: индивид расширяет свои познавательные возможности и выходит за пределы своей ограниченной перспективы (Hanks, 2000).

Гипотеза исследования: ко-оперативный режим организации когнитивной деятельности обладает большей эффективностью, чем индивидуальный, поскольку способствует формированию более эффективных стратегий обработки информации.

Цель исследования: проверка данной гипотезы на примере выполнения задач на зрительный поиск в смоделированных условиях игровой деятельности.

Процедура

Здоровые испытуемые были случайным образом разделены на лиц, работавших в индивидуальном (группа ИР, 22 чел.) и ко-оперативном (группа КР, 23 чел.) режимах. Группа ИР смотрела оригинальный 20-минутный видеоролик (созданный в программе Minecraft v. 1.12), от первого лица изображающий движение по улицам города. Справа и слева от центра экрана появлялись визуально малозаметные цели, время экспозиции каждой составляло 7 с. Цели представляли собой серые человекоподобные фигуры, предьявлявшиеся на темно- и светло-сером фоне; их размер варьировался от 0.36 до 0.66 угл. град. Задача испытуемых состояла в том, чтобы как можно быстрее обнаружить цели и сообщить об этом экспериментатору.

Группа КР смотрела тот же самый видеоролик с тем отличием, что на нем присутствовал персонаж-«партнер», идущий по такому же маршруту и выполняющий поиск тех же целей. При обнаружении цели «партнер» совершал указательное действие, ориентировавшее наблюдателя относительно области примерного расположения цели (диаметр области составлял примерно 4.8 угл. град.). Задача испытуемых состояла в том, чтобы следить за «партнером» и сообщать экспериментатору о его верных реакциях («партнер» указал на цель, и она действительно обнаружилась в указанной им области), ошибочных реакциях («партнер» указал на цель, но в указанной им области находился похожий на цель дистрактор) и пропусках («партнер» прошел мимо цели, не замечая ее). Всего испытуемым обеих групп предьявлялось 35 целей. В группе КР «партнер» правильно распознавал 12 целей, пропускал 23 цели, неверно принимал за цели 12 дистракторов. В первые 8 минут задания испытуемым предьявлялись преимущественно цели, на ко-

торые указывал «партнер», и дистракторы. В следующие 12 минут испытуемые наблюдали преимущественно пропуски целей «партнером». В течение всего эксперимента у испытуемых групп ИР и КР осуществлялась запись движений глаз.

Результаты

Выполнение задачи распознавания ошибок «партнера» требовало от испытуемых группы КР идентификации как верно обнаруженных «партнером» целей (первый тип), так и им пропущенных (второй тип). Поскольку в группах ИР и КР цели были идентичными, мы сопоставили в этих группах показатели обнаружения обоих типов целей. Установлено, что испытуемые группы КР обнаружили достоверно больше целей первого типа, чем испытуемые ИР (соответственно, 4.30 ± 0.65 и 0.77 ± 0.21 , $p < .001$). Этот результат объясняется тем, что испытуемые КР получали подсказку от «партнера» относительно примерного расположения этих целей, в то время как испытуемые ИР такой подсказки не получали.

Более интересный результат был обнаружен для целей второго типа, относительно которых обе группы испытуемых не получали никаких подсказок. Установлено, что лица группы КР почти в два раза эффективней обнаруживали такие цели, чем испытуемые группы ИР (соответственно, 5.95 ± 0.82 и 3.18 ± 0.55 , $p < .01$).

Этот результат представляется тем более удивительным, если учесть, что, в отличие от испытуемых ИР, испытуемые КР выполняли сложную двойную задачу: с одной стороны, они следили за «партнером», отслеживали его указательные действия и осматривали области, на которые он указывал; с другой стороны, они обследовали окружение с целью выявления целей, которые мог пропустить «партнер». Кроме того, если от испытуемых ИР требовался лишь один вариант ответа: «нашел цель», то от испытуемых КР требовался выбор одного из трех вариантов: «пропуск цели», «ложная реакция», «верная реакция». Итак, несмотря на значительно большие затраты когнитивных и временных ресурсов, испытуемые, работавшие в ко-оперативном режиме, выявляли почти в два раза больше целей второго типа, чем испытуемые, работавшие в индивидуальном режиме. Как объяснить этот факт?

Для ответа на этот вопрос был проведен качественный анализ данных движений глаз испытуемых двух групп в ходе выполнения всего задания. Установлено, что испытуемые использовали две стратегии зрительного поиска. Стратегия А состояла в том, что в процессе движения по маршруту испытуемый совершал единичные короткие зрительные фиксации на разных областях окружения, перемежающиеся сравнительно большими саккадами амплитудой до 9–10 угл. град. Зрительные фиксации часто носили непоследовательный, хаотический характер. Стратегия Б состояла в том, что испытуемый выбирал сравнительно небольшую область поиска, совершал на ней 3–5 зрительных фиксаций, расположенных вплотную друг к другу, затем реализовывал саккаду к следующей выбранной области поиска, совершал череду фиксаций на ней и т. д. (см. рис. 1).



Рисунок 1. Примеры стратегии зрительного поиска А (слева) и Б (справа)

Исследования показывают, что уменьшение размера и визуальной «заметности» (visual conspicuity) цели приводит к уменьшению амплитуды саккад и увеличению количества или длительности зрительных фиксаций (напр., Jacobs, O'Regan, 1987; Over et al., 2007). Это объясняется особенностями области, которая анализируется во время одной фиксации взгляда (visual span). Если цель малозаметна и обладает маленьким размером, то для ее обнаружения одной фиксации недостаточно. С учетом того, что цели в настоящем эксперименте как раз обладали малозаметностью и малым размером (от 0.36 до 0.66 угл. град.), можно сделать вывод, что, по сравнению со стратегией А, стратегия Б являлась значительно более эффективной.

Обнаружено, что среди лиц, работавших в индивидуальном режиме, только два человека из 22 (9 %) использовали стратегию Б. Напротив, среди лиц, работавших в ко-оперативном режиме, стратегию Б использовали 16 человек из 23 (70 %). Как объяснить этот факт? По определению американского исследователя Ч. Гудвина, действия людей являются ко-оперативными в тех случаях, когда каждый из них строит свое следующее действие за счет выполнения операций с материалом, предоставленным другим человеком (Goodwin, 2017). Применим этот взгляд к нашему эксперименту, где испытуемый группы КР следит за «партнером», который выполняет задачу на зрительный поиск и при обнаружении цели указывает на область ее примерного расположения. Эту область можно рассматривать как материал, предоставленный испытуемому другим человеком. Испытуемый продолжает работу с этим материалом, пытаясь воспроизвести действия «партнера» по обнаружению цели в заданной области при заданных временных ограничениях (7 с). Эти условия вынуждают его перестраивать свою когнитивную деятельность и искать более эффективные способы решения задачи.

Можно предположить, что у лиц, работающих в ко-оперативном режиме, формирование стратегии Б происходит в начальный период работы, когда они ищут цели в областях, указанных «партнером». Как уже отмечалось, данная стратегия характеризуется значительным количеством близко расположенных фиксаций взгляда. В связи с этим у испытуемых КР были подсчитаны показатели количества таких фиксаций при последовательном поиске первых пяти целей первого типа. Затем испытуемые КР были разделены на группу лиц, не

обнаруживших ни одной цели первого типа при выполнении задания (7 чел., группа КР-1), и лиц, успешно их обнаруживших (16 чел., группа КР-2).

Для показателя количества зрительных фиксаций (табл. 1) был проведен дисперсионный анализ с межгрупповым фактором «Группа» (группы КР-1 и КР-2) и внутригрупповым фактором «Номер цели» (цели 1, 2, 3, 4, 5). Выявлен значимый эффект факторов «Группа» ($p < .001$), «Номер цели» ($p < .001$) и их взаимодействия ($p < .001$).

Таблица 1. Среднее количество фиксаций взгляда при поиске целей в подгруппах КР

Цель Группа	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
КР-1	0.71 ± 0.82	1.42 ± 1.05	4.00 ± 1.90	3.14 ± 1.26	3.00 ± 1.81
КР-2	3.68 ± 0.54	6.37 ± 0.69	18.75 ± 1.25	15.43 ± 0.81	15.18 ± 1.20

Как видно из приведенных данных, в отличие от испытуемых группы КР-1, испытуемые группы КР-2 демонстрируют выраженную тенденцию к возрастанию количества близко расположенных фиксаций взгляда при поиске целей первого типа. Это свидетельствует о формировании у испытуемых стратегии Б. Эту стратегию они также применяли при поиске целей второго типа (пропущенных «партнером»). Эти цели испытуемые группы КР-2 обнаруживали в четыре раза чаще, чем испытуемые группы КР-1, у которых стратегия Б не была сформирована (соответственно, 7.81 ± 0.78 и $1.71 \pm .60$, $p < .001$).

Выводы

При сравнении людей, просто выполняющих задачу на зрительный поиск, и людей, следящих за возможными ошибками человека, выполняющего эту же задачу, выяснилось, что вторые находят перцептивные цели в два раза эффективнее, чем первые. Это объясняется тем, что вторые лица, в отличие от первых, организуют свою познавательную деятельность в особом, ко-оперативном, режиме. Впервые экспериментально подтверждена гипотеза о том, что ко-оперативный режим организации познавательной деятельности способствует формированию новых способов обработки информации и, в частности, более эффективных стратегий зрительного поиска.

Литература

- Зотов М.В., Гусева М.С., Зотова Н.Е. Процесс распознавания когнитивных ошибок другого человека и его нарушения при шизофрении // Культурно-историческая психология. 2019. Т. 15. № 2. С. 32 – 42. <http://dx.doi.org/10.17759/chp.2019150204>
- Goodwin C. Co-operative action (Learning in doing: Social, cognitive and computational perspectives). Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- Hanks W.F. Intertexts: Writings on language, utterance, and context. Denver: Rowman and Littlefield, 2000.
- Jacobs A.M., O'Regan J.K. Spatial and/or temporal adjustments of scanning behavior to visibility changes // Acta Psychologica. 1987. Vol. 65. No. 2. P. 133 – 146. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(87\)90023-0](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(87)90023-0)

Over E. A. B., Hooge I. T. C., Vlaskamp B. N. S., Erkelens C. J. Coarse-to-fine eye movement strategy in visual search // *Vision Research*. 2007. Vol. 47. No. 17. P. 2272–2280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2007.05.002>

ANOTHER PERSON'S COGNITIVE ERROR IDENTIFICATION LEADS TO EFFECTIVE STRATEGIES FOR INFORMATION PROCESSING

N.E. Zotova*, [M.V. Zotov](mailto:M.V.Zotov), I.S. Korotkova, A.Yu. Belousova
n.e.zotova@mail.ru

Department of Medical Psychology and Psychophysiology, Faculty of Psychology, Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg

Abstract. Recognition of another person's cognitive errors requires a co-operative mode (Goodwin, 2017) of mental activity. The study aimed to test the hypothesis that the co-operative mode is more effective than an individual one, since it promotes more effective information processing strategies. Healthy participants were divided into two groups. Group 1 (individual mode) performed a task of detecting visually non-salient targets in a dynamic scene. The same scene was presented to Group 2 (co-operative mode), but they also observed a simulated “gamer” who was detecting the same targets. Upon detecting a target, the “gamer” pointed to its approximate location. The task was to monitor the “gamer” and identify his correct target detection and errors (missed targets and false alarms). This task required Group 2 to detect both targets pointed out by the “gamer”, and targets on which they did not receive such a hint. Group 2 was almost twice as effective as Group 1 in the detection of “missed” targets for which they did not receive hints. Group 2 seemed to form a highly effective strategy for visual search in the initial period of performance, when subjects detected targets in the areas pointed out by the “gamer”. The study showed that performing in a co-operative mode contributes to the formation of new ways of processing information and, in particular, more effective strategies for visual search.

Keywords: cognitive errors, joint cognitive activity, co-operative actions, information processing, visual perception, visual attention, eye movements

ОШИБКА ОШИБКЕ РОЗНЬ: ЧТО ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ МОГУТ РАССКАЗАТЬ О ЧТЕНИИ ВСЛУХ?

В.И. Зубов*, В.О. Прокаева, Е.И. Риехакайнен

v.zubov@spbu.ru

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Исследование посвящено особенностям механизмов зрительной обработки текста при возникновении ошибок в устном чтении на русском языке. В работе представлены результаты эксперимента, в ходе которого 10 носителей русского языка читали два текста вслух, при этом осуществлялась регистрация движений их глаз. В статье сопоставляются паттерны движений глаз при самокоррекциях (самоисправлениях) читающего и при незамеченных ошибках. Результаты свидетельствуют о том, что параметры движений глаз, связанные с эффектами поздней зрительной обработки, различаются в зависимости от типа ошибки: при самокоррекциях наблюдается больше регрессий к слову, в котором была допущена ошибка, и из последующего слова к предыдущим фрагментам текста, а также в целом затрачивается больше времени на прочтение слов с ошибкой, которая была замечена и исправлена. Различий в эффектах ранней обработки как слов с замеченной и исправленной ошибкой, так и слов с незамеченной ошибкой не было обнаружено; предположительно, процесс самокоррекции начинается во время зрительной обработки слова, следующего за ошибочным.

Ключевые слова: чтение вслух, ошибки, регистрация движений глаз, самокоррекции, русский язык

Исследование поддержано грантом РНФ № 21-18-00429 «Когнитивные механизмы обработки мультимодальной информации: тип текста и тип реципиента».

Введение

Чтение вслух совмещает в себе две модальности: рецептивная деятельность осуществляется по визуальному каналу, а продуктивная — по аудиальному. Таким образом, в ходе изучения чтения вслух можно получить сведения о том, как в реальном времени происходит переключение с одного вида речевой деятельности и с одной модальности на другую.

В одной из первых работ по исследованию движений глаз при чтении вслух (Buswell, 1920) было показано, что движения глаз во время устного чтения также включают саккады, регрессии, пропуск слов и другие явления, наблюдаемые при чтении про себя. Более поздние исследования в основном подтверждают качественное сходство чтения вслух с чтением про себя, но между этими двумя модальностями отмечаются и существенные количествен-

ные различия: средняя продолжительность фиксаций при чтении вслух примерно на 50 мс больше, средняя длина саккад короче, а регрессии встречаются чаще (Rayner et al., 2012; Inhoff, Radach, 2014). При чтении вслух взгляд опережает артикуляцию звуков, что влечет за собой увеличение количества фиксаций, основная цель которых — уменьшить расстояние между частью текста, где в данный момент находится взгляд, и той, которая озвучивается (Lévy-Schoen, 1981; Rayner, 1998).

Поскольку чтение вслух — это разновидность устной речи, в ней могут присутствовать различные хезитационные явления, одним из которых являются самоисправления (замеченные и исправленные ошибки). Данный феномен подробно описан на материале разных языков и в разных видах речевой деятельности (Eklund, 2004; Maruyama, Sano, 2006; Fox et al., 2017; Подлесская и др., 2019). Обычно самокоррекция сопровождается кратковременной паузой хезитации, во время которой, предположительно, происходит идентификация ошибки и обдумывание способа ее исправления, после чего слово или фраза, в которых была допущена ошибка, перечитываются заново в том варианте, который кажется читающему правильным. Ошибка может быть осознана говорящим во время того, как слово еще не произнесено до конца, или уже после прочтения следующего слова (Богданова-Бегларян и др., 2013). Использование методики движений глаз при изучении чтения вслух дает возможность проверить предположения о том, в какой момент ошибка осознается читающим, что позволяет более детально описать процесс чтения в том числе как вид порождения речи. Ранее подобные предположения высказывались только на основе анализа звучащей речи. Ошибки и способы их исправления представляют собой ценный материал для изучения речевого мониторинга — механизма, который обеспечивает контроль собственной речевой продукции на различных этапах порождения речи.

Методика

Эксперимент, который описывается в статье, — это часть кросс-лингвистического исследования хезитационных явлений в русском как родном языке и японском как иностранном. В статье мы рассмотрим результаты той части эксперимента, в которой носители русского языка читали тексты на русском языке, и сосредоточимся только на анализе параметров движений глаз при возникновении разных типов ошибок в устной речи.

В качестве стимулов были использованы два фрагмента, описательный и повествовательный, из повести на японском языке «Natsu no niwa» Юмото Кадзуми и их русские переводы (Кадзуми Юмото: Друзья / Пер. Е. Байбиковой. М.: КомпасГид, 2018). Динамический (повествовательный) и статический (описательный) тексты на русском языке были схожи по читабельности (индексы 5.15 и 5.64 соответственно, согласно <http://ru.readability.io/>), количеству слов (176 и 173 слова), количеству предложений (по 15 предложений) и среднему количеству слов в предложении (11.73 и 11.53 слова).

Дизайн эксперимента включал в себя регистрацию движений глаз и диктофонную запись чтения текстов вслух. Движения глаз регистрировались

с помощью айтрекера EyeLink 1000+ в монокулярном режиме, положение головы фиксировалось верхней планкой. Тексты предъявлялись на экране, были набраны черным шрифтом Georgia (16 кегль) на белом фоне, межстрочный интервал — 1.5, разрешение экрана 1600 × 1024. Чтение вслух записывалось с помощью диктофона Olympus DM-720 в режиме собрания, формат аудио-файла WAV, 44100 Гц.

Эксперимент состоял из двух этапов, которые проводились с интервалом в 1.5–2 недели. На каждом этапе участники должны были прочитать вслух с привычной для себя скоростью один текст на русском языке и один текст на японском языке. Оригинальный текст и его перевод были представлены в разные дни в рандомизированном порядке. Процедура аудиозаписи началась в тот момент, когда участник начинал читать текст. Мы опирались на полученные в предшествующих исследованиях данные о том, что время, на которое взгляд опережает голос, — eye-voice span (EVS) — для буквенных языков составляет около 500 мс (Inhoff et al., 2011), поэтому, предположительно, в момент произнесения целевого слова взгляд читающего направлен уже на следующее слово. Для учета этого фактора анализировались параметры движений глаз как на слове, где была совершена ошибка, так и на следующем за ним. Непосредственно после прочтения каждого текста участники должны были пересказать его и оценить по шкале от 1 до 5 (где 1 означало «легко», а 5 — «трудно»). В исследовании приняли участие 10 носителей русского языка от 19 до 28 лет, не имеющих выявленных нарушений речи и чтения. В среднем чтение статического текста занимало около 87 секунд, динамического — около 79 секунд.

Результаты

Были проанализированы параметры движений глаз при двух типах ошибок: самокоррекциях и незамеченных ошибках, которые не вызывали хезитаций. В классификациях ошибок в устной речи, как правило, выделяют еще замеченные (то есть вызвавшие речевой сбой), но неисправленные ошибки, но их количество при чтении информантами русскоязычных текстов в нашем эксперименте было недостаточным для выделения таких явлений в самостоятельную группу и сопоставления с другими видами ошибок (четыре случая). Всего встретилось 29 самокоррекций и 14 незамеченных ошибок. Одним из часто встречающихся случаев самокоррекции стало исправление ошибочного слова *вчера* на слово *вечера* в предложении «Я еще с вечера очень нервничал и ночью почти не спал»; другая распространенная исправленная ошибка — замена ударения в слове *доски* на *доскѣ*. Незамеченные ошибки обычно проявлялись в виде пропуска союза (*и, но*) и замены окончания (*папе — папой, подаренных — подаренной*).

При анализе движений глаз на словах, где были совершены ошибки, удалось обнаружить некоторые различия между паттернами глазодвигательной активности при самокоррекциях и незамеченных ошибках. Все ошибки анализировались в общем массиве, фактор участника не учитывался, поскольку общее количество ошибок было не очень большим и ошибки у разных участников

возникали при чтении разных слов. Для анализа всех количественных переменных использовался непараметрический U -критерий Манна – Уитни, позволяющий оценить различия между двумя независимыми выборками: случаями самокоррекции и незамеченными ошибками. При анализе номинативных данных использовался критерий χ^2 Пирсона. Сумма длительностей всех фиксаций и общее число фиксаций были больше на словах, ошибки в которых были исправлены ($U = 294.50$, $p = .018$; $U = 305.50$, $p = .006$ соответственно). К таким словам участники совершали значимо больше регрессий ($U = 285.00$, $p = .021$). Кроме того, в группе слов с замеченными ошибками было значимо больше слов, к которым совершалась регрессия, чем в группе с незамеченными ошибками ($\chi^2 = 4.24$, $p = .039$). Однако сумма длительности всех фиксаций от первой фиксации в зону интереса до ухода вправо с включением регрессивных фиксаций (go-past reading time) не отличалась при сравнении двух типов ошибок ($U = 241.50$, $p = .153$). Различия во времени первого прохода не достигли статистической значимости ($U = 172.00$, $p = .434$).

При анализе слов, следующих за ошибками, меры, включающие длительность первой фиксации и сумму длительности всех фиксаций, значимо не различались в зависимости от того, идентифицировал говорящий ошибку или нет ($U = 173.00$, $p = .600$; $U = 334.00$, $p = .136$ соответственно). При этом в случаях самокоррекции из следующего слова наблюдалось значимо больше регрессий, чем при незамеченных ошибках ($U = 227.00$, $p = .011$), и в целом регрессия из следующего слова возникала чаще ($\chi^2 = 6.34$, $p = .012$).

Обсуждение и выводы

Полученные результаты демонстрируют, что обработка текста при самокоррекциях отличается от обработки текста в случае неисправленных ошибок. Параметры движений глаз, связанные с эффектами поздней зрительной обработки, различаются в зависимости от типа ошибки: при самокоррекциях читающий в целом затрачивает больше времени на прочтение слов с ошибкой, совершает больше регрессий к слову, в котором была допущена ошибка, и из последующего слова к предыдущим фрагментам текста. Отсутствие различий в эффектах ранней обработки при самокоррекциях и незамеченных ошибках, по всей видимости, свидетельствует о том, что ошибка в слове осознается читающим не во время чтения этого слова, а в ходе прочтения следующего (при этом это осознание не влияет на время чтения следующего слова), после чего происходит возврат к ошибочно произнесенному слову, и фрагмент перечитывается целиком уже в исправленном виде.

В работе представлены результаты исследования частного аспекта как паттернов движения глаз, так и хезитационных явлений при чтении вслух. Дальнейшее последовательное рассмотрение отдельных составляющих этого процесса (например, других хезитационных явлений) должно позволить в итоге приблизиться к пониманию того, как происходит взаимодействие различных модальностей и переключение с порождения на восприятие речи в процессе речевой деятельности.

Литература

Богданова-Бегларян Н.В., Бродт И.С., Куканова В.В., Павлова (Ильичева) О.В., Сапунова Е.М., Суббота И.А., Филиппова Н.С., Хан Н.А., Чуйко В.М. и др. Часть 1. Чтение. Пересказ. Описание // Звуковой корпус как материал для анализа русской речи. Коллективная монография. СПб.: Филологический факультет СПбГУ, 2013.

Подлесская В.И., Коротаев Н.А., Мазурина С.И. Самоисправления говорящего в русском монологическом и диалогическом дискурсе: Опыт корпусного исследования // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам международной конференции «Диалог 2019» Москва, 29 мая – 1 июня 2019 г. М.: РГГУ, 2019. С. 547 – 561.

Buswell G.T. An experimental study of the eye-voice span in reading. Chicago: Chicago University Press, 1920.

Eklund R. Disfluency in Swedish human-human and human-machine travel booking dialogues. PhD dissertation. Linköpings Universitet, Linköping, 2004.

Fox B.A., Wouk F., Fincke S., Flores W.H., Hayashi M., Laakso M., Maschler Y., Mehrabi A., Sorjonen M.-L., Uhmann S., Yang H.J. Morphological self-repair // *Studies in Language*. 2017. Vol. 41. No. 3. P. 638 – 659. <http://dx.doi.org/10.1075/sl.41.3.04fox>

Inhoff A.W., Radach R. Parafoveal preview benefits during silent and oral reading: Testing the parafoveal information extraction hypothesis // *Visual Cognition*. 2014. Vol. 22. No. 3 – 4. P. 354 – 376. <http://dx.doi.org/10.1080/13506285.2013.879630>

Inhoff A.W., Solomon M., Radach R., Seymour B.A. Temporal dynamics of the eye-voice span and eye movement control during oral reading // *Journal of Cognitive Psychology*. 2011. Vol. 23. No.5. P. 543 – 558. <http://dx.doi.org/10.1080/20445911.2011.546782>

Lévy-Schoen A. Flexible and/or rigid control of oculomotor scanning behavior // *Eye movements: Cognition and visual perception* / F. Fisher, R.A. Monty, J.W. Senders (Eds.). Hillsdale, NJ.: L. Erlbaum Associates, 1981. P. 299 – 314.

Maruyama T., Sano S. Classification and annotation of self-repairs in Japanese spontaneous monologues // *LPSS – Linguistic Patterns in Spontaneous Speech*. Taipei, November 2006. 2006. P. 283 – 298.

Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research // *Psychological Bulletin*. 1998. Vol. 124. No.3. P. 372 – 422. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>

Rayner K., Pollatsek A., Ashby J., Clifton C.C. *Psychology of reading*. 2nd Ed. New York: Psychology Press, 2012. <http://dx.doi.org/10.4324/9780203155158>

NOT ALL MISTAKES ARE ALIKE: WHAT CAN EYE MOVEMENTS TELL US ABOUT READING ALOUD?

V.I. Zubov*, V.O. Prokaeva, E.I. Riekhakaynen

v.zubov@spbu.ru

Saint Petersburg State University, St. Petersburg

Abstract. The study describes the mechanisms of visual text processing when various types of errors in oral reading occur. The paper presents the results of an experiment with 10 Russian speakers who read two texts in Russian aloud, while their eye movements were being recorded. The two main types of speech errors under consideration were self-corrections and unnoticed errors. The results indicate that the patterns of eye movements associated with the effects of late visual processing differ depending on the type of error. In the case

of self-corrections, more regressions to the word where the error occurred, and from the next word to the previous one were observed. Furthermore, in general, it takes more time to read words with an error which was noticed and corrected. No differences were found in the effects of early processing of both the words with self-corrections and unnoticed errors. Presumably, the process of self-correction begins during the visual processing of the word following the erroneous one.

Keywords: reading, mistakes, eye tracking, self-corrections, Russian

Research supported by grant project #21-18-00429: "Cognitive mechanisms of multimodal information processing: Text type & type of recipient".

ДИССОЦИАЦИЯ ОШИБОК ЗАБЫВАНИЯ И ЛОЖНОГО УЗНАВАНИЯ ЛИЦ ПРИ УНИЛАТЕРАЛЬНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

М.Ю. Каверина (1)*, Е.В. Гаврилова (2), М.В. Галкин (1),
О.А. Кроткова (1), Е.В. Ениколопова (2)

mkaverina@nsi.ru

1 – ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва; 2 – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. В рамках Проекта по изучению влияний на когнитивные процессы лучевого лечения опухолевых и метастатических заболеваний мозга проводилось наблюдение за выборкой пациентов с вне мозговыми опухолями хиазмально-селлярной области, при которых облучению в основном подвергается полушарие на стороне расположения опухоли. Группы пациентов с левосторонним (9 человек) и правосторонним (10 человек) расположением патологического процесса для участия в исследовании подбирались таким образом, чтобы быть сопоставимыми по тяжести неврологической симптоматики, объему опухоли, ее воздействию на прилегающие структуры мозга, дозам облучения. Также группы не различались по демографическим признакам и образовательному уровню. Все больные были правшами. В работе рассматриваются результаты одного из проводившихся заданий, продемонстрировавшего двойную диссоциацию ошибок. Через шесть месяцев после лучевого лечения в субтесте Векслера «Память на лица» в группе с левосторонним расположением опухоли уменьшилось число ошибок ложного узнавания, а в группе с правосторонним патологическим процессом в том же тесте значимо регрессировали ошибки забывания. Такие диссоциации позволяют рассматривать гипотезу о положительном изменении ряда параметров мнестической функции за счет улучшения функционального состояния полушария, не являвшегося мишенью радиационного воздействия.

Ключевые слова: память, тест запоминания лиц, лучевая терапия, асимметрия полушарий мозга, компенсаторные процессы

Исследование поддержано грантом РНФ 17-15-01426.

Введение

Известно, что память и внимание являются наиболее «чувствительно» меняющимися когнитивными процессами при «мягких» терапевтических воздействиях на мозг. Целью исследования являлось изучение последствий унилатеральной лучевой терапии, проводимой с целью остановки роста ме-

нингиом хиазмально-селлярной области. Эти доброкачественные, медленно растущие вне мозговые новообразования сами по себе в незначительной степени влияют на формирование когнитивных дефицитов (Alekseeva et al., 2018). Однако ионизирующее излучение, помимо остановки роста опухоли, обладает нейротоксическими эффектами. Таким образом, динамика когнитивных процессов формируется под влиянием нескольких факторов, носящих разнонаправленный характер (Armstrong et al., 2001; Greene-Schloesser et al., 2012; Tallet et al., 2012).

Проблема выбора методик для оценки состояния памяти обусловлена тем, что память не является унитарным процессом. Она характеризуется многими параметрами и составляющими, которые по-разному нарушаются в зависимости от топики патологического очага (Лурия, 1976). Было принято решение о сочетании нейропсихологического исследования с психометрическими тестами с целью как можно более разносторонней оценки состояния памяти. В рамках настоящего короткого сообщения излагаются результаты одного из проводившихся заданий с целью иллюстрации диссоциированных изменений памяти на фоне лучевой терапии.

Будет описан анализ результатов выполнения теста запоминания лиц из Шкалы памяти Векслера WMS-III (Wechsler Memory Scale third edition, Facial Memory subtest, 1997). Запоминание лиц является специфическим процессом, часто не совпадающим с запоминанием других стимулов (Величковский, 2006). Кроме того, ранее было установлено, что два типа ошибок, формирующихся в этом тесте, с разной частотой возникают при поражениях левого и правого полушарий мозга. Если испытуемый не вспоминает (не узнает) предъявлявшийся стимул, регистрируется «ошибка забывания». Такие ошибки чаще вызываются поражением левого полушария. Если же испытуемый неправильно оценивает дистрактор, принимая его за ранее виденный стимул, регистрируется «ошибка ложного узнавания». Такие ошибки преимущественно связаны с поражением правого полушария (Кроткова, 2016).

Методика

В исследование были включены 19 пациентов с менингиомами хиазмально-селлярной области. Располагаясь на основании мозга в непосредственной близости от медиобазальных отделов левой (9 человек) или правой (10 человек) височной доли, опухоли компримировали структуры «своего» полушария, однако не инфильтрировали вещество мозга (не разрушали его). С целью остановки роста опухоли осуществлялась стереотаксическая конформная лучевая терапия: 30 сеансов по 1.8 Гр до суммарной очаговой дозы 54 Гр. Максимальные дозы распределялись в опухоли и ипсилатеральном полушарии. По диагнозу и когнитивному статусу на момент начала лечения группы в целом не отличались. Среди 9 больных с левосторонним расположением опухоли было 8 женщин. Средний возраст в этой группе — 51.7 года (от 32 до 63). Среди 10 больных с правосторонним расположением опухоли было 9 женщин. Средний возраст пациентов группы — 52.3 года (от 37 до 65). Развернутое исследование, включающее тест запоминания лиц, больные проходили перед началом

Левостороннее расположение опухоли Правостороннее расположение опухоли

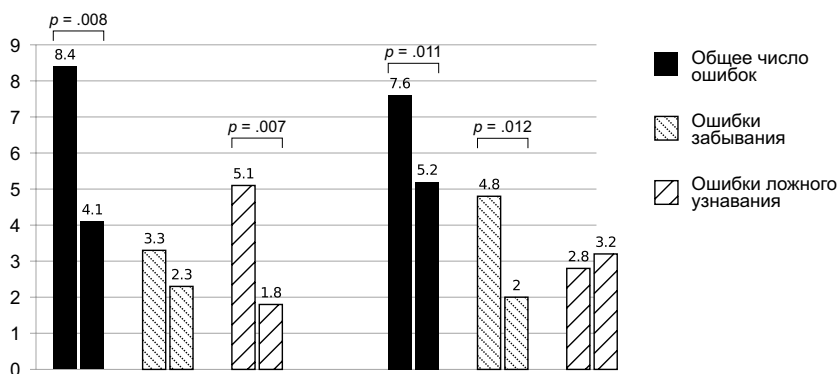


Рисунок 1. Динамика ошибок в Facial Memory subtest шкалы памяти Векслера. В каждой паре первый столбик соответствует среднему числу ошибок в группе до начала лечения, а второй — через 6 месяцев после окончания лечения. Значимые различия обозначены скобками

лучевой терапии и через 6 месяцев после ее окончания. При проведении теста пациенту с интервалом в 2 секунды предъявлялись для запоминания 24 цветные фотографии с лицами людей. Сразу после запоминания, также последовательно, предъявлялся второй набор из 48 фотографий, где запоминавшиеся стимулы в случайном порядке перемежались дистракторами. Испытуемый должен был отличить ранее данные для запоминания лица от новых.

Сравнение результатов по числу допущенных ошибок между группами осуществлялось при помощи непараметрического *U*-критерия Манна – Уитни для независимых выборок. Сравнение результатов по числу допущенных ошибок между этапами исследования и по различным типам ошибок внутри каждой из групп осуществлялось через сравнение медианы разностей по непараметрическому критерию знаковых рангов Вилкоксона для связанных выборок.

Результаты и обсуждение

Результаты выполнения теста представлены на рис. 1. По общему числу допущенных ошибок перед началом лучевой терапии группы не различались. Через 6 месяцев после лечения в обеих группах был зарегистрирован значимый регресс количества ошибок. При этом опять по их общему числу статистически значимых различий между группами не было. Различия в динамике между группами стали видны только тогда, когда оба типа ошибок были проанализированы отдельно. Из рис. 1 видно, что у больных с левосторонним расположением опухоли (воздействие ионизирующего излучения на левое полушарие) уменьшилось число ошибок ложного узнавания, а у больных с правосторонним расположением опухоли (воздействие ионизирующего излучения на правое полушарие) значимо регрессировали ошибки забывания.

В результате проведенного лечения у всех пациентов выборки была зарегистрирована остановка роста опухоли и некоторое уменьшение ее размеров. Однако ионизирующее излучение обладает рядом нейротоксических эффектов на мозг (гиалинизация, утолщение стенок артериол, демиелинизация и некроз белого вещества). Поэтому общая картина изменений когнитивных процессов не была однозначной. Регистрировались как положительные, так и отрицательные изменения в разных параметрах когнитивных процессов, гипотетически соотносимые с разными факторами воздействия на мозг. Так, диссоциация ошибок в тесте Векслера свидетельствовала в пользу гипотезы о реализации компенсаторных ресурсов «условно здорового» полушария, не являвшегося мишенью радиационного воздействия.

Заключение

Динамическое наблюдение за пациентами, получающими унилатеральную лучевую терапию с целью остановки роста опухоли, продемонстрировало возможность диссоциированных изменений в когнитивной сфере при многофакторных воздействиях на мозг.

Литература

Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания: в 2 т. М.: Смысл; Академия, 2006.

Кроткова О.А. Полушарные механизмы преобразования информации // Асимметрия. 2016. Т. 10. № 3. С. 32 – 45. <http://dx.doi.org/10.18454/ASY.2016.10.3552>

Лурия А.Р. Нейропсихология памяти. Нарушения памяти при глубинных поражениях мозга. М.: Педагогика, 1976.

Alekseeva A., Enikolopova E., Krotkova O., Danilov G., Galkin M. Dynamics of cognitive functions in patients with parasellar meningiomas undergoing radiotherapy // The Fifth International Luria Memorial Congress «Lurian Approach in International Psychological Science» / J. Glozman, O. Vindeker (Eds.). Netherlands: KnE Life Sciences, 2018. P. 42 – 48. <http://dx.doi.org/10.18502/kl.v4i8.3261>

Armstrong C.L., Stern C.H., Corn B.W. Memory performance used to detect radiation effects on cognitive functioning // Applied Neuropsychology. 2001. Vol. 8. No. 3. P. 129 – 139. http://dx.doi.org/10.1207/s15324826an0803_1

Greene-Schloesser D., Robbins M.E., Peiffer A.M., Shaw E.G., Wheeler K.T., Chan M.D. Radiation-induced brain injury: A review // Frontiers in Oncology. 2012. Vol. 2. No. 73. <http://dx.doi.org/10.3389/fonc.2012.00073>

Tallet A.V., Azria D., Barlesi F., Spano J.-P., Carpentier A.F., Gonçalves A., Metellus P. Neurocognitive function impairment after whole brain radiotherapy for brain metastases: Actual assessment // Radiation Oncology. 2012. Vol. 7. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1186/1748-717x-7-77>

DOUBLE DISSOCIATION OF ERRORS IN THE WEXLER SUBTEST UNDER UNILATERAL RADIATION EXPOSURE

М.Ю. Каверина* (1), Е.В. Гаврилова (2), М.В. Галкин (1), О.А. Кроткова (1),
Е.В. Ениколопова (2)

mkaverina@nsi.ru

1 – FSAU “N.N. Burdenko National Research Center of Neurosurgery”

of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow;

2 – Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. As part of a project to study the effects of radiation treatment on cognitive processes in tumor and metastatic brain disease, we observed a sample of patients with extra-cerebral tumors of the chiasmal-sellar region, in which the hemisphere of the tumor location is exposed to radiation. Patients with left-sided (9 people) and right-sided (10 people) pathologic process locations were selected to participate in the study, in order to compare the severity of neurological symptoms, tumor volume, its effect on adjacent brain structures, and radiation doses. The groups did not differ in demographic characteristics or educational levels; all were right-handed. The paper considers the results of one of the tasks that demonstrated a double dissociation of errors: the Wexler subtest “Face memory”. Six months after radiation treatment, the number of false recognition errors decreased in the group with the left-sided tumor, and the group with the right-sided pathological process significantly regressed the forgetting errors. Such dissociations allow us to consider the hypothesis of a positive change in a number of parameters of the mnemonic function due to an improvement in the functional state of the hemisphere that was not the target of radiation exposure.

Keywords: memory, facial memory test, radiation therapy, brain hemisphere asymmetry, compensatory processes

The study was supported by the Russian Science Foundation grant 17-15-01426.

ВЛИЯНИЕ ФОНОЛОГИЧЕСКОЙ И ОРФОГРАФИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ЧТЕНИИ У МЛАДШИХ РУССКОЯЗЫЧНЫХ ШКОЛЬНИКОВ

А.В. Каприелова* (1, 2), А.А. Лопухина (1, 2), К.В. Барцева (2),
О.Д. Веденина (1, 2), С.М. Гольдина (1, 2), Н.С. Здорова (1, 2),
Н.С. Ладинская (1, 2), В.Н. Староверова (1, 2), О.В. Драгой (1, 2)
anastasiya.kaprielova@mail.ru

1 – НИУ «Высшая школа экономики», Москва; 2 – НТУ «Сириус», Сочи

Аннотация. Чтение — сложный когнитивный навык, для формирования которого необходимо успешное владение навыками фонологической и орфографической обработки. Вклад каждого типа обработки может варьироваться в зависимости от письменности и орфографии языка, а также от исследуемой популяции. Это было показано на материале европейских языков с латинской письменностью, однако кириллице уделялось значительно меньше внимания. Цель нашего исследования — с помощью поведенческих тестов оценить влияние уровня фонологической и орфографической обработки на формирование навыков чтения у русскоязычных школьников 1–6-го классов. В исследовании осуществлялась регистрация движений глаз ребенка при чтении про себя, эта методика позволяет зафиксировать время, необходимое для прочтения каждого слова, и отследить траекторию движения глаз во время чтения. По результатам исследования оказалось, что фонологическая и орфографическая обработка вносят значимый вклад в формирование навыка чтения. Тест на фонологическую обработку оказался наиболее чувствительным к длительности первого прочтения слова и общему времени прочтения, а тест на орфографическую обработку — для всех типов фиксаций, включая длительность первой фиксации.

Ключевые слова: фонологическая обработка, орфографическая обработка, движения глаз при чтении, освоение чтения, чтение на кириллическом письме

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ, № 19-313-51014.

Введение

Чтение — сложный когнитивный процесс, при котором языковая обработка тесно связана с развитием способности контролировать движения глаз при чтении (Huestegge et al., 2009). Известно, что успешное овладение навыками фонологической и орфографической обработки — одно из основных условий, влияющих на формирование навыка чтения (Ziegler et al., 2014). В данном исследовании под фонологической обработкой мы понимаем способность

использовать фонологическую информацию о языке для обработки письменной и устной речи (Wagner, Torgesen, 1987), в то время как под орфографической обработкой понимается формирование стойких ассоциаций графического образа с соответствующими единицами звучащей речи. В работе Catts и коллег (2001) было показано, что высокий уровень фонологической обработки предсказывает успешное освоение чтения в дальнейшем. Сильная связь между орфографической обработкой и чтением была обнаружена в европейских языках с латинской письменностью (Moll et al., 2014).

Предыдущие исследования, в фокусе которых находилась кириллическая письменность, не стремились определить, какой вклад в формирование навыков чтения вносит разноуровневая лингвистическая обработка. В данной работе мы хотим понять, в каких мерах, кроме общей скорости чтения и понимания текста, и на каких этапах обработки слова играют роль навыки фонологической и орфографической обработки. Ранее мы оценивали совместный вклад орфографической и фонологической обработки в формирование скорости чтения вслух (Здорова и др., В печати). Мы предполагаем, что эти два фактора внесут вклад в формирование механизмов чтения про себя, что будет представлено в виде вариативности в разных мерах чтения (длительность первой фиксации на слове, длительность фиксации на слове при его первом прочтении, суммарная длительность фиксаций на слове, вероятность пропуска слова при чтении). Для этого мы использовали метод удаленной регистрации движений глаз при чтении. С помощью этой методики мы сможем более детально оценить вклад каждого из факторов в формирование навыков чтения у младших русскоязычных школьников.

Методика

В исследовании приняли участие 152 русскоязычных школьника 6–13 лет из 1–6-го классов (67 девочек; 9 левшей и 2 амбидекстра; $M_{\text{age}} = 9.5$, $SD = 1.7$), учащиеся средних общеобразовательных школ г. Сочи. Ни у кого из участников не было нескорректированных проблем со слухом, согласно тесту в программе Audiogram версии 4.6.1.3. Уровень невербального интеллекта (по результатам тестирования цветными прогрессивными матрицами Равена классической формы, серии А, Ab, В; Равен и др., 2004) всех участников также соответствовал норме. По скорости чтения и уровню понимания прочитанного, оцененным при помощи «Стандартизованной методикой исследования навыка чтения» (СМИНЧ; Корнев, 1997), все испытуемые также находились в пределах возрастной нормы (в соответствии с нормами, описанными в статье Дорофеевой и др., 2019а).

Для оценки навыка фонологической обработки мы использовали тест «Замена звука в псевдослове» из батареи тестов «Звуковой анализ русского языка» (ЗАРЯ; Дорофеева и др., 2019б). Он показал себя как наиболее надежный предиктор сформированности сложной фонологической обработки. Ребенку нужно было заменить звук в выдуманном слове и произнести ответ вслух. Ответы участников записывались на планшет, на котором предъявлялся тест. Мы оценивали процент правильно выполненных проб.

Для того чтобы оценить навык орфографической обработки, мы использовали тест на быстрое автоматизированное называние цифр (Rapid Automatized Naming, RAN; Denckla, Rudel, 1974). В этом задании ребенку предъявлялась матрица из 50 цифр. Ребенку нужно было быстро назвать все цифры из матрицы по строкам слева направо и сверху вниз. Мы фиксировали время, необходимое для выполнения этого теста (в секундах), без учета ошибок.

Все дети также приняли участие в исследовании чтения про себя, которое проводилось с помощью видеоокулографа EyeLink PortableDuo, частота дискретизации составляла 1000 Гц. Перед участниками стояла задача прочитать про себя 30 предложений и иногда отвечать на вопросы с двумя вариантами ответа. Вопросы были нужны для того, чтобы испытуемые читали предложения внимательно на протяжении всего эксперимента.

Результаты

Статистический анализ данных был проведен в среде R с применением линейной регрессии, при помощи пакета lme4. Мы исследовали, какой вклад в формирование навыка чтения у детей вносят класс, в котором учится ребенок, уровень развития навыков фонологической и орфографической обработки, а также контролировали длину и частотность слов в предложениях.

Тесты на фонологическую и орфографическую обработку оказались наиболее чувствительными для следующих мер чтения: длительность первой фиксации на слове (только RAN), длительность первого прочтения слова и общее время чтения слова, но не для вероятности пропуска слова. Более длинные слова спровоцировали более долгое время первого прочтения и общее время чтения, а также с меньшей вероятностью пропускались. Более частотные слова провоцировали меньшее время чтения и с большей вероятностью пропускались. Подробные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние класса школы, длины и частотности слова, навыков фонологической и орфографической обработки на основные меры чтения

Предикторы	Длительность первой фиксации		
	Оценка параметра	Доверительный интервал	<i>p</i>
Свободный коэффициент	5.17	5.03 5.31	<.001
Класс обучения	0.04	-0.00 0.09	.074
Длина	-0.02	-0.03 -0.01	<.001
Частотность	-0.01	-0.02 -0.00	.002
Замена звука (% правильных ответов)	-0.21	-0.84 0.41	.509
Время называния цифр (в сек.)	0.02	0.00 0.03	.013
Количество наблюдений	22251		

	Длительность первого прочтения слова			
Предикторы	Оценка параметра	Доверительный интервал		<i>p</i>
Свободный коэффициент	5.88	5.76	6.00	<.001
Класс обучения	-0.05	-0.08	-0.01	.013
Длина	0.05	0.04	0.07	<.001
Частотность	-0.06	-0.08	-0.05	<.001
Замена звука (% правильных ответов)	-0.53	-1.04	-0.02	.042
Время называния цифр (сек.)	0.02	0.01	0.03	<.001
Количество наблюдений	22266			
	Общее время прочтения слова			
Предикторы	Оценка параметра	Доверительный интервал		<i>p</i>
Свободный коэффициент	6.51	6.36	6.66	<.001
Класс обучения	-0.09	-0.13	-0.05	<.001
Длина	0.09	0.07	0.12	<.001
Частотность	-0.08	-0.10	-0.06	<.001
Замена звука (% правильных ответов)	-0.67	-1.25	-0.09	.024
Время называния цифр (сек.)	0.03	0.01	0.04	<.001
Количество наблюдений	22283			
	Вероятность пропуска слова при чтении			
Предикторы	Log-Odds	Доверительный интервал		<i>p</i>
Свободный коэффициент	-1.71	-2.04	-1.39	<.001
Класс	0.02	-0.07	0.11	.627
Длина	-0.24	-0.29	-0.18	<.001
Частотность	0.10	0.06	0.14	<.001
Замена звука (% правильных ответов)	0.28	-0.48	1.04	.476
Время называния цифр (сек.)	0.00	-0.01	0.02	.608
Количество наблюдений	24928			

Примечание. Значение оценки параметра говорит о размере вклада, который привносит каждая из независимых переменных в формирование скорости чтения. Жирным шрифтом в таблице выделены предикторы, оказавшиеся наиболее чувствительными, и соответствующие значения *p*.

Обсуждение и выводы

Мы стремились понять, на какие меры чтения про себя может оказывать влияние успешное овладение навыками фонологической и орфографической обработки. Согласно результатам исследования, процент правильно выпол-

ненных проб в задании на замену звука в псевдослове и быстрое автоматизированное называние цифр вносят значимый вклад в формирование навыка чтения у русскоязычных школьников. При этом мы видим, что навык фонологической обработки незначим для первичной обработки слова (что выражено в длительности первой фиксации), тогда как навык быстрого автоматизированного называния важен для всех этапов лексической обработки.

Литература

Дорофеева С.В., Решетникова В.А., Лауринавичюте А.К., Ахутина Т.В., Драгой О.В. Исследование взаимосвязи навыков фонематической обработки и навыков чтения // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. 2019. С. 151 – 156.

Дорофеева С.В., Решетникова В.А., Серебрякова М.Н., Горанская Д.Н., Ахутина Т.В., Драгой О.В. Оценка диагностической валидности стандартизированной методики исследования навыков чтения на русском языке и проверка актуальности имеющихся нормативных данных // Российский журнал когнитивной науки. 2019. Т. 6. № 1. С. 4 – 24.

Здорова Н.С., Каприелова А.В., Лопухина А.А., Барцева К.В., Веденина О.Д., Гольдина С.М., Староверова В.Н., Драгой О.В. Вклад фонологической и орфографической обработки в развитие скорости чтения у русскоязычных младших школьников // Российский журнал когнитивной науки (В печати).

Корнев А.Н. Нарушения чтения и письма у детей: учебно-метод. пособие. СПб.: МиМ, 1997.

Равен Д.К., Стайл И., Равен М. Цветные прогрессивные матрицы (классическая форма, серии А, Ab, B). Изд. 2-е, стереотип. М.: Когито-центр, 2004.

Catts H.W., Fey M.E., Zhang X., Tomblin J.B. Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children // Language, Speech, and Hearing Services in Schools. 2001. Vol. 32. No. 1. P. 38 – 50. [http://dx.doi.org/10.1044/0161-1461\(2001\)004](http://dx.doi.org/10.1044/0161-1461(2001)004)

Denckla M.B., Rudel R. Rapid “automatized” naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children // Cortex. 1974. Vol. 10. No. 2. P. 186 – 202. [http://dx.doi.org/10.1016/s0010-9452\(74\)80009-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0010-9452(74)80009-2)

Huestegge L., Radach R., Corbic D., Huestegge S.M. Oculomotor and linguistic determinants of reading development: A longitudinal study // Vision Research. 2009. Vol. 49. No. 24. P. 2948 – 2959. <http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2009.09.012>

Moll K., et al. Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five european orthographies // Learning and Instruction. 2014. Vol. 29. P. 65 – 77. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.09.003>

Wagner R.K., Torgesen J.K. The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills // Psychological Bulletin. 1987. Vol. 101. No. 2. P. 192 – 212. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.101.2.192>

Ziegler J.C., Perry C., Zorzi M. Modelling reading development through phonological decoding and self-teaching: Implications for dyslexia // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2014. Vol. 369. No. 1634. P. 20120397. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0397>

THE IMPACT OF PHONOLOGICAL AND ORTHOGRAPHIC PROCESSING ON EYE MOVEMENTS IN RUSSIAN CHILDREN

A.V. Kaprielova* (1, 2), A.A. Lopukhina (1, 2), K.V. Bartseva (2),
O.D. Vedenina (1, 2), S.M. Goldina (1, 2), N.S. Zdorova (1, 2),
N.S. Ladinskaya (1, 2), V.N. Staroverova (1, 2), O.V. Dragoy (1, 2)
anastasiya.kaprielova@mail.ru

1 – HSE University, Moscow; 2 – Sirius University
of Science and Technology, Sochi

Abstract. Reading is a complex cognitive skill, which requires successful phonological and orthographic processing. The relative impact of these factors can be modulated by cross-linguistic script and orthographic differences, as has been shown in many studies involving European languages. However, we still do not know much about how phonological and orthographic processing influences reading in Cyrillic. Our goal was to investigate the effect of phonological and orthographic processing on eye movements during reading in Russian-speaking primary school students. Phonological and orthographic processing was assessed via two behavioral tests. We found that phonological and orthographic processing made a significant contribution to eye movements during reading. Phonological processing affects gaze duration and total reading times, whereas orthographic processing was sensitive to all reading measures including first fixation duration.

Keywords: phonological processing, orthographic processing, eye movements, reading acquisition, reading in Cyrillic

This research was supported by the Russian Foundation of Basic Research (research grant No. 19-313-51014).

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ СЕНСОМОТОРНОГО РИТМА ПАЦИЕНТОВ С ВИСОЧНОЙ ЭПИЛЕПСИЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОТОРНЫХ ЗАДАЧ

Е.Д. Каримова* (1, 2), С.Е. Буркитбаев (1, 2), Ф.К. Ридер (2), Н.Н. Лебедева (1, 2)

e.d.karimova@gmail.com

1 — ИВНД и НФ РАН, Москва; 2 — НПЦ психоневрологии
им. Соловьева ДЗМ, Москва

Аннотация. Многочисленные исследования указывают на то, что при наблюдении и имитации моторных жестов снижение сенсомоторного мю-ритма в центральных областях скальпа отражает степень активности зеркальной системы мозга (ЗСМ), которая обеспечивает восприятие невербальных сигналов во время социального взаимодействия. Доказательство существования ЗСМ у человека и последующие инвазивные исследования ее свойств проводились на пациентах с эпилепсией, при этом возможные нарушения работы ЗСМ у пациентов данной группы не принимались во внимание. В данной работе проводился анализ реакций сенсомоторного ритма при наблюдении, представлении и выполнении различных моторных жестов у пациентов с височной эпилепсией и у контрольной группы. Было обнаружено, что снижение сенсомоторного ритма у пациентов с эпилепсией более выражено, чем у контрольной группы, в особенности у пациентов с высокой частотой приступов, что может отражать гиперактивацию ЗСМ при социальных контактах. Отдельный анализ группы пациентов, перенесших в прошлом оперативное удаление эпилептического очага, выявил нефизиологическое повышение сенсомоторного ритма при выполнении моторного акта.

Ключевые слова: зеркальная система мозга, эпилепсия, мю-ритм, ЭЭГ, социальное восприятие, имитация движений

Введение

Зеркальная система мозга (ЗСМ) впервые была обнаружена группой итальянских исследователей во главе с Дж. Ризцоллати в университете города Парма в 1996 году (Rizzolatti и др., 1996). Исследователи изучали свойства премоторной коры у макака *nemestrina* и обнаружили нейроны, которые одинаковым образом активировались в ответ на наблюдение и выполнение движений, за что и получили название «зеркальные». Исследования ЗСМ у человека начались позже с помощью таких методов, как ПЭТ, фМРТ, ТМС (Buccino и др., 2004; Grafton и др., 1996; Grèzes и др., 2000; Hari и др., 1998), но, ввиду того, что данные методы и их применение имеют ряд ограничений, результаты этих работ можно было рассматривать лишь как косвенные доказательства наличия нейронов с «зеркальными» свойствами в головном мозге человека. Прямым

доказательством наличия подобных нейронов у человека стали результаты работы Роя Мукамеля и его коллег. В исследовании принимали участие пациенты с фармакорезистентной височной эпилепсией, которые готовились к операции по удалению эпилептического очага и проходили предоперационное обследование по его локализации с помощью инвазивных электродов (Mukamel et al., 2010).

В настоящее время под зеркальной системой мозга (ЗСМ) понимают функциональную систему нейронов, которая вовлечена в обеспечение таких важных процессов, как подражание, научение через подражание, понимание намерений и эмоций других людей, формирование коммуникации. Следует отметить, что исследования, проводимые с помощью регистрации биоэлектрической активности мозга человека с помощью инвазивных электродов, позволяют рассмотреть работу мозга на качественно другом уровне. Тем не менее эпилепсия — это серьезная неврологическая патология головного мозга, наличие которой может отрицательным образом сказаться на работе отдельных функциональных систем — и ЗСМ в частности. Известно, что пациенты с эпилепсией часто находятся в состоянии стресса, вызванного чувством страха перед очередным приступом. Наличие эпилепсии накладывает ряд ограничений на привычный для здорового человека ритм жизни, более того, является фактором, скорее осложняющим социализацию пациента. Таким образом, несмотря на то, что метод регистрации нейрональной активности при помощи инвазивных электродов позволяет получить уникальные данные о работе ЗСМ, остается открытым вопрос о корректности рассмотрения работы ЗСМ у пациентов с эпилепсией как модели ЗСМ здоровых людей

Гипотеза исследования: активность ЗСМ у пациентов с эпилепсией может быть нарушена по сравнению со здоровыми людьми. *Цель исследования:* определить особенности активации ЗСМ у пациентов с фокальной эпилепсией при помощи регистрации ЭЭГ.

Материалы и методы

Группы испытуемых. Исследование проводилось на базе ГБУЗ НПЦ психоневрологии ДЗ г. Москвы. Группу пациентов составили 47 человек (29 женщин, 18 мужчин, средний возраст 34 ± 4 года) с диагнозом «фокальная симптоматическая эпилепсия», из них 8 пациентов проходили в прошлом операцию по удалению эпилептического очага.

Критерии включения: диагноз «фокальная симптоматическая эпилепсия».

Критерии исключения: возраст старше 45 лет, алкоголизм, наркотическая зависимость, диабет, органические нарушения головного мозга (киста, энцефалопатия и пр.). Пациенты проходили обследование в день поступления в НПЦ, до начала медикаментозного лечения. Диагноз «фокальная симптоматическая эпилепсия» ставился врачами-эпилептологами на основе информации, включающей электро-клиническую семиологию приступов на основе видео-ЭЭГ-мониторинга и МРТ-исследования, проходившего по стандартным эпилептическим протоколам. Контрольную группу составили 33 здоровых испытуемых (24 женщины, 9 мужчин, средний возраст 35 ± 3 года), без любого

психоневрологического диагноза, с аналогичными группами пациентов критериями исключения.

Структура исследования. Во время исследования испытуемые просматривали видеоролики и следовали инструкциям на экране. Участники исследования находились 30 с в состоянии покоя с открытыми глазами, затем 10 с наблюдали за неподвижным экспериментатором. Следующая часть исследования включает выполнение блоков заданий, активирующих ЗСМ. В качестве заданий были выбраны наблюдение, представление и выполнение движения. В качестве движений были выбраны: простое нецеленаправленное движение (сжатие руки), простое целенаправленное движение (захват чашки) и движение, которое задействует обе руки (хлопки). Продолжительность каждого блока для каждого движения составляла 10 с.

Получение и анализ данных. Запись ЭЭГ осуществлялась с помощью энцефалографа-анализатора ЭЭГА-21/26 «ЭНЦЕФАЛАН 131-03», г. Таганрог (19 электродов по системе 10–20 %, относительно объединенных ушных электродов A1 и A2), в состоянии покоя с закрытыми глазами и во время когнитивных нагрузок. Для всех отведений задавали частоту опроса 250 Гц, полосы фильтрации 0.5–60 Гц (12 дБ/октаву), импеданс менее 10 кОм.

Известно, что маркером активности ЗСМ является десинхронизация спектра мощности в полосе частот сенсомоторного мю-ритма, которая совпадает с частотным диапазоном альфа-ритма и составляет 8–13 Гц, но регистрируется над моторной корой. Таким образом, сигналы с трех отведений — С3, С4 и Cz — обрабатывались методом спектрально-корреляционного анализа на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ) по трем частотным диапазонам: альфа (8–13 Гц), альфа-1 (8–10.5 Гц), альфа-2 (10.5–13 Гц). Спектры мощности ЭЭГ-записей были получены с помощью программы «Типология». Статистический анализ данных проводился с логарифмированными относительными значениями мощностями сигнала в альфа-диапазонах $LN(P_{task}/P_{baseline})$ в программе Statistica v. 7.0 StatSoft© Inc., USA, с использованием дисперсионного анализа с повторными измерениями (ANOVA).

Методики исследования были одобрены этическими комитетами Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН и ГБУЗ научно-практического центра психоневрологии департамента здравоохранения г. Москвы.

Результаты

Дисперсионный анализ с повторными измерениями (три последовательно выполняемые задачи — «НАБЛЮДЕНИЕ», «ПРЕДСТАВЛЕНИЕ», «ВЫПОЛНЕНИЕ») и фактором «группа» выявил значимые различия между относительными значениями мощностей альфа-ритма в каждой из трех задач ($p < .01$, рис. 1а). Снижение мю-ритма, отражающее активацию ЗСМ, было более значительным у пациентов, страдающих эпилепсией.

Дальнейший анализ проводился с разделением пациентов на подгруппы, чтобы выявить влияние оперативного удаления эпилептического очага и частоты приступов на снижение мю-ритма и активность ЗСМ. Дисперсионный анализ с повторными измерениями и фактором «группа» при выделении

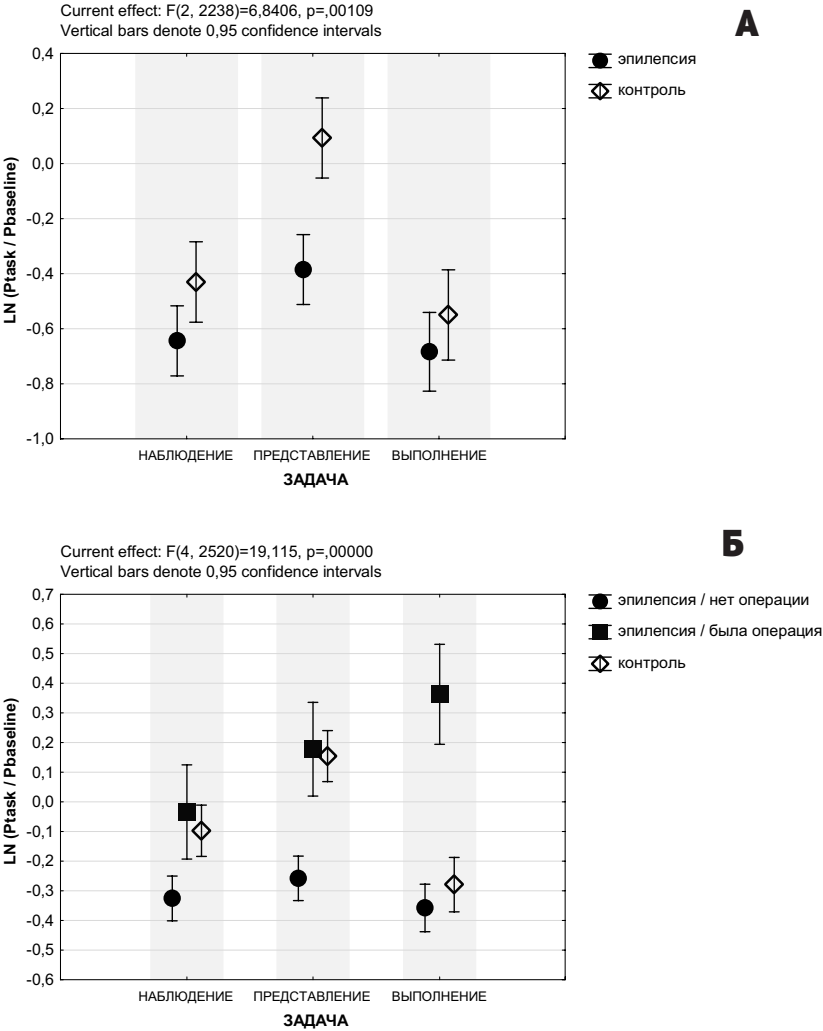


Рисунок 1. а) Относительные значения мощности альфа-диапазона в центральных отведениях в группах пациентов с эпилепсией и контрольной группе; б) относительные значения мощности альфа-2-диапазона в центральных отведениях в контрольной группе и двух подгруппах пациентов с эпилепсией (прошедших операцию и без операции); значения мощности спектра во время фоновой пробы (открытые глаза) равны нулю

двух подгрупп пациентов с эпилепсией (с операцией в анамнезе и без) выявил наличие значимых отличий относительной мощности мю-ритма в альфа-2-диапазоне частот (рис. 16). Апостериорный тест Тьюки показал достоверные различия по каждой задаче между значениями относительной мощности в двух подгруппах пациентов, а также достоверные различия между значениями относительной мощности в задаче «выполнение» контрольной группы и пациентов с операцией в анамнезе. Важно отметить, что мощность мю-ритма при выполнении задач у пациентов, которые перенесли операцию, не снижалась, а, наоборот, увеличивалась.

Анализ влияния частоты приступов на уровень снижения мощности мю-ритма выявил значимое влияние фактора группы ($p < .01$) и показал, что пациенты с частыми приступами (квадраты на рис. 2, апостериорный тест Тьюки, парные сравнения в задачах, $p < .05$) имеют достоверно больший уровень снижения мощности мю-ритма в альфа-2-диапазоне частот по сравнению с контрольной группой и пациентами со средней частотой приступов.

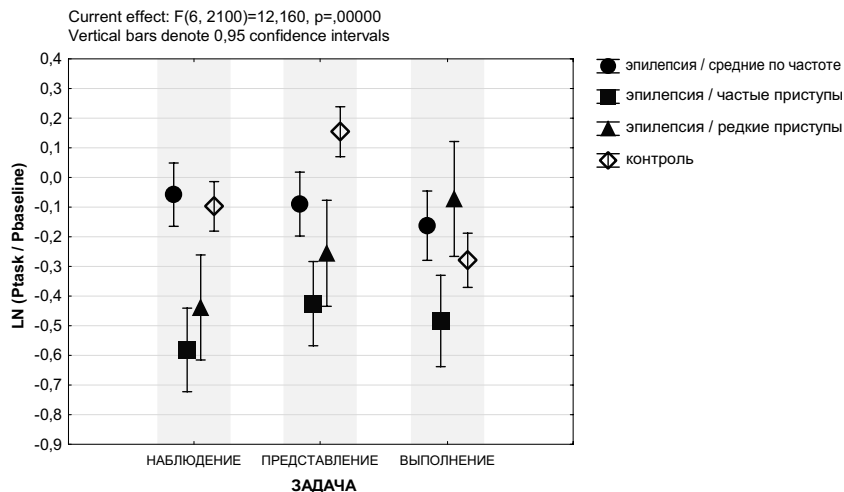


Рисунок 2. Относительные значения мощности альфа-2-диапазона в центральных отведениях у пациентов с разной частотой приступов и в контрольной группе

Заключение

Пациенты, страдающие эпилепсией, продемонстрировали больший уровень снижения мю-ритма по сравнению с контрольной группой, что может быть связано с гиперактивацией ЗСМ. Наиболее ярко эти изменения были выражены у пациентов с высокой частотой приступов. Пациенты, перенесшие удаление эпилептического очага, наоборот, продемонстрировали повышение мощности мю-ритма при выполнении движений.

Литература

Buccino G., Vogt S., Ritzl A., Fink G.R., Zilles K., Freund H.-J., Rizzolatti G. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: An event-related fMRI study // *Neuron*. 2004. Vol. 42. No. 2. P. 323–334. [http://dx.doi.org/10.1016/s0896-6273\(04\)00181-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0896-6273(04)00181-3)

Grafton S.T., Arbib M.A., Fadiga L., Rizzolatti G. Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography // *Experimental Brain Research*. 1996. Vol. 112. No. 1. P. 103–111. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00227183>

Grèzes J., Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: A meta-analysis // *Human Brain Mapping*. 2000. Vol. 12. No. 1. P. 1–19. [http://dx.doi.org/10.1002/1097-0193\(200101\)12:1<1::aid-hbm10>3.0.co;2-v](http://dx.doi.org/10.1002/1097-0193(200101)12:1<1::aid-hbm10>3.0.co;2-v)

Hari R., Forss N., Avikainen S., Kirveskari E., Salenius S., Rizzolatti G. Activation of human primary motor cortex during action observation: A neuromagnetic study // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1998. Vol. 95. No. 25. P. 15061–15065. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.95.25.15061>

Mukamel R., Ekstrom A.D., Kaplan J., Iacoboni M., Fried I. Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions // *Current Biology*. 2010. Vol. 20. No. 8. P. 750–756. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.045>

Rizzolatti G., Fadiga L., Gallese V., Fogassi L. Premotor cortex and the recognition of motor actions // *Cognitive Brain Research*. 1996. Vol. 3. No. 2. P. 131–141. [http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410\(95\)00038-0](http://dx.doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0)

SENSORIMOTOR RHYTHM RESPONSE IN PATIENTS WITH TEMPORAL LOBE EPILEPSY WHEN PERFORMING MOTOR TASKS

E.D. Karimova*(1, 2), S.E. Burkhitbayev (1, 2), F.K. Rider (2), N.N. Lebedeva (1, 2)
e.d.karimova@gmail.com

1 – Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow;
2 – Moscow Research and Clinical Center for Neuropsychiatry, Moscow

Abstract. Numerous studies indicate that when observing and imitating motor gestures, a decrease in the sensorimotor mu rhythm in the central regions of the scalp reflects the degree of activity of the mirror system of the brain (MSB), which registers the perception of non-verbal signals during social interaction. Proof of the existence of the MSB in humans and subsequent invasive studies of its properties have been carried out on patients with epilepsy, although possible disruptions in the operation of the MSB in this group of patients were not taken into account. In this work, we analyzed the reactions of the sensorimotor rhythm during observation, imaginary performance and performance of various motor gestures in patients with temporal lobe epilepsy and in a control group. It was found that a decrease in the sensorimotor rhythm in patients with epilepsy is more pronounced than in the control group, especially in patients with a high frequency of seizures, which may reflect hyper-activation of the MSB during social contacts. A separate analysis of a group of patients who underwent surgical removal of the seizure focus in the past revealed a nonphysiological increase in the sensorimotor rhythm when performing a motor act.

Keywords: mirror system of the brain, epilepsy, mu rhythm, EEG, social perception, imitation of movements

«ПЕРЕВОД ВЗОРА К НАЧИНАЮЩЕМУСЯ ДВИЖЕНИЮ» — ОДИН ИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СМЫСЛОВОГО ВОСПРИЯТИЯ ПРИ ТЯЖЕЛЫХ ПОРАЖЕНИЯХ МОЗГА

А.Е. Карчевская (1), М.Ю. Каверина* (2), Е.В. Ениколопова (1), О.А. Кроткова (2)
mkaverina@nsi.ru

1 — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва; 2 — ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко»
Минздрава России, Москва

Аннотация. 22 здоровых испытуемых и 20 пациентов с поражениями головного мозга различной этиологии (черепно-мозговая травма, состояние после удаления опухолей головного мозга), просматривали 60-секундный видеоролик, в котором три персонажа, последовательно друг за другом или одновременно, в естественном темпе совершали простые бытовые действия. Сразу после просмотра участники исследования в свободной форме пересказывали увиденное и отвечали на уточняющие вопросы экспериментатора. Запись движений глаз испытуемых осуществлялась с помощью айтрекера Mangold Eyeteck VT3 mini (частота дискретизации — 200 Гц, точность — 0.5 °). Исследование показало, что снижение числа «поисковых» саккад и задержка перевода взора к действующему персонажу сопровождаются отсутствием зрительных фиксаций на важных для понимания событий областях кадров. Градация в понимании событий видеосюжета обнаруживает связь с указанными характеристиками движений глаз. Данные айтрекинга могут использоваться при обсуждении проблемы понимания зрительных стимулов у больных с грубым синдромом аспонтанности.

Ключевые слова: айтрекинг, восприятие, черепно-мозговая травма, нарушения сознания, аспонтанность

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-29-01002мк.

Введение

Тяжелые поражения мозга, сопровождающиеся грубыми двигательными и коммуникативными нарушениями, часто делают затруднительным определение когнитивного статуса больного и его возможностей осмысления происходящих событий. Так, при выходе из коматозного состояния после тяжелой черепно-мозговой травмы есть стадия минимального состояния сознания, характеризующаяся установлением зрительного контакта (Клиническое руководство по черепно-мозговой травме, 2002). В ряде случаев на этой стадии родственники на длительное время усаживают больного перед телевизором, приписывая ему интерес к происходящему на экране. Однако если у пациента

отсутствуют экспрессивные реакции по поводу контента, с ним невозможен вербальный контакт и в силу выраженной аспонтанности он не выполняет никаких инструкций, то объективная оценка степени осмысления поступающей информации и адекватности такого заполнения времени бодрствования практически невозможна. Создание методик, позволяющих на основании регистрации движений глаз изучить процесс изменения восприятия при выходе из коматозного состояния, имеет не только теоретический интерес, но и важную клиническую направленность (Ting et al., 2014). Целью исследования являлся поиск маркеров осмысленного восприятия экологически валидного видеоряда. Конкретной задачей работы был анализ перевода взора к начинающемуся движению в двух клинических группах: с хорошим и с плохим пониманием происходящих на экране событий.

Методика

В исследовании использовалась методика, получившая условное название «Видео АВП», сохраняющая преемственность с более ранней методикой АВП (Айтрекинг – Внимание – Память) (Каверина и др., 2020). На видео записана реалистичная постановка длительностью 60 секунд. В небольшой комнате находятся три персонажа, которые последовательно друг за другом или все одновременно выполняют простые бытовые действия («разговаривает по телефону», «моет руки», «идет по комнате», «передает другому блокнот» и т. п.). Все действия выполняются в обычном (естественном) темпе. Запись видео осуществлялась со стационарно закрепленной неподвижной камеры так, чтобы все три персонажа постоянно находились в кадре. Каждое действие персонажа было обозначено как событие. Всего выделяется 30 событий длительностью от 1 до 6 секунд.

Во время просмотра видео осуществлялась регистрация движений глаз испытуемого. Участники исследования сидели перед монитором компьютера на расстоянии 700 мм (разрешение 1980/1020 px; видимая область экрана — 300 × 530 мм). Голова фиксировалась с помощью подбородочной опоры для исключения артефактов движения. В работе использовался айтрекер Mangold Eyeteck VT3 mini с программным обеспечением Mangold Vision (частота дискретизации — 200 Гц, точность — 0.5°).

Анализ параметров движений глаз во время просмотра видеосюжета проводился с помощью пакета обработки данных Matlab2019b и алгоритма MNH, который предоставил профессор О. Комогортсев (Friedman et al., 2018). Вычислялся минимальный порог саккад и ускорения, использовался оригинальный порог для фильтрации данных от шума — R1ONEPS (Rapid Irregularly Oscillating Noise of the Eye Position Signal) со значением 400 ед. Классификатор выдавал количество фиксаций, саккад и постсаккадических колебаний, а также их среднюю длительность в миллисекундах. Раскадровка записи движений глаз с фиксациями и саккадами производилась в программе Matlab с шагом 200 мс.

Перед началом просмотра испытуемый получал инструкцию о том, что будет показано короткое видео, которое он должен внимательно просмотреть, после чего рассказать по памяти все, что увидел. Сразу после просмотра испы-

туемый в свободной форме осуществлял такой пересказ. Затем ему задавались уточняющие вопросы по поводу происходивших событий, особенностей поведения и настроения персонажей, деталей их одежды, предметов, находившихся в комнате, цветовой гаммы упомянутых элементов. Рассказ испытуемого и беседа по вопросам записывались на диктофон и переводились в текстовый формат на электронном носителе.

В работе приняли участие 22 здоровых испытуемых и 20 больных с поражениями головного мозга различной этиологии (тяжелая черепно-мозговая травма, состояние после удаления опухолей головного мозга). Все пациенты проходили стадию восстановления после грубых нарушений сознания. Их поведение в момент исследования характеризовалось общим снижением спонтанной активности (отсутствием интереса к окружающему, двигательной заторможенностью, «стертыми» эмоциональными реакциями). Однако актуальный уровень возможностей уже позволял выполнять простейшие инструкции, следить глазами за движущейся по экрану точкой (прохождение калибровки перед записью айтрекинга), давать ответ на простые вопросы в рамках обсуждаемой темы. Все больные проходили лечение в Центре нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко.



Рисунок 1. Кадр секунды 18.2 видеоролика (девушка слева снимает кофту) с распределением зрительных фиксаций за предшествующие 200 мс: А — у здорового испытуемого, Б — у пациента второй клинической подгруппы

Результаты

Результаты воспроизведения событий видеоролика показали, что здоровые испытуемые в среднем упоминали 52 % от общего числа событий. Ошибочные высказывания (неправильный порядок событий, приписывание события другому персонажу, неправильное вспоминание предметов, которыми манипулировали персонажи) у здоровых испытуемых наблюдались в 7 % случаев от общего числа ответов. Результаты больных привели к выделению двух подгрупп со значительными различиями между ними в понимании просмотренного видеосюжета. Первая подгруппа — 8 человек — назвали в среднем 34 % событий, из них 17 % ответов были ошибочными. Вторая подгруппа — 12 больных — в среднем назвали 3 % событий, из которых 75 % высказываний значительно искажали содержание видеоролика или описывали события, отсутствовавшие в сюжете.

Дальнейший анализ был направлен на выявление особенностей взора, которые могли бы находиться в причинно-следственных отношениях с различиями в понимании событий видео. В данном сообщении рассматривается одна из таких особенностей — «перевод взора к начинающемуся движению».

Начало видеоролика состояло из трех сменяющих друг друга эпизодов, в которых движение осуществлялось только одним из персонажей — два других находились в естественных позах, но были неподвижны («читает книгу», «смотрит в телефон»). В первом эпизоде движение осуществлял центральный персонаж. Поскольку взор всех участников исследования при начале видео, как правило, находился в центре экрана, различий между испытуемыми по первому эпизоду не наблюдалось. Однако во втором эпизоде (17–21-я секунда) центральный персонаж переставал осуществлять движения, а девушка у окна — вставала со стула, смотрела в окно, снимала куртку. Все здоровые испытуемые сразу переводили взор на девушку, осуществлявшую действия. На рисунке 1А представлен кадр, соответствующий секунде 18.2 ролика, а также зрительные фиксации одного из здоровых испытуемых. На рисунке 1Б представлен тот же кадр и зрительные фиксации пациента второй подгруппы, который продолжает рассматривать неподвижно сидящего персонажа в центре.

В среднем перевод взора на персонажа, осуществляющего движение, происходил у пациентов второй подгруппы на 0.84 секунды позже, чем у здоровых испытуемых ($p < .01$). Причем у семи пациентов (58.3 %) перевод взора на персонажа, осуществляющего движение, происходил с такой большой задержкой, которая никогда не встречалась у здоровых испытуемых. Перевод взора на персонажа, осуществляющего движение, у пациентов первой подгруппы также происходил медленней, чем у здоровых испытуемых, но различия между группами не достигали статистической значимости.

Второй характерной особенностью взора здоровых испытуемых было постоянное сканирование пространства большими саккадами. Так, во втором эпизоде методики здоровые испытуемые совершили в среднем 3.5 саккады, больные первой подгруппы — 2.5 саккады, больные второй подгруппы — 2.0 саккады. Достоверность различий по числу саккад здоровых испытуемых и пациентов первой и второй подгрупп, соответственно, $p < .05$ и $p < .01$. Саккады заканчивались фиксациями на персонаже, осуществлявшем действия.

Обсуждение результатов

Мы можем предположить, что для понимания происходящего на экране требуется определенный уровень активности субъекта, во всяком случае — активное обнаружение взором наиболее важной в данный момент области пространства. Наше исследование показало, что в качестве маркера активного восприятия и понимания происходящего на экране может выступать латентный период перевода взора на персонажа, осуществляющего движение. Быстрое обнаружение такого персонажа сочеталось у больных первой подгруппы с нормальным уровнем понимания. При этом исследование показало, что даже те пациенты, которые ничего не могли сообщить о наблюдавшихся на экране

событиях (вторая подгруппа), так или иначе переводили взор на движущегося персонажа, но делали это с большим запозданием. Быстрое обнаружение движущегося объекта является одним из важных эволюционных механизмов, поскольку позволяло организмам выжить, избежать опасности, обнаружить пищу. Мозговое обеспечение этого древнего механизма организации зрительного внимания таково, что при выходе из комы слежение за движущимися объектами появляется уже на стадиях минимального сознания, когда больному еще не доступен вербальный контакт и произвольное выполнение простейших инструкций (Клиническое руководство по черепно-мозговой травме, 2002). Возможно, именно этот механизм буквально «притягивает» тяжелого пациента к телевизору и позволяет подолгу не отрываясь смотреть на экран. Наше исследование, проведенное со значительно более «легкими» пациентами, с которыми уже сформировался продуктивный вербальный контакт, показало, что их взор характеризуется низкой активностью — меньшим числом саккад и более поздним обнаружением персонажа, начинающего движение, по сравнению со здоровыми людьми. Низкая активность взора сочетается с отсутствием понимания наблюдаемых на экране событий. Возможность экстраполяции полученных фактов на пациентов, с которыми вербальный контакт еще невозможен, будет изучаться на следующих этапах работы.

Наши данные согласуются с результатами современных когнитивных исследований — например, по значениям числа фиксаций и саккад в здоровой выборке (Барабанщиков, Жегалло, 2010; Филин, 2008). А также с исследованиями, демонстрирующими, что произвольно «отключить» внимание к движущимся объектам, попавшими в поле зрения, практически не удается (Тюрина, Уточкин, 2013).

Заключение

Исследование показало, что увеличение латентных периодов перевода взора к движущемуся персонажу и снижение числа «поисковых» саккад у пациентов с общим снижением спонтанной активности могут являться маркерами нарушения смыслового восприятия.

Литература

- Барабанщиков В.А., Жегалло А.В. Методы регистрации движений глаз: теория и практика // Психологическая наука и образование. 2010. № 5. С. 240 – 254.
- Каверина М.Ю., Кроткова О.А., Данилов Г.В. Особенности динамики линии взора и запоминание событий // Вопросы психологии. 2020. Т. 66. № 1. С. 143 – 153.
- Клиническое руководство по черепно-мозговой травме / Под ред. А.Н. Коновалова, Л.Б. Лихтермана, А.А. Потапова. М.: Антидор, 2002.
- Тюрина Н.А., Уточкин И.С. Распределение пространственного внимания при восприятии движения // Экспериментальная психология. 2013. Т. 6. № 2. С. 35 – 45.
- Филин В.А. Концепция об автоматии саккад // Успехи физиологических наук. 2008. Т. 39. № 2. С. 77 – 96.
- Friedman L., Rigas I., Abdulin E., Komogortsev O.V. A novel evaluation of two related and two independent algorithms for eye movement classification during reading // Behavior Research Methods. 2018. Vol. 50. No. 4. P. 1374 – 1397. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-018-1050-7>

Ting W.K.-C., Velazquez J.L.P., Cusimano M.D. Eye movement measurement in diagnostic assessment of disorders of consciousness // *Frontiers in Neurology*. 2014. Vol. 5. No. 137. <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2014.00137>

GAZE TRANSFER TOWARD THE BEGINNING MOTION IS ONE INDICATOR OF SEMANTIC VISUAL PERCEPTION RECOVERY IN PATIENTS WITH SEVERE BRAIN LESIONS

A.E. Karchevskaya (1), M.Ju. Kaverina* (2), E.V. Enikolopova (1), O.A. Krotkova (2)
mkaverina@nsi.ru

1 — Lomonosov Moscow State University, Moscow; 2 — Federal State Autonomous Institute “N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

Abstract. 22 healthy subjects and 20 patients with brain lesions (tumor, TBI) watched a 60-second video clip in which three characters, sequentially or simultaneously, performed simple everyday actions. Immediately after viewing, the participants were instructed to retell the plot of the video and to answer the experimenter's clarifying questions. The subjects' eye movements were recorded using the Mangold Eyeteck VT3 mini eye tracker (sampling rate — 200 Hz, accuracy — 0.5°). The results showed that a decrease in the number of “exploratory” saccades and a delay in the gaze transfer to the moving character were accompanied by a lack of visual fixations on the video frame areas with events essential to understanding the plot. The capacity to understand the events of the video shows a correlation with the specified characteristics of eye movements. Eye tracking data can be used to reveal the difficulties of understanding visual stimuli in patients with severe asponaneity syndrome.

Keywords: eye tracking, perception, traumatic brain injury, impaired consciousness, asponaneity

The study was funded by the Russian Science Foundation (Grant #19-29-01002mk).

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ И УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЙ НА МАТЕРИАЛЕ КОМПЛЕКСНОГО НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

А.А. Корнеев* (1, 2), А.М. Букинич (1), Е.Ю. Матвеева (1), Т.В. Ахутина (1)

korneeff@gmail.com

(1) МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; (2) ИВФ РАО, Москва

Аннотация. Работа посвящена анализу структуры показателей, получаемых в результате нейропсихологического обследования старших дошкольников и младших школьников. В частности, проверяется возможность статистически обоснованного разделения показателей нейропсихологической и компьютерной диагностики на параметры, отражающие состояние управляющих функций и нейродинамических показателей психической деятельности. Испытуемыми выступили дети 6–9 лет, не имеющие диагностированных нарушений развития ($N=175$). Были оценены несколько факторных моделей, допускающих разную степень дифференциации показателей в зависимости от принадлежности к разным группам функций. В результате наилучшие оценки получила модель, включающая в себя три фактора: управляющие функции, гиперактивность-импульсивность и замедленность. Данные факторы выступили основанием для расчета интегральных показателей трех групп функций и последующего кластерного анализа, в результате которого выделено четыре группы испытуемых: со склонностью к гиперактивности-импульсивности, со склонностью к замедленности, с относительной слабостью программирования и контроля, а также группа без каких-либо наблюдаемых дефицитов функций. Сопоставление данных кластеров по внешним, не вошедшим в анализ независимым параметрам показало связанные с характеристикой групп статистические тенденции, а также в ряде случаев значимые и ожидаемые различия между кластерами.

Ключевые слова: нейродинамические функции, гиперактивность, управляющие функции, нейропсихологическая диагностика, дошкольники, младшие школьники, структурное моделирование.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-013-00668.

Введение

При проведении нейропсихологического обследования принято разделять факторы программирования, регуляции и контроля произвольной деятельности и нейродинамические параметры, опираясь в том числе на концепцию трех структурно-функциональных блоков мозга А.Р. Лурия (Лурия, 1973). При этом в проводимых исследованиях обнаруживаются стабильные, высокие

и значимые корреляции между относящимися к разным блокам параметрами (Ахутина и др., 2019). Возникает вопрос о правомерности диагностического разделения показателей, соответствующих этим группам функций при анализе оценок особенностей прохождения обследования. Также возникает проблема интерпретации результатов компьютерной нейропсихологической диагностики, построенной на схожих с традиционным обследованием методологических основаниях и имеющей цель скринингового определения «слабых» звеньев психических функций (Korneev et al., 2018). В ней параметры представляются менее диагностически специфичными (например, общее число ошибок, время прохождения задания). Ввиду указанных проблем целью настоящего исследования являлась проверка возможности статистического обоснования разделения поведенческих показателей, отражающих состояние функций программирования регуляции и контроля, с показателями, отражающими нейродинамические параметры психической деятельности. При возможности указанного разделения также интересно выделить группы испытуемых с относительной слабостью отдельных функций, что подкрепляло бы осмысленность их раздельной оценки.

Материалы и методы

Испытуемыми были дети в возрасте от 6 до 9 лет без диагностированных нарушений развития ($N = 175$). Анализируемыми показателями выступили представленные в интервальных и порядковых шкалах результаты выполнения некоторых методик из традиционного нейропсихологического обследования старших дошкольников и младших школьников (Ахутина и др., 2016), а также ряд показателей, отражающих прохождение методик из компьютерной батареи (Korneev et al., 2018; описание батареи методик можно посмотреть по адресу <http://psychosoft.ru/download/doc/akhutina2017.pdf>). Каждый показатель будет упомянут при обсуждении результатов, на данном этапе отметим, что отбор параметров для включения в анализ базировался на содержательном анализе показателей, а также на результатах предыдущих этапов исследования (Ахутина и др., 2019). Теперь опишем использовавшиеся статистические методы. Основным методом выступило структурное моделирование (конфирматорный факторный анализ), позволяющее выделить латентные факторы на основании наблюдаемых показателей. Мы предполагали найти в данных факторах отражение состояния функций программирования и контроля и нейродинамических показателей. Для оценки соотношения модели не только с теоретическими нейропсихологическими соображениями, но и с реальными данными следующим шагом было проведение кластерного анализа методом k -средних, чтобы оценить, насколько возможно разделить имеющуюся выборку на группы с относительной слабостью той или иной группы функций, используя выделенные факторы как критерии. Наконец, критериями осмысленности разделения испытуемых на кластеры выступали ранее не вошедшие в анализ показатели, а именно: 1) количество импульсивных ошибок в реакции выбора, 2) темп выполнения реципрокной координации, 3) время прохождения 4-й (самой сложной) таблицы Шульте в компьютерной батарее.

Статистическая обработка проводилась в программе R Studio (версия 1.4.1103) с помощью пакета lavaan (версия 0.6-8).

Результаты и их обсуждение

Структурная модель с одним фактором не соответствовала критериям принятия модели (минимальными были взяты $RMSEA \leq .06$; $CFI \geq .9$; $SRMR \leq .8$; см., например, Hu, Betntler, 1999) — ($\chi^2(54) = 137.100$; $RMSEA = .094$, $CFI = .863$, $SRMR = .117$), что содержательно говорило об адекватности разделения показателей, отражающих нейродинамические параметры психической деятельности, и показателей, отражающих состояние управляющих функций. Однако и модель с двумя латентными факторами не соответствовала критериям принятия модели ($\chi^2(52) = 131.060$; $RMSEA = .092$, $CFI = .871$, $SRMR = .117$). Ниже мы приведем результаты оценки модели с тремя латентными факторами, имеющей как содержательный смысл, так и подходящие по критериям параметры соответствия. Данная модель содержала 3 латентных фактора, а именно:

1. Фактор управляющих функций, включающий в себя общее число ошибок в реакции выбора, усвоение программы в динамическом праксисе, точность выполнения 3-й (самой сложной) серии корректурной пробы, точность прохождения теста DOTs, точность выполнения методики *n*-back.
2. Фактор гиперактивности-импульсивности: два показателя по результатам нейропсихологического обследования — выраженность проявлений гиперактивности и импульсивности, время реакции в 1-й серии теста DOTs, среднее время ответа 1-й таблицы Шульте.
3. Фактор замедленности: оценки темпа выполнения заданий, выраженность проявлений утомляемости, выраженность проявлений инертности по результатам нейропсихологического обследования, время реакции в первой серии теста DOTs, время прохождения 1-й таблицы Шульте.

Оценки качества модели оказались следующими: $\chi^2(49) = 70.793$; $RMSEA = .051$, $CFI = .964$, $SRMR = .079$ (полные данные по модели, в том числе факторные нагрузки, см. по адресу <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32767.74406>). Данная модель позволяет статистически подтвердить наши изначальные предположения, основанные на качественном, содержательном анализе и разделении параметров, относящихся к управляющим функциям, и нейродинамических параметров психической деятельности. Однако заметим, что выделенные латентные факторы, по нашему мнению, не вполне совпадают с традиционно выделяемыми нейропсихологическими факторами. Спекулятивно можем предположить, что мы имеем здесь дело с паттернами функциональной слабости, за которыми лежат особенности целых мозговых функциональных систем.

Следующим шагом была попытка разделения выборки на кластеры соответственно выделенным в модели факторам. Для кластеризации использовались интегральные показатели (индексы), полученные путем суммирования стандартизованных показателей, вошедших в факторы соответственно знаку их факторных нагрузок (например, время прохождения 1-й таблицы Шульте

вошло в фактор гиперактивности-импульсивности с отрицательным знаком, а в фактор замедленности — с положительным). Для кластеризации на данном этапе не использовались собственно факторные значения, поскольку расчет интегральных показателей путем суммирования подконтролен нам на каждом этапе и, как следствие, более прозрачен. Стабильное и адекватно интерпретируемое распределение по кластерам было обнаружено при выделении 4 групп из выборки: 1) «гиперактивно-импульсивные» дети, 2) «замедленные» дети, 3) дети с трудностями программирования и контроля, 4) дети с относительно хорошими показателями по всем трем индексам (условно «высокая норма»). Средние по факторам модели, а также число испытуемых по каждому кластеру представлены в табл. 1.

Таблица 1. Описательные параметры для выделенных кластеров

№	Гиперактивн.-импульс.	Замедленность	Управляющие функции	N	Характеристика
1	1.607	-0.274	-0.065	25	Гиперактивно-импульсивные
2	-1.120	1.360	-0.109	33	Замедленные
3	0.211	0.319	1.384	37	С трудностями программирования и контроля
4	-0.138	-0.623	-0.575	80	«Высокая норма»

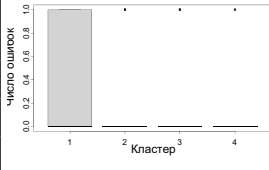
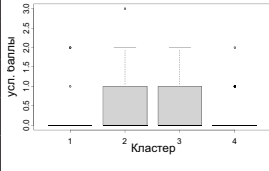
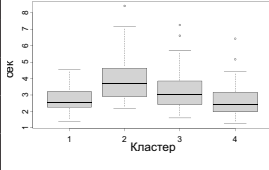
Повторимся, что сильной стороной такого разделения на группы стала стабильность получаемых кластеров с точки зрения соотношения средних по факторам и содержательной интерпретации. Заключительным же шагом в нашем анализе выступила проверка данных кластеров путем сравнения полученных групп по ранее не входившим в анализ показателям. Результаты сравнения представлены в табл. 2, где в первом столбце указан сам показатель, во втором визуализировано распределение значений по показателю в каждом кластере, в третьем приведены результаты однофакторного дисперсионного анализа и парных сравнений кластеров между собой (в ячейках мини-таблиц в 3-м столбце указаны значимости попарных различий с поправкой Хольма).

Как можно заметить, далеко не все различия между кластерами являются значимыми, однако заметные на графиках содержательно логичные тренды (преобладание импульсивных ошибок в соответствующем кластере; большее время поиска в 4-й таблице Шульте замедленными детьми) и некоторые зафиксированные различия (особенно между 1 и 2 кластерами, которые в некотором смысле противопоставляются) как минимум не противоречат построенной модели и вложенному в нее смыслу.

Выводы

Получена трехфакторная модель, включающая факторы управляющих функций, гиперактивности-импульсивности и замедленности. Можно предпо-

Таблица 2. Сравнение кластеров по независимым переменным

Показатель	Распределение	Различия между кластерами			
Импульсивные ошибки в реакции выбора (количество)		$F(1, 173) = 4.513 (p = .035)$			
		кластер	1	2	3
		2	.025	—	—
		3	.812	.675	—
		4	.018	1	.783
Темп выполнения реципрокной координации (чем ближе к нулю, тем лучше темп)		$F(1, 173) = 3.045 (p = .083)$			
		кластер	1	2	3
		2	1	—	—
		3	1	1	—
		4	1	.280	.150
Время поиска в самой сложной 4-й таблице Шульте		$F(1, 172) = 6.151 (p = .014)$			
		кластер	1	2	3
		2	<.001	—	—
		3	.157	.085	—
		4	1	<.001	.021

ложить, что за данными факторами лежат паттерны слабости функциональных систем головного мозга. Таким образом, оказывается возможным не только содержательно, но и статистически обоснованное разделение управляющих функций и нейродинамических параметров психической деятельности. На основании факторов модели получено разделение испытуемых на кластеры с относительной слабостью тех или иных групп функций. Перспективными представляются исследования, направленные на уточнение мозговой и психологической структуры систем, стоящих за указанными паттернами слабости, а также на уточнение критериев их определения.

Литература

Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., Гусев А.Н., Кремлев А.Е., Букин А.М. Опыт разработки интегральных показателей батареи компьютеризированной нейропсихологической диагностики // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019. М.: БукиВеди, ИППИП, 2019. С. 571 – 576.

Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. и др. Методики нейропсихологического обследования детей // Методы нейропсихологического обследования детей 6 – 9 лет. М.: В. Секачев, 2016. С. 16 – 163.

Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М.: МГУ, 1973.

Hu L.-t., Bentler P.M. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives // Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal. 1999. Vol. 6. No. 1. P. 1 – 55.

Korneev A., Akhutina T., Gusev A., Kremlev A., Matveeva E. Computerized neuropsychological assessment in 6–9 years-old children // The Fifth International Luria Memorial Congress (Lurian Approach in Psychological Science). KNE Life Sciences Russia, 2018. P. 495 – 506.

STRUCTURAL ANALYSIS OF NEURODYNAMIC AND EXECUTIVE FUNCTIONS BASED ON COMPREHENSIVE NEUROPSYCHOLOGICAL EXAMINATION

A. A. Korneev* (1, 2), A. M. Bukinich (1), E. Yu. Matveeva (1), T. V. Akhutina (1)
korneeff@gmail.com

1 – Lomonosov Moscow State University, Moscow; 2 – Institute
of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow

Abstract. We present a structural analysis of the results of the neuropsychological examination of children aged 6 to 9 years old. Particularly, we discuss an opportunity of statistic-based differentiation of indicators that capture the state of executive functions and neurodynamic characteristics of mental activity, measured using both traditional and computerized neuropsychological examinations. 175 children without diagnosed developmental abnormalities participated in the study. We estimated several factor models with different numbers of latent factors. The best fit indices were observed in the model which included three factors: executive functions, hyperactivity-impulsiveness, and sluggishness. These factors were used as a base for calculating the integral indexes of these three characteristics. A cluster analysis of these indexes allowed us to divide our sample into four groups: children with relative weakness of executive functions, those with relatively high impulsiveness, those who were relatively sluggish, and those without any observed weaknesses. We compared these groups using independent parameters that had not yet been included in the analysis. The comparison showed trends and some significant differences that are logically connected to the cluster entities.

Keywords: neurodynamic functions, hyperactivity, sluggish tempo, executive functions, neuropsychological diagnostics, preschoolers, junior schoolchildren, structural modeling

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 19-013-00668.

УДЕРЖАНИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ СЕРИЙНОЙ ИНФОРМАЦИИ В РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ: ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ И МОДАЛЬНОСТИ

А.А. Корнеев* (1, 2), Д.И. Ломакин (1), А.В. Курганский (1, 3)

korneeff@gmail.com

1 — ИВФ РАО, Москва; 2 — МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва;

3 — РАНХиГС, Москва

Аннотация. В работе представлены результаты эксперимента, направленного на исследование особенностей запоминания и воспроизведения взрослыми испытуемыми вербальной и невербальной зрительной серийной информации в зависимости от способа ее предъявления. Участники эксперимента должны были запомнить и воспроизвести последовательности букв и цифр, а также последовательности линий, образующих ломаные кривые. Все три типа стимулов предъявлялись двумя способами — либо одновременно как статические изображения, либо последовательно как динамические объекты. Кроме того, варьировались длина последовательностей и время задержки ответа, то есть продолжительность удержания информации в рабочей памяти. Анализ полученных результатов показал, что точность запоминания при воспроизведении вербальной информации по сравнению с невербальной выше, а время реакции — меньше. Также обнаружено, что способ предъявления оказывает влияние на точность запоминания последовательностей, но это касается в основном невербальной информации. Варьирование периода удержания серийной информации позволило обнаружить различное влияние этого фактора на время реакции в зависимости от способа предъявления и типа стимула. Полученные результаты позволяют предположить, что репрезентация серийной информации преобразуется в процессе ее удержания в рабочей памяти, но эти преобразования могут носить разный характер в зависимости от модальности (вербальная vs зрительно-пространственная) и способа предъявления.

Ключевые слова: рабочая память, серийная информация, внутренняя репрезентация, отсроченное воспроизведение, латентное время

Введение

В исследованиях удержания серийной информации в рабочей памяти активно обсуждается проблема запоминания информации различного типа. Прежде всего, внимание уделяется особенностям сохранения серийной вербальной и невербальной информации (см. обзор Hurlstone et al., 2014). На основе анализа воспроизведения серийных стимулов высказываются предположения о единых принципах сохранения последовательностей в рабочей памяти независимо от модальности удерживаемой информации. С другой стороны, важным свойством запоминаемого материала является форма предъявления, в частности, возможно предъявление стимула в виде статического объекта или как динамической последовательности. Исследования показывают, что возможны различные способы кодирования и сохранения инфор-

мации в рабочей памяти, и остается неясным, хранится ли информация о последовательности в модально-специфических (см., например, Ginsburg, et al., 2017) или в относительно независимых от модальности репрезентациях (см., например, Vergara et al., 2016) или же возможны оба варианта. Открытым остается вопрос о связи модальности стимулов с формой предъявления последовательности (Vergara et al., 2016) на этапе извлечения информации из рабочей памяти. В наших предыдущих исследованиях при анализе отсроченного воспроизведения невербальной серийной информации (ломаных кривых, предъявляемых статически и динамически) мы получили данные, указывающие на возможное преобразование репрезентации серийной информации в рабочей памяти (Корнеев, Курганский, 2013). Было обнаружено, что при минимальном времени удержания серийной информации в рабочей памяти временные параметры ответов испытуемых заметно различаются в зависимости от того, в какой форме — статической или динамической — предъявляются последовательности стимулов. Однако при увеличении периода удержания информации до трех секунд различия практически исчезают, что позволяет заключить, что изначально специфическая репрезентация преобразуется в абстрактную, независимую от специфики исходного способа представления форму.

В рамках данной работы мы предпринимаем попытку исследовать, насколько этот эффект проявляется при запоминании не только невербальной, но и элементарной вербальной информации (последовательностей букв или цифр).

Методика

В эксперименте приняли участие 33 взрослых испытуемых в возрасте от 21 года до 55 лет (32.2 ± 7.9 лет), 20 женщин и 13 мужчин, праворуких по самоотчету. Испытуемым предлагалось запоминать и отсроченно (в ответ на императивный звуковой сигнал) воспроизводить на сенсорном экране последовательности различного типа и сложности. Использовались три типа последовательностей: набор прямолинейных отрезков, организованных в незамкнутую ломаную линию (далее TRJ: траектория), последовательность цифр (далее DIG) и букв (далее LET). Также варьировалась длина последовательностей (от 3 до 5 элементов в задачах DIG и LET, от 4 до 6 элементов — в задаче TRJ). Различие в длине стимулов обусловлено тем, что траектории короче четырех элементов по данным предыдущих исследований оказываются слишком простыми для испытуемых, а буквенно-числовые последовательности из шести элементов, согласно результатам пилотажа, — слишком сложными. Время задержки ответа испытуемого могло принимать два значения: 500 мс и 3000 мс. Наконец, варьировался способ предъявления стимулов — он мог быть статическим (далее STAT) или динамическим (далее DYN). В условии STAT вся последовательность предъявлялась целиком на 2000 мс (строки цифр и букв или ломаная линия). В режиме DYN в задачах DIG и LET символы предъявлялись один за другим, каждый на 500 мс, а в задаче TRJ по невидимому контуру ломаной линии двигалась точка, время движения по каж-

дому отрезку ломаной — 500 мс. Проба начиналась с предъявления фиксационного креста. Затем предъявлялась последовательность стимулов, после чего с задержкой в 500 или 3000 мс подавался звуковой сигнал, в ответ на который испытуемый должен был как можно быстрее и точнее воспроизвести последовательность, стартуя из фиксированной позиции, на которой он фиксировал палец в начале каждой пробы. В случае воспроизведения ломаной линии испытуемый должен был нарисовать ее траекторию на сенсорном пустом экране. В случае воспроизведения вербальной информации (последовательностей букв или цифр) испытуемый должен был выбирать в нужном порядке буквы или цифры в наборе, который предъявлялся одновременно с императивным звуковым сигналом на сенсорном экране, который содержал те же элементы, что и в стимуле, но в измененном порядке. По окончании ответа он возвращал палец на стартовую позицию, и начиналась следующая проба. Эксперимент состоял из шести блоков, в каждом из которых предъявлялся один из трех типов серийно организованных вербальных и невербальных стимулов, отдельно в статическом и динамическом режиме. Внутри блока время задержки и длина последовательностей варьировались в квазислучайном порядке, индивидуальном для каждого испытуемого. Эксперимент проводился в автоматическом режиме под управлением программы, написанной в среде Octave (OC Kubuntu) с использованием библиотеки функций psychtoolbox 3.

Основным временным параметром ответов испытуемых было время реакции (RT) — интервал от начала императивного сигнала до начала движения испытуемого. Также оценивалась точность ответов (в DIG и LET автоматически, а в TRJ — путем визуального сопоставления траектории ответа испытуемого с соответствующим стимулом, подробнее об оценках ошибок воспроизведения траекторий см. Корнеев и др., 2020).

Результаты

Для оценки влияния экспериментальных факторов на точность ответа и время реакции испытуемых был проведен дисперсионный анализ для повторных измерений с четырьмя внутригрупповыми факторами: *тип стимула, режим предъявления, время задержки ответа и длина последовательности*. Полные данные представлены в приложении, опубликованном по адресу <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.14889.52324/3>. Укажем на основные значимые результаты анализа.

- (1) При варьировании типа стимулов максимальная точность ответов наблюдается в условии DIG, минимальная — в условии TRJ ($F(2, 46) = 20.196$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .468$);
- (2) при сравнении двух режимов предъявления точность ответов испытуемых ниже в режиме DYN ($F(1, 23) = 38.916$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .629$);
- (3) при увеличении длины последовательности точность ответов снижается ($F(2, 46) = 44.799$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .661$). Также значимыми оказались влияния взаимодействий:
- (4) *Тип стимула × Режим*: точность ответов практически не различается в двух режимах при воспроизведении цифровых последовательностей,

- при воспроизведении букв точность в режиме DYN несколько меньше, и максимальное отличие наблюдается при воспроизведении траекторий ($F(2, 46) = 25.19, p < .001, \eta_p^2 = .523$);
- (5) *Тип стимула × Длина последовательности*: минимальные различия точности воспроизведения стимулов разной длины наблюдаются в DIG, несколько сильнее различие в TRJ и максимальное — в случае LET ($F(4, 92) = 12.604, p < .001, \eta_p^2 = .354$);
- (6) *Режим предъявления × Длина*: в режиме STAT снижение точности ответов при увеличении длины заметно слабее, чем в режиме DYN ($F(2, 46) = 8.059, p = .001, \eta_p^2 = .259$).

Аналогичный дисперсионный анализ RT показал следующие значимые эффекты:

- (1) при воспроизведении обоих типов вербальных стимулов RT заметно ниже, чем при воспроизведении TRJ ($F(2, 46) = 15.304, p < .001, \eta_p^2 = .400$);
- (2) при увеличении времени задержки ответа RT сокращается ($F(1, 23) = 64.441, p < .001, \eta_p^2 = .737$);
- (3) по мере роста длины последовательности RT увеличивается. Также значимыми оказались три взаимодействия факторов:
- (4) *Тип стимула × Время задержки*: различия между RT при разном времени задержки практически отсутствуют в случае DIG и LET, но в TRJ при увеличении времени задержки ответа RT резко снижается ($F(2, 46) = 60.123, p < .001, \eta_p^2 = .723$);
- (5) *Тип стимула × Длина последовательности*: RT заметно меняется в зависимости от длины в случае LET, несколько слабее в случае DIG и незначителен в случае TRJ ($F(1, 23) = 5.81, p = .024, \eta_p^2 = .202$);
- (6) *Режим предъявления × Время задержки*: при короткой задержке ответа RT в режиме DYN заметно больше, чем в STAT, однако при увеличении задержки различия RT в двух режимах предъявления практически исчезают ($F(4, 92) = 3.023, p = .022, \eta_p^2 = .116$). Остальные эффекты оказались статистически незначимыми.

Обсуждение результатов

Сравнение различных типов стимулов показывает, что вербальные стимулы запоминаются и воспроизводятся лучше, чем невербальные; это указывает на более точную и полную репрезентацию вербальной информации в рабочей памяти. Сравнение двух способов предъявления показало, что информация, предъявляемая в статическом режиме, воспроизводится более точно, чем в динамическом, а на время реакции способ предъявления не оказывает значимого влияния. Из этого можно сделать вывод, что репрезентация динамической информации менее полная по сравнению с репрезентацией статической. Это согласуется с результатами наших предыдущих исследований, где схожий эффект был получен только на невербальном материале в различных возрастных группах (Корнеев и др., 2020). Также воспроизводится снижение RT при увеличении времени удержания информации в рабочей памяти, однако при

более подробном анализе видно, что этот эффект отчетливо присутствует только в случае воспроизведения невербальных последовательностей, вербальные последовательности воспроизводятся с одинаковым RT при изменении времени задержки. При этом различия RT, связанные со способом предъявления стимулов, нивелируются при увеличении времени удержания серийной информации в рабочей памяти как для вербальных, так и для невербальных стимулов (см. рис. 11А и 14 приложения). В целом эти данные, по нашему мнению, не противоречат гипотезе о преобразовании репрезентации серийной информации в рабочей памяти, однако к вербальным стимулам это может относиться в меньшей степени (по крайней мере при том уровне сложности, который использован в нашем эксперименте). Обращает на себя внимание то, что при воспроизведении вербальной информации снижение RT при удлинении периода удержания наблюдается только в динамическом режиме, а в статическом RT имеет тенденцию (хоть и незначимую) к увеличению. Таким образом, вероятное преобразование репрезентаций серийной информации в РП может зависеть от их модальности (вербальной или зрительно-пространственной).

Также можно отметить, что хорошо известный из литературы эффект длины последовательности наиболее четко проявляется при воспроизведении букв — это касается и точности ответов, и времени реакции. При воспроизведении цифр эффект длины практически отсутствует в отношении точности ответов и не очень заметен в отношении RT. При воспроизведении невербальных последовательностей, напротив, эффект длины достаточно выражен в отношении точности и практически не проявляется при анализе RT. В целом это может указывать на то, что именно буквы запоминаются как последовательность, а в случае цифр и траекторий стимулы, состоящие из разного числа элементов, могут запоминаться и как последовательность, и как составной объект, но этот вопрос требует дополнительного исследования.

Литература

Корнеев А.А., Курганский А.В. Внутренняя репрезентация серии движений при воспроизведении статического рисунка и траектории движущегося объекта // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2013. № 4. С. 437–450.

Корнеев А.А., Ломакин Д.И., Курганский А.В. Возрастные особенности запоминания последовательности движений, заданной зрительным образцом // Психологические исследования. 2020. Т. 13. № 69. С. 30–48.

Ginsburg V., Archambeau K., van Dijk J.-P., Chetail F., Gevers W. Coding of serial order in verbal, visual and spatial working memory // Journal of Experimental Psychology: General. 2017. Vol. 146. No. 5. P. 632–650. <http://dx.doi.org/10.1037/xge0000278>

Hurlstone M.J., Hitch G.J., Baddeley A.D. Memory for serial order across domains: An overview of the literature and directions for future research // Psychological Bulletin. 2014. Vol. 140. No. 2. P. 339–373. <http://dx.doi.org/10.1037/a0034221>

Vergara J., Rivera N., Rossi-Pool R., Romo R. A neural parametric code for storing information of more than one sensory modality in working memory // Neuron. 2016. Vol. 89. No. 1. P. 54–62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2015.11.026>

RETAINING SERIAL VISUAL INFORMATION IN WORKING MEMORY: INFLUENCE OF PRESENTATION MODE AND MODALITY

A. A. Korneev*(1, 2), D. I. Lomakin (1), A. V. Kurgansky (1, 3)

korneeff@gmail.com

1 — Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow; 2 — Lomonosov Moscow State University, Moscow; 3 — RANEPa, Moscow

Abstract. The paper presents the results of an experiment aimed at studying the memorization and retrieval of verbal and nonverbal visual serial information presented statically or dynamically. Participants had to memorize and reproduce sequences of letters and numbers, as well as sequences of lines that form open polygonal chains. All three types of stimuli were presented in two ways — either simultaneously, as static images, or sequentially, as dynamic objects. In addition, we varied the sequence length and response delay time (the duration of information retention in working memory). Analysis of the obtained results showed that the accuracy of memorization during the reproduction of verbal information in comparison with non-verbal information is higher, and the reaction time is shorter. It was also found that the method of presentation affects the accuracy of memorization of sequences, but this applies mainly to nonverbal information. Varying the period of retention of serial information made it possible to reveal a different effect of this condition on reaction time, depending on the presentation mode and type of stimulus. The results suggest that the representation of serial information is transformed as it is retained in working memory, but these transformations can be of a different nature depending on the modality (verbal vs. visual-spatial) and the mode of presentation.

Keywords: working memory, serial information, internal representation, delayed production, latency

ОСТРОУМНОСТЬ ЛЕЖИТ В ОСНОВЕ ИНСАЙТНОГО РЕШЕНИЯ

С.Ю. Коровкин (1), П.Н. Маркина* (1, 2)

alxetar@gmail.com

1 — ЯрГУ, Ярославль; 2 — ИП РАН, Москва

Аннотация. Последние данные о том, что в решении инсайтных задач может не быть ага-переживания, заставляют задуматься о том, что именно необходимо для этого специфического инсайтного чувства. В эксперименте мы предъявляли испытуемым несколько ответов на инсайтные задачи и просили оценивать ага-переживание. Ответы различались между собой с точки зрения остроумия и наличия смены репрезентации. Результаты показали, что оценка остроумности ответа на задачу сильно связана со сменой репрезентации; и остроумные ответы вызывают ага-реакцию. Заметим, что самыми остроумными решающие считали ответы со сменой репрезентации, далее следовали ответы, не связанные с репрезентациями задачи, и как самые банальные оценивались ответы из начальной репрезентации задачи. Интересно, что время предъявления ответа не оказало значимого влияния на оценки ага-переживания. Таким образом, мы можем говорить, что остроумие можно считать одним из ключевых показателей инсайтного решения.

Ключевые слова: инсайт, решение задач, ага-реакция, ага-переживание, остроумие, смена репрезентации, задачи «Что? Где? Когда?»

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-78-10103.

Введение

Инсайтные задачи попали в область внимания ученых во многом потому, что их решение порождает яркую эмоциональную реакцию, ага-переживание. Тем не менее в ряде экспериментов показано, что инсайтные задачи могут не сопровождаться ага-переживанием (Danek, Wiley, 2017; Danek et al., 2016; Davidson, 1995; Webb et al., 2016). Такие данные ставят под сомнение фундаментальные инсайтные характеристики и вызывают желание в них разобраться.

Мы предположили, что ага-переживание может быть связано со сменой репрезентации (как основной характеристики инсайтности задачи; Ohlsson 1992): инсайтная задача сопровождается ага-переживанием в том случае, если для ее решения нужно изменить первоначальную репрезентацию. Смена репрезентации вызывает ответ достаточно неожиданный для того, чтобы вызвать ага-переживание. Вторым важным условием является то, что решение должно полностью удовлетворять всем условиям задачи, чтобы осознание

правильности ответа происходило мгновенно. Таким образом, для выраженного ага-переживания нахождение решения должно сопровождаться сменой репрезентации и нахождением четкого соответствия между условиями и ответом. Этим критериям наиболее точно соответствует обыденное представление об «остроумности» решения.

В контексте юмора понятие «остроумие» предполагает смещение фреймов, что максимально близко к смене репрезентации, поскольку и один и другой термин предполагают новое понимание контекста. Услышав остроумную шутку, люди смеются, поэтому мы посчитали вероятным, что люди испытают ага-переживание после остроумного ответа на задачу. Также мы предположили, что для быстрого понимания правильности ответа может быть важна длительность работы с задачей (как достаточное погружение в условие задачи).

Гипотеза. Оценка остроумности решения инсайтной задачи и сила ага-переживания зависимы от степени смены репрезентации.

Методика

В исследовании приняли участие 30 человек (21 женщина) в возрасте от 14 до 55 лет ($M = 26.7$, $SD = 8.6$). Материалом служили задачи из базы игры «Что? Где? Когда?», для правильного решения которых необходимо однократное изменение репрезентации. Испытуемые решали задачу в течение 15/30/60 секунд (в зависимости от условия, время испытуемому не сообщалось), после чего на экране появлялся ответ на задачу. Для каждой задачи было три ответа: ответ «а» — правильный, «б» — неправильный и логичный для исходной репрезентации задачи и «с» — неправильный, но не относящийся ни к исходной, ни к конечной репрезентации задачи. (Пример задачи с вариантами ответа: «Синий журнал» за 1917 год писал: «На наш рубль в Персии дают по 6 копеек, в Европе — по 20 копеек (и то неохотно). Скоро, по предсказанию М.Е. Салтыкова, будут давать...». Закончите эту фразу. Ответы: «а» — по морде; «б» — одну копейку; «с» — объявление). После появления ответа испытуемому нужно было решить, правильный ли ответ ему предложили, и оценить свои ага-переживания по опросным шкалам (Danek, Wiley, 2017). Мы использовали шкалы ага-переживания (удовольствие, удивление, внезапность, облегчение, уверенность, драйв), которые дополнили шкалами оценки смены репрезентации («Сравните свое первое представление о задаче с представлением о задаче после того, как Вы узнали ответ. Представление о задаче осталось прежним до и после ответа (1) — Представление о задаче изменилось (7)») и остроумия («Ответ показался мне банальным (1) — остроумным (7)»).

Каждый испытуемый решал шесть задач плюс две тренировочные, работа велась индивидуально, очно. Эксперимент реализован с помощью PsychoPy.

Результаты

В первую очередь мы убедились, что ответы на задачи действительно субъективно различаются по степени остроумия ($F(2, 60) = 36.559$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .292$; см. рис. 1). Интересно заметить, что испытуемые самыми остроумными считали ответы со сменой репрезентации, далее следовали ответы, не

связанные с репрезентациями задачи, самыми банальными — ответы из изначальной репрезентации задачи, тест Тьюки: $p < .0001$ между всеми группами.

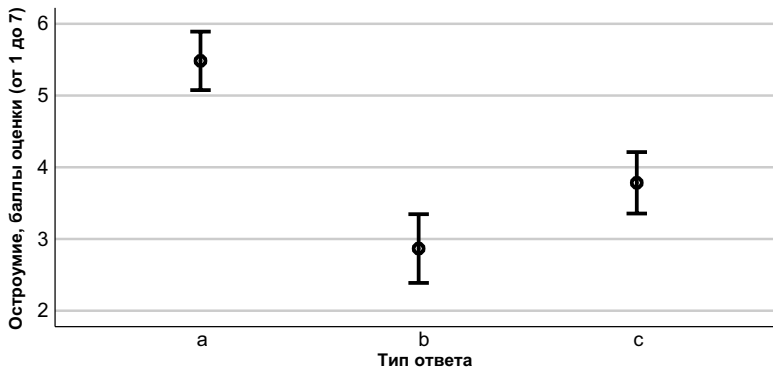


Рисунок 1. Сравнение оценок остроумности различных типов ответов

Далее мы провели основной анализ, где независимыми переменными были *тип ответа*, а значит, и тип репрезентации («а» — правильный, «б» — неправильный и логичный для исходной репрезентации задачи и «с» — неправильный, но не относящийся ни к исходной, ни к конечной репрезентации задачи) и *время предъявления ответа* (15/30/60 секунд), зависимыми — шкалы ага-переживания (удовольствие, удивление, внезапность, облегчение, уверенность, драйв, смена репрезентации) и скорость принятия решения о правильности предъявленного ответа. Значимым оказалось влияние *типа ответа* на удовольствие ($F(2, 60) = 40.046$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .319$), удивление ($F(2, 60) = 7.868$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .084$), облегчение ($F(2, 60) = 19.093$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .183$), уверенность ($F(2, 60) = 36.185$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .297$), смену репрезентации ($F(2, 60) = 6.332$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .069$). Значимого влияния *времени предъявления* ни на одну из составляющих ага-переживания не оказало.

Кроме этого, статистически значимым оказался *фактор самостоятельного решения* задачи до предъявления ответа. Заметим, что испытуемые все равно оценивали *предъявленный*, а не самостоятельно найденный ответ, даже когда смогли сами решить задачу. Тем не менее это оказало значимое влияние на оценки удивления ($F(1, 60) = 5.813$, $p = .017$, $\eta_p^2 = .032$) и шкалы смены репрезентации ($F(1, 60) = 7.056$, $p = .009$, $\eta_p^2 = .038$). Заметим, что *самостоятельность решения* не оказала значимого влияния на интегральный показатель ага-переживания ($F(1, 60) = 0.355$, $p = .552$, $\eta_p^2 = .002$).

Для того, чтобы убедиться, что остроумие — важный показатель ага-переживания, мы проанализировали корреляцию между оценками остроумия и интегральным показателем ага-переживания ($r(60) = .449$, $p < .0001$). Учитывая важность смены репрезентации для инсайтности задачи, мы проверили, что остроумие коррелирует и с этим параметром ($r(60) = .395$, $p < .0001$).

Обсуждение и выводы

В нашем эксперименте мы смогли подобрать различные по степени остроумности ответы и продемонстрировали, что они связаны с оценками ключевого показателя инсайтности, сменой репрезентации, и интегральной оценкой ага-переживания. Мы заключаем, что остроумие влияет на наличие ага-переживания, и это можно объяснить через связь остроумия со сменой репрезентации. Дополнительную уверенность в этом выводе нам дает то, что самые банальные ответы — те, что остаются в исходной репрезентации, следующими по степени остроумия идут ответы, не включенные ни в изначальную, ни в целевую репрезентацию, а значит, существующие в рамках некоторой третьей, и самые остроумные — в целевой репрезентации, которая существенно отличается от изначальной. То есть именно смена репрезентации отвечает за остроумие. Если бы средние оценки остроумия демонстрировали неверные ответы без смены репрезентации, мы могли бы говорить о том, что правильность ответа влияет на остроумие, поскольку они звучат гораздо логичнее, чем те, что не связаны с задачей, но полученные результаты позволяют говорить только о связи между остроумием и сменой репрезентации.

Любопытно, что время предъявления ответа не оказало значимого влияния на ага-переживание. Если интерпретировать это вместе с тем, что самостоятельность решения важна для некоторых оценок, можно предположить, что первичная репрезентация задачи быстро появляется у решателя и остается устойчивой вплоть до появления ответа, меняющего ее. Поэтому имеет значение только то, в рамках какой репрезентации появился ответ, а не то, сколько времени испытуемый думает над задачей.

Таким образом, мы можем подтвердить, что оценка остроумности решения инсайтной задачи и сила ага-переживания зависят от степени смены репрезентации.

Литература

Danek A.H., Wiley J. What about false insights? Deconstructing the Aha! experience along its multiple dimensions for correct and incorrect solutions separately // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 7. No. 2077. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.02077>

Danek A.H., Wiley J., Öllinger M. Solving classical insight problems without Aha! experience: 9 dot, 8 coin, and matchstick arithmetic problems // *The Journal of Problem Solving*. 2016. Vol. 9. No. 1. <http://dx.doi.org/10.7771/1932-6246.1183>

Davidson J.E. The suddenness of insight // *The nature of insight* / R.J. Sternberg, J.E. Davidson (Eds.). The MIT Press, 1995. P. 125 – 155.

Ohlsson S. Deep Learning: How the Mind Overrides Experience. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011.

Ohlsson S. Information-processing explanations of insight and related phenomena // *Advances in the psychology of thinking*. 1992. Vol. 1. P. 1 – 44.

Webb M.E., Little D.R., Cropper S.J. Insight is not in the problem: Investigating insight in problem solving across task types // *Frontiers in Psychology*. 2016. Vol. 7. No. 1424. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01424>

WITNESS LIES AT THE HEART OF INSIGHT SOLUTIONS

S.Yu. Korovkin (1), P.N. Markina* (1, 2)

alxetar@gmail.com

1 – YarSU, Yaroslavl; 2 – IP RAS, Moscow

Abstract. The latest evidence indicating that there might be no aha-experience in solving insight problems makes us think about what exactly is necessary for this specific feeling of insight. In this study, we presented participants with several answers to insight tasks and asked them to evaluate the aha-experience. Responses varied in terms of wit and the presence of a change in representation. The results showed that assessment of the wittiness of the answer to the problem is strongly related to the representation change; furthermore, witty answers cause an aha-experience. It should be noted that the solvers considered the answers with a representation change to be the wittiest, followed by the answers that were not related to the representations of the problem, and the answers from the original representation of the problem were evaluated as the most banal. Interestingly, response time did not have a significant impact on aha-experience scores. Thus, we can say that wit can be considered one of the key indicators of an insight solution.

Keywords: insight, problem solving, aha-reaction, aha-experience, wit, representation changing, "What? Where? When?" tasks

This work was supported by the Russian Science Foundation Project No. 18-78-10103.

СХЕМЫ В РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ ПРИВОДЯТ К ПОЛНОМУ ИНСАЙТУ И ПЕРЕЖИВАНИЮ ИЗЯЩНОСТИ РЕШЕНИЯ

С.Ю. Коровкин*, А.Д. Савинова, Ю.А. Падалка, А.В. Железова
korovkin_su@list.ru
ЯрГУ, Ярославль

Аннотация. В данном исследовании мы задаемся вопросом: какова роль интеллектуальных чувств и ага-переживания в решении инсайтных задач. Мы предполагаем, что ага-переживание является эмоциональной реакцией при полном инсайте, который возникает, когда весь путь решения задачи целиком помещается в горизонт планирования. Если путь решения слишком длинный, он может быть упрощен за счет схем, которые могут объединять отдельные действия в группы и укрупнять единицы, хранящиеся в рабочей памяти. Компактность и простота используемой для кодирования решения схемы определяют эстетическое чувство изящности и красоты решения, которое является традиционным признаком правильного решения, а также — условием ага-переживания в многоходовой инсайтной задаче. Для доказательства наших предположений нами было проведено исследование на задаче «10 монет». В этой работе показан механизм, благодаря которому ага-переживание при инсайтном решении может быть связано с изящностью решения.

Ключевые слова: инсайт, ага-переживание, схема, изящность, рабочая память

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-013-00801.

Введение

В данном исследовании мы задаемся вопросом: какова роль интеллектуальных чувств и ага-переживания в решении инсайтных задач. Мы исходим из того, что ага-переживание является формой оценки решения. Требуют объяснения следующие факты: 1) инсайтные, целостные решения приводят к большей уверенности в правильности ответа, 2) инсайтные решения чаще являются правильными. Однако остается вопрос о том, на основе чего решатель может быть уверен в правильности решения до проверки решения или обратной связи.

Для объяснения этого набора данных и ответа на центральный вопрос может быть полезна теория изменения репрезентации (Ohlsson, 1992, 2011). Мы предполагаем, что выраженное инсайтное ага-переживание происходит вследствие полного инсайта, благодаря усмотрению полного пути решения после преодоления тупика (Ohlsson, 1992). Теория предсказывает, что субъектив-

ное переживание инсайта, ага-переживание, сопровождает только те случаи, когда финальное решение оказывается достаточно близко. Когнитивная структура, которая позволяет отслеживать прогресс движения к цели, удерживая несколько действий в памяти, называется «горизонт планирования», *mental lookahead* (MacGregor et al., 2001; Ohlsson, 2011). На языке данной теории смена репрезентации, сопровождаемая инсайтным переживанием, то есть полный инсайт происходит, если весь путь от нового начального состояния до целевого состояния в пространстве решения может быть виден в рамках ментального горизонта планирования. Если весь путь решения целиком не обозрим ввиду длины решения или небольшого горизонта планирования, то инсайтное переживание не будет наблюдаться, несмотря на наличие изменения репрезентации, то есть наблюдается частичный инсайт.

Мы предполагаем, что если путь от текущего состояния задачи до итогового решения достаточно велик, то он может быть упрощен за счет схем. Схемы традиционно рассматриваются как формируемые структуры, которые позволяют осуществлять перенос с одной изоморфной задачи на другую (Gick, Holyoak, 1983; Reed, 2015). Схемы позволяют объединять отдельные действия в группы и укрупнять единицы, хранящиеся в рабочей памяти. Благодаря этому реализуется свойство схем — компактность. Таким образом, компактность схемы, используемой для группировки действий, может рассматриваться как условие ага-переживания в многоходовой инсайтной задаче. Компактность и простота используемой для кодирования решения схемы определяют эстетическое чувство изящности и красоты решения, которое является традиционным признаком правильного решения (Poincaré, 1952). Время и усилия, необходимые на развитие решения после частичного инсайта, могут снизить эффект переживания внезапности и удивления. Таким образом, с точки зрения мыслительных схем ага-переживание, сопровождаемое эстетическими переживаниями, является результатом обнаружения соответствия между имеющимися схемами и репрезентацией задачи. Для проверки данных рассуждений нами было проведено следующее исследование (Korovkin et al., 2020). Здесь мы приводим результаты Эксперимента 1 с дополнительными результатами, не вошедшими в основную публикацию.

Методика

Выборку исследования составили 40 испытуемых (31 женщина) в возрасте от 12 до 72 лет ($M = 34.83$, $SD = 18.43$). Все испытуемые проходили эксперимент индивидуально и добровольно, участие в эксперименте не оплачивалось. Никто из испытуемых не сообщил, что ранее встречался с задачей «10 монет».

Стимульный материал. В качестве материала для исследования мы выбрали инсайтную задачу «10 монет» (Öllinger et al., 2017). В данной задаче требуется расположить 10 монет таким образом, чтобы они образовали 5 прямых рядов по 4 монеты в каждом ряду. При этом не допускается накладывать монеты друг на друга, поскольку задача должна быть решена в плоскости. Задача имеет ряд уникальных свойств для исследователей. Во-первых, в отличие, например, от задачи «9 точек», в которой для поиска необходимо расширить

изначально ограниченное задачное пространство, в задаче «10 монет» необходимо сначала наложить правильные ограничения, чтобы сделать задачное пространство более удобным для поиска. Во-вторых, задача имеет несколько решений: каноническое решение изображают в форме пятиконечной звезды, с которой обычно решатели знакомы с детства, в то время как существует множество других, менее симметричных решений, которые представляют собой пересечение пяти прямых линий, не образующих хорошо различимую структуру (рис. 1). Использовались шесть шкал ага-переживаний от 1 до 7 (Danek, Wiley, 2017) с одной дополнительной шкалой оценки изящности.

Процедура. Эксперимент проводился в индивидуальной форме. Экспериментатор сообщал испытуемым следующую инструкцию: «Вам даны 10 монет, которые требуется расположить в пять рядов по четыре монеты в каждом». Испытуемым давались ручка и бумага для рисования решения, монеты испытуемым не давались. Задачей испытуемых было решить задачу как можно быстрее. Время решения ограничивалось 25 минутами. Подсказки в эксперименте не использовались. Экспериментатор регистрировал время решения (в секундах) и тип найденного решения (схематизированный или несхематизированный), который определялся по форме изображенного решения. После нахождения решения испытуемые заполняли анкету с субъективными оценками ага-переживаний. Следующим шагом экспериментатор информировал испытуемого, что найденное им решение является не единственно возможным. Испытуемым давалась инструкция найти другое решение: «Данное решение не является единственным. Попробуйте найти более/менее упорядоченное решение». Для второй попытки была такая же процедура: на решение задачи давалось 25 минут, после чего заполнялась анкета на субъективную оценку ага-переживаний.

Дизайн. Для эксперимента использовался внутрисубъектный дизайн исследования. В этом эксперименте мы использовали две независимые переменные (*тип решения и порядок попыток*) и две зависимые переменные (время решения и субъективные оценки ага-переживаний).

Результаты

В результате первой попытки решить задачу все испытуемые уложились в отведенное время, при этом частоты схематизированного ($N=15$) и несхематизированного ($N=25$) решения значимо не отличались от равномерного распределения, $\chi^2(1, 40) = 1.27, p = .26$. В ходе второй попытки решения также все испытуемые смогли найти другой тип решения, что позволило включить всех испытуемых в итоговый анализ. Взаимодействия факторов номера попытки и выраженности ага-переживаний не было обнаружено, поэтому все данные анализировались вне зависимости от номера попытки. Схематизированное решение в целом оценивалось испытуемыми как более инсайтное ($M = 5.22, SD = 1.21$), чем несхематизированное решение ($M = 4.57, SD = 1.24$), $t(39) = 4.24, p = .007, r = .26$. Схематизированное решение оценивалось испытуемыми как значимо более внезапное ($M = 4.1, SD = 2.52$), чем несхематизированное ($M = 2.05, SD = 1.8$), $t(39) = 4.29, p < .001, r = .42$. Уверенность в ответе при схематизированном решении была значимо выше ($M = 6.75, SD = 0.59$), чем при

несхематизированном ($M = 5.9$, $SD = 1.95$), $t(39) = 2.79$, $p = .008$, $r = .028$. Схематизированное решение оценивалось испытуемыми как значимо более изящное ($M = 6.45$, $SD = 1.01$), чем несхематизированное ($M = 3.43$, $SD = 2.34$), $t(39) = 7.29$, $p < .001$, $r = .064$.

Обсуждение

В результате схематизированное решение оценивалось как более инсайтное по сравнению с несхематизированным. Помимо этого, схематизированное решение оценивалось как более изящное, что говорит об удачном выборе задачи для целей эксперимента. Схематизированное решение отличалось и другими параметрами ага-переживания – большей внезапностью и уверенностью. Данные характеристики относятся к когнитивным составляющим ага-переживания (Daneke, Wiley, 2017). Этот факт говорит о том, что повышение общей инсайтности решения связано с когнитивной оценкой качества найденного решения, а не является простым удовольствием от нахождения решения. Кроме того, уверенность как переживание относительно решения может отражать его правильность в широком спектре задач, даже без получения обратной связи. Мы связываем внезапность нахождения решения с тем, что путь к решению появляется в сознании целиком. Схематичное решение в большей степени соответствует целостному восприятию, благодаря чему полностью помещается в рамки горизонта планирования. По нашему мнению, компактная форма кодировки решения позволяет быстро проверить его на соответствие условиям задачи, что повышает уверенность в найденном решении.

Идея Пуанкаре о роли изящности решения может иметь под собой научное основание, поскольку за изящностью решения может стоять хорошая схематизированность решения. Под схематизированным решением мы понимаем некоторую структуру, благодаря которой решатель может усмотреть весь путь до цели в рамках горизонта планирования. Увидев целиком решение, решатель испытывает ага-переживание, являющееся эмоциональной реакцией на экономии когнитивного ресурса, внезапную ясность пути к цели в рамках заданных условий, возможность быстро оценить правильность решения.

Выводы

В этой работе показан механизм, благодаря которому чувства инсайта могут отражать изящность решения, действующий как компонент процесса решения задачи. Основные выводы проведенных исследований состоят в том, что 1) изящность является функцией схематизированности решения: чем проще и схематичнее организовано решение, тем более изящным оно оценивается; 2) шкалы ага-переживания и общая степень инсайтности являются следствием нахождения схематизированного решения, которая позволяет поместить решение целиком в рамки горизонта планирования, проверить соответствие найденного решения условиям задачи и увидеть решение внезапно, без пошагового приближения к цели; 3) уверенность в решении определяется степенью соответствия между схемой решения и набором требований задачи.

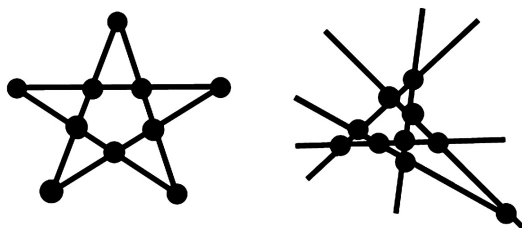


Рисунок 1. Типы правильных решений в задаче «10 монет». Слева — схематизированное решение, справа — несхематизированное решение

Литература

- Danek A.H., Wiley J. What about false insights? Deconstructing the Aha! experience along its multiple dimensions for correct and incorrect solutions separately // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 7. No. 2077. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.02077>
- Gick M.L., Holyoak K.J. Schema induction and analogical transfer // *Cognitive Psychology*. 1983. Vol. 15. No. 1. P. 1–38. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(83\)90002-6](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(83)90002-6)
- Korovkin S., Savinova A., Padalka J., Zhelezova A. Beautiful mind: Grouping of actions into mental schemes leads to a full insight Aha! experience // *Journal of Cognitive Psychology*. 2020. P. 1–11. <http://dx.doi.org/10.1080/20445911.2020.1847124>
- MacGregor, J.N., Ormerod, T.C., & Chronicle, E.P. Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 2001. Vol. 27. No. 1. P. 176–201.
- Ohlsson S. Deep Learning: How the Mind Overrides Experience. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011.
- Ohlsson S. Information-processing explanations of insight and related phenomena // *Advances in the psychology of thinking* / M.T. Gilhooly, K.J. Keane (Eds.). New York: Harvester-Wheatsheaf, 1992. P. 1–44.
- Öllinger M., Fedor A., Brodt S., Szathmáry E. Insight into the ten-penny problem: Guiding search by constraints and maximization // *Psychological Research*. 2017. Vol. 81. No. 5. P. 925–938. <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-016-0800-3>
- Poincaré H. Science and method. New York: Dover Publications, 1952.
- Reed S.K. The structure of ill-structured (and well-structured) problems revisited // *Educational Psychology Review*. 2015. Vol. 28. No. 4. P. 691–716. <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-015-9343-1>

SCHEMAS IN WORKING MEMORY LEAD TO INSIGHTFUL AND ELEGANT SOLUTIONS

S.Y. Korovkin*, A.D. Savinova, J.A. Padalka, A.V. Zhelezova
korovkin_su@list.ru
YSU, Yaroslavl

Abstract. In this study, we answer the question: What is the role of intellectual feelings and the Aha! experience in insightful solutions? We assume that the Aha! experience is an emotional reaction with full insight, which occurs when the entire path of solving

a problem is placed entirely in the mental lookahead. If the solution path is too long, it can be simplified with schemas that can unite individual actions into groups and aggregate the units stored in working memory. The compactness and simplicity of the scheme used for coding the solution determine the aesthetic sense of the elegance and beauty of the solution, which is a traditional sign of a correct solution, and is also a condition for the Aha! experience in a multi-step insightful problem. To prove our assumptions, we conducted a study using the ten-coin problem. This study shows the mechanism by which the Aha! experience with an insightful solution can be associated with the elegance of the solution.

Keywords: insight, aha-experience, schema, elegance, working memory

Research supported by RFBR grant project 20-013-00801.

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНОГО КОНТЕКСТА НА ВОСПРИЯТИЕ СЛОЖНЫХ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ЭКСПРЕССИЙ

О.А. Королькова*, Е.Г. Хозе, Е.В. Рябина

olga.kurakova@gmail.com

МГППУ, Москва

Аннотация. Известно, что восприятие лицевых выражений базовых эмоций подвержено влиянию контекста. Нас интересовало, будет ли социальный контекст влиять на оценку выражений сложных социальных эмоций. Мы провели две экспериментальные серии. В серии 1 видеоролики сложных эмоций предъявлялись без контекста; в серии 2 сложные эмоции «влюбленность», «ностальгия» и «эмпатия» демонстрировались в контексте социальных ситуаций. Контекст задавался при помощи сценок-пантомим с участием двух актеров, лица которых были расфокусированы. К каждой из трех экспрессий лица подбирались сценки, конгруэнтные и неконгруэнтные по эмоциональному содержанию. Участники обеих серий давали краткое вербальное описание эмоций, выраженных на лице, и оценивали их по Шкале дифференциальных эмоций, а также заполняли Торонтскую шкалу алекситимии. Ожидалось, что конгруэнтный контекст приведет к более однозначным оценкам сложных эмоций. Также ожидалось смещение оценок экспрессий лица в сторону эмоционального содержания неконгруэнтного контекста. Результаты показали, что экспрессии «влюбленность» и «эмпатия» воспринимаются как более положительно окрашенные в конгруэнтном контексте по сравнению с неконгруэнтным или отсутствием контекста и как более негативно окрашенные — в неконгруэнтном контексте по сравнению с конгруэнтным контекстом или его отсутствием. Для экспрессии «ностальгия» получены сходные профили оценок вне зависимости от контекста; значимые различия выявлены только по отдельнымшкалам, что предположительно может быть связано с меньшей ролью социального компонента в восприятии и переживании данной эмоции.

Ключевые слова: эмоции, экспрессии лица, социальный контекст, сложные эмоции, восприятие эмоций, оценка эмоций

Исследование поддержано РНФ, проект № 18-18-00350-П «Восприятие в структуре невербальной коммуникации».

Введение

В исследованиях восприятия эмоций все больше внимания уделяется роли контекста. Если ранее предполагалось, что существует ряд универсальных базовых эмоциональных экспрессий, которые могут с высокой точностью рас-

познаваться независимо от условий восприятия, то позднее было показано, что введение контекста может значимо менять оценку выражения лица (см. обзор: Aviezer et al., 2017). Сформировались теоретические представления о том, что эмоции не воспринимаются как фиксированный сигнал, а конструируются наблюдателем в зависимости от целого ряда факторов, включая контекст (Barrett et al., 2011). Как и базовые, социальные эмоции по своей природе не существуют изолированно от контекста; они возникают в ответ на действия других людей либо связаны с соблюдением социальных норм (Hareli, Parkinson, 2008). Вместе с тем то, как именно контекст влияет на восприятие сложных социальных эмоций, остается недостаточно изученным. В случае базовых эмоций показано, что эмоционально конгруэнтный контекст облегчает распознавание экспрессий лица, тогда как неконгруэнтный, но содержательно близкий смещает оценки лиц в направлении контекста. Нас интересовало, сохраняются ли подобные влияния контекста при восприятии сложных социальных эмоций. В нашем исследовании мы попытались на материале динамических, экологически валидных социальных сцен и экспрессий изучить взаимодействие между социальным контекстом и восприятием лица. Мы предположили, что введение конгруэнтного социального контекста приведет к более однозначным оценкам сложных социальных экспрессий, а неконгруэнтный контекст затруднит восприятие экспрессий и изменит оценки, приблизив их к эмоциональному содержанию контекста.

Методика

Мы провели две серии исследования. В *серии 1* ставилась задача получить на российской выборке эмоциональные характеристики экспрессий сложных эмоций, входящих в базу The Cambridge Mindreading Face-Voice Battery (CAM), в отсутствие контекста. База CAM представляет собой валидизированный набор коротких видеороликов, в которых профессиональные актеры демонстрируют сложные эмоции, относящиеся к 24 группам эмоций (Golan et al., 2006). Участники серии 1 ($N = 164$; 125 ж. и 39 м.; возраст 17–52; медиана 19 лет) заполняли Торонтскую шкалу алекситимии — TAS-26 (Taylor et al., 1985; Ересько и др., 1994), после чего оценивали свое эмоциональное состояние по Шкале дифференциальных эмоций (ШДЭ), содержащей 33 эмоциональные характеристики (Izard, 1991). Выраженность каждой эмоции оценивалась по пятибалльной шкале. Далее участники последовательно просматривали ряд видеороликов из CAM и письменно давали краткую вербальную характеристику после просмотра каждого ролика. После паузы участники повторно просматривали видеоролики и оценивали их по ШДЭ. Каждый участник просмотрел в среднем 16 роликов. Каждый видеоролик оценивали в среднем 37 человек.

В *серии 2* проверялась гипотеза о влиянии социального контекста на восприятие экспрессий сложных социальных эмоций. На основании оценок в серии 1 были отобраны три экспрессии, имеющие положительную валентность (см. табл. 1). В качестве контекста были подобраны сценки-пантомы с двумя участниками из базы EU-ESM (O'Reilly et al., 2016). Лица актеров в сценках были размыты с помощью фильтра Гаусса. К каждой из трех экс-

прессий подбирались по две сценки: конгруэнтная и неконгруэнтная по эмоциональному содержанию (табл. 1). Также при подборе сценок и экспрессий учитывалось, чтобы пол и примерный возраст актеров в экспрессиях и в сценах совпадали. Участники серии 2 ($N = 65$; 56 ж. и 9 м.; возраст 17 – 53; медиана 19 лет) просматривали сценку, после чего просматривали лицевую экспрессию и давали ей краткую вербальную оценку. Затем они повторно просматривали ту же экспрессию и оценивали ее по ШДЭ. В инструкции испытуемому подчеркивалось, что экспрессия лица, которую он увидит, принадлежит одному из участников сценки, и предлагалось оценить данное лицо с учетом происходящего в сценке. Каждый участник видел каждую экспрессию только в одном из двух контекстов; порядок экспрессий и подбор контекста были рандомизированы. После того как участник оценил все три экспрессии, он заполнял опросник TAS-20 (модифицированная версия Торонтской шкалы алекситимии), валидизированный на российской выборке (Тэйлор и др., 2012).

Таблица 1. Экспрессии сложных социальных эмоций и подобранный социальный контекст

Экспрессия лица	Конгруэнтный контекст	Неконгруэнтный контекст
«влюбленность» (loving); демонстрирует девушка	«радость» (happy): мужчина дарит девушке букет цветов, они обнимаются	«обида» (hurt): девушка хвалится мужчине новой сумкой, он ее игнорирует, она обижена
«ностальгия» (nostalgic); демонстрирует мужчина	«радость» (happy): девушка угощает грустного мужчину конфетами, они обнимаются	«зависть» (jealous): девушка с интересом рассматривает подарок, мужчина завидует
«эмпатия» (empathic); демонстрирует девушка	«радость» (happy): девушка мерзнет, мужчина надевает на нее свою куртку, они обнимаются	«зависть» (jealous): мужчина ест печенье, девушка видит пустую упаковку и обижается

Примечание. Приведены оригинальные обозначения эмоций, используемые в базах SAM и EU-ESM, и их перевод на русский язык. Данные обозначения могут не соответствовать эмоциям, воспринимаемым участниками настоящего исследования. Для социальных сценок также приведены краткие описания ситуаций.

Анализ данных. Данные анализировались в среде статистической обработки R, версия 3.6.3. В серии 1 данные пяти участников, имевших балл по TAS-26 от 74 (пороговое значение наличия алекситимии) и выше, исключались из дальнейшего анализа. Для каждой экспрессии строилась регрессионная модель зависимости оценки по ШДЭ от эмоциональной характеристики (33 градации). С помощью односторонних апостериорных z-тестов с коррекцией Бонферрони определялось, оценки по каким характеристикам значимо превышают 3 балла. По результатам анализа были отобраны три экспрессии для предъявления в серии 2. В настоящей работе приводятся только результаты, полученные для отобранных экспрессий; результаты апробации полной базы SAM на российской выборке готовятся к публикации.

В серии 2 данные семи участников, имевших балл по TAS-20 от 61 (пороговое значение наличия алекситимии) и выше, исключались из анализа. Для каждой из экспрессий оценки по ШДЭ, полученные в серии 2, сравнивались

Таблица 2. Значимые различия оценок сложных эмоций по ШДЭ в зависимости от социального контекста

Эмоция	M1	M2	p
Экспрессия «влюбленность»			
Конгр. > неконгр. контекст			
наслаждающийся	4.1	2.5	<.001
счастливый	4.5	2.7	<.001
радостный	4.5	2.7	<.001
изумленный	2.7	1.7	.015
Неконгр. > конгр. контекст			
подавленный	2.1	1.1	.010
печальный	2.0	1.0	.002
сломленный	1.7	1.0	.007
взбешенный	1.6	1.0	.014
гневный	1.6	1.0	.014
яростный	1.4	1.0	.024
чувств. неприязнь	1.8	1.0	.007
чувств. отвращение	1.5	1.0	.014
чувств. омерзение	1.5	1.0	.024
презрительный	1.4	1.0	.038
стыдящийся	1.6	1.0	.014
сожалеющий	1.5	1.1	.025
Конгр. контекст > без контекста			
наслаждающийся	4.1	3.0	.019
счастливый	4.5	3.0	<.001
радостный	4.5	3.1	<.001
удивленный	2.6	1.6	.019
изумленный	2.7	1.4	<.001
пораженный	2.2	1.2	.002
Без контекста > конгр. контекст			
презрительный	1.6	1.0	.039

Эмоция	M1	M2	p
Экспрессия «эмпатия»			
Конгр. > неконгр. контекст			
умиротворенный	2.9	1.6	<.001
расслабленный	2.5	1.6	.021
наслаждающийся	2.2	1.3	.002
счастливый	2.6	1.4	<.001
радостный	2.5	1.4	.001
Неконгр. > конгр. контекст			
подавленный	2.5	1.7	.024
взбешенный	1.8	1.1	.014
гневный	1.8	1.1	.044
чувств. неприязнь	1.9	1.3	.025
презрительный	1.7	1.1	.032
Неконгр. контекст > без контекста			
пораженный	2.4	1.5	.017
подавленный	2.5	1.6	.027
взбешенный	1.8	1.0	.017
гневный	1.8	1.0	.027
яростный	1.5	1.0	.027
чувств. неприязнь	1.9	1.1	.009
презрительный	1.7	1.1	.027
Экспрессия «ностальгия»			
Неконгр. > конгр. контекст			
смущенный	2.0	1.4	.032
робеющий	1.6	1.0	.006
Неконгр. контекст > без контекста			
пораженный	2.1	1.2	.027
подавленный	1.5	1.1	.043
Конгр. контекст > без контекста			
изумленный	2.3	1.3	.033
Без контекста > конгр. контекст			
сконцентрированный	2.5	1.7	.022

Примечание. M1 и M2 – средние значения для сравниваемых условий; p – уровень значимости.

в зависимости от конгруэнтности социального контекста при помощи теста Манна–Уитни с поправкой на множественные сравнения Бенджамини–Хохберга. Оценки, полученные в различном контексте в серии 2, сравнивались с результатами серии 1 тем же способом. Проводился подсчет вербальных описаний (однокоренные слова объединялись в группы).

Результаты и обсуждение

Полученные результаты (табл. 2) показали, что при введении конгруэнтного (положительного) социального контекста «влюбленность» и «эмпатия» оцениваются как более позитивные, а при введении отрицательного, неконгруэнтного контекста — как более негативные. Вербальные описания согласуются с оценками по ШДЭ: в конгруэнтном контексте при описании экспрессии «влюбленность» преобладали характеристики «радость» и «счастье», а в неконгруэнтном с одинаковой частотой встречались описания «радость» и «смущение». При описании «эмпатии» наиболее часто встречающимися характеристиками были «благодарность» и «сочувствие» в конгруэнтном контексте и «обиды» и «печаль» — в неконгруэнтном. Экспрессия «ностальгия» показала различия лишь по отдельным шкалам, в основном отрицательно окрашенным, оценки по которым возрастали в неконгруэнтном контексте. Во всех трех условиях (при разном контексте и при его отсутствии) среди наиболее частотных описаний были «радость», «удовлетворение» и «удовольствие».

Выводы

Предположение о влиянии социального контекста на восприятие сложных эмоциональных экспрессий частично подтвердилось. В проведенном исследовании контекст выполнял роль эмоционального «прайма», смещая оценки экспрессий «влюбленность» и «эмпатия» в направлении эмоционального содержания сценки, но он в меньшей степени повлиял на восприятие «ностальгии». Мы предполагаем, что это может быть связано с относительно небольшим вкладом социального компонента в восприятие и переживание данной эмоции, однако для проверки этого предположения потребуются дальнейшие исследования. Также планируется изучение влияния контекста на восприятие других сложных экспрессий.

Литература

Ересько Д.Б., Исурина Г.С., Кайдановская Е.В., и др. Алекситимия и методы ее определения при пограничных психосоматических расстройствах: методическое пособие. СПб.: Психоневрол. ин-т им. В.М. Бехтерева, 1994.

Тэйлор Г.Д., Квилти Л.К., Бэгби Р.М., Старостина Е.Г., Боголюбова О.Н., Смыкало Л.В., Скочилов Р.В., Бобров А.Е. Надежность и факториальная валидность русской версии 20-пунктовой Торонто-ской шкалы алекситимии // Социальная и клиническая психиатрия. 2012. Т. 22. № 3. С. 20–25.

Aviezer H., Ensenberg N., Hassin R.R. The inherently contextualized nature of facial emotion perception // Current Opinion in Psychology. 2017. Vol. 17. P. 47–54. <http://dx.doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.06.006>

Barrett L.F., Mesquita B., Gendron M. Context in emotion perception // *Current Directions in Psychological Science*. 2011. Vol.20. No.5. P.286–290. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721411422522>

Golan O., Baron-Cohen S., Hill J. The Cambridge Mindreading (CAM) face-voice battery: Testing complex emotion recognition in adults with and without asperger syndrome // *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2006. Vol. 36. No. 2. P.169–183. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-005-0057-y>

Hareli S., Parkinson B. What's social about social emotions? // *Journal for the Theory of Social Behaviour*. 2008. Vol. 38. No.2. P.131–156. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-5914.2008.00363.x>

Izard C.E. The psychology of emotions. New York: Springer Science & Business Media, 1991.

O'Reilly H., Pigat D., Fridenson S., Berggren S., Tal S., Golan O., Bölte S., Baron-Cohen S., Lundqvist D. The EU-Emotion Stimulus Set: A validation study // *Behavior Research Methods*. 2016. Vol. 48. No. 2. P. 567–576. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-015-0601-4>

Taylor G.J., Ryan D., Bagby M. Toward the development of a new self-report alexithymia scale // *Psychotherapy and Psychosomatics*. 1985. Vol.44. No.4. P. 191–199. <http://dx.doi.org/10.1159/000287912>

THE INFLUENCE OF SOCIAL CONTEXT ON THE PERCEPTION OF COMPLEX FACIAL EXPRESSIONS

O.A. Korolkova*, E.G. Khoze, E.V. Ryabinina

olga.kurakova@gmail.com

Moscow State University of Psychology and Education, Moscow

Abstract. Context influences the perception of basic facial emotional expressions. In two studies, we explored whether social context influences the perception of complex social expressions. In Study 1, we presented short video clips of complex emotions without context; in Study 2, the complex emotions “loving”, “nostalgic” and “empathic” were presented in social contexts shown by silent scenes featuring two actors with their faces blurred. Each complex expression was paired with one emotionally congruent and one emotionally incongruent scene. In both studies, participants provided short verbal descriptions of the emotions seen on each face, and assessed them using the Differential emotion scale. They also completed the Toronto alexithymia scale. We expected that the emotionally congruent context would lead to a more consistent evaluation of facial expressions, while the incongruent context would bias perception towards the context. The results showed that “loving” and “empathic” expressions are perceived as more positive in a congruent context or without context, and as more negative when presented in an incongruent context or without context. The “nostalgic” expression had similar emotional profiles in all conditions, with only a few scales showing significant differences. One possible explanation is a lesser impact of the social component in nostalgia experiences and perception.

Keywords: emotion, facial expression, social context, complex emotions, emotion perception, emotion evaluation

Research supported by RSF project #18-18-00350-P: “Perception in the structure of nonverbal communication”.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭФФЕКТА КОНГРУЭНТНОСТИ ДЛЯ НЕСИМВОЛИЧЕСКОГО ЧУВСТВА ЧИСЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ СТИМУЛОВ

Ю.В. Кузьмина*, И.М. Захаров, М.М. Лобаскова, Ю.А. Маракшина

papushka7@gmail.com

ПИ РАО, Москва

Аннотация. Несимволическое чувство числа — способность обрабатывать информацию о количестве без использования подсчетов и символов. В исследовательской практике эта способность может измеряться с помощью тестов на несимволическое сравнение. Предыдущие исследования выявили, что приблизительная оценка количества может происходить опосредованно, через оценку визуальных характеристик сравниваемых множеств, таких как совокупная площадь (сумма площадей всех фигур) или поверхностная площадь (площадь поверхности, которую занимают фигуры). Зависимость оценки количества от оценки визуальных параметров отражается в эффекте конгруэнтности, проявляющемся как большая точность несимволического сравнения в конгруэнтных заданиях, в которых визуальные параметры положительно коррелируют с количественными. Целью данного исследования стала оценка вариабельности эффекта конгруэнтности в зависимости от формата предъявления сравниваемых множеств (пересекаются ли сравниваемые наборы объектов в пространстве, а также одинаковые или нет фигуры в них) и количественной пропорции между ними. Показано, что эффект конгруэнтности был значим только для большой количественной пропорции между сравниваемыми множествами (пропорция рассчитывается как отношение меньшего количества к большему) и в случае, если сравниваемые множества пространственно не пересекались. В случае пространственного пересечения множеств эффект конгруэнтности был незначим из-за затруднения в оценке визуальных параметров. В целом результаты свидетельствуют, что оценка визуальных параметров и оценка количества являются отдельными, хотя и взаимосвязанными процессами. При этом оценка визуальных параметров может выступать как вспомогательный процесс, когда количественная пропорция между сравниваемыми множествами возрастает.

Ключевые слова: несимволическое чувство числа, несимволическая репрезентация количества, эффект конгруэнтности, визуальные параметры, эффект пропорции

Введение

Человек обладает способностью воспринимать и обрабатывать количественную информацию без использования символов, таких как числовые слова или цифры. Эта способность получила в исследовательской литературе название интуитивного, или несимволического, чувства числа (approximate number

sense, ANS; Halberda et al., 2008; Chen, Li, 2014). Одним из наиболее распространенных способов измерения точности ANS являются тесты на несимволическое сравнение, в которых, например, необходимо сравнить два набора геометрических фигур разного цвета и за очень короткое время (от 200 до 1500 мс) решить, фигур какого цвета больше (например, Halberda et al., 2008).

Часть исследователей считают, что способность обрабатывать количественную информацию без использования символов, в том числе способность сравнивать количество объектов без их подсчета, обеспечивается отдельной системой оценки количества, связанной с работой числовых нейронов (DeWind et al., 2019; Park et al., 2016). Предполагается, что «количественность» (множественность) является отдельным перцептивным свойством оцениваемых объектов наряду с другими свойствами, такими как объем, размер, форма объектов и т. п. (Burr, Ross, 2008; Park et al., 2016). Однако некоторые исследователи оспаривают существование отдельной системы оценки количества, предполагая, что оценка количества может происходить только через оценку визуальных параметров, таких как размер объектов, плотность их расположения, совокупная площадь (сумма площадей всех фигур) или поверхностная площадь (площадь поверхности, которую занимают фигуры; Gebuis, Reynvoet, 2012; Leibovich et al., 2017). В частности, было показано, что человек может оценивать и сравнивать несколько визуальных параметров, а решение о количестве объектов может приниматься на основе сравнения визуальных характеристик (Gevers et al., 2016).

Смещение оценки количества в зависимости от оценки визуальных параметров проявляется в эффекте конгруэнтности — различии в точности сравнения между конгруэнтными и неконгруэнтными заданиями. В конгруэнтных заданиях количественные и визуальные параметры имеют положительную корреляцию, в неконгруэнтных — отрицательную. Таким образом, например, в конгруэнтных заданиях набор, содержащий большее количество фигур, имеет большую поверхностную или совокупную площадь, в то время как в неконгруэнтных, наоборот, меньшую. В большом количестве исследований обнаружено, что в конгруэнтных заданиях точность выше, чем в неконгруэнтных (Szucs et al., 2013; Gilmore et al., 2016). Более того, показано, что в ситуации, когда стимулы были неконгруэнтны по нескольким визуальным параметрам одновременно, точность несимволического сравнения значительно снижалась и не превышала вероятности случайного угадывания (Szucs et al., 2013).

Также было выдвинуто предположение о том, что существует две параллельных подсистемы оценки количества — как с опорой на оценку визуальных параметров, так и независимо от них (Agrillo et al., 2009; Кузьмина и др., 2019). Подсистема прямой оценки количества задействована в случае, когда оценка и сравнение визуальных параметров могут быть затруднены — например, в ситуации, когда два сравниваемых набора пространственно пересекаются (смешанный формат предъявления). В подтверждение этого предположения были получены данные о том, что точность сравнения была значимо ниже в смешанном формате предъявления, чем в случае пространственно непересекающихся множеств (раздельный формат), что может быть обусловлено труд-

ностью в оценке визуальных параметров в этом формате (Price et al., 2012; Кузьмина и др., 2019). Во-вторых, были получены данные о том, что эффект конгруэнтности был ниже в смешанном формате, чем в раздельном, и в ситуации сравнения гетерогенных фигур по сравнению с условием сравнения гомогенных фигур (Кузьмина и др., 2019, 2020). Снижение эффекта конгруэнтности в этих условиях происходит за счет снижения точности в конгруэнтных заданиях и увеличения точности в неконгруэнтных, что свидетельствует о доминировании подсистемы прямой оценки количества.

Таким образом, предыдущие исследования дают основания предполагать, что эффект конгруэнтности не является постоянным свойством системы несимволической репрезентации количества, а зависит от формата предъявления стимулов, определяющих доступность сравнения визуальных параметров. Однако в настоящее время отсутствуют данные о том, в какой степени эффект конгруэнтности изменяется в зависимости от количественного соотношения между сравниваемыми множествами. Многочисленные данные показывают, что в тестах на несимволическое сравнение по мере увеличения пропорции между сравниваемыми множествами возрастает время реакции и число ошибочных ответов (эффект числовой пропорции; например, Lyons et al., 2015). Возможно, что эффект конгруэнтности будет варьироваться в зависимости как от возможности сравнения визуальных параметров, так и от пропорции между сравниваемыми множествами.

Основной целью исследования является оценка различий в проявлении эффекта конгруэнтности в зависимости от формата предъявления сравниваемых множеств (множества пространственно разделены или смешаны) и пропорции между ними. Результаты исследования внесут вклад в понимание механизмов взаимодействия двух подсистем несимволической репрезентации количества.

Метод

Выборка. В исследовании приняли участие 92 студента (средний возраст 20.36 года, ст. отклонение 5.33 года, 18 из них мужчины).

Процедура и инструментарий. Исследование проходило онлайн на платформе pavlov.org. Участники выполняли тест на несимволическое сравнение, в котором на короткое время (400 мс) предъявлялись зеленые и красные фигуры и необходимо было решить, фигур какого цвета больше. В тесте использовано два формата предъявления стимулов: раздельный формат с гомогенными фигурами и смешанный формат с гетерогенными фигурами (рис. 1).

Для каждого формата предъявления были включены два типа пропорции между сравниваемыми множествами: маленькая и большая. Для маленькой пропорции отношение меньшего количества к большему варьировалось от .47 до .53, для большой пропорции — от .72 до .77. Таким образом, для маленькой пропорции характерны большие различия в количестве сравниваемых фигур, для большой пропорции сравниваемые множества были близки друг к другу по количественным характеристикам. Для каждого формата и типа пропорции в половине случаев два визуальных параметра (поверхностная и совокупная площадь) были конгруэнтны количеству стимулов, а в другой

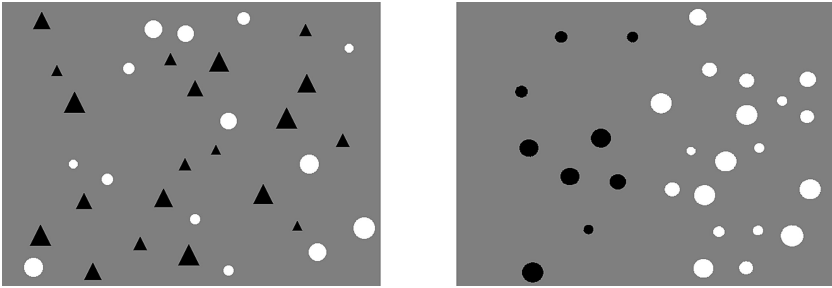


Рисунок 1. Примеры форматов предъявления стимулов (в оригинале использованы красные и зеленые фигуры, цвет фона серый). А – раздельный/гомогенный, Б – смешанный/гетерогенный

половине неконгруэнтны. Таким образом, например, в конгруэнтных заданиях набор, содержащий большее количество фигур, имел бо́льшую поверхностную и совокупную площади. Всего предъявлялось 216 проб.

Статистический анализ. Для того, чтобы оценить эффект формата предъявления, пропорции и конгруэнтности, был проведен внутрисубъектный регрессионный анализ с тремя факторами: *формат предъявления* (0 – раздельный, 1 – смешанный), *пропорция* (0 – маленькая, 1 – большая), *конгруэнтность* (0 – конгруэнтные, 1 – неконгруэнтные) (модель 1). Для оценки различий в эффектах конгруэнтности для двух форматов и типов пропорций включено взаимодействие между факторами (модель 2).

Таблица 1 . Результаты внутрисубъектного регрессионного анализа для точности несимволического сравнения в зависимости от параметров заданий

Переменные	Модель 1		Модель 2	
	<i>B</i> (SE)	<i>p</i>	<i>B</i> (SE)	<i>p</i>
Константа	0.90 (0.01)	.000	0.88 (0.01)	.000
Неконгруэнтность (0 – конгруэнтные, 1 – неконгруэнтные)	–0.06 (0.01)	.000	–0.03 (0.02)	.148
Формат предъявления (0 – раздельный, 1 – смешанный)	0.02 (0.01)	.067	0.005 (0.02)	.814
Пропорция (0 – маленькая, 1 – большая)	–0.16 (0.01)	.000	–0.07 (0.02)	.001
Взаимодействие				
Неконгр. × Формат			0.02 (0.03)	.451
Пропорция × Формат			–0.10 (0.03)	.000
Неконгр. × Пропорция			–0.19 (0.03)	.000
Неконгр. × Пропорция × Формат			0.22 (0.04)	.000
<i>R</i> ²	.26		.34	

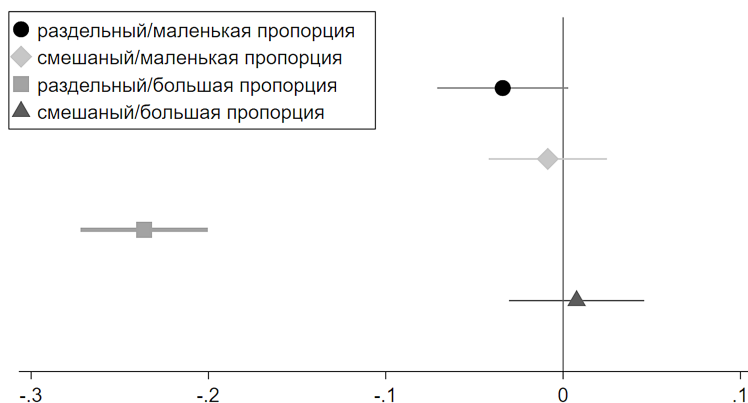


Рисунок 2. Эффект конгруэнтности для двух форматов и видов пропорций (референтная линия проведена в точке «0», означающей отсутствие различий между конгруэнтными и неконгруэнтными заданиями)

Результаты

Средняя точность ответов по всему тесту в целом составила .81 ($SD = .11$). Результаты внутрисубъектного регрессионного анализа показали, что в целом по тесту точность была выше в конгруэнтных заданиях по сравнению с неконгруэнтными и в заданиях с маленькой пропорцией (табл. 1). При этом значимых различий в точности для раздельного и смешанного форматов не обнаружено.

Анализ модели со взаимодействием показал, что эффект конгруэнтности изменяется как для разных форматов предъявления, так и для разных пропорций (рис. 2). В частности, эффект конгруэнтности был незначим для смешанного и раздельного формата предъявления для маленькой пропорции. Для большой пропорции эффект конгруэнтности был значим только для раздельного формата предъявления ($B = -0.22$, $SE = 0.02$, $p = .000$).

Обсуждение и выводы

Результаты анализа свидетельствуют о том, что эффект конгруэнтности, отражающий степень искажения оценки количества из-за оценки визуальных параметров, изменяется в зависимости от формата предъявления и количественной пропорции между сравниваемыми множествами. Оценка визуальных параметров может исказить оценку количественных свойств только в условиях раздельного предъявления двух сравниваемых множеств и в ситуации, когда они близки по количественным характеристикам. Отсутствие значимого эффекта конгруэнтности в смешанном формате предъявления свидетельствует о том, что смещение оценки количества из-за оценки визуальных параметров происходит только в ситуации доступного сравнения визуальных характеристик, таких как совокупная и поверхностная площади.

Появление эффекта конгруэнтности в раздельном формате при сравнении близких по количеству множеств свидетельствует о том, что оценка визуальных параметров может служить вспомогательным процессом для оценки количества в случае, когда оценка количественных параметров может быть затруднена. В ситуации, когда пропорция между сравниваемыми наборами мала, возможна прямая оценка количества, без вовлечения подсистемы оценки визуальных параметров. Полученные данные подтверждают предположение о возможности прямой оценки количества.

Литература

- Кузьмина Ю.В., Захаров И.М., Исмагуллина В.И., Лобаскова М.М., Лысенкова И.А., Маракшина Ю.А., Малых С.Б. Интуитивное чувство числа: две системы оценки количества // Теоретическая и экспериментальная психология. 2019. Т. 12. № 2. С. 19 – 38.
- Кузьмина Ю.В., Лобаскова М.М., Маракшина Ю.А., Захаров И.М., Исмагуллина В.И., Малых С.Б. Связь точности несимволической репрезентации количества с оценкой визуальных параметров в разных условиях предъявления стимулов // Теоретическая и экспериментальная психология. 2020. Т. 13. № 3. С. 6 – 21.
- Aggrillo C., Dadda M., Serena G., Bisazza A. Use of number by fish // *PloS one*. 2009. Vol. 4. No. 3. P. e4786.
- Burr D., Ross J. A visual sense of number // *Current Biology*. 2008. Vol. 18. No. 6. P. 425 – 428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2008.02.052>
- Chen Q., Li J. Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis // *Acta Psychologica*. 2014. Vol. 148. P. 163 – 172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.01.016>
- DeWind N.K., Park J., Woldorff M.G., Brannon E.M. Numerical encoding in early visual cortex // *Cortex*. 2019. Vol. 114. P. 76 – 89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2018.03.027>
- Gebuis T., Reynvoet B. The role of visual information in numerosity estimation // *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. No. 5. P. e37426. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0037426>
- Gevers W., Kadosh R.C., Gebuis T. Sensory integration theory: An alternative to the approximate number system // *Continuous Issues in Numerical Cognition Elsevier*, 2016. P. 405 – 418. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-801637-4.00018-4>
- Gilmore C., Cragg L., Hogan G., Inglis M. Congruency effects in dot comparison tasks: Convex hull is more important than dot area // *Journal of Cognitive Psychology*. 2016. Vol. 28. No. 8. P. 923 – 931.
- Halberda J., Mazocco M. M., Feigenson L. Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement // *Nature*. 2008. Vol. 455. No. 7213. P. 665 – 668. <http://dx.doi.org/10.1038/nature07246>
- Leibovich T., Katzin N., Harel M., Henik A. From “sense of number” to “sense of magnitude”: The role of continuous magnitudes in numerical cognition // *Behavioral and Brain Sciences*. 2017. Vol. 40. P. e164. <http://dx.doi.org/10.1017/s0140525x16000960>
- Lyons I.M., Nuerk H.-C., Ansari D. Rethinking the implications of numerical ratio effects for understanding the development of representational precision and numerical processing across formats // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2015. Vol. 144. No. 5. P. 1021 – 1035. <http://dx.doi.org/10.1037/xge0000094>
- Park J., DeWind N.K., Woldorff M.G., Brannon E.M. Rapid and direct encoding of numerosity in the visual stream // *Cerebral Cortex*. 2016. P. bhv017. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhv017>
- Price G.R., Palmer D., Battista C., Ansari D. Nonsymbolic numerical magnitude comparison: Reliability and validity of different task variants and outcome measures, and their rela-

tionship to arithmetic achievement in adults // *Acta Psychologica*. 2012. Vol. 140. No. 1. P. 50–57. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.02.008>

Szűcs D., Nobes A., Devine A., Gabriel F.C., Gebuis T. Visual stimulus parameters seriously compromise the measurement of approximate number system acuity and comparative effects between adults and children // *Frontiers in Psychology*. 2013. Vol. 4. P. 444. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00444>

THE SIZE OF CONGRUENCY EFFECT IN NONSYMBOLIC COMPARISON TESTS DEPENDS ON THE FORMAT OF STIMULUS PRESENTATION

Yu.V. Kuzmina*, I.M. Zakharov, M.M. Lobaskova, J.A. Marakshina

papushka7@gmail.com

Psychological Institute RAE, Moscow

Abstract. Approximate Number Sense (ANS) refers to the ability to perceive and process quantity information without counting or using symbols (digits and number words). ANS is usually assessed by precision nonsymbolic comparison tests. There is evidence that approximate numerosity estimations might be biased by visual cues of the compared arrays, such as cumulative area (the sum of areas of all objects within an array) or surface area (the area of surface which contains all objects within an array). Such bias manifests in the congruency effect: increased accuracy of nonsymbolic comparisons in congruent trials versus incongruent trials. In congruent trials, numerosity is positively correlated with visual cues, so the array containing more objects has larger cumulative or surface areas. The current study aimed to estimate variability in the congruency effect depending on whether arrays spatially overlap and on the numerical ratio between arrays. The results revealed that the congruency effect was significant only when there was a large ratio between spatially separated arrays. In general, this demonstrates that numerosity estimation and estimation of visual cues are distinct but interrelated processes. Moreover, the estimation of visual cues might be involved as a supporting process when the numerical ratio between compared arrays is large.

Keywords: approximate number sense, nonsymbolic numerosity representation, congruency effect, visual cues, numerical ratio effect

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕРЕНИЮ ПРОГНОЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ

А.К. Кулиева

almara.kulieva@gmail.com

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В психологии многократно высказывались идеи, что представления об эффективности могут оказывать влияние на результаты деятельности. Согласно этим идеям, прогнозирование эффективности деятельности одновременно влияет на результаты и строится на основе результатов, что усложняет возможность экспериментального исследования в данной сфере. В данном исследовании предлагается метод ретроспективного измерения прогноза эффективности посредством метакогнитивного «чувства агентности». Ранее было продемонстрировано, что по мере усложнения выполняемой задачи испытуемые склонны все чаще приписывать свои успехи внешнему воздействию. В текущей работе предлагается независимая проверка полученного результата. Был проведен эксперимент, где испытуемым необходимо было выполнять сенсомоторную задачу, основанную на оценке временных интервалов. В качестве переменных, определяющих сложность задачи, использовались размер и дальность цели. Была выдвинута гипотеза, что попадания в сложной задаче испытуемые будут чаще атрибутировать компьютеру, чем попадания в простой задаче. Данная гипотеза была подтверждена. Испытуемые чаще атрибутируют помощи компьютера попадания по мере отдаления цели, а также при работе с меньшей целью. Был сделан вывод, что атрибуцию попадания помощи компьютера можно рассматривать как маркер несоответствия полученного результата прогнозу эффективности.

Ключевые слова: самооценка эффективности, контроль эффективности, сложность задачи, чувство агентности, сенсомоторная задача

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-313-90007 «Аспиранты».

Введение

В психологии нередко высказывалась идея, что представления об эффективности могут оказывать влияние на результаты деятельности (response expectancy theory — Kirsh, 1985; концепция самоэффективности в теории социального научения — Bandura, 1989; концепция контроля эффективности в теории сознания — Аллахвердов, 2000). Согласно указанным теориям, прогнозирование эффективности деятельности одновременно влияет на результаты и строится на основе результатов. Другими словами, проблематично в экспериментальных условиях развести прогнозирование и контроль эффективности выполнения задачи.

Во многих исследованиях в данной области используется проспективный способ измерения. Участникам исследования предлагается предсказать,

насколько они уверены в том или ином результате выполнения серии проб (например, Saemi et al., 2012; Bahmani et al., 2018), либо оценить, будут ли они успешны в следующей пробе или нет (Кулиева, 2020а). Данной группе методов присущи недостатки. Во-первых, независимо от ожидаемого влияния самооценки эффективности на процесс выполнения задачи сам факт экспликации ожидаемого результата может играть важную роль. Действительно, в проведенном ранее исследовании было продемонстрировано, что после оптимистичного прогноза испытуемые склонны чаще попадать в цель, чем после пессимистичного (Кулиева, 2020а). Во-вторых, прогноз эффективности в конкретной задаче тесно связан с рядом личностных характеристик (уверенность в себе, мотивационные установки, уровень притязаний и др.), что снижает чувствительность метода и накладывает ограничения на разработку экспериментальных дизайнов.

Более перспективным кажется использование ретроспективных способов оценки. Предполагается, что реальные результаты выполнения деятельности не всегда совпадают с прогнозами. В таком случае совпадающие и несовпадающие результаты должны отличаться друг от друга, и важной задачей становится поиск осознаваемых и неосознаваемых маркеров данного несоответствия. В качестве одного из подобных маркеров предлагается метакогнитивное «чувство агентности» (sense of agency – Haggard, Chambon, 2012). Ранее было продемонстрировано, что по мере усложнения выполняемой задачи испытуемые склонны все чаще приписывать свои успехи внешней воздействию (Кулиева, 2020b). В упомянутой работе сложность задачи операционализировалась через дальность цели, в которую испытуемому необходимо было попасть в простой сенсомоторной задаче. Для независимой проверки полученного результата был проведен новый эксперимент, где была введена дополнительная переменная, определяющая сложность задачи, — размер цели. Таким образом, мы предполагали, что попадания в сложной задаче (меньшая цель) испытуемые будут чаще атрибутировать компьютеру, чем попадания в простой задаче (большая цель).

Методика

Эксперимент был сконструирован в программе PsychoPy3 v. 2020.2.10 и загружен на платформу Pavlovia.

Испытуемые. Набор данных осуществлялся с помощью краудсорсингового сервиса «Яндекс.Толока». В эксперименте приняли участие 28 человек (из них 15 женщин) в возрасте от 18 до 47 лет.

Стимулы и процедура. Эксперимент был проведен в форме компьютерной игры, в которой испытуемые должны были попасть «ракетой» в «Луну». Диаметр «Луны» — 200 или 100 пх, величина ракеты — 50 пх. Задача была построена на оценке временных интервалов: дальность «Луны» случайным образом выбиралась в каждой пробе из пяти фиксированных позиций (0.8, 1.2, 1.6, 2.0 и 2.4 с «полета»). Дальность полета «ракеты» зависела от длительности между двумя нажатиями клавиши «Пробел». После первого нажатия ракета исчезала, после второго нажатия появлялась уже в новой позиции. Каждый участ-

ник выполнял 5 тренировочных и 150 основных проб. В начале эксперимента испытуемому сообщается, что компьютер может перехватывать управление ракетой в части проб. В конце каждой пробы необходимо было определить, помогал компьютер, мешал или не вмешивался.

Результаты

Были построены логистические регрессионные модели со смешанными эффектами. Контролировалось влияние испытуемого и номера пробы (случайный интерсепт). В качестве зависимых переменных использовались факт попадания в цель (рис. 1) и атрибуция попадания в цель помощи компьютера (рис. 2).

Было продемонстрировано, что с отдалением цели испытуемые реже попадают в цель ($B = -0.63$; $SE = 0.12$; $Z = -5.35$; $p < .001$), в более крупную цель испытуемые попадают лучше ($B = 1.54$; $SE = 0.08$; $Z = 19.67$; $p < .001$), также данные факторы взаимодействуют ($B = -1.68$; $SE = 0.18$; $Z = -9.25$; $p < .001$).

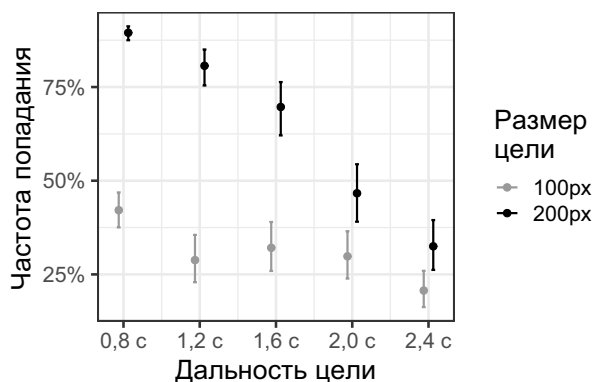


Рисунок 1. Предсказанные значения вероятности попадания в цель в зависимости от дальности цели и размера цели. Обозначен 95 %-ный доверительный интервал

В случае попадания в цель испытуемые чаще атрибутируют результат помощи компьютера по мере отдаления цели ($B = 1.18$; $SE = 0.20$; $Z = 5.86$; $p < .001$), но реже — в случае попадания в большую цель ($B = -1.30$; $SE = 0.17$; $Z = -7.68$; $p < .001$). Взаимодействия факторов не было получено.

Обсуждение и выводы

В соответствии с выдвинутой гипотезой, испытуемые склонны атрибутировать успешное попадание в цель помощи со стороны компьютера по мере усложнения задачи. Данный результат может свидетельствовать о том, что в сложной задаче испытуемые ожидают от себя меньшей эффективности, чем в простой. Таким образом, получая успешный результат в простой задаче, ис-

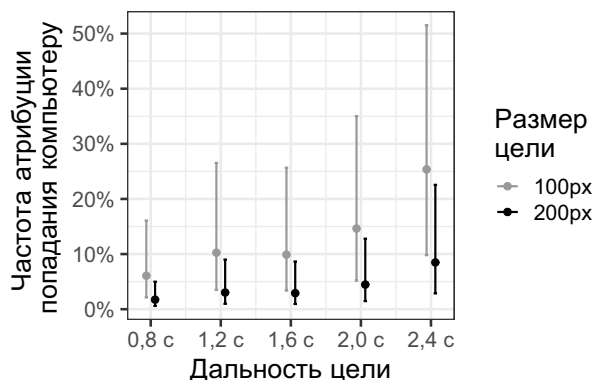


Рисунок 2. Предсказанные значения вероятности априбуции успешного результата помощи компьютера в зависимости от дальности цели и размера цели. Обозначен 95 %-ный доверительный интервал

пытуемый априбутирует его себе, как так ожидал успеха. В случае же сложной задачи испытуемые реже ожидают успеха и реже априбутируют результат себе. Следовательно, можно сделать вывод о том, что чувство агентности можно рассматривать как маркер соответствия реальных результатов ожидаемым, а его оценка является подходящим методом экспериментального измерения представлений о своей эффективности. Таким образом, мы предлагаем альтернативный подход также к объяснению полученных ранее результатов, где снижение чувства агентности в задаче исследователи связывали с повышением когнитивной нагрузки (Howard et al., 2016).

Однако полученный результат может иметь также альтернативное объяснение. Испытуемые могут быть склонны приписывать себе более частые результаты, компьютеру — более редкие. Тогда логично приписывание себе успешных результатов в простых пробах, где выше процент попадания, и неуспеха — в сложных условиях, где вероятность промаха выше вероятности попадания. Для контроля данного объяснения в дальнейших экспериментах планируется развести факторы ожидания успеха (сложности) и процента попадания. В частности, возможно проведение эксперимента с реальным вмешательством компьютера в процесс решения задачи.

Литература

- Аллахвердов В.М. Сознание как парадокс. СПб.: ДНК, 2000.
- Кулиева А.К. Влияние иллюзорного контекста на самооценку эффективности выполнения сенсомоторных задач: выпускная квалификационная работа аспиранта по направлению «Психология». СПбГУ, СПб., 2020а.
- Кулиева А.К. Слишком хорошо для меня: влияние эффективности сенсомоторной деятельности на априбуцию результата ложному ассистенту // Летняя когнитивная школа памяти Карла Дункера. Москва, Россия, 27 – 30 августа 2020. 2020b.

Bahmani M., Diekfuss J.A., Rostami R., Ataee N., Ghadiri F. Visual illusions affect motor performance, but not learning in highly skilled shooters // *Journal of Motor Learning and Development*. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 220 – 233. <http://dx.doi.org/10.1123/jmld.2017-0011>

Bandura A. Human agency in social cognitive theory // *American Psychologist*. 1989. Vol. 44. No. 9. P. 1175 – 1184. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066x.44.9.1175>

Haggard P., Chambon V. Sense of agency // *Current Biology*. 2012. Vol. 22. No. 10. P. R390 – R392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.02.040>

Howard E.E., Edwards S.G., Bayliss A.P. Physical and mental effort disrupts the implicit sense of agency // *Cognition*. 2016. Vol. 157. P. 114 – 125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2016.08.018>

Kirsch I. Response expectancy as a determinant of experience and behavior // *American Psychologist*. 1985. Vol. 40. No. 11. P. 1189 – 1202. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066x.40.11.1189>

Saemi E., Porter J.M., Ghotbi-Varzaneh A., Zarghami M., Maleki F. Knowledge of results after relatively good trials enhances self-efficacy and motor learning // *Psychology of Sport and Exercise*. 2012. Vol. 13. No. 4. P. 378 – 382. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychsport.2011.12.008>

RETROSPECTIVE APPROACH TO MEASURING PERFORMANCE PREDICTION IN COGNITIVE TASKS

A.K. Kulieva

almara.kulieva@gmail.com

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. In psychology, the idea that perceptions of effectiveness can influence results has been repeatedly expressed. According to this idea, performance prediction simultaneously influences the results and is based on the results, which complicates the possibility of experimental research in this area. This study proposes a method for the retrospective measurement of performance prediction through a metacognitive “sense of control”. It has been demonstrated that as a task becomes more difficult, subjects tend to increasingly attribute successes to external influences. The current paper proposes an independent verification of this result. An experiment was conducted where subjects had to perform a sensorimotor task based on the evaluation of time intervals. The size and range of a target were used as variables determining task difficulty. It was hypothesized that subjects would attribute hits in a complex task to the computer more often than hits in a simple task. This hypothesis was confirmed. Subjects were more likely to attribute computer-assisted hits as the target got farther away, as well as when working with a smaller target. It was concluded that the attribution of computer-assisted hits can be seen as a marker of the inconsistency of the obtained result with the predicted performance.

Keywords: self-assessment of effectiveness, effectiveness control, task complexity, sense of agency, sensorimotor task

The reported study was funded by RFBR, project number 19-313-90007.

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРАТЕГИЙ НАВИГАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ И ОРИЕНТАЦИОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ. ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

А.Б. Кушнир*, Е.С. Михайлова, Н.Ю. Герасименко

naya.kushnir@gmail.com

ФГБУН Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии РАН, Москва

Аннотация. Известно, что на ориентирование в пространстве влияет множество факторов, как физиологических, так и социальных. Под их влиянием формируются различные стратегии навигационного поведения. В литературе выделяют два основных типа стратегий навигационного поведения, различающихся принципом кодирования пространственной информации, — аллоцентрический, который использует глобальные и метрические характеристики местности, и эгоцентрический, опирающийся на запоминание положения ближних топографических ориентиров относительно самого субъекта. В настоящей работе исследовали связь этих стратегий с распознаванием базовых ориентаций, которое оценивали в модели рабочей памяти (РП) на ориентацию (2 шага назад) по показателям времени реакции (ВР) и точности ответа у 38 здоровых испытуемых. Показано, что психофизические характеристики выполнения задачи РП на ориентацию статистически достоверно связаны с оценками стратегий навигационного поведения. Высокие оценки использования стратегии «ориентирования», относящейся к аллоцентрическим, соответствуют более быстрому и точному выполнению задачи на РП. Напротив, при высоких оценках эгоцентрической стратегии «маршрута» ВР выполнения задачи на РП на ориентацию больше, а точность ниже. Важно, что эта зависимость четко проявлялась только в группе мужчин и описывалась регрессионной зависимостью. Полученные данные свидетельствуют о важном вкладе ориентационной чувствительности в аллоцентрическую стратегию навигационного поведения.

Ключевые слова: пол, зрительная система, рабочая память, стратегии навигации, ориентационные характеристики

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-013-00918/19.

Введение

Известно, что на ориентирование в пространстве влияет множество факторов, как физиологических, так и социальных. Под их влиянием формируются различные стратегии навигационного поведения. В литературе выделяют две основные стратегии, различающиеся принципом кодирования пространственной информации, в дальнейшем удерживаемой в памяти. Первая, эгоцентри-

ческая, также известная как стратегия «таксонов» (taxon) (O'Keefe, Nadel, 1978) или «меток на местности» (landmark) (Piccardi et al., 2016), позволяет оценивать свое местоположение, опираясь на запоминание близких топографических ориентиров. К этому типу также относят стратегию «маршрута» (route) (Lawton, Kallai, 2002; Piccardi et al., 2016), при которой запоминаются не только сами ориентиры, но и путь от одного ориентира до другого. Для этих стратегий важен учет расположения ориентиров относительно самого субъекта. Вторая, аллоцентрическая, или стратегия «ориентирования» (orientation, survey), связана с преимущественным использованием для построения карт местности метрических средовых характеристик, пространственной геометрии и глобальных пространственных характеристик, таких как кардинальные направления или положение солнца. В этом случае оценка не зависит от положения самого субъекта. Немногочисленные сведения о биологических основах навигационного поведения человека демонстрируют важность восприятия базовых ориентационных средовых характеристик. Наиболее интересным представляется исследование Jacobs с коллегами, в котором наблюдали изменения активности нейронов энторинальной коры у нейрохирургических пациентов при выполнении навигационной задачи в виртуальной среде (Jacobs et al., 2013). Как известно, эти нейроны кодируют положение субъекта, используя трехмерную систему пространственных координат (O'Keefe, Nadel, 1978).

В настоящем исследовании мы оценивали связь стратегий навигации с восприятием одной из кардинальных характеристик зрительного пространства — базовыми ориентациями. С учетом сведений о половых различиях восприятия этих базовых характеристик (Михайлова и др., 2015) анализ данных проводился не только в объединенной группе испытуемых, но и в группах мужчин и женщин отдельно.

Методика

В исследовании участвовали 38 испытуемых (19 мужчин и 19 женщин, $24.29 \pm .13$ года) с нормальным или скорректированным до нормы зрением. Все испытуемые были правшами, согласно самоотчету. Испытуемые дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Стимулы — черно-белые высококонтрастные прямоугольные двумерные решетки с горизонтальной, вертикальной и наклонной (45 град.) ориентацией линий. В эксперименте сначала последовательно предъявлялись в центре поля зрения две эталонные решетки разной ориентации. Затем следовал ключ (цифра «1» или «2»), указывающий, какой из этих эталонов надо будет сравнить с последующим тестовым стимулом (2 шага назад). Далее нажатием на клавишу надо было ответить на вопрос, совпадают или не совпадают эталонная и тестовая ориентации. Стимулы предъявлялись с помощью программы E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc., USA). Регистрировали время реакции (BP) и точность ответа. Для оценки стратегий навигации использовали Шкалу стратегии навигации (Lawton, Kallai, 2002). Эта Шкала позволяет оценить (в баллах) использование испытуемым двух типов стратегий — стратегии «ориентирования» (orientation strategy) и стратегии «маршрута» (route strategy).

Различия в использовании разных стратегий навигации мужчинами и женщинами оценивали по *t*-тесту. Для выяснения связи стратегий навигации с психометрическими показателями выполнения задачи зрительно-пространственной рабочей памяти (РП) вычисляли коэффициент корреляции Пирсона (в соответствии с оценкой нормальности распределения полученных данных по критерию Шапиро–Уилка $p > .05$). Эту зависимость также оценивали с применением регрессионного анализа (линейная регрессия).

Результаты

В объединенной группе испытуемых показаны большие оценки для стратегии «ориентирования» (31.86 ± 1.27) по сравнению со стратегией «маршрута» ($22.13 \pm .63$), $t(36) = 6.82$, $p = .0001$. Для стратегии «ориентирования» средние показатели выше у мужчин (33.95 ± 1.76) по сравнению с женщинами (29.79 ± 1.76), $t(36) = 1.62$, $p = .10$; для стратегии «маршрута» средние показатели выше у женщин ($23.32 \pm .86$) по сравнению с мужчинами ($20.95 \pm .86$), $t(36) = -1.95$, $p = .06$, но различия статистически незначимы.

Обнаружена корреляция между поведенческими характеристиками выполнения задачи сравнения эталона и теста и оценками стратегий навигации. Для стратегии «ориентирования» показана негативная корреляция оценок стратегии и ВР. В объединенной группе испытуемых значимые корреляции получены для эталона-горизонталь ($r = -.48$, $p = .003$ для условия совпадения эталона и теста и $r = -.41$, $p = .01$ для несовпадения) и эталона-вертикаль ($r = -.42$, $p = .009$ — совпадение, $r = -.38$, $p = .02$ — несовпадение); в группе мужчин для горизонтали ($r = -.64$, $p = .003$ — совпадение, $r = -.5$, $p = .03$ — несовпадение), для вертикали ($r = -.63$, $p = .003$ — совпадение, $r = -.51$, $p = .03$ — несовпадение) и наклона 45 град. ($r = -.55$, $p = .01$ — совпадение и $r = -.5$, $p = .03$ — несовпадение). В группе женщин значимые корреляции отсутствовали. Положительная корреляция точности и оценок стратегии «ориентирования» отмечена только в группе мужчин для горизонтальных решеток ($r = .6$, $p = .007$ — совпадение эталона и теста).

Связь поведенческих показателей выполнения задачи пространственной РП и стратегии навигации подтверждается данными регрессионного анализа. В объединенной группе для совпадения эталона и теста уравнение регрессии имело вид $y = 1184.24 - 12.36x$; $p = .002$, для несовпадения — $y = 1344.72 - 13.79x$; $p = .009$. В отдельных группах аналогичная зависимость выявлена только у мужчин для условия совпадения эталона и теста $y = 1241.75 - 14.84x$; $p = .003$, для несовпадения $y = 1294.89 - 12.85x$; $p = .03$. Также обнаружена регрессионная зависимость для точности только в группе мужчин: $y = -52.53 + 91.11x$; $p = .01$ (условие совпадения).

Для оценок стратегии «маршрута» показана отрицательная корреляция с точностью выполнения задачи РП. В объединенной группе она показана для горизонтали ($r = -.4$, $p = .01$), вертикали ($r = -.38$, $p = .02$) и наклона 45 град. ($r = -.44$, $p = .006$). Аналогичная зависимость показана в группе мужчин для вертикали ($r = -.58$, $p = .009$ — совпадение) и наклона 45 град. ($r = -.46$, $p = .05$ — совпадение, $r = -.62$, $p = .004$ — несовпадение). В группе женщин значимые корреляции отсутствовали.

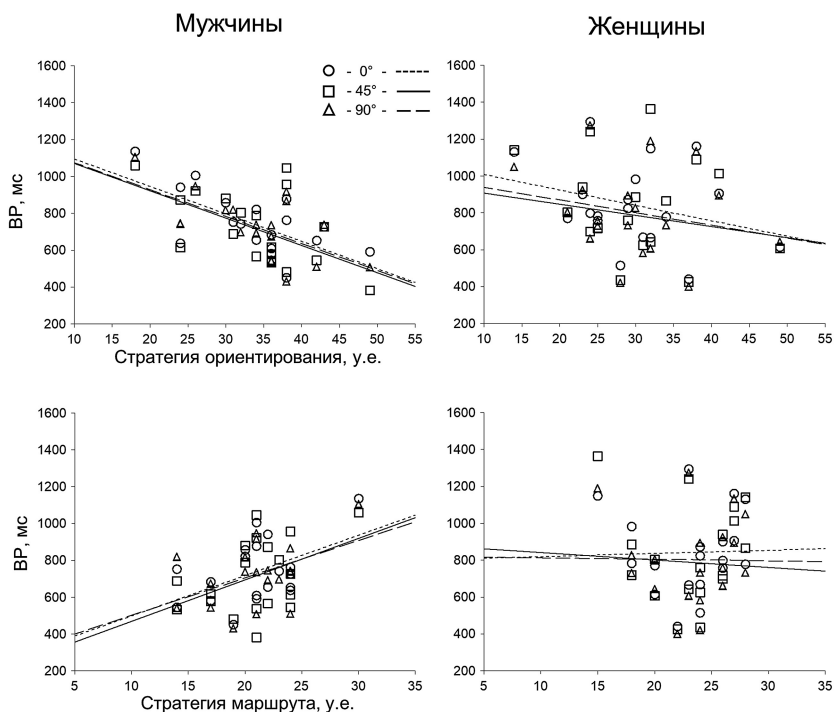


Рисунок 1. Зависимость времени реакции в задаче РП от стратегии навигации в группах мужчин и женщин (условие совпадения эталона и теста). По горизонтали — баллы по шкалам стратегии «ориентирования» и стратегии «маршрута» (у.е.). По вертикали — время реакции (мс)

Выявлена регрессионная зависимость точности выполнения задачи на РП от оценок стратегии «маршрута». В объединенной группе испытуемых для условия совпадения эталона и теста уравнение имеет вид $y = 32.8 - 11.5x$; $p = .04$, для несовпадения — $y = 42.81 - 22.71$; $p = .03$. В отдельных группах испытуемых регрессионная зависимость выявлена только у мужчин: для условия совпадения эталона и теста $y = 71.5 - 53.26x$; $p = .005$, для несовпадения $y = 73.89 - 56.04x$; $p = .01$.

Полученные результаты проиллюстрированы на рис. 1. Видно, что в группе мужчин чем выше оценка стратегии «ориентирования», тем быстрее решается задача сопоставления ориентаций. Напротив, при высоких оценках стратегии «маршрута» ВР решение задачи удлиняется. В группе женщин подобная зависимость не выявлена.

Обсуждение и выводы

В проведенном исследовании показано, что психофизические характеристики выполнения задачи на РП на ориентации статистически значимо связа-

ны с оценками стратегий навигационного поведения. Более высокие оценки по шкале стратегии «ориентирования», опирающейся на учет метрических характеристик и глобальных пространственных ориентиров, соответствуют более быстрому и точному выполнению задания сличения ориентаций. Напротив, более высокие оценки по шкале стратегии «маршрута», учитывающей топографию ближних меток на местности, соответствуют более медленному и менее точному выполнению задания. Таким образом, в настоящей работе экспериментально подтверждено, что одним из важных биологических факторов, лежащих в основе стратегии, учитывающей глобальные пространственные характеристики, является хорошая ориентационная чувствительность, которая позволяет оценивать окружающее пространство в системе независимых координат «горизонталь – вертикаль». Важно, что эта зависимость четко проявляется только в группе мужчин. Полученные половые различия можно объяснить, в частности, тем, что первичная зрительная кора, связанная с обработкой информации об ориентациях, у женщин меньше, чем у мужчин (Handa, McGivern, 2014). У женщин также меньше площадь активации зрительной коры при выполнении теста Бентона (Gur et al., 2000), у них же снижена амплитуда ранних компонентов ВП зрительной коры на ориентационные решетки (Михайлова и др., 2015). Неодинаковая чувствительность зрительной системы мозга к ориентациям может быть одним из биологических факторов половых различий зрительно-пространственной деятельности, в том числе предпочитаемых стратегий навигации.

Литература

- Михайлова Е.С., Герасименко Н.Ю., Крылова М.А., Изъюров И.В., Славуцкая А.В. Механизмы ориентационной чувствительности зрительной системы человека. Сообщение II. Кортиковые механизмы ранних этапов переработки информации об ориентации линий // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 3. С. 5 – 18. <http://dx.doi.org/10.7868/s013116461503011x>
- Gur R.C., Alsup D., Glahn D., Petty R., Swanson C.L., Maldjian J.A., Turetsky B.I., Detre J.A., Gee J., Gur R.E. An fMRI study of sex differences in regional activation to a verbal and a spatial task // Brain and Language. 2000. Т. 74. № 2. С. 157 – 170. <http://dx.doi.org/10.1006/brln.2000.2325>
- Handa R.J., McGivern R.F. Steroid hormones, receptors, and perceptual and cognitive sex differences in the visual system // Current Eye Research. 2014. Т. 40. № 2. С. 110 – 127. <http://dx.doi.org/10.3109/02713683.2014.952826>
- Jacobs J., Weidemann C.T., Miller J.F., Solway A., Burke J.F., Wei X.-X., Suthana N., Sperling M.R., Sharan A.D., Fried I., Kahana M.J. Direct recordings of grid-like neuronal activity in human spatial navigation // Nature Neuroscience. 2013. Т. 16. № 9. С. 1188 – 1190. <http://dx.doi.org/10.1038/nn.3466>
- Lawton C.A., Kallai J. Gender differences in wayfinding strategies and anxiety about wayfinding: A cross-cultural comparison // Sex Roles. 2002. Т. 47. № 9/10. С. 389 – 401. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1021668724970>
- O'Keefe J., Nadel L. The hippocampus as a cognitive map. Oxford: Clarendon Press, 1978.
- Piccardi L., Luca M.D., Nori R., Palermo L., Iachini F., Guariglia C. Navigational style influences eye movement pattern during exploration and learning of an environmental map // Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2016. Т. 10. <http://dx.doi.org/10.3389/fnbeh.2016.00140>

RELATIONSHIP BETWEEN STRATEGIES OF NAVIGATIONAL BEHAVIOR AND ORIENTATION SELECTIVITY: GENDER DIFFERENCES

A.B. Kushnir*, E.S. Mikhailova, N.Yu. Gerasimenko

naya.kushnir@gmail.com

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow

Abstract. Spatial orientation is affected by many factors, both physiological and social. Various strategies of navigational behavior are formed under their influence. Two main strategies, which differ in the principle of encoding spatial information, further held in memory, are described in the literature. The first is allocentric, which uses global and metric characteristics of a location; the second is egocentric, which relies on memorizing the position of topographic landmarks close to the individual. In this study, we investigated the relationship between these strategies and recognition of basic orientations, assessed using the working memory (WM) model (2-back task) with measures of reaction time (RT) and response accuracy in 38 healthy subjects. It was shown that the measures of WM task performance are statistically reliably related to the evaluations of navigational behavior strategies. High scores of the allocentric orientation strategy correlated with faster and more accurate performance of the WM task. On the contrary, with high scores of the egocentric strategy the RT in the WM task on orientation is greater, and the accuracy is lower. Importantly, this relation clearly manifested only in the male group. Our data indicate the important contribution of orientation sensitivity to the allocentric strategy of navigational behavior.

Keywords: gender, visual system, working memory, navigation strategies, orientation selectivity

Research supported by RFBR grant No. 19-013-00918/19.

ВОСПРИЯТИЕ ОРФОГРАФИЧЕСКИХ ОШИБОК НОСИТЕЛЯМИ РУССКОГО ЯЗЫКА С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ГРАМОТНОСТИ: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Е.В. Ларионова* (1), О.В. Мартынова (1, 2)

larionova.ekaterin@gmail.com

1 — Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва;

2 — Высшая школа экономики, Москва

Аннотация. Исследование посвящено изучению вызванных потенциалов при восприятии орфографических ошибок у взрослых носителей русского языка с различным уровнем орфографических знаний. Были проанализированы компоненты вызванных потенциалов у 26 добровольцев во время пассивного чтения слов, написанных правильно и с ошибками в безударной гласной. Амплитуда компонента N170 была больше при предъявлении правильно написанных слов по сравнению со словами, написанными неправильно, а амплитуды компонентов P300 и N400 были больше при предъявлении слов, написанных с ошибками. Полученные данные свидетельствуют о том, что распознавание орфографических ошибок во время пассивного чтения у взрослых носителей русского языка начинается на этапе около 160 – 280 мс и связано как с перцептивным опытом, так и процессами непроизвольного внимания и категоризации. Было показано, что эти эффекты сильнее выражены у более грамотных испытуемых, что говорит о большей автоматизации у них процесса распознавания ошибок.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, чтение, грамотность, орфографические ошибки, опознание ошибок

Исследование поддержано грантом РФФИ 20-013-00514 «Психофизиологическое исследование грамотности в разных возрастных группах».

Введение

Скорость и эффективность чтения достигаются за счет автоматического визуального распознавания слов. Нейрофизиологические исследования показывают, что уже через 100 – 200 мс после предъявления наблюдается разница амплитуд компонентов вызванных потенциалов (ВП) между словами и «псевдословами», то есть стимулами, не имеющими смыслового значения, но составленными в соответствии с нормами языка (Proverbio et al., 2008); словами и «не словами», то есть буквенными сочетаниями, не свойственными данному языку (Bakos et al., 2018). Слова с орфографическими ошибками в безударных гласных представляют собой слова, имеющие смысловое значение и содержащие буквенные сочетания, свойственные языку, при этом звучат они так же, как и их правильно написанные аналоги. Русская орфография не отражает редукцию гласных: возникающий конфликт между ошибочным написанием и правильным звучанием может затруднять быстрое распознавание правильности написания слов. Кроме того, известно, что недостаток орфогра-

фических знаний приводит к плохому распознаванию написанных слов (Leslie, Thimke, 1986), а характер этого эффекта может меняться по мере развития навыков чтения (Zoccolotti et al., 2009). Компоненты вызванных потенциалов могут служить электрофизиологическими маркерами для оценки орфографических навыков как у детей (Tzeng et al., 2017; Khalifian et al., 2015), так и у взрослых (Sánchez-Vincitore et al., 2018) и демонстрировать связь с уровнем грамотности (González-Garrido et al., 2014).

Цель данной работы — изучить нейрофизиологические механизмы восприятия орфографических ошибок у взрослых носителей русского языка с различным уровнем орфографических знаний. Для достижения данной цели мы анализировали компоненты ВП во время пассивного чтения слов, написанных правильно и с ошибками в безударной гласной.

Методика

В исследовании приняли участие 26 добровольцев (10 мужчин, 16 женщин), средний возраст составил 23.1 ± 3.9 лет, уровень образования — 13.5 ± 2.1 года. Все испытуемые были правшами без речевых нарушений, их родным языком был русский.

Перед регистрацией ВП испытуемые выполняли тест по русскому языку из 58 вопросов с выбором из двух вариантов ответа: необходимо было выбрать правильно написанное слово (например, «винегрет» или «венигрет»), около половины вопросов касались ошибок в безударных гласных, остальные — слитного или раздельного написания слов и непроизносимых согласных. Анализировали процент ошибок.

Во время регистрации ВП испытуемые читали про себя слова, предъявляемые на экране. Стимулы: правильно написанные слова с безударной гласной (75 стимулов; например, «момент», «собака») и слова, написанные с ошибками в безударной гласной (78 стимулов; например, «хазяин», «вапрос»). Все стимулы были существительными, состоящими из 5–7 букв, и не пересекались со словами из предварительного теста по русскому языку. Время предъявления стимула составляло 200 мс, межстимульный интервал варьировался от 1500 до 2200 мс. ВП регистрировались на усилителе «Энцефалан-Медиком МТД» от 19 отведений: Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, Fz, Cz, Pz, расположенных по схеме 10–20. Обработка ВП проводилась в программе Brain Vision Analyzer 2.0.4 (Brain Products, GmbH, Munich, Germany), включала предварительную фильтрацию 0.5–30 Гц и удаление артефактов. Усреднение ВП осуществляли отдельно на каждый тип стимулов.

Сравнивали амплитуды компонентов ВП для правильно написанных слов и слов с ошибками. Electrodes для включения в статистический анализ выбирали, основываясь на предыдущих исследованиях и изучении топографии анализируемых компонентов ВП. Для компонентов P100, анализируемого во временном окне 80–150 мс, и N170, анализируемого во временном окне 160–280 мс, амплитуды в отведениях T5(T6), P3(P4), O1(O2) были усреднены в пределах каждого полушария, чтобы получить переменные для дисперсионного анализа («Область интереса»). Компонент P300 анализировали во

временном окне 300 – 500 мс в отведениях C3(C4), T5(T6), P3(P4), O1(O2), усредненных для каждого полушария. Поздний негативный компонент N400 анализировали во временном окне 500 – 700 мс в отведениях Fp1(Fp2), F3(F4), F7(F8), C3(C4), T3(T4), усредненных для каждого полушария и отдельно усредненных центральных электродах Fz, Cz. В дисперсионный анализ включали факторы «Условие» (правильно или неправильно написано слово) и «Область интереса» (правое, левое полушария и дополнительно центральная область для N400). Учитывали поправку Гринхауса–Гейссера. Для тех психофизиологических показателей, для которых дисперсионный анализ выявил значимые эффекты, проводили корреляционный анализ с процентом ошибок в тесте по русскому языку, использовали коэффициент корреляции r Спирмена.

Результаты

В орфографическом тесте испытуемые допустили от 1.72 до 31.03 % ошибок, средний процент ошибок составил 12.2 ± 8.0 . Для амплитуды компонента P100 не было выявлено значимых эффектов. Для амплитуды компонента N170 был значим эффект фактора «Условие», $F(1, 25) = 6.00$, $p = .02$: амплитуда компонента была больше на правильно написанные слова по сравнению со словами, написанными с ошибками. Разница амплитуд N170 для правильно и неправильно написанных слов в левом полушарии значимо коррелировала с результатами теста $r = .49$, $p = .01$: чем больше разница амплитуд (по модулю, так как N170 негативная волна), тем меньший процент ошибок испытуемые допускали в орфографическом тесте. Для амплитуды компонента P300 был значим эффект фактора «Условие», $F(1, 25) = 11.74$, $p = .002$: амплитуда компонента была больше на слова, написанные с ошибками, по сравнению с правильно написанными словами, а также фактора «Область интереса», $F(1, 25) = 4.00$, $p = .03$: амплитуда была больше в правом полушарии по сравнению с левым. Разница амплитуд P300 в левом полушарии для неправильно и правильно написанных слов коррелировала с результатами теста по русскому языку, $r = -.41$, $p = .04$: то есть чем больше разница амплитуд, тем меньший процент ошибок испытуемые допускали в орфографическом тесте. Для амплитуды компонента N400 был значим эффект фактора «Условие», $F(1, 25) = 4.47$, $p = .04$: амплитуда компонента была больше на слова, написанные с ошибками, по сравнению с правильно написанными словам, а также фактора «Область интереса», $F(1, 25) = 11.38$, $p = .0001$: максимальная амплитуда N400 наблюдалась в центральных отведениях по сравнению с группами латеральных отведений. Значимых корреляций для N400 с результатами теста по русскому языку обнаружено не было.

Обсуждение и выводы

В нашей работе на примере русского языка во время пассивного чтения слов были получены данные, согласующиеся с другими исследованиями, выполненными на материалах французского, испанского, немецкого языков с использованием задачи лексического решения (Mariol et al., 2008; González-Garrido et al., 2014; Kriukova, Mani, 2016).

Ранее было показано, что объекты из хорошо изученных категорий отличаются от объектов из менее известных категорий, что касается в том числе обработки слов и проявляется, например, в большей модуляции амплитуды компонента N170 на зрительно предъявляемые слова по сравнению с символами (Maurer et al., 2005). В нашем исследовании большая амплитуда N170 на правильно написанные слова может отражать эффект перцептивного опыта для правильно написанных слов, причем более выражен он у тех испытуемых, которые лучше выполнили орфографический тест, то есть, вероятно, имеющих больше такого опыта, который постепенно и делает распознавание слов более автоматизированной и легкой операцией.

Компонент P300 связывают с процессами внимания, принятия решения, он также может интерпретироваться как часть лексического решения на основе орфографии (Mariol et al., 2008; Kriukova, Mani, 2016). И хотя наше задание не требовало принятия какого-либо решения, а представляло собой пассивное чтение слов, можно говорить о произвольных процессах внимания и категоризации, причем большая амплитуда P300 для неправильно написанных слов, вероятно, отражает их большую сложность для испытуемых по сравнению с правильно написанными словами. При этом у испытуемых, хуже выполнивших орфографический тест, этот эффект был менее выражен, что, скорее всего, связано с менее эффективной категоризацией у этих испытуемых. Считается, что N400 отражает лексико-семантическую обработку стимулов, а сниженная амплитуда этого компонента отражает простоту обработки (Kutas, Federmeier, 2011; Bermúdez-Margaretto et al., 2020). В нашем исследовании амплитуда N400 была снижена при чтении правильно написанных слов по сравнению со словами, написанными с ошибками, что может свидетельствовать о затруднении лексико-семантической обработки для слов, написанных с ошибками. В нашей работе этот эффект не был связан с уровнем орфографических знаний испытуемых, хотя существуют данные о взаимосвязи между словарным запасом и амплитудой N400 (Khalifian et al., 2015).

Таким образом, распознавание орфографических ошибок во время пассивного чтения у взрослых носителей русского языка начинается уже на этапе 160–280 мс и связано как с перцептивным опытом, так и с процессами произвольного внимания и категоризации правильно написанных слов и слов с ошибками на этапе около 300–500 мс после предъявления стимула. Эти эффекты сильнее выражены у более грамотных испытуемых, что, вероятно, свидетельствует о большей автоматизации у них процесса распознавания ошибок.

Литература

- Bakos S., Landerl K., Bartling J., Schulte-Körne G., Moll K. Neurophysiological correlates of word processing deficits in isolated reading and isolated spelling disorders // *Clinical Neurophysiology*. 2018. Vol. 129. No. 3. P. 526–540. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2017.12.010>
- Bermúdez-Margaretto B., Shtyrov Y., Beltrán D., Cuetos F., Domínguez A. Rapid acquisition of novel written word-forms: ERP evidence // *Behavioral and Brain Functions*. 2020. Vol. 16. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1186/s12993-020-00173-7>

González-Garrido A.A., Gómez-Velázquez F.R., Rodríguez-Santillán E. Orthographic recognition in late adolescents // *Clinical EEG and Neuroscience*. 2013. Vol. 45. No. 2. P. 113–121. <http://dx.doi.org/10.1177/1550059413489975>

Khalifian N., Stites M.C., Laszlo S. Relationships between event-related potentials and behavioral and scholastic measures of reading ability: A large-scale, cross-sectional study // *Developmental Science*. 2015. Vol. 19. No. 5. P. 723–740. <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12329>

Kriukova O., Mani N. The strong, the weak, and the first: The impact of phonological stress on processing of orthographic errors in silent reading // *Brain Research*. 2016. Vol. 1636. P. 208–218. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2016.01.003>

Kutas M., Federmeier K.D. Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP) // *Annual Review of Psychology*. 2011. Vol. 62. No. 1. P. 621–647. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>

Leslie L., Thimke B. The use of orthographic knowledge in beginning reading // *Journal of Reading Behavior*. 1986. Vol. 18. No. 3. P. 229–241.

Mariol M., Jacques C., Schelstraete M.-A., Rossion B. The speed of orthographic processing during lexical decision: Electrophysiological evidence for independent coding of letter identity and letter position in visual word recognition // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2008. Vol. 20. No. 7. P. 1283–1299. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2008.20088>

Maurer U., Brandeis D., McCandliss B.D. Fast, visual specialization for reading in English revealed by the topography of the N170 ERP response // *Behavioral and Brain Functions*. 2005. Vol. 1. No. 1. P. 1–12. <http://dx.doi.org/10.1186/1744-9081-1-13>

Proverbio A.M., Zani A., Adorni R. The left fusiform area is affected by written frequency of words // *Neuropsychologia*. 2008. Vol. 46. No. 9. P. 2292–2299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.03.024>

Sánchez-Vincitore L.V., Avery T., Froud K. Word-related N170 responses to implicit and explicit reading tasks in neoliterate adults // *International Journal of Behavioral Development*. 2017. Vol. 42. No. 3. P. 321–332. <http://dx.doi.org/10.1177/0165025417714063>

Tzeng Y.-L., Hsu C.-H., Huang Y.-C., Lee C.-Y. The acquisition of orthographic knowledge: Evidence from the lexicality effects on N400 // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 8. No. 433. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00433>

Zoccolotti P., Luca M.D., Filippa G.D., Judica A., Martelli M. Reading development in an orthographically regular language: Effects of length, frequency, lexicality and global processing ability // *Reading and Writing*. 2008. Vol. 22. No. 9. P. 1053–1079. <http://dx.doi.org/10.1007/s11145-008-9144-8>

PERCEPTION OF SPELLING ERRORS BY RUSSIAN SPEAKERS WITH DIFFERENT LEVELS OF ORTHOGRAPHIC KNOWLEDGE: AN ERP STUDY

E. V. Larionova* (1), O. V. Martynova (1, 2)

larionova.ekaterin@gmail.com

1 – Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow;

2 – National Research University Higher School of Economics, Moscow

Abstract. The purpose of our work was to study event-related potentials during the perception of spelling errors in adult Russian speakers with different levels of spelling knowledge. We analyzed the components of evoked potentials in 26 volunteers during passive reading of words with an unstressed vowel; these words were spelled either correctly or with

a mistake. The amplitude of the N170 component was larger for words spelled correctly compared to misspelled words, while the amplitudes of the P300 and N400 components were larger for misspelled words. Our data indicate that the detection of spelling errors during passive reading in adult Russian speakers begins around 160–280 ms after stimulus onset, which might be associated with perceptual expertise and processes of involuntary attention and categorization. We showed that these effects are more pronounced in participants with a higher level of orthographic knowledge. This observation suggests that the processes of detecting spelling errors are more automatic in these participants.

Keywords: evoked potentials, reading, literacy, spelling errors, error recognition

Research supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 20-013-00514.

ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЙ И СЛУХОМОТОРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ У ДЕТЕЙ, ПЕРЕНЕСШИХ ЛЕЧЕНИЕ ПО ПОВОДУ ОПУХОЛИ ЗАДНЕЙ ЧЕРЕПНОЙ ЯМКИ

Е.Н. Лихоманова* (1), А.В. Ковалева (2)

elenaln201@gmail.com

1 – ЛРНЦ «Русское поле» ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Д. Рогачева», МО, Чехов;

2 – ФГБНУ «НИИ Нормальной физиологии им. П.К. Анохина», Москва

Аннотация. Некоторые когнитивные функции, в том числе и самого высокого уровня, так называемые управляющие функции, задействованы в процессах тайминга, способности к восприятию и воспроизведению временных интервалов, которую можно оценить по качеству слухомоторной синхронизации. Важной структурой головного мозга, связанной с этими процессами, является мозжечок. При его поражении нарушаются как сенсомоторные, так и когнитивные функции. В данной работе проведено исследование особенностей показателей рабочей памяти и слухомоторной синхронизации у детей, перенесших лечение по поводу опухоли задней черепной ямки (ЗЧЯ), в сравнении с неврологически здоровыми детьми контрольной группы. Оценивались различные показатели зрительной пространственной памяти при помощи кембриджской батареи когнитивных тестов (CANTAB), а также точность и устойчивость удержания ритмов заданной частоты в заданиях на слухомоторную синхронизацию. Результаты показали, что дети из группы ЗЧЯ отличались более низкими показателями слухомоторной синхронизации (большей вариабельностью интервалов между ударами и меньшей точностью) при удержании всех ритмов, кроме ритмов с частотой 60 и 90 уд./мин. Эти ритмы удерживались в равной степени устойчиво и точно детьми из обеих групп. Некоторые показатели по тестам на память также не различались статистически значимо между группами, тем не менее длина последовательности удерживаемых стимулов в группе ЗЧЯ была значимо короче, а латентное время правильного ответа в тесте на узнавание зрительных паттернов значимо больше по сравнению с детьми контрольной группы.

Ключевые слова: управляющие функции, слухомоторная синхронизация, дети, опухоль задней черепной ямки (ЗЧЯ), рабочая память, кембриджская батарея когнитивных тестов (CANTAB)

Введение

Сенсомоторная синхронизация – процесс, при котором действия синхронизируются с внешним ритмом, – является фундаментальным свойством для детей. Способность усваивать внешний ритм обеспечивает освоение языка, развитие двигательных навыков и социальных отношений, в том числе между матерью и ребенком (Monier, Droit-Volet, 2019). В обзоре Vicario (2013), а также в работе Konoike et al. (2015) продемонстрирована связь между управляющими функциями (рабочей памятью, вниманием, тормозным контро-

лем) и способностью к таймингу. В частности, у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью (СДВГ) показатель теппинга более вариабелен как в случае слуховой, так и в случае зрительной модальности (Ben-Pazi et al., 2006). Поскольку в этой работе связь внимания с результатами воспроизведения ритма была выявлена вне зависимости от модальности стимулов, предполагается, что синхронизированный теппинг организуется неким общим процессом, по-видимому, связанным с тем, что успешное воспроизведение ритма требует от испытуемого постоянного пересмотра, оценки своих действий для того, чтобы минимизировать разницу между моторной реакцией и слуховым восприятием. Чаще всего к управляющим функциям (executive functions) относят следующие: рабочая память, оттормаживание, переключение (Miyake, Friedman, 2012). Прямое подтверждение участия управляющих функций в процессах тайминга получено в исследованиях с так называемой двойной задачей (dual task), когда человек должен отстукивать определенный ритм и одновременно выполнять еще и какое-либо когнитивное задание (счет, чтение и т.п.) (Holm et al., 2013). Ситуация двойной задачи вызывает рост вариабельности в воспроизводимых интервалах. Наиболее тесная связь с управляющими функциями доказана для длинных интервалов (более 1 секунды, частота менее 60 уд./мин), которые называют автоматическими (удержание коротких интервалов) и когнитивными (удержание длительных интервалов) (Karmarkar, Buonomano, 2007; Lewis, Miall, 2003). При этом предполагается, что в воспроизведении коротких и длинных интервалов задействуются различные механизмы и анатомические структуры. В исследовании шведских авторов Bååth et al. (2016) отмечается, что для удержания достаточно медленного ритма задействуются ресурсы внимания и управляющего контроля (executive control). Таким образом, есть основания предполагать, что моторный тайминг задействует управляющие функции, однако наиболее выраженным это влияние будет при необходимости координации движений одновременно с высокой когнитивной нагрузкой (выполнение двойных задач, удержание медленных ритмов).

Одной из ведущих структур головного мозга, обеспечивающих тайминг в целом и сенсомоторную синхронизацию в частности, является мозжечок (Coull et al., 2011; Ковалева, 2020). Функции мозжечка значительно поражаются при развитии и лечении опухолей головного мозга (хирургическое удаление, лучевая и химиотерапия), локализованных в области задней черепной ямки (ЗЧЯ). При этом поражаются структуры мозжечка и ствола головного мозга, в результате чего проявляются нарушения координации движений, работы черепно-мозговых нервов, а также когнитивные нарушения. Для успешной реализации слухо-моторной синхронизации требуется антиципация, которую некоторые авторы относят к когнитивным функциям (Сергиенко, 2005). В немногочисленных исследованиях восприятия ритма у детей с повреждениями мозжечка и ствола отмечается тесная связь результатов выполнения заданий на воспроизведение ритмов с результатами некоторых нейropsychологических тестов (Provasi et al., 2014) и заданий на управляющие функции, в частности на скорость сенсомоторной обработки информации (Droit-Volet et al., 2013), а также рабочую память (Касаткин и др., 2017).

Целью настоящего исследования было изучение взаимосвязи между некоторыми управляющими функциями и способностью к слухомоторной синхронизации у детей, перенесших опухоль ЗЧЯ, по сравнению с условно здоровыми детьми.

Методика

В исследовании приняли участие дети в возрасте от 8 до 15 лет, завершившие лечение по поводу опухоли (медуллобластома и астроцитомы) области ЗЧЯ более 6 месяцев назад ($n = 26$), находящиеся на реабилитации в ЛРНЦ «Русское поле», и неврологически здоровые дети того же возраста ($n = 29$). Средний возраст детей из группы ЗЧЯ составил 10.85 ± 1.84 года; детей из контрольной группы — 11.12 ± 1.97 лет.

Родители детей давали письменное добровольное информированное согласие на проведение исследования, которое было одобрено Этическим комитетом НМИЦ ДГОИ имени Д. Рогачева (№ 83/16-17 от 27.10.2017).

Управляющие функции и время реакции оценивали при помощи кембриджской батареи когнитивных тестов CANTAB (<https://www.cambridgecognition.com/cantab>). В настоящем исследовании представлены результаты только по показателям зрительной памяти: узнавание зрительных паттернов (PRM — pattern recognition memory) при непосредственном и отсроченном предъявлении, объем зрительно-пространственной рабочей памяти (SSP — Spatial Span) и способность удерживать в памяти и использовать в работе информацию пространственного характера (SWM — Spatial Working Memory; в данном субтесте также учитывается эвристическая стратегия решения задачи).

Качество слухомоторной синхронизации оценивали при помощи программно-аппаратного комплекса «Сенсомоторный ритмограф» (Ковалева и др., 2019). Детям давалась инструкция ударять ладонью по сенсорной поверхности синхронно с задаваемым компьютерным метрономом ритмом (частоты от 30 до 180 уд./мин), в том числе воспроизводить ритм 60 уд./мин по памяти, а также в условиях помехи. Вычислялись точность и устойчивость ударов. Показателем устойчивости являлось среднеквадратичное отклонение длительности воспроизводимых интервалов от заданной величины, деленное на длительность интервалов между стимулами (вариация интервалов), что позволяло сравнивать этот показатель при удержании ритмов разной частоты. Точность попадания в ритм оценивалась по среднему за время выполнения задания показателю степени опережения (антиципации) либо отставания удара ребенка от момента включения стимула.

Результаты

Результаты статистического сравнения двух групп детей по показателю устойчивости удержания заданного ритма (вариации интервалов между ударами) представлены в табл. 1.

Дети из группы ЗЧЯ в среднем демонстрировали более низкие значения качества слухомоторной синхронизации: большие значения вариации интервалов между ударами (то есть меньшую устойчивость, стабильность выпол-

Таблица 1. Результаты сравнительного анализа группы пациентов и контрольной группы по вариации интервалов между ударами (критерий ANOVA и *post hoc* сравнение с поправкой Бонферрони)

Вариация для ритмов разной частоты	<i>F</i>	<i>P_{bonf}</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>SE</i>	<i>T</i>
30 уд./мин	5.88	.019	1	50	0.011	2.43
40 уд./мин	6.88	.012	1	50	0.007	2.62
60 уд./мин	3.69	.060	1	51	0.015	1.92
90 уд./мин	1.03	.314	1	51	0.009	1.02
120 уд./мин	10.68	.002	1	51	0.007	3.27
150 уд./мин	5.30	.013	1	50	0.009	2.57
180 уд./мин	7.86	.007	1	50	0.010	2.80

нения) (рис. 1) и большее отклонение ритма от заданного, то есть меньшую точность попадания для всех ритмов. Однако для ритмов 60 и 90 уд./мин уровня статистической значимости эти различия не достигали.

По показателям пространственной рабочей памяти и эвристической стратегии (SWM) не выявлено статистически значимых различий между группами. Кроме того, значения по данному тесту практически не коррелируют с показателями слухомоторной синхронизации как в группе пациентов, так и в контрольной группе.

Объем зрительно-пространственной памяти (SSP) значимо различается в двух группах: средний размер последовательности в группе ЗЧЯ составил 5.17 элементов, а в контрольной группе — 6.04 ($F=4.77$, $p=.034$, $df1=1$, $df2=51$). Также по результатам корреляционного анализа Спирмена этот показатель в целом оказался связан с качеством удержания ритмов 90, 120, 150 и 180 уд./мин: дети, удерживающие больший объем в зрительной памяти, демонстрируют более устойчивое и точное удержание этих ритмов. Интересно отметить, что показатели удержания ритма с частотой 60 уд./мин в задании на простое удержание не связаны с показателем SSP, а такое же задание, являющееся первой частью задания на воспроизведение ритма по памяти, — связано ($r=-.59$, $p<.05$). По-видимому, предваряющая данное задание инструкция (запомнить ритм в первой части, а затем, после выключения звука, воспроизвести его по памяти) активирует ресурсы рабочей памяти, вне зависимости от ее модальности.

Среди показателей задания на узнавание зрительных паттернов (PRM) наиболее выраженные корреляционные связи выявлены между латентным периодом верного узнавания и устойчивости удержания ритма в условиях помехи: большая вариация интервалов между ударами (менее устойчивое удержание заданного ритма) при воздействии помехи предполагает и более длительный латентный период в тесте PRM ($r=.57$, $p<.05$). Кроме того, только по данному показателю были выявлены статически значимые различия между группами: латентный период до правильного ответа в группе ЗЧЯ оказался значимо больше, чем в группе контроля ($F=14.33$, $p<.001$, $df1=1$, $df2=51$).

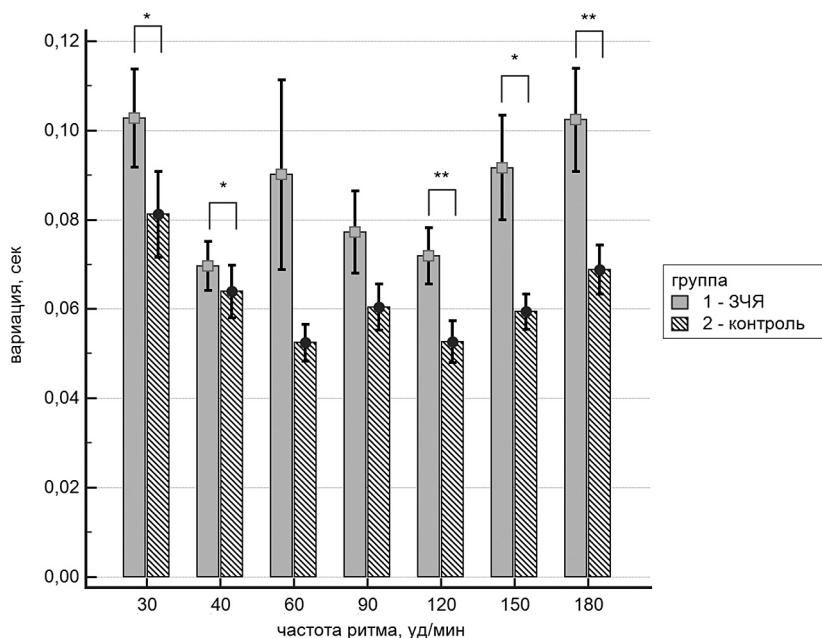


Рисунок 1. Вариация интервалов между ударами при удержании ритмов заданной частоты у детей, перенесших опухоль ЗЧЯ (*mean ± SE*)

Обсуждение и выводы

Дети, перенесшие лечение по поводу опухоли ЗЧЯ, имеют особенности когнитивной сферы (по показателям зрительной памяти) и способности к сенсомоторной синхронизации, проявляющиеся в укороченном размере последовательности образов, удерживаемых в памяти, и увеличенном латентном периоде, предшествующем правильному ответу в задании на узнавание зрительных паттернов; но при этом пространственная рабочая память и эвристическая стратегия решения задач у них значимо не отличаются от детей из группы контроля. По способности удерживать заданный ритм дети с опухолями ЗЧЯ имеют более низкие показатели по сравнению с контролем, однако не по всем ритмам. Кроме того, выявлены взаимосвязи между некоторыми показателями выполнения заданий на память с показателями слухомоторной синхронизации: как правило, более высокие показатели в когнитивных тестах сочетаются с более устойчивым и точным воспроизведением ритма, несмотря на различную модальность стимулов в тестах (оценивалась зрительная память, а ритм задавался звуковыми стимулами).

В работе Droit-Volet et al. (2013) исследовали способность к сенсомоторной синхронизации и когнитивные функции у детей с медуллобластомой в сравнении со здоровыми детьми. Было показано, что дети с опухолью вос-

производят короткие интервалы как более длинные и с большей вариабельностью. С воспроизведением ритма наиболее тесно оказалась связана скорость обработки информации, которая была достоверно ниже у детей с опухолью ЗЧЯ, чем у здоровых. Предполагается, что именно снижение скорости обработки информации, а не собственно нарушения чувства ритма, является причиной плохого воспроизведения коротких интервалов детьми с опухолями мозжечка. Provasi et al. (2014) показали, что дети с поражениями мозжечка в результате патологического процесса и/или агрессивного лечения могут восстановить восприятие и воспроизведение ритма в результате тренировок. Учитывая связь этих процессов с когнитивными и отчасти управляющими функциями, открываются перспективы применения тренировки сенсомоторной синхронизации в реабилитационном процессе детей, перенесших лечение по поводу опухолей головного мозга.

Литература

- Касаткин В.Н., Шурупова М.А., Рябова А.А., Анисимов В.Н., Ковалева А.В., Румянцев А.Г. Нарушение слухо-моторной синхронизации у пациентов с опухолями мозжечка // Российский журнал детской гематологии и онкологии. 2017. Т. 4. № 4. С. 39–48. <http://dx.doi.org/10.17650/2311-1267-2017-4-4-39-48>
- Ковалева А.В. Нейрокогнитивные аспекты процессов тайминга и слухомоторной синхронизации // Современная зарубежная психология. 2020. Т. 9. № 2. С. 82–92. <http://dx.doi.org/10.17759/jmfp.2020090207>
- Ковалева А.В., Анисимов В.Н., Красноперов А.В., Турнаев В.М., Выходец И.Т., Касаткин В.Н. Точная количественная оценка слухомоторной синхронизации у детей и взрослых с помощью программно-аппаратного комплекса сенсомоторной ритмографии // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2019. Т. 153. № 3. С. 24–31.
- Сергиенко Е.А. Революция в когнитивной психологии развития // Российский психологический журнал. 2005. Т. 2. № 2. С. 44–60. <http://dx.doi.org/10.21702/rpj.2005.2.5>
- Bååth R., Tjøstheim T.A., Lingonblad M. The role of executive control in rhythmic timing at different tempi // Psychonomic Bulletin & Review. 2016. Vol. 23. No. 6. P. 1954–1960. <http://dx.doi.org/10.3758/s13423-016-1070-1>
- Ben-Pazi H., Shalev R.S., Gross-Tsur V., Bergman H. Age and medication effects on rhythmic responses in ADHD: Possible oscillatory mechanisms? // Neuropsychologia. 2006. Vol. 44. No. 3. P. 412–416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.05.022>
- Coull J.T., Cheng R.K., Meck W.H. Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing // Neuropsychopharmacology. 2011. Vol. 36. No. 1. P. 3–25.
- Droit-Volet S., Zélandi P.S., Dellatolas G., Kieffer V., Massiou N.E., Brown B.L., Doyère V., Provasi J., Grill J. Time perception in children treated for a cerebellar medulloblastoma // Research in Developmental Disabilities. 2013. Vol. 34. No. 1. P. 480–494. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2012.09.006>
- Holm L., Ullén F., Madison G. Motor and executive control in repetitive timing of brief intervals // Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 2013. Vol. 39. No. 2. P. 365–380. <http://dx.doi.org/10.1037/a0029142>
- Karmarkar U.R., Buonomano D.V. Timing in the absence of clocks: Encoding time in neural network states // Neuron. 2007. Vol. 53. No. 3. P. 427–438. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2007.01.006>
- Konoike N., Kotozaki Y., Jeong H., Miyazaki A., Sakaki K., Shinada T., Sugiura M., Kawashima R., Nakamura K. Temporal and motor representation of rhythm in fronto-parietal cortical areas:

An fMRI study // *PloS one*. 2015. Vol. 10. No. 6. P. e0130120. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0130120>

Lewis P.A., Miall R.C. Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: Evidence from neuroimaging // *Current Opinion in Neurobiology*. 2003. Vol. 13. No. 2. P. 250 – 255. [http://dx.doi.org/10.1016/s0959-4388\(03\)00036-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0959-4388(03)00036-9)

Miyake A., Friedman N.P. The nature and organization of individual differences in executive functions // *Current Directions in Psychological Science*. 2012. Vol. 21. No. 1. P. 8 – 14. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721411429458>

Monier F., Droit-Volet S. Development of sensorimotor synchronization abilities: Motor and cognitive components // *Child Neuropsychology*. 2019. Vol. 25. No. 8. P. 1043 – 1062.

Provasi J., Doyère V., Zélandi P.S., Kieffer V., Perdry H., Massiou N.E., Brown B.L., Dellatolas G., Grill J., Droit-Volet S. Disrupted sensorimotor synchronization, but intact rhythm discrimination, in children treated for a cerebellar medulloblastoma // *Research in Developmental Disabilities*. 2014. Vol. 35. No. 9. P. 2053 – 2068. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ridd.2014.04.024>

Vicario C.M. Cognitively controlled timing and executive functions develop in parallel? A glimpse on childhood research // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2013. Vol. 7. <http://dx.doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00146>

EXECUTIVE FUNCTIONS AND AUDITORY-MOTOR SYNCHRONIZATION ABILITY IN CHILDREN TREATED FOR POSTERIOR FOSSA TUMOR

E.N. Likhomanova* (1), A.V. Kovaleva (2)

elenaln201@gmail.com

1 – Clinical Rehabilitation Research Center for patients in remission “Russkoye pole”, Chekhov; 2 – P.K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology, Moscow

Abstract. The ability to perceive and reproduce time intervals and timing recruits a spectrum of cognitive functions, including executive functions. The cerebellum plays a critical role in these functions. When it is damaged, both sensorimotor and cognitive functions are impaired. In this work, we studied features of working memory and auditory-motor synchronization in children treated for posterior fossa tumor (PFT group), compared with neurologically healthy children (control group). Various indicators of visual spatial memory were assessed using the Cambridge Cognitive Test Battery; the accuracy and stability of maintaining rhythms of a given frequency in audio-motor synchronization tasks were also assessed. The results showed that children from the PFT group demonstrated lower indicators of auditory-motor synchronization (greater variability of inter-beat-intervals and poor accuracy) while maintaining all rhythms, except for rhythms with a frequency of 60 and 90 beats per minute. Children from both groups maintained these rhythms equally. Some indicators on memory tests also did not differ significantly between the groups; nevertheless, the spatial span (sequence length of retained stimuli) in the PFT group was significantly smaller, and the latent time of the correct response for pattern recognition memory was significantly greater than in the control group.

Keywords: executive functions, audio-motor synchronization, children, posterior fossa tumor, working memory

УСТОЙЧИВЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ПРЕДПОЧТЕНИЯХ МЕНТАЛЬНОГО VS ВОПЛОЩЕННОГО РЕЖИМОВ РЕШЕНИЯ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Н.И. Логинов* (1), В.Ф. Спиридонов (1), К.А. Курбанов (1), В.В. Ардисламов (1),
А.В. Аммалайнен (1, 2), В.К. Вязовкина (1)

lognikita@yandex.ru

1 — РАНХиГС, Москва; 2 — СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Испытуемые в ходе решения мыслительных задач часто сообщают о том, что им трудно решать задачу вручную и они не могут прямо следовать инструкции «решать не в уме». Данный факт противоречит целой линии исследований, связанных с эффектами разгрузки (off-loading) рабочей памяти и повышением успешности выполнения различных когнитивных задач в результате использования внешних репрезентаций. Исходя из этого, мы предполагаем, что существуют два различных режима решения задачи: ментальный (в уме) и воплощенный (в моторном плане). Данное исследование направлено на поиск устойчивых предпочтений режимов решения мыслительных задач. Этот шаг является первым для проверки модели предпочтения режимов решения, основанной на сравнении относительной субъективной беглости. Испытуемым в индивидуальном порядке необходимо было решить последовательность из восьми мыслительных инсайтных задач спичечной арифметики. Процесс решения записывался на видео, а впоследствии был размечен группой специалистов. В результате разметки вычислялись две основные переменные: доля времени, потраченного на манипулирование с элементами задачи в ходе решения, от общего времени решения и продолжительность паузы от начала решения до первого движения со спичкой. Было обнаружено, что по значениям доли времени, потраченного на манипулирование с элементами задачи в первых семи задачах, можно предсказать значение доли времени в последней задаче. Для показателя продолжительности паузы от начала решения до первого движения решателя подобных результатов обнаружено не было.

Ключевые слова: мышление, решение задач, воплощенное познание, инсайт, режим решения задачи, движение

Исследование реализовано в рамках выполнения научно-исследовательской работы по государственному заданию РАНХиГС.

Введение

Многочисленные экспериментальные парадигмы в области психологии мышления опираются на допущение о том, что испытуемые в том или ином виде должны переводить мыслительный процесс из внутреннего плана во внешний,

наблюдаемый. Например, в процессе решения задачи «9 точек» их просят каждую попытку, которую они предпринимают, рисовать на бумаге. В противном случае решатели могут совершать многочисленные мыслительные операции, о которых исследователь в принципе не сможет догадаться. Проблема неполноты протоколов не является новой и была описана еще К. Дункером по отношению к результатам применения метода рассуждения вслух (Дункер, 1965).

Однако в свете подхода «воплощенное познание», который акцентирует внимание на роли сенсомоторной активности в функционировании высокоуровневых когнитивных процессов, данная проблема предстает в новом свете. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что испытуемые в ходе решения часто сообщают о том, что им трудно решать задачу вручную (в плане моторики) и они не могут прямо следовать инструкции «решать не в уме». Однако данный факт противоречит целой линии исследований, связанных с эффектами разгрузки (off-loading) рабочей памяти и повышением успешности выполнения целого ряда когнитивных задач в результате использования внешних репрезентаций (Risco, Gilbert, 2016; Morrison, Richmond, 2020). Исходя из этого, мы можем предположить, что существуют два различных режима решения задачи: ментальный (в уме) и воплощенный (в моторном плане). В каких-то ситуациях решатель может предпочитать решать задачу исключительно в ментальном плане, в то время как в других — пытаться активно манипулировать элементами задачи во внешнем плане. Но от чего это может зависеть?

Возможным ответом на этот вопрос может стать теоретическая модель, предполагающая, что решатель предпочитает тот или иной режим решения задачи в зависимости от субъективной оценки беглости переработки информации. Если испытуемый чувствует, что ему сложно решать задачу в уме (например, из-за небольшого объема рабочей памяти или сложной и детализированной задачи, требующей соответствующей репрезентации), то он может предпочесть решение вручную, и наоборот. На данный момент существуют теоретические модели беглости в области решения мыслительных задач (Topolinski, Reber, 2010; Skaar, Reber, 2020). Но они направлены на объяснение не поведенческого, а аффективного компонента в решении задачи (в частности, возникновение ага-реакции как следствия атрибуции изменений в беглости переработки определенным источникам). Мы можем попытаться расширить подобную модель на предпочитаемые режимы решения и предположить, что испытуемые предпочитают тот режим решения, который связан с большей относительной субъективной беглостью. Однако предварительно стоит проверить, существуют ли вообще устойчивые предпочтения ментального или моторного режимов решения задач у испытуемых и влияют ли на них ситуативные факторы. Этот шаг будет первым на пути к проверке упомянутой модели, поскольку для начала требуется определить те зависимые переменные, которые могут быть выбраны в качестве адекватной операционализации различных режимов решения.

Данное исследование направлено на поиск устойчивых предпочтений режимов решения мыслительных задач. Основной теоретической гипотезой является предположение о том, что такие устойчивые предпочтения у испытуемых

существуют. На основе теоретической гипотезы были сформулированы следующие эмпирические:

1. Показатели доли времени моторной активности в ходе решения от общего времени решения задач будут коррелировать у испытуемых в рамках решения всех восьми задач.
2. Продолжительность паузы от начала решения до первого движения с элементом задачи будет коррелировать у испытуемых в рамках решения всех восьми задач.

Методика

Испытуемыми выступили 25 студентов РАНХиГС в возрасте от 18 до 27 лет ($M = 19.92$ года; $SD = 2.03$; 2 мужчин). Им в индивидуальном порядке необходимо было решить последовательность из 8 мыслительных задач спичечной арифметики (Knoblich et al., 1999). Они представляют собой целое семейство задач, каждая из которых — неверное арифметическое равенство, состоящее из выложенных спичками римских цифр. Испытуемому необходимо переместить одну спичку для того, чтобы получить верное равенство. Например, $VI = VII$ I (ответ: $VII = VI$ I). Если испытуемый не решал задачу за 5 минут, то решение считалось неуспешным. Порядок предъявления задач был определен с помощью латинского квадрата. Процесс решения фиксировался на видео для последующего анализа. Также фиксировались успешность и время решения задачи.

Результаты

Полученные видеопротоколы были размечены группой специалистов, которые предварительно выделили набор движений, которые связаны с решением текущей задачи и должны были быть зафиксированы при обработке. В результате разметки видеопротоколов было получено два основных показателя для каждой из задач у каждого испытуемого:

- А) Доля времени, потраченного на манипулирование с элементами (спичками), от общего времени решения. Данный показатель предположительно позволяет оценить общее предпочтение режима решения задачи, то есть низкие значения интерпретируются как предпочтение ментального плана решения, высокие — как предпочтение воплощенного плана решения.
- Б) Продолжительность паузы от начала решения до первого движения с элементами задачи (спичками). Данный показатель предположительно позволяет оценить предпочтение режима в самом начале решения задачи, то есть чем больше пауза до первого движения, тем больше решатель склонен к ментальному режиму решения.

Для дальнейшего анализа использовались как решенные, так и нерешенные задачи испытуемыми, поскольку с точки зрения теоретических представлений нет оснований предполагать, что предпочтения в режимах решения будут различаться в зависимости от успешности решения задачи.

Поскольку классический корреляционный анализ позволяет оценить связь только между двумя переменными, то для оценки связи между несколькими переменными стоит использовать коэффициент множественной корреляции R . Данный коэффициент обычно рассчитывается в рамках множественной линейной регрессии для оценки связи между несколькими предикторами и зависимой переменной. В серии из восьми задач по значениям доли времени, потраченного на манипулирование с элементами задачи в первых семи задачах, можно предсказать значение доли времени манипулирования в последней, восьмой, задаче ($R = .732$, $R^2 = .536$, $F(7, 24) = 1.157$, $p = .039$). Однако для продолжительности паузы от начала решения до первого движения такой результат получен не был ($p = .157$).

Тем не менее высокий коэффициент множественной корреляции R может получиться даже при полном отсутствии корреляции с последней задачей у всех задач, кроме какой-то одной или двух. Для этого был проведен корреляционный анализ, результаты которого указывают на то, что каждая задача коррелирует с другими по переменной «доля времени, потраченного на манипулирование с элементами задачи» (см. табл. 1).

Для второй же переменной статистически значимых попарных корреляций между задачами получено не было ($p > .05$).

Таблица 1. Попарные корреляции Пирсона между задачами по переменной «Доля времени, потраченного на манипулирование элементами (спичками), от общего время решения» (верхняя половина матрицы) и соответствующий уровень значимости (односторонний; нижняя половина матрицы)

	Задача 8	Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4	Задача 5	Задача 6	Задача 7
Задача 8	1.000	.646	.580	.488	.641	.641	.523	.528
Задача 1	<.001	1.000	.677	.446	.588	.678	.733	.610
Задача 2	.001	<.001	1.000	.575	.719	.781	.683	.468
Задача 3	.007	.013	.001	1.000	.625	.560	.470	.360
Задача 4	<.001	.001	<.001	<.001	1.000	.775	.532	.644
Задача 5	<.001	<.001	<.001	.002	<.001	1.000	.468	.643
Задача 6	.004	<.001	<.001	.009	.003	.009	1.000	.495
Задача 7	.003	.001	.009	.039	<.001	<.001	.006	1.000

Обсуждение результатов

Были найдены первые свидетельства в пользу устойчивых индивидуальных различий у испытуемых в предпочтениях режима решения мыслительных задач: ментальном или воплощенном. Однако только одна выбранная переменная из двух продемонстрировала ожидаемый паттерн результатов. Таким образом, свидетельства в пользу устойчивых индивидуальных различий были найдены для общей оценки предпочтения режима решения мыслительной задачи, но не были найдены для оценки предпочтения режима решения в начале

решения. Мы можем предположить, что продолжительность первой паузы — более чувствительный показатель, который, возможно, отражает не только предпочтение режима решения, но и целый спектр процессов, связанных с формированием начальной репрезентации задачи. Помимо этого, полученные данные являются достаточно ограниченными и для того, чтобы утверждать наличие у испытуемых устойчивых предпочтений режимов решения, необходимо в будущем провести схожие исследования, разбив их на несколько серий (несколько дней), варьируя экспериментаторов, а также варьируя тип мыслительных задач с моторным компонентом (например, давать задачи не только со спичками, но и с монетками).

Литература

Дункер К. Качественное (экспериментальное и теоретическое) исследование продуктивного мышления // Психология мышления / Под ред. А.М. Матюшкина. М.: Прогресс, 1965. С. 21 – 85.

Knoblich G., Ohlsson S., Haider H., Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1999. T. 25. No. 6. P. 1534 – 1555. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.25.6.1534>

Morrison A.B., Richmond L.L. Offloading items from memory: Individual differences in cognitive offloading in a short-term memory task // Cognitive Research: Principles and Implications. 2020. T. 5. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1186/s41235-019-0201-4>

Risko E.F., Gilbert S.J. Cognitive offloading // Trends in Cognitive Sciences. 2016. T. 20. No. 9. P. 676 – 688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002>

Skaar Ø.O., Reber R. The phenomenology of Aha-experiences // Motivation Science. 2020. T. 6. No. 1. P. 49 – 60. <http://dx.doi.org/10.1037/mot0000138>

Topolinski S., Reber R. Gaining insight into the “Aha” experience // Current Directions in Psychological Science. 2010. T. 19. No. 6. P. 402 – 405. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721410388803>

SUSTAINABLE INDIVIDUAL DIFFERENCES IN PREFERENCE OF MENTAL VS. EMBODIED STRATEGIES IN PROBLEM SOLVING

N.I. Loginov* (1), V.F. Spiridonov (1), K.A. Kurbanov (1), V.V. Ardislamov (1), A.V. Ammalainen (1, 2), V.K. Vyazovkina (1)

lognikita@yandex.ru

1 — RANEPa, Moscow; 2 — SPbU, Saint-Petersburg

Abstract. In the process of problem solving, participants regularly inform experimenters that it is difficult to solve a problem using motor activity and to follow the instruction “do not solve the problem in your mind”. This fact contradicts a line of research related to the effect of off-loading working memory and the improvement of performance in a set of problems as a result of using external representations. We suggest that there are two modes of problem solving: mental solving and solving embodied in motor activity. This study investigates sustainable individual preferences between these two problem solving modes. This is the first test of the solving mode preference model based on a comparison of relative subjective fluency. Participants solved arithmetic matchstick problems individually. The process was videotaped and marked by a group of experts. As a result, two variables were calculated:

the share of time spent on motor manipulations with the problem elements, and the length of a pause from the problem's presentation until the first manipulation with the problem elements. It was found that the values of the first variable in seven problems predicts this parameter for the last problem. The second variable failed to be a good predictor.

Keywords: problem solving, thinking, embodied cognition, insight, problem solving mode, motor activity

The research was conducted as a part of the RANEPa national research project.

СПЕЦИФИКА ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ПРИ ЧТЕНИИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ДИСЛЕКСИЕЙ

А.А. Лопухина* (1), С.М. Гольдина (1), А.К. Лауринавичюте (1, 2),
Е.В. Искра (1, 3), О.В. Драгой (1, 4)

alopukhina@hse.ru

1 — НИУ ВШЭ, Москва; 2 — Потсдамский университет, Потсдам; 3 — Центр патологии речи и нейрореабилитации, Москва; 4 — ФЦМН, Москва

Аннотация. Дислексия — это нейробиологически обусловленная избирательная неспособность к овладению чтением, в основе которой может лежать дефицит фонологической обработки. Предыдущие исследования показали, что специфика движений глаз при чтении у детей с дислексией может быть обусловлена особенностями их языковой обработки. Наше исследование использует метод записи движений глаз и направлено на изучение того, как навыки фонологической обработки и свойства читаемых слов влияют на особенности движений глаз при чтении у русскоязычных школьников с дислексией ($N=29$) в сравнении с типично развивающимися школьниками ($N=47$). Мы обнаружили, что дети с дислексией дольше перечитывают более длинные слова, что свидетельствует о трудностях лексической обработки, а также быстрее прочитывают более частотные слова при первом прочтении слова. Кроме этого, мы показали, что трудности с фонематическим анализом у детей с дислексией коррелируют с общим временем чтения и с длительностью первой фиксации на слове. Можно предположить, что дефицит при дислексии проявляется при повышенной нагрузке на фонологическую систему.

Ключевые слова: дислексия, формирование чтения, видеоокулография, дети в начальной школе, фонологическая обработка

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 17-29-09122.

Введение

Дислексия — это нейробиологически обусловленная избирательная неспособность к овладению чтением, что отражается в скорости и правильности чтения, а также в понимании прочитанного (Benfatto et al., 2016). Среди причин возникновения дислексии называют дефицит фонологической обработки, дефицит зрительного внимания или комбинацию этих дефицитов (Stein, 2001; Ziegler, Goswami, 2005; Zoubrinetzky et al., 2014). Предыдущие исследования чтения с записью движений глаз показали, что дети с дислексией дольше и чаще фиксируются на длинных и низкочастотных словах, меньше пропускают короткие слова и делают больше саккад, чем их типично развивающиеся сверстники (Kirkby et al., 2008; Jainta, Kapoula, 2011; Rello et al., 2013; однако

см. Hyönä, Olson, 1995). Такие результаты свидетельствуют в пользу того, что специфика движений глаз при чтении у детей с дислексией может быть обусловлена особенностями языковой обработки (Hutzler et al., 2006). Наше исследование направлено на выявление того, влияют ли лингвистические признаки слов на движения глаз при чтении предложений у детей с дислексией в сравнении с типично развивающимися детьми. Кроме этого, мы хотели определить, как навыки фонологической обработки соотносятся с навыками чтения у детей с дислексией.

Методика

В исследовании приняли участие 76 учеников 1–4 классов: 29 детей с дислексией (средний возраст 9.5 лет; 10 девочек) и 47 типично развивающихся детей (средний возраст 8.5 лет; 26 девочек). Дислексия была диагностирована специалистами-логопедами в Центре патологии речи и нейрореабилитации. Все типично развивающиеся дети находились в группе нормы по скорости чтения и уровню понимания прочитанного согласно «Стандартизированной методике исследования навыка чтения» (Корнев, 1997). Все дети прошли тест на невербальный интеллект «Цветные прогрессивные матрицы Равена» (Равен, 2004) и скрининг на первичные нарушения слуха и имели результаты в пределах нормы. Кроме этого, все дети прошли поведенческое тестирование «Звуковой анализ русского языка», оценивающее их навыки фонематического анализа при помощи семи упорядоченных от простого к сложному заданий (ЗАРЯ; Дорофеева и др., 2019). Для исследования движений глаз при чтении мы попросили всех участников прочитать про себя 30 предложений из корпуса предложений для исследования чтения у младших школьников. В ходе исследования движения глаз детей записывались при помощи видеоокулографа EyeLink 1000 Plus или EyeLink Portable Duo (SR Research) с частотой дискретизации 1000 Гц. Все слова ($N=228$) в 30 предложениях были размечены по длине, частотности и количеству морфем. Мы оценивали, как на длительность фиксаций при чтении будут влиять свойства слов (длина, частотность, морфемная сложность) и особенности участников (класс обучения, принадлежность к группе нормы/дислексии и баллы по семи субтестам методики ЗАРЯ), а также взаимодействие между группой и остальными предикторами. При анализе мы контролировали длину предшествующего и последующего слов.

Результаты и выводы

Все результаты анализа приведены в табл. 1. Для всех детей мы выявили статистически значимое влияние следующих признаков (эффект минимум в двух из трех мер длительности фиксаций):

- длина — более длинные слова провоцировали более короткую первую фиксацию на слове, но при этом более долгое время первого прочтения и общее время чтения;
- частотность — более частотные слова провоцировали более короткое время первого прочтения и общее время чтения;

Таблица 1. Влияние свойств участников, лингвистических признаков, а также навыков фонологической обработки на длительность фиксации при чтении

Предикторы	Логарифм длительности первой фиксации на слове				Логарифм длительности первого прочтения слова				Логарифм общего времени чтения слова			
	Оценка параметра	Доверительный интервал		<i>p</i>	Оценка параметра	Доверительный интервал		<i>p</i>	Оценка параметра	Доверительный интервал		<i>p</i>
Свободный коэффициент	5.50	5.44	5.55	<.001	6.27	6.17	6.38	<.001	6.77	6.65	6.89	<.001
Дислексия	0.13	0.08	0.19	<.001	0.19	0.10	0.27	<.001	0.23	0.13	0.33	<.001
Класс обучения	-0.12	-0.17	-0.07	<.001	-0.16	-0.23	-0.09	<.001	-0.23	-0.32	-0.14	<.001
Длина	-0.02	-0.03	-0.01	.002	0.05	0.03	0.08	<.001	0.09	.06	0.11	<.001
Частотность	-0.01	-0.01	0.00	.166	-0.06	-0.07	-0.04	<.001	-0.07	-0.09	-0.05	<.001
Кол-во морфем	-0.01	-0.03	0.01	.491	-0.02	-0.07	0.02	.299	-0.03	-0.07	0.01	.125
Длина n-1 слова	-0.01	-0.02	-0.01	<.001	-0.07	-0.08	-0.06	<.001	-0.08	-0.09	-0.08	<.001
Длина n+1 слова	-0.01	-0.01	-0.00	.012	-0.01	-0.02	0.00	.061	0.00	-0.01	0.01	.907
Дискриминация фонем	0.22	-0.87	1.30	.698	0.64	-1.05	2.34	.459	1.01	-1.02	3.03	.329
Лексическое решение	-0.67	-2.16	0.82	.380	-1.44	-3.77	0.90	.228	0.38	-2.43	3.18	.793
Повторение псевдослов	0.10	-0.49	0.69	.742	0.61	-0.32	1.53	.198	0.22	-0.89	1.33	.695
Наличие звука в слове	-0.16	-0.87	0.55	.659	-0.04	-1.15	1.07	.946	-0.40	-1.74	0.93	.555
Первый звук в слове	-0.35	-0.75	0.05	.086	-0.85	-1.47	-0.22	.008	-0.77	-1.53	-0.02	.045
Количество звуков в слове	-0.20	-0.51	0.11	.203	0.11	-0.38	0.59	.662	0.18	-0.40	0.77	.537
Замена звука в псевдослове	0.09	-0.21	0.39	.559	-0.46	-0.94	0.01	.054	-0.63	-1.20	-0.07	.028
Дислексия × Класс	0.10	0.05	0.14	<.001	0.11	0.03	0.18	.004	0.07	-0.01	0.16	.097
Дислексия × Длина	-0.00	-0.01	0.00	.484	0.00	-0.01	0.01	.687	0.01	0.01	0.02	<.001
Дислексия × Частотность	0.00	-0.00	0.01	.492	-0.01	-0.01	-0.00	.017	-0.00	-0.00	0.00	.879
Дислексия × Кол-во морфем	0.01	-0.00	0.02	.137	-0.01	-0.02	0.01	.421	0.01	-0.00	0.02	.203
Дислексия × Дискр. фонем	-0.64	-1.73	0.45	.247	-0.29	-1.99	1.40	.735	0.35	-1.67	2.38	.732
Дислексия × Лекс. решение	-1.65	-3.14	-0.16	.030	-1.79	-4.13	0.54	.132	0.61	-2.20	3.41	.672
Дислексия × Повт. псевдослов	0.60	0.01	1.19	.045	0.83	-0.10	1.75	.080	0.32	-0.79	1.43	.573
Дислексия × Наличие зв. в слове	0.38	-0.32	1.09	.288	0.43	-0.68	1.54	.447	-0.06	-1.39	1.28	.932
Дислексия × Первый звук в слове	-0.18	-0.58	0.22	.372	-0.05	-0.68	0.58	.871	0.26	-0.50	1.01	.501
Дислексия × Кол-во звуков	0.08	-0.23	0.39	.602	0.27	-0.22	0.75	.282	0.41	-0.17	0.99	.170
Дислексия × Зам. зв. в псевд.	-0.07	-0.37	0.24	.667	-0.39	-0.86	0.08	.102	-0.59	-1.15	-0.02	.043

- длина предшествующего слова — при увеличении длины предшествующего слова уменьшаются все меры длительности фиксаций на слове, на которое ребенок смотрел (аналогичный эффект был найден для взрослых носителей русского языка (Laurinavichyute et al., 2019) и может свидетельствовать о параллельной обработке нескольких слов);
- класс обучения — с возрастом дети не только в целом читали быстрее, но и делали более короткие первые фиксации, что может свидетельствовать о более эффективной лексической обработке слов;
- группа дислексии — дети с дислексией читали медленнее, чем типично развивающиеся дети, что отразилось как в ранних, так и в поздних мерах обработки слов;
- задания ЗАРЯ — чем лучше дети справлялись со сложными, но не с простыми заданиями, тем быстрее они читали.

Существенно, что группы типично развивающихся детей и детей с дислексией различались в том, что дети с дислексией дольше читали длинные слова (согласно общему времени чтения), что может свидетельствовать о перечитывании и трудностях с интеграцией слов в структуру предложения. При первом прочтении слова дети с дислексией меньше задерживали взгляд на более частотных словах по сравнению с типично развивающимися детьми. Такой результат противоречит результатам для других языков (Kirkby et al., 2008; Hyönä, Olson, 1995). Возможно, дети с дислексией компенсируют проблемы с чтением отчасти тем, что больше опираются на частотность слова и, распознавая частотное слово, стремятся быстрее перейти к следующему слову. Кроме этого, мы обнаружили, что при переходе к следующему классу обучения дети с дислексией прогрессируют медленнее, чем типично развивающиеся дети, что косвенно подтверждает необходимость терапевтической поддержки для детей с дислексией, без которой овладение чтением для них затруднительно. Наконец, мы обнаружили, что трудности со сложным заданием на замену звука в псевдослове и с более простым лексическим решением коррелируют со скоростью чтения: чем лучше дети с дислексией справлялись с заданиями ЗАРЯ, тем короче было общее время чтения слов и длительность первой фиксации на слове (при этом – противоположный эффект получен для задания на повторение псевдослов). Такой результат может означать, что у наших участников дефицит при дислексии носит не элементарный характер нарушения фонематического слуха, а проявляется при повышенной нагрузке на фонологическую систему.

Литература

Дорофеева С.В., Решетникова В.А., Лауринавичюте А.К., Ахутина Т.В., Драгой О.В. Исследование взаимосвязи навыков фонематической обработки и навыков чтения // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. / Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: Буки Веди, ИППИП, 2019. С. 151 – 156.

Корнев А.Н. Нарушения чтения и письма у детей: учебно-методическое пособие. СПб.: Мим, 1997.

Равен Д.К., Стайл И., Равен М. Цветные прогрессивные матрицы (классическая форма, серии А, Ab, В). М.: Когито Центр, 2004.

Benfatto M.N., Seimyr G.Ö., Ygge J., Pansell T., Rydberg A., Jacobson C. Screening for dyslexia using eye tracking during reading // PLoS ONE. 2016. Vol. 11. No. 12. P. e0165508. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0165508>

Hutzler F., Kronbichler M., Jacobs A.M., Wimmer H. Perhaps correlational but not causal: No effect of dyslexic readers' magnocellular system on their eye movements during reading // Neuropsychologia. 2006. Vol. 44. No. 4. P. 637–648. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.006>

Hyönä J., Olson R.K. Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: Effects of word length and word frequency // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1995. Vol. 21. No. 6. P. 1430–1440. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.21.6.1430>

Jainta S., Kapoula Z. Dyslexic children are confronted with unstable binocular fixation while reading // PLoS ONE. 2011. Vol. 6. No. 4. P. e18694. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0018694>

Kirkby J.A., Webster L. A. D., Blythe H.I., Liversedge S.P. Binocular coordination during reading and non-reading tasks // Psychological Bulletin. 2008. Vol. 134. No. 5. P. 742–763. <http://dx.doi.org/10.1037/a0012979>

Laurinavichyute A.K., Sekerina I.A., Alexeeva S., Bagdasaryan K., Kliegl R. Russian Sentence Corpus: Benchmark measures of eye movements in reading in Russian // Behavior Research Methods. 2018. Vol. 51. No. 3. P. 1161–1178. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-018-1051-6>

Rello L., Baeza-Yates R., Dempere-Marco L., Saggion H. Frequent words improve readability and short words improve understandability for people with dyslexia // Human-Computer Interaction – INTERACT 2013 Springer Berlin Heidelberg, 2013. P. 203–219. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-40498-6_15

Stein J. The magnocellular theory of developmental dyslexia // Dyslexia. 2001. Vol. 7. No. 1. P. 12–36. <http://dx.doi.org/10.1002/dys.186>

Ziegler J.C., Goswami U. Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory // Psychological Bulletin. 2005. Vol. 131. No. 1. P. 3–29. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>

Zobrinetzky R., Bielle F., Valdois S. New insights on developmental dyslexia subtypes: Heterogeneity of mixed reading profiles // PLoS ONE. 2014. Vol. 9. No. 6. P. e99337. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0099337>

EYE MOVEMENTS DURING READING SENTENCES IN RUSSIAN-SPEAKING CHILDREN WITH DYSLEXIA

A. A. Lopukhina* (1), S. M. Goldina (1), A. K. Laurinavichyute (1, 2),

E. V. Iskra (1, 3), O. V. Dragoy (1, 4)

alopukhina@hse.ru

1 – HSE University, Moscow; 2 – University of Potsdam, Potsdam;

3 – Center for Speech Pathology and Neurorehabilitation, Moscow;

4 – Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow

Abstract. Dyslexia is a developmental reading disability that impedes reading fluency and text comprehension. It is believed to stem from a phonological deficit and may be associated with impaired linguistic processing. Our study aimed to investigate the influence of phonological skills and word properties on eye movements during reading in Russian

primary-school students with phonological dyslexia ($N=29$) compared to a control group of typically developing children ($N=47$). We found that, compared to controls, children with dyslexia spent more time rereading longer words, which can indicate a deficit in lexical processing. At the same time, children with dyslexia had shorter gaze duration on more frequent words compared to typically developing children. Finally, we showed that difficulties with complex phonological tasks correlated with longer total reading time and first fixation duration, which was more prominent in children with dyslexia.

Keywords: dyslexia, reading development, primary school students, eye-tracking during reading, phonological processing

Research supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 17-29-09122.

МОДУЛЯЦИЯ МАГНИТОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ ГАММА-ОСЦИЛЛЯЦИЙ В ЗРИТЕЛЬНОЙ КОРЕ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ СВЯЗАНА С ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ К СЕНСОРНЫМ СТИМУЛАМ

В.О. Манюхина* (1, 2), Е.Н. Ростовцева (1), А.О. Прокофьев (1), Т.С. Обухова (1),
Дж.Ф. Шнейдерман (3), Т.А. Строганова (1), Е.В. Орехова (1)

mvo96@inbox.ru

1 — Центр нейрокогнитивных исследований (МЭГ-центр), Московский психолого-педагогический университет, Москва, Россия; 2 — Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Москва, Россия; 3 — MedTech West и Институт нейронаук и физиологии, Академия Сальгренской, Гетеборгский университет, Гетеборг, Швеция

Аннотация. Некоторые люди проявляют повышенную чувствительность к сенсорным стимулам в окружающей среде. Такая гиперчувствительность может быть следствием повышенной возбудимости сенсорных областей коры больших полушарий. Повышенный уровень возбуждения в коре и связанная с ним гиперчувствительность характерны для ряда психических заболеваний и нарушений развития. Учитывая связь между нервной возбудимостью и сенсорной чувствительностью, нейронные корреляты повышенной сенсорной чувствительности являются потенциально полезными неинвазивными биомаркерами соотношения возбуждения/торможения в мозге. Гамма-осцилляции (30–120 Гц) отражают локальные взаимодействия возбуждающих и тормозных нейронов и чувствительны к балансу их активности. Гамма-колебания наиболее выражены в зрительной коре в ответ на предъявление больших высококонтрастных движущихся решеток, но их мощность снижается с увеличением скорости движения. В предыдущем исследовании мы обнаружили, что как у мужчин с аутизмом, так и у «нейротипичных» мужчин сила этого «гамма-подавления» связана с сенсорной чувствительностью (Orekhova et al., 2019). В данной работе мы нашли аналогичную корреляцию у женщин. Результаты нашего исследования свидетельствуют о гендерной неспецифичности обнаруженного феномена и согласуются с гипотезой о том, что относительные изменения мощности гамма-осцилляций несут информацию о регуляции уровня возбуждения/торможения в зрительной коре.

Ключевые слова: гамма-осцилляции, гиперчувствительность, баланс возбуждения/торможения, магнитоэнцефалография, МЭГ

Введение

Известно, что люди по-разному реагируют на интенсивные стимулы в окружающей среде: для одних такие стимулы, как яркий свет или громкий звук, не являются раздражающими, в то время как другие испытывают дискомфорт при воздействии интенсивных сенсорных раздражителей. Предполагается, что повышенная сенсорная чувствительность может быть связана

с избыточным уровнем возбуждения и/или недостаточным уровнем торможения в соответствующих сенсорных областях больших полушарий (Bargary et al., 2015). Возможно, именно поэтому при ряде нейропсихиатрических расстройств, связанных с изменением уровня возбуждения-торможения в мозге (Sohal, Rubenstein, 2019), таких как эпилепсия, аутизм, шизофрения, гиперчувствительность является часто встречающимся сопутствующим симптомом. Выявление показателей, отражающих индивидуальные особенности сенсорной чувствительности, таким образом, с одной стороны может быть полезно для понимания механизмов интеграции и восприятия сенсорной информации, а с другой — может потенциально быть использовано для диагностики и мониторинга состояния людей, страдающих расстройствами, ассоциированными с изменением уровня возбуждения/торможения в головном мозге.

Предыдущие исследования нашей группы свидетельствуют о том, что относительные изменения мощности гамма-осцилляций, измеренные с помощью магнитоэнцефалографии (МЭГ), могут отражать изменения уровня возбуждения/торможения в зрительной коре (Orekhova et al., 2019; Orekhova et al., 2020b). Гамма-осцилляции могут быть наиболее эффективно индуцированы большими черно-белыми высококонтрастными решетками. Движение обычно усиливает «гамма-ответ», но только до определенного предела: увеличение скорости решеток от 1.2 °/сек к 6.0 °/сек, наоборот, ведет к снижению мощности ответа. Это снижение гамма-ответа (СГО), согласно нашим предыдущим данным, возникает как компенсаторная реакция усиления торможения в ответ на увеличение интенсивности зрительного входа, вызванного увеличением скорости движения решеток (Orekhova et al., 2020a; Orekhova et al., 2020b) и, таким образом, отражает регуляцию уровня возбуждения/торможения в зрительной коре. Недавно было показано, что СГО ассоциировано с сенсорной чувствительностью у мужчин с высокофункциональным аутизмом, а также у «нейротипичных» мужчин контрольной группы (Orekhova et al., 2019). В данной работе мы хотели проверить, будет ли аналогичная корреляция выявлена также у женщин. Такое исследования имело две цели. Во-первых, мы хотели определить, является ли ранее найденный эффект гендерно неспецифичным. У женщин параметры гамма-осцилляций в зрительной коре модулируются с изменением концентрации стероидных гормонов в менструальном цикле (Sumner et al., 2018). Поэтому не ясно, несет ли СГО у женщин ту же информацию о балансе возбуждения/торможения и о сенсорной чувствительности, что и у мужчин. Во-вторых, воспроизведение ранее полученного результата на другой выборке испытуемых само по себе является важным ввиду недавних сообщений о плохой воспроизводимости результатов исследований, использующих технологии нейровизуализации (Button et al., 2013).

Методика

В исследовании приняли участие 27 здоровых женщин (19–39 лет). Им предъявляли статические или движущиеся («медленно»: 1.2 °/сек, «средне»: 3.6 °/сек, «быстро»: 6.0 °/сек) большие (18 °) высококонтрастные черно-белые решетки (см. рис. 1А). Для каждой испытуемой мы оценили мощность и частоту

МЭГ гамма-ответа в 26 вертексах первичной зрительной коры и затем рассчитали показатель СГО как коэффициент линейной регрессии гамма-мощности (для «медленно», «средне» и «быстро» движущихся решеток) от скорости движения решетки (см. рис. 1Б). Таким образом, более отрицательные значения СГО отражают большее подавление гамма-ответа и больший уровень нейронального торможения в зрительной коре. Индивидуальную чувствительность испытуемых к сенсорным стимулам в окружающей среде оценивали с помощью опросника (Adolescent/Adult Sensory Profile questionnaire; Brown, Dunn, 2002), переведенного на русский язык.

Результаты

Мы обнаружили, что более пологое снижение гамма-мощности от «медленно» до «быстро» движущегося стимула (менее отрицательное СГО) значимо коррелирует с более высокими баллами общей сенсорной чувствительности (рассчитывается для нескольких сенсорных модальностей) (r -Спирмена = .40, p = .038) и зрительной сенсорной чувствительности (рассчитывается только для зрительной модальности; r -Спирмена = .42, p = .028). При этом ни мощность, ни частота гамма-ответа для каждого типа стимула в отдельности не были ассоциированы со шкалами сенсорного опросника (все p > .10).

Обсуждение и выводы

В данном исследовании мы обнаружили у здоровых женщин прямую корреляцию между повышенной сенсорной чувствительностью и менее выраженным СГО. Таким образом, мы воспроизвели результаты, ранее полученные у мужчин (Orekhova et al., 2019), и показали, что корреляция между СГО и сенсорной чувствительностью не является гендерно специфичной.

Несмотря на то, что гамма-осцилляции связаны с локальными процессами возбуждения и торможения (Buzsáki, Wang, 2012), использование их в качестве индикатора баланса этих процессов является нетривиальной задачей. Отношение возбуждения/торможения считается достаточно стабильным показателем функционирования головного мозга (Xue et al., 2014). В то же время амплитуда и пиковая частота гамма-осцилляций не только зависят от силы нервного возбуждения и торможения, но и варьируются в широком диапазоне в зависимости от типа стимула, морфологии коры, возраста испытуемых и других факторов (Muthukumaraswamy et al., 2010; Schwarzkopf et al., 2012; Hermes et al., 2015). Действительно, ни частота, ни мощность гамма-ответа в отдельных условиях не коррелировали с показателями сенсорной чувствительности у наших испытуемых. В этом отношении показатели, основанные на изменениях гамма-ответа, такие как СГО, представляют особый интерес.

Предыдущие исследования нашей группы связывали СГО с усилением торможения в зрительной коре (Orekhova et al., 2020a; Orekhova et al., 2020b). В связи с этим мы предположили, что выявленная взаимосвязь менее отрицательного СГО с большей сенсорной чувствительностью ожидаема: оба феномена, вероятно, имеют в своей основе снижение эффективности нервного торможения. Поскольку гамма-синхронизация способствует передаче ин-

формации в нейронных сетях (Fries et al., 2007), описанное снижение гамма-ответа может работать как механизм, защищающий мозг от воздействия слишком сильного и потенциально вредного раздражителя. Действительно, было показано, что зрительные стимулы, индуцирующие высокоамплитудную гамма-активность (подобные тем, что использовались в нашем эксперименте), могут вызывать приступы у пациентов со светочувствительной эпилепсией (Hermes et al., 2017).

Таким образом, наши результаты подтверждают ранее высказанную гипотезу о том, что степень снижения гамма-ответа при сильном сенсорном входе несет информацию о соотношении возбуждения и торможения в зрительной коре здоровых людей (Orehova et al., 2019). Дальнейшие исследования должны ответить на вопрос, может ли данный показатель так же эффективно отражать уровень возбуждения/торможения у пациентов с различными психическими заболеваниями, ассоциированными с нарушением баланса возбуждения/торможения.

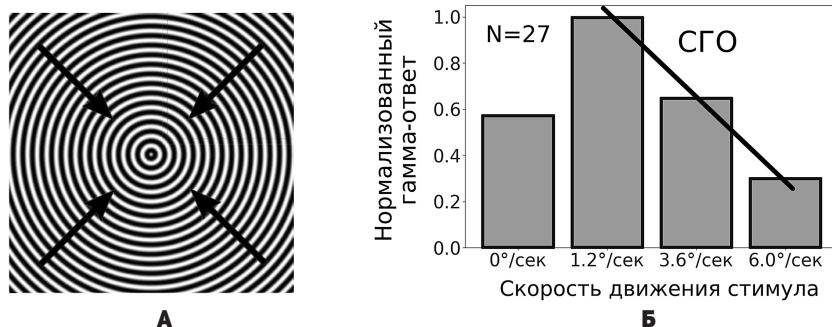


Рисунок 1. А – Стимул, предъявляемый испытуемым. Стрелки указывают направление движения решетки. Б – Усредненные по группе и нормализованные мощности гамма-ответа, индуцированные четырьмя типами стимулов: статическим и «медленно» (1.2°/сек), «средне» (3.6°/сек) и «быстро» (6.0°/сек) движущимися. Линия обозначает средний по группе показатель снижения гамма-ответа (СГО)

Литература

- Bargary G., Furlan M., Raynham P.J., Barbur J.L., Smith A.T. Cortical hyperexcitability and sensitivity to discomfort glare // *Neuropsychologia*. 2015. Vol. 69. P. 194 – 200. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.006>
- Brown C., Dunn W. Adolescent/adult sensory profile. San Antonio, TX: Pearson, 2002.
- Button K.S., Ioannidis J.P.A., Mokrysz C., Nosek B.A., Flint J., Robinson E.S.J., Munafò M.R. Power failure: Why small sample size undermines the reliability of neuroscience // *Nature reviews neuroscience*. 2013. Vol. 14. No. 5. P. 365 – 376.
- Buzsáki G., Wang X.-J. Mechanisms of gamma oscillations // *Annual Review of Neuroscience*. 2012. Vol. 35. No. 1. P. 203 – 225. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150444>
- Fries P., Nikolić D., Singer W. The gamma cycle // *Trends in Neurosciences*. 2007. Vol. 30. No. 7. P. 309 – 316. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tins.2007.05.005>

Hermes D., Miller K.J., Wandell B.A., Winawer J. Stimulus dependence of gamma oscillations in human visual cortex // *Cerebral Cortex*. 2015. Vol. 25. No. 9. P. 2951–2959. <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhu091>

Hermes D., Trenité D. G. A. K.-N., Winawer J. Gamma oscillations and photosensitive epilepsy // *Current Biology*. 2017. Vol. 27. No. 9. P. R336 – R338. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.076>

Muthukumaraswamy S.D., Singh K.D., Swettenham J.B., Jones D.K. Visual gamma oscillations and evoked responses: Variability, repeatability and structural MRI correlates // *NeuroImage*. 2010. Vol. 49. No. 4. P. 3349 – 3357. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.11.045>

Orekhova E.V., Prokofyev A.O., Nikolaeva A.Y., Schneiderman J.F., Stroganova T.A. Additive effect of contrast and velocity suggests the role of strong excitatory drive in suppression of visual gamma response // *PLOS ONE*. 2020a. Vol. 15. No. 2. P. e0228937. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0228937>

Orekhova E.V., Rostovtseva E.N., Manyukhina V.O., Prokofiev A.O., Obukhova T.S., Nikolaeva A.Y., Schneiderman J.F., Stroganova T.A. Spatial suppression in visual motion perception is driven by inhibition: Evidence from MEG gamma oscillations // *NeuroImage*. 2020b. Vol. 213. P. 116753. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116753>

Orekhova E.V., Stroganova T.A., Schneiderman J.F., Lundström S., Riaz B., Sarovic D., Sysøeva O.V., Brant G., Gillberg C., Hadjikhani N. Neural gain control measured through cortical gamma oscillations is associated with sensory sensitivity // *Human Brain Mapping*. 2019. Vol. 40. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.24469>

Schwarzkoopf D.S., Robertson D.J., Song C., Barnes G.R., Rees G. The frequency of visually induced gamma-band oscillations depends on the size of early human visual cortex // *Journal of Neuroscience*. 2012. Vol. 32. No. 4. P. 1507 – 1512. <http://dx.doi.org/10.1523/jneurosci.4771-11.2012>

Sohal V.S., Rubenstein J. L. R. Excitation-inhibition balance as a framework for investigating mechanisms in neuropsychiatric disorders // *Molecular Psychiatry*. 2019. Vol. 24. No. 9. P. 1248 – 1257. <http://dx.doi.org/10.1038/s41380-019-0426-0>

Sumner R.L., McMillan R.L., Shaw A.D., Singh K.D., Sundram F., Muthukumaraswamy S.D. Peak visual gamma frequency is modified across the healthy menstrual cycle // *Human Brain Mapping*. 2018. Vol. 39. No. 8. P. 3187 – 3202. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.24069>

Xue M., Atallah B.V., Scanziani M. Equalizing excitation-inhibition ratios across visual cortical neurons // *Nature*. 2014. Vol. 511. No. 7511. P. 596 – 600. <http://dx.doi.org/10.1038/nature13321>

MODULATION OF MAGNETOENCEPHALOGRAPHIC GAMMA OSCILLATIONS IN THE VISUAL CORTEX OF HEALTHY INDIVIDUALS IS ASSOCIATED WITH SENSITIVITY TO SENSORY STIMULI

V.O. Manyukhina* (1, 2), E.N. Rostovtseva (1), A.O. Prokofyev (1), T.S. Obukhova (1), J.F. Schneiderman (3), T.A. Stroganova (1), E.V. Orekhova (1) mvo96@inbox.ru

1 – Center for Neurocognitive Research (MEG Center), Moscow State University of Psychology and Education, Moscow; 2 – National Research University Higher School of Economics, Moscow; 3 – MedTech West and the Institute of Neuroscience and Physiology, Sahlgrenska Academy, The University of Gothenburg, Gothenburg

Abstract. Some people are hypersensitive to sensory stimuli in the environment. Such hypersensitivity may result from an increased excitability of the sensory cortical areas of the brain. Increased cortical excitability and its associated hypersensitivity are observed in many psychiatric disorders. Given the relationship between neural hyperexcitability and sensory sensitivity, the neural correlates of sensory sensitivity are potentially useful noninvasive biomarkers of excitation/inhibition imbalance for clinical neuroscience. Gamma oscillations (30–120 Hz) reflect local interactions of excitatory and inhibitory neurons and are sensitive to the balance of their activity. Gamma oscillations are most pronounced in the visual cortex in response to large high-contrast drifting gratings, but attenuate with increasing drift rate. In a previous study, we found that this “gamma attenuation” is associated with sensory sensitivity in both autistic and “neurotypical” men (Orekhova et al., 2019). In the current work, we demonstrated that a similar correlation is also observed in women. The results of our study prove the gender nonspecific nature of the phenomenon, and support our hypothesis that relative changes in the power of gamma oscillations carry information about the regulation of the excitation/inhibition balance in the visual cortex.

Keywords: gamma oscillations, hypersensitivity, excitation/inhibition balance, magnetoencephalography, MEG

САМООЦЕНКИ СИЛЫ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В КОЛЛЕКТИВИСТСКИХ И ИНДИВИДУАЛИСТСКИХ ОБЩЕСТВАХ

О.П. Марченко* (1), Н.С. Гурьянов (2)

olga.p.marchenko@gmail.com

1 — МГППУ, Москва; 2 — Augsburg University of Applied Sciences, Augsburg

Аннотация. Кросс-культурные различия в силе эмоциональных проявлений активно исследуются в последние десятилетия. Исследователи обычно сравнивают понимание идеальной эмоции в странах, принадлежащих разным типам, а также самоотчет о силе эмоций в повседневной жизни, что лишь косвенно может свидетельствовать о кросс-культурных различиях в эмоциональных реакциях. Данная работа посвящена сравнению самооценок силы эмоционального возбуждения (arousal) в ответ на эмоциогенные стимулы в странах, где доминируют индивидуализм и коллективизм. В исследовании приняли участие жители таких индивидуалистских стран, как Великобритания ($N=62$) и Германия ($N=62$), а также жители Малайзии ($N=85$) и России ($N=83$), уровень коллективизма в которых является достаточно высоким. Результаты показали, что уровень эмоционального возбуждения оказался выше в выборках жителей тех стран, которые традиционно относят к коллективистским, по сравнению с выборками, состоящими из жителей индивидуалистских стран. Мы предполагаем, что полученные данные можно объяснить более высоким уровнем адаптации к эмоциогенным стимулам в повседневной жизни благодаря средствам массмедиа в странах, где доминирует индивидуализм.

Ключевые слова: эмоции, гедонистическая валентность, эраузал, кросс-культурные различия, индивидуализм, коллективизм

Исследование поддержано РФФИ, 20-013-00912 «Культурно-специфичные аспекты эмоциональной и семантической категоризации».

Введение

Эмоции изменяют течение когнитивных процессов, поэтому исследование эмоциональных триггеров является важным для когнитивной психологии. При сопоставлении результатов исследований, проведенных в лабораториях разных стран, также важно учитывать и проблему кросс-культурных различий в проявлении эмоций. Было показано, что на различия в эмоциональной сфере между выборками разных стран оказывает влияние переменная «индивидуализм – коллективизм» (Tsai, 2007; Lim, 2016). Так, например, в культуре с высокими показателями коллективизма интенсивность испытываемых как позитивных, так и негативных эмоций и их частота ниже, чем в странах, где

доминирует индивидуализм (Eid, Diener, 2001). Кроме того, было показано, что члены коллективистских обществ предпочитают как положительные, так и отрицательные эмоции, характеризующиеся низким уровнем силы возбуждения (arousal), в то время как представители западных индивидуалистских обществ предпочитают эмоции с высоким уровнем силы возбуждения (Lim, 2016; Kuppens et al., 2017). Также, представители коллективистских обществ проявляют тенденцию к подавлению эмоций (Eid, Diener, 2001), что может приводить к умеренности их аффективных самооценок в исследованиях. Однако существуют данные, показывающие, что сила определенных эмоций может быть, наоборот, выше в странах, где доминирует коллективизм. Например, малайцы (как представители коллективистской культуры) испытывают более сильные эмоции, предполагающие межличностную вовлеченность, чем эмоции, предполагающие межличностное разъединение, по сравнению с австралийцами (типичными представителями индивидуалистской культуры) (Jobson et al., 2019). Данные различия, вероятно, проявляются не только в предпочтении тех или иных эмоций в повседневной жизни, но и в эмоциональных реакциях респондентов. Так, сила эмоционального возбуждения для умеренно приятных событий выше у представителей коллективистских культур по сравнению с индивидуалистскими (Kuppens et al., 2017). Исследователи обычно сравнивают понимание идеальной эмоции в странах, принадлежащих разным типам, а также самоотчет о силе эмоций в повседневной жизни, что лишь косвенно может свидетельствовать о кросс-культурных различиях в эмоциональных реакциях. Данная же работа посвящена сравнению самооценок силы эмоционального возбуждения в ответ на эмоциогенные стимулы в странах, где доминируют индивидуализм и коллективизм.

В нашем исследовании задействуется 4 культуры. Участники исследования из Великобритании и Германии являются яркими представителями индивидуалистских культур, в то время как участники из России и Малайзии являются представителями коллективистских культур. Было показано, что уровень коллективизма в России намного выше, чем в Великобритании (Tower et al., 1997). Другие исследователи также указывают на высокий уровень коллективизма в России (Naumov, Puffer, 2000). Тем не менее, исходя из очевидных культурных различий между российскими и малайзийскими респондентами, можно ожидать проявления достаточно сильных различий в их реакциях на эмоционально окрашенный стимульный материал. Так, например, российские респонденты демонстрируют большую степень дистанцирования при оценке своих эмоций (Grossman, 2010), что может повлиять на культурную специфику реакций. Однако, учитывая, что обе страны некоторые исследователи относят к одному типу культуры — коллективистской и что в других исследованиях было показано, что эта характеристика определяет даже общность между малайской и российской выборками в решении когнитивных задач (Kühnen et al., 2001), то вполне можно ожидать и схожести эмоциональных реакций в этих двух случаях. Если различия действительно определяются типом культур, то это будет проявляться в сходстве силы эмоционального возбуждения между представителями одного типа и в односторонней направленности отличий от выборок стран, принадлежащих другому типу.

Методика

Выборка насчитывала 62 британца (44 женщины и 18 мужчин) в возрасте от 18 до 27 лет ($M = 22(2.55)$), 62 немца (24 женщины и 36 мужчин, 2 человека предпочли не указывать пол) от 18 до 27 лет ($M = 23(2.67)$), 85 малайцев (58 женщин и 27 мужчин) от 18 до 27 лет ($M = 21(2.06)$), и 83 россиянина (59 женщин и 24 мужчины) от 18 до 29 лет ($M = 20(2.28)$).

Процедура исследования. Участники исследования должны были оценить эмоции, возникающие при просмотре фото. Набор составили 60 фотографий из международной базы эмоционально окрашенных фотоизображений IAPS.

Участники исследования получали оригинальную инструкцию, использовавшуюся при создании нормативных оценок международной базы эмоционально окрашенных фотоизображений IAPS (Lang et al., 2008). На экране в случайном порядке предъявлялись фотоизображения, которые нужно было оценить по девятибалльным шкалам валентности, силы эмоционального возбуждения (arousal) и доминантности.

Для оценки по шкале валентности участнику исследования необходимо было решить, в какой мере он испытал позитивные или негативные эмоции при просмотре картинки. Для оценки фотоизображения по шкале силы возбуждения испытуемый должен был определить интенсивность эмоции. При работе со шкалой доминантности испытуемый должен был оценить, насколько ситуация находится под его контролем. В данной статье рассматриваются только данные по шкале силы эмоционального возбуждения. Оценка валентности, возбуждения и доминантности эмоций осуществлялась по специальным шкалам, состоящим из последовательного ряда изображений, схематически выражающих разные характеристики эмоций — Self-Assessment-Manikin (модели для самооценки эмоций).

Для каждого фотоизображения были подсчитаны средние оценок по шкалам валентности, силы эмоционального возбуждения и доминантности в каждой из четырех выборок. Сравнение оценок в выборках проводилось с помощью ANOVA с повторными измерениями и t -критерия Стьюдента с поправкой на множественные сравнения Холма – Бонферрони. Для анализа использовалась программа IBM SPSS Statistics 23.

Результаты

Фактор страны показал значимый эффект для эраузола как позитивных, так и негативных эмоций ($F(3) = 102.637$, $p < .001$ для позитивных эмоций, $F(3) = 6.576$, $p < .001$ для негативных эмоций). Сила эмоционального возбуждения для позитивных эмоций была выше в странах, где доминирует коллективизм, по сравнению со странами, где доминирует индивидуализм (табл. 1, рис. 1). Различия были значимы даже после коррекции на множественные сравнения Холма – Бонферрони. Однако различия проявились сильнее именно для позитивных эмоций. Попарные сравнения для негативных эмоций в ряде случаев показали незначимые различия. Тем не менее различия между выборкой Малайзии и выборками Германии и Великобритании остаются значимыми.

Таблица 1. Сравнение силы эмоционального возбуждения между выборками разных стран

		<i>t</i>	<i>df</i>	Односторонний <i>p</i>	Скорректированный <i>p</i>
Негативные эмоции	Малайзия – Россия	1.55	26	.13	.28
	Великобритания – Германия	–0.85	26	.41	.41
	Россия – Германия	1.75	26	.09	.28
	Малайзия – Германия	2.91	26	.01	.04
	Малайзия – Великобритания	3.93	26	<.01	<.01
	Россия – Великобритания	2.35	26	.03	.11
Позитивные эмоции	Малайзия – Россия	9.96	32	<.01	<.01
	Великобритания – Германия	2.96	32	.21	.21
	Россия – Германия	5.99	32	<.01	<.01
	Малайзия – Германия	12.70	32	<.01	<.01
	Малайзия – Великобритания	16.23	32	<.01	<.01
	Россия – Великобритания	4.85	32	<.01	<.01

Примечание. *t* – *t*-критерий Стьюдента; *df* – степени свободы.

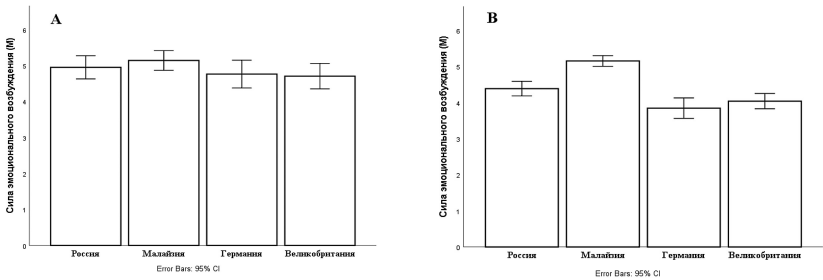


Рисунок 1. Уровень эрауэала негативных (А) и позитивных (В) эмоций

Обсуждение и выводы

Данные исследования показали, что сила эмоционального возбуждения ниже в индивидуалистских культурах по сравнению с коллективистскими, хотя результаты других работ говорят об обратном. Полученные данные можно объяснить, предположительно, более высоким уровнем адаптации к эмоциональным стимулам в повседневной жизни благодаря средствам массовой информации в странах, где доминирует индивидуализм. Одним из объяснений более высокого уровня эмоционального возбуждения может быть и то, что предъявляемые в исследовании стимулы (фотографии) вызывали в целом умеренные эмоции, а именно такие эмоции как раз получают более высокие оценки по шкале эмоционального возбуждения в коллективистских странах по сравнению с индивидуалистскими. Такой паттерн отличий наблюдается в большей степени для позитивных, чем для негативных эмоций. Возможно, причина в том, что выборка российских респондентов в меньшей степени является коллективистской, чем малайская выборка.

Литература

- Eid M., Diener E. Norms for experiencing emotions in different cultures: inter- and intra-national differences // *Journal of Personality and Social Psychology*. 2001. Vol. 81. No. 5. P. 869–885. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-3514.81.5.869>
- Grossmann I., Kross E. The impact of culture on adaptive versus maladaptive self-reflection // *Psychological Science*. 2010. Vol. 21. No. 8. P. 1150–1157. <http://dx.doi.org/10.1177/0956797610376655>
- Jobson L., Mirabolfathi V., Moshirpanahi S., Parhoon H., Gillard J., Mukhtar F., Moradi A.R., Mohan S.N. Investigating emotion in Malay, Australian and Iranian individuals with and without depression // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-019-54775-x>
- Kühnen U., Hannover B., Roeder U., Shah A.A., Schubert B., Upmeyer A., Zakaria S. Cross-cultural variations in identifying embedded figures // *Journal of Cross-Cultural Psychology*. 2001. Vol. 32. No. 3. P. 366–372. <http://dx.doi.org/10.1177/0022022101032003007>
- Kuppens P., Tuerlinckx F., Yik M., Koval P., Coosemans J., Zeng K.J., Russell J.A. The relation between valence and arousal in subjective experience varies with personality and culture // *Journal of Personality*. 2016. Vol. 85. No. 4. P. 530–542. <http://dx.doi.org/10.1111/jopy.12258>
- Lim N. Cultural differences in emotion: Differences in emotional arousal level between the east and the west // *Integrative Medicine Research*. 2016. Vol. 5. No. 2. P. 105–109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.imr.2016.03.004>
- Naumov A., Puffer S. Measuring russian culture using Hofstede's dimensions // *Applied Psychology*. 2000. Vol. 49. No. 4. P. 709–718. <http://dx.doi.org/10.1111/1464-0597.00041>
- Silva J.R. International affective picture system (IAPS) in chile: A cross-cultural adaptation and validation study // *Terapia Psicológica*. 2011. Vol. 29. No. 2. P. 251–258. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-48082011000200012>
- Tower R.K., Kelly C., Richards A. Individualism, collectivism and reward allocation: A cross-cultural study in Russia and Britain // *British Journal of Social Psychology*. 1997. Vol. 36. No. 3. P. 331–345. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2044-8309.1997.tb01135.x>
- Tsai J.L. Ideal affect: Cultural causes and behavioral consequences // *Perspectives on Psychological Science*. 2007. Vol. 2. No. 3. P. 242–259. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6916.2007.00043.x>

SELF-ESTIMATES OF EMOTIONAL AROUSAL IN COLLECTIVISTIC AND INDIVIDUALISTIC SOCIETIES

O.P. Marchenko* (1), N.S. Guryanov (2)

olga.p.marchenko@gmail.com

1 – Moscow State University, Moscow; 2 – Augsburg

University of Applied Sciences, Augsburg

Abstract. Cross-cultural differences in the strength of emotional expressions have been actively explored in recent decades. Researchers usually compare the concept of ideal emotions in countries belonging to different types, as well as the self-reported strength of emotions in everyday life, which can only indirectly indicate cross-cultural differences in emotional responses. This work aims to compare self-assessments of arousal in response to emotionally evocative stimuli in countries where individualism or collectivism dominates. The study involved residents of such individualistic countries as The United Kingdom ($n = 62$) and Germany ($n = 62$), as well as residents of Malaysia ($n = 85$) and Russia ($n = 83$), where the level of collectivism is quite high. The results showed that the level of arousal was higher in the residents from countries that are traditionally referred to as collectivistic, compared to the residents from individualistic countries. The data can be explained by a higher level of adaptation to emotionally evocative stimuli in everyday life, perhaps owing to the mass media in countries where individualism dominates.

Keywords: emotion, hedonic valence, arousal, cross-cultural differences, individualism, collectivism

Research supported by grant project # 20-013-00912: "Culture-specific features of emotional and semantic categorization".

ПРОИЗВОЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ В ДВИЖЕНИИ ВЗГЛЯДА ПРИ РЕШЕНИИ АНАГРАММ

А.А. Медынцев* (1), П.С. Сабадош (1), А.А. Коган (2), А.И. Комаровская (3),
А.Г. Харазян (4)

medyncevaa@ipran.ru

1 — Институт психологии РАН, Москва; 2 — МГУ, Москва;

3 — РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва; 4 — ГАУГН, Москва

Аннотация. Задачей исследования являлось частичное воспроизведение экспериментов по исследованию паттернов движений глаз при выполнении задачи решения анаграмм в ситуации исключительно сознательного контроля за перемещением взгляда. С этой целью была использована созданная нами методика «эрзац-айтрекинга». В этой методике на экране компьютера буквы анаграммы были закрыты специальными прямоугольниками. Для просмотра букв участник должен был навести на прямоугольник специальный «фокус видимости», управляемый компьютерной мышью, который открывал нужную букву. Ожидалось, что решение анаграммы потребует от испытуемого частых перемещений фокуса видимости от буквы к букве, что позволит выявить паттерны, связанные с решением задачи, которые будут аналогичны паттернам классического айтрекинга. Результаты проведенного исследования значимо отличаются от результатов исследований с использованием классического айтрекинга. По нашему мнению, полученные результаты свидетельствуют о значительной роли произвольного компонента в задаче на решение анаграмм. Выявленные паттерны могут быть сопоставлены с тремя этапами решения задачи: понимания условий, преодолением тупика и верификацией ответа.

Ключевые слова: решение задач, инсайт, айтрекинг, эрзац-айтрекинг, анаграммы

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-013-00812.

Введение

Регистрация движений глаз является одним из перспективных методов изучения процессов, связанных с решением задач и проблем, в том числе процессов, связанных с феноменом инсайта (Knoblich et al., 2001).

В литературе имеется немало работ, в которых показано, что паттерны движения глаз различны в ходе решения «инсайтных» и «аналитических» задач (Владимиров, Чистопольская, 2019). В задачах решения анаграмм было показано, что паттерны движения глаз могут отображать «постепенное накопление знания о решении» (Ellis et al., 2011; Ellis, Reingold, 2014; Лаптева, 2016).

Учитывая, что глазодвигательная активность включает как произвольные, так и произвольные компоненты (Барабанщиков, Жегалло, 2014), уместным

является вопрос о соотношении произвольного и непроизвольного компонентов в описанных паттернах.

Основная задача настоящего исследования состояла в частичной репликации методик вышеприведенных исследований в ситуации исключительно произвольного управления направлением взгляда. Результаты такого исследования позволят выделить произвольную составляющую в паттерне движений взгляда и выявить различия в протекании произвольных и непроизвольных процессов, связанных с решением анаграмм. Выделение произвольной составляющей являлось целью исследования.

Для достижения цели была разработана методика «эрзац-айтрекинга». Как и в приведенных выше работах, в данной методике участник должен был решать анаграммы. Однако буквы анаграмм были закрыты от взора участника. Для их просмотра участник был вынужден наводить на них «фокус видимости», управляемый компьютерной мышью.

Ожидалось, что необходимость решить анаграмму в короткий срок с одной стороны и естественная ограниченность рабочей памяти с другой приведут участника к необходимости периодически передвигать «фокус видимости» от буквы к букве. Это позволит выявить паттерны движения мышкой, аналогичные паттернам движения глаз при решении анаграмм.

Помимо этого, эпидемиологическая ситуация, сложившаяся в 2020 году, привела к необходимости разработать методику, аналогичную регистрации движений глаз, которая могла бы проводиться дистанционно без специального оборудования. Оценка методики «эрзац-айтрекинга» как замены классического айтрекинга в дистанционных исследованиях являлась дополнительной задачей работы.

Методика

Для проведения исследования было создано portable (не требующее установки) программное обеспечение, позволяющее запускать процедуру эксперимента на компьютере участника с полным сохранением размера и положения стимулов на экране его монитора.

Программа состояла из двух компонентов: исполняемого (*.exe) файла, позволяющего запускать процедуру предъявления стимулов, и текстового файла (*.csv), содержащего в себе стимульный материал. Оба компонента скачивались участником из облачного хранилища «Яндекс.Диск» заранее.

Перед исследованием программа высылалась участнику, после чего он связывался с экспериментатором посредством сервиса Zoom. Экспериментатор оценивал условия работы участника и инструктировал относительно работы с программой.

В ходе эксперимента экспериментатор следил за работой участника посредством сервиса Zoom, контролируя ее ход.

Процедура. После предъявления фиксационного креста в середине экрана (белый крест на черном фоне) участнику предъявлялась анаграмма. Буквы анаграммы располагались полукругом в верхней части экрана на одинаковом расстоянии друг от друга. Все буквы были закрыты синими прямоугольниками,

не позволяющими их увидеть. Чтобы увидеть букву, участник при помощи мыши должен был навести на прямоугольник «фокус видимости» — круг белого цвета, который временно «стирал» прямоугольник, открывая закрытую букву.

На решение каждой из анаграмм участнику отводилось 75 секунд. В случае, если анаграмма была решена, участник нажимал левую клавишу мыши и вводил решение анаграммы в специальном окне, появляющемся после нажатия. В том же окне требовалось указать тип решения (инсайтный или аналитический) и оценить степень эмоционального переживания при его нахождении.

Учитывая, что процедура «эрзац-айтрекинга» должна увеличивать время решения анаграмм, был проведен контрольный эксперимент, в котором участникам предъявлялись анаграммы в обычном режиме (буквы анаграмм не были скрыты за прямоугольниками).

Стимулы. Участникам предъявлялись анаграммы с одной лишней буквой (дистрактором). Анаграммы были двух видов: анаграммы-слова, из которых требовалось составить новое слово, удалив дистрактор (пример: «БУТЫЛКА», ответ «УЛЫБКА», дистрактор «Т»), и анаграммы — наборы букв — бессмысленные наборы букв, где в каждом случае требовалось составить новое слово (пример: «ДСЕТРТО», ответ «ТОСТЕР», дистрактор «Д»). Как анаграммы-слова, так и анаграммы — наборы букв состояли из семи букв. Все слова задачи являлись существительными. Всего в исследовании участникам было предъявлено 19 анаграмм — наборов букв и 17 анаграмм-слов. Все анаграммы предъявлялись случайным образом.

Экспериментальные серии. Основной эксперимент состоял из пяти серий. Первые две серии были «калибровочными» (в настоящий анализ не включены). Следующие три серии были экспериментальными. В серии 3 испытуемым предлагалось решить пять задач, в сериях 4 и 5 — по 15 задач в каждой. Контрольный эксперимент состоял из трех серий. В первой серии предъявлялось пять задач, во второй и третьей — по 15 задач в каждой.

Участники. В работе участвовали 19 человек, 5 мужчин и 13 женщин. В контрольном эксперименте участвовали 14 человек, 6 мужчин и 8 женщин. Возраст участников обоих экспериментов составлял 19–33 года.

Анализируемые поведенческие показатели. В анализ данных исследования включались как традиционные показатели поведения (число верных решений, время верного решения и число инсайтных/аналитических решений), так и показатели «эрзац-айтрекинга». При анализе данных «эрзац-айтрекинга» выделялись «фиксации» и «саккады». «Фиксацией» считалось время нахождения белого круга на определенной букве при условии, что оно длится более чем 100 мс. «Саккадой» считалось нахождение белого круга между буквами. При этом если белый круг находился на определенной букве менее 100 мс, то это также считалось «саккадой» и суммировалось с предшествующей и последующей «саккадами».

Результаты

В контрольном эксперименте в среднем участниками было решено 50 % заданий. Среднее время решения анаграмм составило 29 500 мс.

В основном исследовании в среднем участниками было решено 22 % всех анаграмм, 45 % всех верных решений было найдено инсайтным путем. Средняя медианная длительность верного решения составила 48 100 мс. Было обнаружено, что время инсайтного решения статистически значимо меньше, нежели время аналитического ($t = 115$, $p < .001$). Различий в количестве верных решений инсайтного и аналитического типа найдено не было.

Для анализа динамики изменений показателей «эрзац-айтрекинга» в ходе решения анаграммы время решения было разбито на сегменты: сегмент 1 (от начала решения прошло от 0 до 30 % времени), сегмент 2 (прошло более 30 и до 60 %) и сегмент 3 (более 60 %).

Для проверки гипотез о различиях в длительности, а также числе «фиксаций» и «саккад» использовался метод обобщенных линейных смешанных моделей (GLMM), где предикторами являлись: *сегмент времени* (1/2/3) и *тип решения* (инсайтный/аналитический).

Согласно построенной модели (LR $\chi^2(5) = 26.69$, $p < .001$), число «фиксаций» на букве в сегменте 1 выше, чем в сегменте 2 при обоих типах решения ($t = -2.05$, $p = .041$).

Также была построена модель (LR $\chi^2(5) = 38.85$, $p < .001$), согласно которой при обоих типах решения число «саккад» в сегменте 2 меньше, чем в остальных ($t = -2.72$, $p = .007$). Посредством той же модели был обнаружен эффект взаимодействия факторов *сегмента* и *типа решения*: в сегменте 3 при инсайтном решении число «саккад» оказалось значимо больше, нежели при аналитическом решении ($t = 2.32$, $p = .02$).

Также была проанализирована длительность «саккад». Была построена модель (LR $\chi^2(5) = 81.67$, $p < .001$) согласно которой длительность «саккад» в сегменте 1 меньше, чем в сегменте 2 ($t = 4.32$, $p < .001$) и сегменте 3 ($t = 4.86$, $p < .001$). Инсайтное решение сопровождалось более длительными «саккадами» во всех сегментах ($t = 2.1$, $p = .035$).

Отдельно анализировалось число «фиксаций» на дистракторе. Модель (LR $\chi^2(5) = 14.82$, $p = .011$) продемонстрировала, что число «фиксаций» на дистракторе значимо уменьшается в сегменте 2 по сравнению с сегментом 1 и сегментом 3 ($t = 1.21$, $p = .23$) при обоих типах решений.

С помощью еще одной модели (LR $\chi^2(5) = 21.08$, $p < .001$) был обнаружен эффект взаимодействия: длительность «фиксации» на дистракторе в сегменте 3 выше при инсайтном решении, нежели при аналитическом и чем в сегменте 2 ($t = 2.66$, $p = .008$).

Обсуждение

Сравнение результативности решения анаграмм при использовании методики «эрзац-айтрекинга» и контрольного эксперимента показало, что методика увеличивает время, необходимое для решения анаграммы, что связано с необходимостью перемещать «фокус видимости» от буквы к букве. Учитывая, что время, выделенное на решение анаграммы, было ограниченным, увеличение времени решения повлекло за собой и снижение общего числа решений. Такие результаты были вполне ожидаемы.

Большого внимания заслуживает тот факт, что результаты основного эксперимента значимо отличаются от результатов исследований с использованием классического айтрекинга. Так, аналога описанного в некоторых исследованиях снижения длительности фиксаций на дистракторе перед решением (Ellis et al., 2011; Лаптева, 2016) обнаружено не было. Такой результат может быть объяснен произвольным характером движений при «эрзац-айтрекинге». В проведенном эксперименте произвольная составляющая, которая имеет место в классическом айтрекинге, была исключена. Можно предположить, что описанное в работах градуальное снижение длительности фиксации на дистракторе по мере приближения к решению по большей степени являлось отражением произвольных процессов.

Особого внимания заслуживают отличия, обнаруженные в сегменте 2. Как показали результаты исследования, в этом сегменте снижалось число «фиксаций» на буквах в целом, но в то же время повышалось число «фиксаций» на дистракторе.

В ряде работ показано, что при определенных условиях процессы организации и выполнения моторных заданий могут интерферировать с процессами поиска решения (Савинова, Коровкин, 2019). Можно предположить, что найденные нами различия отчасти объясняются результатом схожей интерференции. Если учесть, что процесс решения может быть теоретически разделен на три этапа, где первый этап связан с чтением и пониманием условий, второй — с нахождением в тупике и третий — с преодолением тупика и проверкой ответа (Савинова, Коровкин, 2019), можно предположить, что эта интерференция отражает процесс преодоления тупика. Повышение длительности «фиксаций» на дистракторе в сегменте 3 может быть связано с процессом верификации найденного решения.

Литература

Барabanщиков В.А., Жегалло А.В. Айтрекинг: Методы регистрации движений глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-Центр, 2014.

Владимиров И.Ю., Чистопольская А.В. Регистрация движений глаз и когнитивный мониторинг как методы объективации процесса инсайтного решения // Экспериментальная психология. 2019. Т.12. № 1. С.167–179. <http://dx.doi.org/10.17759/expsy.2019120113>

Лаптева Е.М. Движения глаз как индикатор знания ответа при решении анаграмм // Экспериментальная психология. 2016. Т.9. № 3. С. 41–53. <http://dx.doi.org/10.17759/expsy.2016090304>

Савинова А.Д., Коровкин С.Ю. Решение задач в условиях разнообразной загрузки рабочей памяти // Шаги / Steps. 2019. Т. 5. № 1. С. 112–127. <http://dx.doi.org/10.22394/2412-9410-2019-5-1-112-127>

Ellis J.J., Glaholt M.G., Reingold E.M. Eye movements reveal solution knowledge prior to insight // *Consciousness and Cognition*. 2011. Vol. 20. No. 3. P. 768–776. <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2010.12.007>

Ellis J.J., Reingold E.M. The Einstellung effect in anagram problem solving: Evidence from eye movements // *Frontiers in Psychology*. 2014. Vol. 5. No. 679. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00679>

Knoblich G., Ohlsson S., Raney G.E. An eye movement study of insight problem solving // *Memory & Cognition*. 2001. Vol. 29. No. 7. P. 1000–1009. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03195762>

THE VOLUNTARY COMPONENT OF GAZE MOVEMENT DURING AN ANAGRAM SOLVING TASK

A.A. Medyntsev* (1), P.S. Sabadosh (1), A.A. Kogan (2), A.I. Komarovskaya (3), A.G. Kharazyan (4)

medyncevaa@ipran.ru

1 – Institute of Psychology RAS, Moscow; 2 – Moscow State University, Moscow; 3 – Russian National Research Medical University, Moscow; 4 – State Academic University For The Humanities, Moscow

Abstract. The goal of this study was to partially reproduce eye tracking research describing eye movement patterns during anagram solving. To achieve this goal, a special “ersatz eye tracking” methodology was developed and applied, which involved strongly voluntary control of gaze direction. During the experiment, all anagram letters on the computer screen were hidden behind rectangles. If the participant intended to look at a letter during anagram solving, they had to move the special “focus of visibility” in order to open the rectangle with a computer mouse. It was expected that participants would move the “focus of visibility” from one letter to another during the experiment. Subsequent analysis of these actions might reveal some patterns partially similar to eye moving patterns in classical eye tracking experiments. The results of the current study differed from most of the classical eye tracking studies. In our opinion, this is due to the entirely voluntary nature of the actions registered in our experiment. The observed patterns of “focus of visibility” movements may be interpreted as reflections of three stages of problem solving: condition acquaintance, overcoming the impasse, and verification of the final solution.

Keywords: problem solving, insight, eye tracking, ersatz eye tracking, anagrams

Research supported by RFBR grant # 20-013-00812.

ТОЧНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЕПРЕЗЕНТАЦИЙ В РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ

Г.Я. Меньшикова (1), Б.Б. Величковский (1), Г.С. Бугрий (1),
О.А. Савельева* (1, 2)

SavelevaPsy@gmail.com

1 — МГУ, Москва; 2 — Первый МГМУ имени И.М. Сеченова, Москва

Аннотация. Изучение психологических механизмов формирования эгоцентрических (ЭПР) и аллоцентрических (АПР) пространственных репрезентаций является важной задачей для психологии восприятия пространства. Одна из актуальных проблем — изучение точности их формирования в рабочей памяти (Меньшикова и др., 2020). Мы применили разработанный нами ранее метод измерения точности ЭПР и АПР (Меньшикова и др., 2018) для изучения процессов их формирования в рабочей памяти. Использовался метод реконструкции 3D — виртуальных сцен. Для их предъявления применялся шлем виртуальной реальности HTC Vive. Задачей участников было запомнить предъявленные 3D-сцены и реконструировать их эгоцентрически (кодирова местоположение объектов относительно наблюдателя) или аллоцентрически (кодирова местоположение объектов относительно других объектов) в разных экспериментальных условиях: с низкой и высокой нагрузкой на визуально-пространственный компонент рабочей памяти (ВППР). Мы предполагали, что метод мысленного изменения точки наблюдения будет являться основой для инициации процессов формирования ЭПР или АПР. Было показано, что точность формирования ЭПР и АПР зависят от ракурса мысленного наблюдения сцены и от уровня нагрузки на ВППР. При этом вне зависимости от ракурса более точно формируются ЭПР. При увеличении пространственной нагрузки ЭПР снижала свою точность, тогда как точность АПР значительно не менялась. Полученные данные показывают существенный вклад ВППР в формирование ЭПР.

Ключевые слова: эгоцентрические и аллоцентрические репрезентации, рабочая память, пространственное познание, виртуальная реальность, визуально-пространственный блок

Исследование поддержано грантом РФФИ № 19-29-07392.

Введение

Пространственные репрезентации определяются как мысленные образы, которые служат для сохранения в памяти пространственной структуры окружающей среды (отображения топологических и метрических отношений), необходимой для решения текущих пространственных задач. Выделяют два типа: эгоцентрические пространственные репрезентации (ЭПР) и аллоцентрические (АПР). В ЭПР положение объектов кодируется относительно наблюдателя, при этом точка начала координат располагается на его теле. В АПР местопо-

ложение объектов кодируется относительно других объектов, а локализация объектов осуществляется безотносительно позиции наблюдателя. Эти представления о структуре пространственной памяти подтверждены нейробиологическими данными.

Современные модели формирования ЭПР/АПР в долговременной памяти (Wang, Spelke, 2000) показывают приоритет формирования более точных ЭПР (на основе сенсорной информации, в первую очередь зрительной), а уже с опорой на них формируются абстрактные, менее точные АПР.

Формирование ЭПР/АПР на ранних этапах, в рабочей памяти (РП), еще мало изучено (Меньшикова и др., 2020). Немногие эмпирические данные получены в рамках многокомпонентной модели РП А. Бэддели методом двойной задачи, позволяющим оценить роль различных блоков РП, в том числе и блока визуально-пространственной обработки (ВПРП) в решении пространственных задач. Роль именно ВПРП, особенно в формировании ЭПР (но и АПР тоже), обозначается другими исследователями как ведущая (Wen et al., 2012). Однако полученные разными авторами данные трудно сравнивать по ряду причин: из-за различий методов исследования рабочей и долговременной памяти, различий в способах измерения ЭПР и АПР и т.д. Разработанный и апробированный нами в предыдущих исследованиях метод измерения метрической точности ЭПР/АПР при помощи технологий виртуальной реальности (ВР) позволяет проводить корректные сравнения (Меньшикова и др., 2018).

Цель исследования: изучение точности формирования ЭПР и АПР в рабочей памяти.

Гипотезы: 1) ожидается, что в РП ЭПР формируются точнее, чем АПР; 2) в условиях дополнительной нагрузки на ВПРП более выраженное снижение точности будет наблюдаться для ЭПР по сравнению с АПР.

Методика

Производилась оценка ЭПР/АПР при помощи ВР (Меньшикова и др., 2018).

Выборка. 32 человека (19 женщин и 13 мужчин) при среднем возрасте 20.5 ± 1.6 года.

Аппаратура. Применялся шлем виртуальной реальности HTC Vive для предъявления 3D-массива виртуальных предметов. Программное обеспечение разработано на базе Unity PRO.

Стимуляция. Точность формирования ЭПР и АПР в РП оценивалась по точности реконструкции запомненного 3D-массива виртуальных предметов. Базовая виртуальная среда была выполнена в виде комнаты размером $3 \times 3 \times 3$ м. В качестве дополнительных зрительных признаков в центре комнаты был размещен желтый крест размером $1 \times 1 \times 1$ см, а вокруг него — пространство для 3D-массива предметов в виде параллелепипеда, размером $1 \times 1 \times 0.6$ м, отграниченного тонкими белыми линиями (рис. 1а). Массив предметов располагался на расстоянии 1 м от участника и на высоте 1.6 м от пола. Зрительный угол составлял $20^\circ \times 20^\circ \times 13^\circ$. Создана библиотека из 50 виртуальных 3D-объектов, размером $15 \times 15 \times 15$ см и средней яркостью 55 кд/м. Предъявлялось 8 уникальных случайных массивов предметов по 4 объекта в каждом.

Нагрузка на ВПП в парадигме двойной задачи состояла в запоминании 2D-сцены, представляющей собою светло-голубую фронтальную плоскость 1×1 м, проходящую через центральный желтый крест. На плоскости случайно расположены красные квадраты размером 15×15 см: 2 — для низкой и 6 — для высокой нагрузки. Показана достаточность такой стимуляции для актуализации процессов РП при времени экспозиции на 500 мс (Величковский, 2015).

Процедура. Сначала на 500 мс предъявлялась дополнительная сцена (с низкой или высокой нагрузкой). Задачей участника было запомнить расположение квадратов. Затем на 10 с предъявлялась основная сцена. Задачей было запомнить объекты в массиве и их расположение. Затем на 500 мс появлялась дополнительная сцена, в которой расположение квадратов могло измениться: в половине случаев один из квадратов смещался на 15 см в случайно выбранном направлении. Нужно было нажать на кнопку контроллера, если расположение квадратов изменилось. Затем на 500 мс предъявлялась стрелка, задающая ракурс реконструкции массива. Затем снова предъявлялась базовая комната с пустым параллелепипедом и библиотекой объектов по его сторонам. Нужно было выбирать при помощи контроллера объекты из библиотеки и реконструировать массив с учетом заданного ракурса за 1 минуту. Количество предметов, срок экспозиции, величина нагрузки были установлены в предварительных экспериментах, чтобы обеспечить актуализацию ВПП при формировании ЭПР/АПР.

Стрелка задавала формирование ЭПР или АПР. Направление в глубину означало реконструкцию из позиции, в которой участник наблюдал предъявление массива, кодируя местоположение предметов относительно себя (формирование ЭПР). Направление сверху вниз означало, что участник должен был

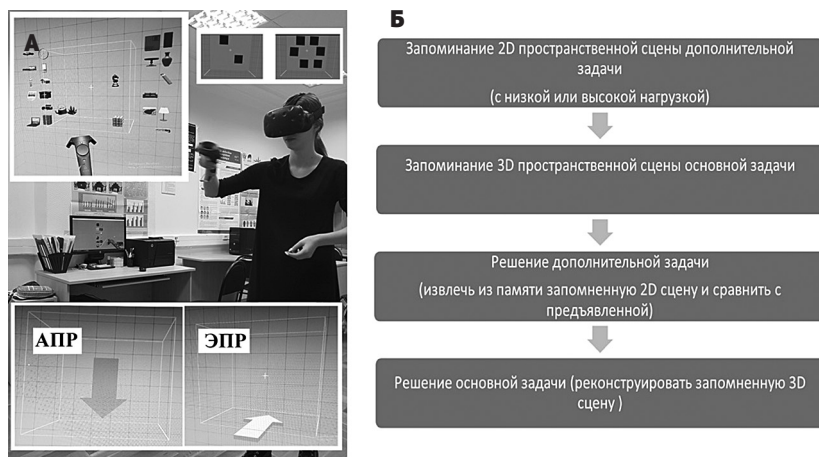


Рисунок 1. а) Вид установки с виртуальной комнатой и библиотекой предметов, а также вид стрелок, задающих смену точки обозрения для реконструкции; б) дизайн эксперимента с основной задачей запоминания массива из четырех предметов и дополнительной — с низкой (2) и высокой (6 квадратов) нагрузкой на ВПП

мысленно переместиться в положение «сверху» и из этой точки реконструировать массив, перекодируя местоположение объектов относительно друг друга (АПР) (рис. 1). Регистрировались координаты объектов предъявления и реконструкции.

Дизайн эксперимента. Задавалась мысленная точка обозрения 3D-массива при реконструкции стрелками «вперед» (ЭПР) и «сверху вниз» (АПР) и нагрузка на ВПП — низкая (2 квадрата) и высокая (6 квадратов). Фиксировались координаты предметов. Рассчитывалась точность локализации предметов в массиве по топологическому и метрическому параметрам.

Обработка данных. Анализировались пробы с верно решенной дополнительной задачей, чтобы обеспечить актуализацию процессов РП. Точность реконструкции рассчитывалась по каждому экспериментальному условию в относительных единицах. Для оценки *топологии* сравнивались изменения попарных расстояний между объектами при реконструкции как отношение исходного расстояния к реконструированному. Отклонение этой величины от единицы показывает, насколько далеко сдвинулся предмет, исказив структуру всего массива. Для оценки *метрики* рассчитывалось число предметов, реконструированных в окрестности 20 см (размер ячейки) от своего исходного местоположения. Подробнее расчетный метод описан в статье (Меньшикова и др., 2018).

Результаты

Распределение топологии и метрики проверено на нормальность по критерию Колмогорова–Смирнова по каждому экспериментальному условию. В группах с низкой и высокой нагрузкой дисперсия неоднородна, в группах по типу репрезентаций — однородная.

Для проверки первой гипотезы проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). ЭПР формируются значимо точнее, чем АПР, что представлено в табл. 1.

Таблица 1. Точность разных типов пространственных репрезентаций в абсолютных величинах

Точность пространственных репрезентаций		Тип пространственных репрезентаций						F	df	p
		ЭПР			АПР					
		N	M	SD	N	M	SD			
Топология	Низкая нагрузка	38	.82	.12	36	.68	.18	13.7	73	.001
	Высокая нагрузка	41	.75	.15	44	.66	.18	5.7	73	.019
Метрика	Низкая нагрузка	38	.63	.37	36	.35	.26	13.6	84	.001
	Высокая нагрузка	41	.46	.33	44	.33	.23	4.6	84	.034

Примечание. N — количество проб по всем испытуемым; M — средняя точность параметра; SD — стандартное отклонение; F — критерий Фишера, df — степени свободы.

Для проверки второй гипотезы проведен однофакторный дисперсионный анализ ANOVA (низкая/высокая нагрузка) для ЭПР и АПР. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Точность пространственных репрезентаций в абсолютных величинах при разной нагрузке

Точность пространственных репрезентаций		Нагрузка на ВПРП						F	df	p
		Низкая нагрузка			Высокая нагрузка					
		N	M	SD	N	M	SD			
ЭПР	Топология	38	.82	.12	41	.75	.15	4.9	79	.030
	Метрика	38	.63	.37	41	.46	.33	4.0	79	.048
АПР	Топология	36	.68	.18	44	.66	.18	0.22	79	.640
	Метрика	36	.35	.26	44	.33	.23	0.1	79	.748

Примечание. N — количество проб по всем испытуемым; M — средняя точность параметра; SD — стандартное отклонение; F — критерий Фишера, df — степени свободы.

Различия в точности работы систем, отвечающих за формирование ЭПР и АПР, в зависимости от нагрузки на ВПРП представлены на рис. 2.

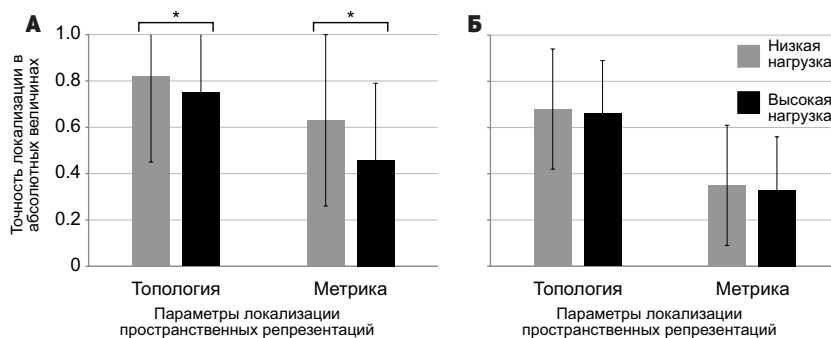


Рисунок 2. Различия точности эгоцентрических (а) и аллоцентрических (б) репрезентаций при нагрузке на ВПРП

Обсуждение и выводы

Применяемый нами универсальный метод позволил корректно сравнить количественную точность ЭПР/АПР. Полученные данные показывают, что и ЭПР и АПР успешно формируются уже на самых ранних этапах обработки пространственной информации в РП. Роль ВПРП оказалась весьма значимой при формировании ЭПР: их точность статистически значимо снизилась, в то время как точность АПР значимо не изменилась. Результаты подтверждают модели, в которых точность ЭПР сильнее, чем точность АПР, зависит от сенсорных данных, поставляемых ВПРП (Wang, Spelke, 2000). При формирова-

нии более абстрактных АПР вклад ВПРП становится менее весомым, по всей видимости, уступая место когнитивным процессам обработки мультимодальной и абстрактной информации (Величковский, 2015). Результаты подтверждают однотипность психологических механизмов формирования ЭПР/АПР в долговременной и рабочей памяти.

Литература

Величковский Б.Б. Рабочая память человека: структура и механизмы. М.: Когито-центр, 2015.

Меньшикова Г.Я., Савельева О.А., Величковский Б.Б., Бугрий Г.С. Формирование эгоцентрических и аллоцентрических пространственных репрезентаций в рабочей памяти // Вопросы психологии. 2020. Т. 66. № 6. С. 131 – 140.

Меньшикова Г.Я., Савельева О.А., Ковязина М.С. Оценка успешности воспроизведения эгоцентрических и аллоцентрических пространственных репрезентаций при использовании системы виртуальной реальности // Национальный психологический журнал. 2018. Т. 30. № 2. С. 113 – 122. URL: <http://npsyj.ru/articles/detail.php?article=7619>.

Wang R.F., Spelke E.S. Updating egocentric representations in human navigation // Cognition. 2000. Vol. 77. No. 3. P. 215 – 250. [http://dx.doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00105-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00105-0)

Wen W., Ishikawa T., Sato T. Individual differences in the encoding processes of egocentric and allocentric survey knowledge // Cognitive Science. 2012. Vol. 37. No. 1. P. 176 – 192. <http://dx.doi.org/10.1111/cogs.12005>

ACCURACY OF THE FORMATION OF SPATIAL REPRESENTATIONS IN WORKING MEMORY

G.Ya. Menshikova (1), B.B. Velichkovsky (1), G.S. Bugriy (1), O.A. Saveleva* (1, 2)
SavelevaPsy@gmail.com

1 — Moscow State University, Moscow; 2 — Sechenov University, Moscow

Abstract. The psychological mechanisms of the formation of egocentric (ESR) and allocentric (ASR) spatial representations is an important area of study in the psychology of spacial perception. One emerging area of focus is the study of ESR/ASR accuracy in working memory (Menshikova et al., 2020). We applied an existing method of reconstruction of 3D virtual scenes to measure the accuracy of ESR/ASR (Menshikova et al., 2018). The HTC Vive virtual reality helmet was used on participants' whose task was to memorize 3D scenes and reconstruct them in ESR (coding the location of objects relative to the observer) or in ASR (coding the location of objects relative to each other) in different conditions: low or high loads on visual-spatial working memory (VSWM). Mentally changing the point of view initiated the formation of ESR or ASR. The results showed that the accuracy of ESR and ASR depends on the mental point of view and on the level of load on the VSWM. ESRs are formed more accurately, regardless of the point of view. ESR accuracy decreased with increasing load, while ASR accuracy did not change significantly. These results showed a significant contribution of VSWM to the formation of ESR.

Keywords: egocentric and allocentric, spatial representations, working memory, spatial cognition, virtual reality, visual-spatial block

Research supported by RFBR Project № 19-29-07392.

ТРЕНИРОВКА ВЕРБАЛИЗАЦИИ ЧАСТЕЙ ОБЪЕКТА УЛУЧШАЕТ ОСОЗНАНИЕ ПРАВИЛ, НО НЕ НАУЧЕНИЕ ИМ У ДЕТЕЙ 6–8 ЛЕТ

М.Ю. Мони́на (1), М.П. Жерде́ва (1) *, Т.Н. Кото́ва (2), А.А. Кото́в (1)

mpzherdeva@gmail.com

1 — ВШЭ, Москва; 2 — РАНХиГС, Москва

Аннотация. В недавних исследованиях было показано, что легкость называния частей объекта (например, названия цвета частей) помогает научению новым категориям (Zettersten, Lupyan, 2020). В нашем исследовании мы проверили, с какого возраста можно обнаружить данный эффект; это представляет интерес в связи с тем, что эффект предполагает использование в ходе решения задачи внутренней речи, а дети до 8 лет ограничены в этой способности (Alderson-Day, Fernyhough, 2015). Мы адаптировали задание для детей от 6 до 8 лет и дополнили его набором вопросов на осознание найденного правила. В первом эксперименте ($N=49$) мы обнаружили, что дети 6–8 лет могут найти правило, но успешность их научения не различается в условии с хорошо и плохо называемыми цветами. Также дети не могли осознать (вербально описать) найденное правило. Во втором эксперименте ($N=48$) мы использовали лишь хорошо называемые цвета, при этом дети разделялись на группу тех, кто перед научением тренировался использовать устную речь для запоминания другого набора цветов, и тех, кто выполнял это задание молча. Мы обнаружили, что такая тренировка вербализации не привела к повышению успешности научения новым правилам. Однако дети из условия с вербализацией значимо чаще могли правильно описать найденное правило. Мы предполагаем, что у детей 6–8 лет в отличие от взрослых эффект вербализации связан в первую очередь с осознанием результата научения, а не его успешностью.

Ключевые слова: категориальное научение, когнитивное развитие, категория, называемость, вербализация

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00698 «Влияние доступности наименования признаков объектов на категориальное научение у детей дошкольного и младшего школьного возраста».

Введение

Развитие понятий основано на способности формирования категорий, эта способность значительно усиливается с помощью речи: язык является важным источником знаний о понятиях (Sloutsky, Deng, 2019). Знания, полученные через перцептивный опыт, в сочетании со знаниями, приобретенными через язык, приводят к формированию понятий. В недавних исследованиях было показано, что легкость называния частей объекта (например, названия их цве-

та или формы) помогает в научении новым категориям (Zettersten, Lupyan, 2020). Авторы объясняют результаты тем, что названия частей или признаков объекта как релевантных, так и нерелевантных помогают проверить гипотезы о правиле категоризации: сфокусироваться на выбранных признаках, отделить их в памяти от других признаков, запомнить промежуточные результаты проверки гипотез. В нашем исследовании мы поставили цель определить, с какого возраста можно обнаружить данный эффект, поскольку он очевидно предполагает использование в ходе решения задачи внутренней речи, а дети вплоть до 8 лет ограничены в данной способности (Alderson-Day, Fernyhough, 2015). Также мы оценили, чему больше помогает речь — процессу научения (скорости нахождения правила) или сохранению его результатов (осознанию найденного правила). В первом эксперименте мы повторили оригинальный эксперимент, упростив процедуру и сделав доступным его проведение для детей данного возраста. Во втором эксперименте мы дополнили процедуру научения новому правилу предварительной тренировкой использования речи для обозначения частей, из которых состоит объект.

Методика

Участниками двух экспериментов были дети в возрасте от 6 до 8 лет. В первом эксперименте приняли участие 48 детей, а во втором — 49.

Мы использовали стимулы, идентичные тем, что были в эксперименте Зеттерстена и Лупяна (Zettersten, Lupyan, 2020). Для условия с легко называемыми цветами использовались «оранжевый» RGB = (250, 120, 30), «желтый» RGB = (250, 240, 0), «синий» RGB = (30, 90, 210), «красный» RGB = (220, 20, 0), «фиолетовый» RGB = (130, 30, 180) и «коричневый» RGB = (120, 80, 40). Для условия с трудно называемыми цветами использовались: RGB = (200, 100, 70) — условное название «коричневый», RGB = (170, 160, 40) — «горчичный», RGB = (70, 100, 90) — «серый», RGB = (150, 200, 180) — «бледно-зеленый», RGB = (150, 200, 180) — «зеленый» и RGB = (200, 170, 170) — «лавандовый».

Мы упростили задачу для детей. Участникам нужно было найти цвет, из-за которого круги относились к категории А или В. Важным признаком для определения правила были различия в цвете правого верхнего сектора. Рядом с изображением круга мы демонстрировали фигурки мальчика слева и девочки справа. Детям сообщали, что мальчик собирает шарики, содержащие какой-то один определенный цвет, а девочка собирает шарики с другим цветом и нужно в ходе решения задачи определить, какой цвет кто из них предпочитает. Именно легенда и визуальная доступность обозначения категорий отличалась от оригинального дизайна исследования. В остальном материал и процедура выполнения задания не отличались от оригинального дизайна.

Предъявление стимулов и измерение ответов испытуемых проводилось с помощью программы PsychoPy 1.90 на ноутбуке с диагональю экрана 15.6 дюймов. Каждый испытуемый принимал участие в одном из условий. В эксперименте 1 они проходили научение на материале с легко либо трудно называемыми цветами. В эксперименте 2 мы использовали только материал с легко называемыми цветами, но перед задачей научения мы разделяли участ-

ников на две группы: одни непосредственно перед категориальным научением выполняли отдельное задание с вербализацией, а другие без нее. Предварительное задание было на зрительную рабочую память. Оно заключалось в том, что детям показывали сначала изображение круга с тремя секторами (как в основной задаче на научение), но с другими цветами, которые в задаче на научение не использовались. Через 5 с после демонстрации изображение пропадало с экрана и затем появлялось снова, при этом цвет одного из секторов заменялся на другой. Задачей участника было вспомнить и показать сектор, где произошло изменение. В условии без вербализации дети давали ответ указанием на местоположение сектора, а в условии с вербализацией их просили произнести вслух сначала все цвета, из которых состояли первый и второй круг и также назвать оба цвета, с которыми были связаны изменения. Таким образом, дети привыкали в условии с вербализацией использовать названия для описания и запоминания всех частей изображения. Сразу после выполнения тренировочного задания участники обеих групп выполняли задание на научение, в котором их уже не просили произносить вслух части объекта. После научения мы задавали участникам вопросы, позволяющие оценить декларативное знание правила: им демонстрировали «пустое изображение» круга с секторами без цветов и просили показать местоположение сектора, в котором были цвета, которые нравятся мальчику и девочке, а также показать эти цвета из предложенных примеров. В обоих экспериментах экспериментальный план был межсубъектным.

Результаты

При анализе результатов научения мы оценивали среднюю успешность в каждой блоке научения. Независимыми переменными в первом эксперименте были номер блока научения и условие с легко или трудно называемыми цветами. Во втором эксперименте независимыми переменными были также номер блока научения и условие — с вербализацией в тренировочном задании или без нее. Для обработки результатов использовалась логистическая регрессия со смешанными эффектами. В первом эксперименте с повторением процедуры научения на детях мы обнаружили, что успешность научения в условии с легко называемыми цветами ($M = 0.69$, 95 %, $CI = [0.60; 0.78]$) не отличалась от успешности научения в условии с плохо называемыми цветами ($M = 0.76$, 95 %, $CI = [0.69; 0.84]$), $b = -0.50$, 95 %, $Wald\ CI = [-1.2; 0.20]$, $z = -1.41$, $p = .158$ (рис. 1А). Притом что успешность росла в обоих условиях, $b = 0.08$, 95 %, $Wald\ CI = [0.05; 0.12]$, $z = 5.30$, $p < .01$, скорость научения не различалась в разных условиях, $b = 0.04$, 95 %, $Wald\ CI = [-0.01; 0.1]$, $z = 1.49$, $p = .14$. Таким образом, несмотря на то, что дети научались новому правилу категоризации, их успешность не различалась в зависимости от легкости называемости частей объекта.

Во втором эксперименте мы также не обнаружили различий между условиями, дети из условия с тренировкой называемости частей объекта научались новой категории с той же успешностью ($M = 0.72$, 95 % $CI = [0.63; 0.81]$), что и дети из условия без ($M = 0.69$, 95 % $CI = [0.62; 0.76]$), $b = 0.17$, 95 % $Wald\ CI = [-0.40; 0.73]$, $z = 0.60$, $p = .55$ (рис. 1В). При этом их успешность росла

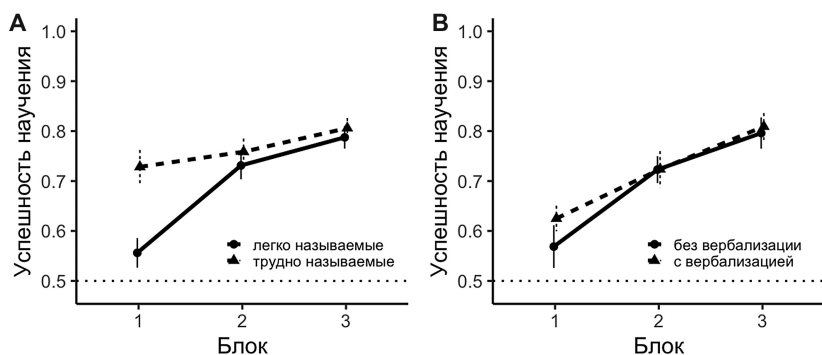


Рисунок 1. Успешность научения в эксперименте 1 (А) и эксперименте 2 (В)

к последнему блоку научения, $b = 0.10$, 95 % $CI = [0.06; 0.13]$, $z = 5.60$, $p < .01$. Однако скорость научения была одинаковой в двух условиях, $b = 0.03$, 95 % $CI = [-0.03; 0.09]$, $z = 0.91$, $p = .36$.

При оценке осознания правил в эксперименте 1 оказалось, что большинство детей не могут правильно выделить сектор, в котором находился релевантный признак (12 % правильных ответов в условии с легко называемыми цветами и 4 % с трудно называемыми, $\chi^2(1) = 1$, $p = .317$). Однако, после тренировки вербализации дети значительно успешнее отвечают на вопрос про сектор и связанные с ним цвета (47.36 % правильных ответов после тренировки вербализации и 19 % без тренировки, $\chi^2(1) = 3.19$, $p = .017$). Наиболее распространенной ошибкой при ответах было перечисление цветов из нерелевантных секторов.

Обсуждение и выводы

В результате проведенного исследования мы показали, что у детей в возрасте до 8 лет, в отличие от взрослых, не удается обнаружить эффект называемости: научение новому правилу на более легких в назывании частях объекта не отличается от научения на трудно называемых. Принимая во внимание трудности с использованием внутренней речи в этом возрасте, данные результаты согласуются с объяснением, что проговаривание про себя частей объекта помогает проверке гипотез в ходе решения задачи. Вместе с этим мы получили неожиданные результаты, что специальная тренировка в назывании частей объекта не привела к повышению успешности научения у детей. Однако дети из условия с вербализацией все же чаще могли правильно описать найденное правило. Таким образом, использование речи помогает лишь сформировать декларативное знание о результате научения, но не позволяет самостоятельно развивать его в ходе решения задачи. Возможным ограничением используемого варианта тренировки вербализации может быть то, что она использовалась лишь для запоминания частей объекта, в то время как в ходе

категориального научения внутренняя речь используется также и для фокусировки внимания, и для формирования гипотез. В будущих исследованиях возможно использовать вербализацию именно для данных задач, например в ходе выполнения зрительного поиска объекта с релевантной частью.

Литература

Alderson-Day B., Fernyhough C. Inner speech: Development, cognitive functions, phenomenology, and neurobiology // *Psychological Bulletin*. 2015. Vol. 141. No. 5. P. 931–965. <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000021>

Sloutsky V.M., Deng W.S. Categories, concepts, and conceptual development // *Language, Cognition and Neuroscience*. 2019. Vol. 34. No. 10. P. 1284–1297. <http://dx.doi.org/10.1080/23273798.2017.1391398>

Zettersten M., Lupyan G. Finding categories through words: More nameable features improve category learning // *Cognition*. 2020. Vol. 196. P. 104135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104135>

VERBALIZING PARTS OF AN OBJECT IMPROVES AWARENESS OF RULES, BUT NOT LEARNING THEM, IN 6 TO 8 YEAR OLDS

M. Monina (1), M. Zherdeva (1)*, T. Kotova (2), A. Kotov (1)

mpzherdeva@gmail.com

1 — HSE University, Moscow; 2 — RANEPa, Moscow

Abstract. The ease of naming parts of an object (e.g., naming the color of parts) has been shown to help learning new categories (Zettersten, Lupyan, 2020). Since this effect involves the use of inner speech, and children under 8 years old are limited in this ability (Alderson-Day, Fernyhough, 2015), we examined at what age this effect could be detected. We adapted a task for children 6 to 8 years old and added a set of questions for awareness of the learned rule. In the first experiment, we found that children could find the rule, but their learning success did not differ in the high and low nameability conditions. Also, they could not comprehend (verbally describe) the rule. In the second experiment, children were divided into one group trained to use oral speech to memorize colors before learning, and another group who performed the task silently. We found that verbalization training did not lead to increased success in learning new rules. However, children from the verbalization condition were significantly more likely to correctly describe the rule. We hypothesize that in children the effect of verbalization is related primarily to awareness of the result of learning, rather than to its efficiency.

Keywords: category learning, cognitive development, category, nameability, verbalization

Research supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR) project number № 20-013-00698.

РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИСКАЖЕНИЕ ИНТУИТИВНЫХ ОЦЕНОК РЕШАЕМОСТИ ИНСАЙТНЫХ ЗАДАЧ ПОСЛЕ ЗНАКОМСТВА С ПРАВИЛЬНЫМИ ОТВЕТАМИ

Н.В. Морошкина*, М.Е. Замковая, В.А. Гершкович

Moroshkina.n@gmail.com

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Работа посвящена исследованию феномена хиндсайта как когнитивного искажения, проявляющегося в смещении ответов в сторону полученной обратной связи. Ранее была высказана гипотеза, что эффект хиндсайта должен особенно ярко проявляться на материале инсайтных задач, так как их решение или знакомство с ответом часто сопровождается ага!-переживанием, высокой беглостью обработки и очевидностью решения. Однако данная гипотеза была подтверждена только в экспериментах с гипотетическим дизайном, где испытуемым предлагается оценить вероятность того, что они смогли бы решить задачу. В настоящем исследовании впервые был применен мнемический дизайн эксперимента с использованием задач на поиск отдаленных ассоциаций. На первом этапе испытуемые должны были дать интуитивную оценку решаемости предъявленных задач (половина из которых имели решение, а половина — нет). На втором этапе половине испытуемых были предъявлены правильные ответы на задачи, после чего все участники должны были вновь пройти процедуру первого этапа и попытаться вспомнить данные ранее оценки. Результаты показали, что предъявление правильных ответов спровоцировало смещение повторных оценок в соответствующую сторону. Это происходило даже в тех случаях, когда испытуемые отмечали, что они помнят свою первую оценку по процедуре «помню/знаю/гадаю». Данный результат подтверждает выдвинутую гипотезу и подчеркивает мнемическую природу наблюдаемых искажений.

Ключевые слова: хиндсайт, ага!-переживание, задачи на поиск отдаленных ассоциаций, ретроспективное искажение, инсайт

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00532 «Роль Ага!-переживания в решении задач и сохранении приобретенного опыта».

Введение

Термин «хиндсайт» (или эффект «Я знал это заранее!») используется для описания склонности людей воспринимать уже произошедшие события или ставшие известными факты как изначально очевидные и предсказуемые, несмотря на то, что изначально человек не обладал достаточной информацией для их предсказания (Roese, Vohs, 2012). Существует два типа экспериментальных дизайнов, с помощью которых исследуется феномен хиндсайта, —

гипотетический и мнемический (см. обзор: Pohl, 2007). Гипотетический дизайн предполагает предъявление испытуемому задачи вместе с правильным ответом с просьбой оценить вероятность того, что он (или его сверстники) мог бы найти этот ответ самостоятельно. Если испытуемый завышает свою оценку по сравнению с условием, когда вероятность решения оценивается в отсутствие правильного ответа, делается вывод о наличии эффекта хиндсайта на метакогнитивную оценку. В рамках мнемического дизайна испытуемому сначала дают решить задачу, после чего сообщают правильный ответ, а затем просят вспомнить собственный. В случае, если испытуемый «припоминает» больше правильных ответов, чем он дал на самом деле, делается вывод о наличии хиндсайта и ретроспективного искажения памяти.

Хотя изначально эффект хиндсайта был получен на материале задач на общую осведомленность, было выдвинуто предположение, что особенно сильный эффект должен наблюдаться в отношении инсайтных задач, поскольку в них правильный ответ часто приходит внезапно, что не позволяет человеку сформировать адекватные «ключи» для последующих воспоминаний и оценок (Hoch, Loewenstein, 1989). Мы также придерживаемся гипотезы о том, что инсайтные задачи должны вызывать сильный эффект хиндсайта, но наше объяснение базируется на теории беглости обработки информации (Topolinski, Reber, 2010). Поскольку именно переживание беглости является ключевой эвристикой для оценки решаемости задачи, и оно же лежит в основе ага!-переживания, возникающего при решении или знакомстве с ответом на задачу, инсайтные решения должны провоцировать ощущение простоты задачи «задним числом». Ранее эффект хиндсайта действительно был получен на материале малых творческих задач (Hoch, Loewenstein, 1989) и задач на поиск отдаленных ассоциаций (Гершкович и др., 2020), однако в обоих исследованиях использовался только гипотетический дизайн.

Цель настоящей работы — исследование эффекта хиндсайта на материале задач, провоцирующих ага!-переживание, с помощью мнемического дизайна и проверка гипотезы о том, что предъявление правильных ответов к инсайтным задачам может исказить воспоминания о собственной оценке решаемости задач, данной до обратной связи. Для проверки того, что испытуемые действительно искажают свои воспоминания, а не просто смещают ответы в процессе угадывания, был использован метод атрибуции воспоминаний «помню/знаю/гадаю» аналогично работе Арнольда и Линдсея (Arnold, Lindsay, 2007). Мы ожидали, что испытуемые, попавшие под влияние хиндсайта, будут смещать свои повторные ответы в сторону обратной связи и при этом субъективно переживать их как воспоминания (атрибуция «помню»). Также мы предположили, что знание правильных ответов приведет к тому, что испытуемые будут завышать оценку своей способности решать задачи данного типа по сравнению с испытуемыми, которым правильные ответы не предъявлялись.

Выборка

В исследовании приняли участие 73 добровольца в возрасте от 18 до 57 лет ($M = 24.3$, $SD = 8.2$), из них 34 мужчины, все носители русского языка.

Испытуемые были случайным образом распределены на две группы, экспериментальную и контрольную (ЭГ — 36 человек, КГ — 37 человек).

Стимулы

В качестве стимулов использовались задачи на поиск отдаленных ассоциаций из базы RAT-Rus (Морошкина и др., 2020). Каждая задача представляет собой тройку слов, к которой нужно подобрать такое четвертое слово, которое бы образовывало с каждым из слов триады устойчивое выражение. По данным апробации базы было отобрано 30 задач в диапазоне решаемости от 20 до 80 %, с высокой вероятностью индуцирующих ага!-переживание (от .33 до .83). Для каждой решаемой задачи была разработана нерешаемая триада, соответствующая решаемой по частям речи и по частотности слов (по словарю: Ляшевская, Шаров, 2009). Также проверялось отсутствие общих устойчивых коллокаций для слов из нерешаемых триад (с помощью сервиса: <http://corpus.leeds.ac.uk/ruscorporata.html>). Примеры триад: *зрение-жирный-опора* (решаемая триада, ответ «точка»), *команда-немой-сиденье* (нерешаемая).

Процедура эксперимента была реализована с помощью программного обеспечения PsychoPy и Pavlovía 2020.2 (Peirce et al., 2019). Эксперимент проводился онлайн, экспериментатор наблюдал за действиями испытуемого по видеосвязи. Эксперимент состоял из двух этапов с десятиминутным перерывом на задачу-дистрактор между ними. На первом этапе испытуемым в случайном порядке предъявлялось 30 решаемых и 30 нерешаемых триад и предлагалось интуитивно оценить, имеет ли триада решение (по шкале: 1 — точно нерешаемая, 2 — скорее нерешаемая, 3 — скорее решаемая, 4 — точно решаемая). Каждая триада предъявлялась на 5 с, после чего исчезала, и у испытуемого оставалось еще 2 с, чтобы нажать клавишу, соответствующую его оценке (в момент нажатия клавиши соответствующий текст на экране загорался красным цветом). Далее следовала 10-минутная задача-дистрактор, после которой испытуемым ЭГ было предложено ознакомиться с правильными ответами на задачи, которые они недавно оценивали. Задачи предъявлялись с решением на 5 с каждая (если задача не имела решения, в качестве ответа предъявлялось «НЕТ РЕШЕНИЯ»). После этого наступал второй этап эксперимента, в ходе которого испытуемые обеих групп вновь выполняли процедуру первого этапа с инструкцией вспомнить и повторить свою первоначальную оценку каждой триады. После каждого ответа они также должны были сообщить об уверенности в собственном воспоминании с помощью процедуры «помню/знаю/гадаю». По окончании эксперимента все испытуемые проходили постэкспериментальное интервью, в ходе которого их также просили оценить свою способность решать задачи на поиск отдаленных ассоциаций по 7-балльной шкале.

Результаты

Для анализа влияния фактора наличия/отсутствия обратной связи и решаемости/нерешаемости задач на изменение оценки решаемости данные были агрегированы по задачам: вычислены средние оценки решаемости на первом и втором этапах. Было обнаружено значимое взаимодействие фак-

торов *группы* (ЭГ с наличием / КГ с отсутствием обратной связи о решаемости триад), *решаемости задачи* (решаемая/нерешаемая) и *этапа* (первая/вторая оценка) (ANOVA RM, $F(1, 114) = 31.404$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .216$) (см. рис. 1). В КГ наблюдается только значимое снижение средней оценки решаемости как для решаемых, так и для нерешаемых задач (ANOVA RM, $F(1, 57) = 28.701$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .335$). В ЭГ наблюдается взаимодействие факторов *решаемости задачи* и *этапа*: оценка решаемости нерешаемых задач снижается, тогда как решаемых — нет ($F(1, 57) = 56.873$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .499$). Полученные результаты свидетельствуют, что на первом этапе испытуемым удается интуитивно отличать решаемые задачи от нерешаемых ($t(116) = 10.695$, $p < .001$). На втором этапе, по-видимому, имеет место сочетание двух эффектов: на фоне общего снижения оценок при повторном оценивании (см. результаты КГ) эффект хиндсайта в ЭГ для решаемых задач проявляется в стабилизации оценок, а для нерешаемых — в их дополнительном снижении.

Для проверки гипотезы о том, что вследствие эффекта хиндсайта наблюдаются именно мнемические искажения, мы для начала проанализировали частоту ответов помню/знаю/гадаю в обеих группах (табл. 1). Было показано значимое различие распределений: испытуемые экспериментальной группы чаще дают ответы «помню» и «знаю», чем испытуемые контрольной группы ($\chi^2(2) = 46.574$, $p < .001$).

Таблица 1. Частота ответов помню/знаю/гадаю в экспериментальной и контрольной группах

Группа	Оценка «помню»	Оценка «знаю»	Оценка «гадаю»	Всего
Экспериментальная группа	697	817	570	2084
Контрольная группа	592	737	785	2114
Всего	1289	1554	1355	

Затем были отобраны те пробы второго этапа, в которых испытуемые указали атрибуцию «помню». Анализ также показал смещение ответов в ЭГ в сторону обратной связи ($\chi^2(6) = 24.329$, $p < .001$). Это свидетельствует о наличии именно мнемических искажений вследствие эффекта хиндсайта. Также в экспериментальной группе было обнаружено завышение оценок своей способности решать задачи на поиск отдаленных ассоциаций: после прохождения эксперимента испытуемые в группе с предъявлением обратной связи оценивали свою способность выше ($M = 5$, $SD = 1.12$), чем испытуемые контрольной группы ($M = 4.2$, $SD = 1.28$) ($t(71) = 2.686$, $p = .009$).

Обсуждение и выводы

Таким образом, предъявление обратной связи между 1-м и 2-м этапами эксперимента не только приводит к ретроспективному искажению интуитивных оценок решаемости в пользу правильных ответов, но также увеличивает уверенность испытуемого в припоминании смещенных ответов как собственных. Эти результаты служат аргументом в пользу мнемической природы иска-

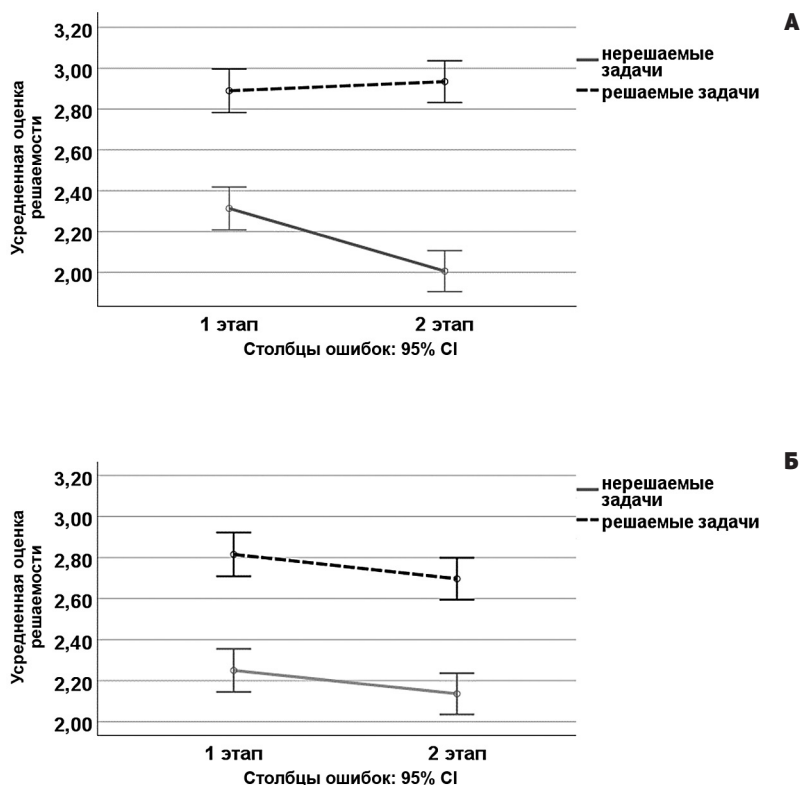


Рисунок 1. Изменение оценок решаемости задач (решаемых/нерешаемых) от первого ко второму этапу в (А) экспериментальной (хиндсайт) и (Б) контрольной группе

жений, свойственных хиндсайту. Также полученные данные говорят о том, что эффект «Я знал это заранее!», возникающий при знакомстве с правильными ответами на задачи, может приводить к завышению (как минимум кратковременному) оценки своей способности решать аналогичные инсайтные задачи.

Литература

Гершкович В.А., Колосовская Д.В., Морошкина Н.В. «Я знал это заранее!» — эффект хиндсайта в задачах на поиск отдаленных ассоциаций // Первый национальный конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике (ИИКН-2020). Материалы конференции. М.: 2020 (в печати).

Ляшевская О.Н., Шаров С.А. Новый частотный словарь русской лексики. М.: Азбуковник, 2009.

Морошкина Н.В., Амалайнен А.В., Гершкович В.А., Львова О.В., Федосова В.И. Аprobация русскоязычного банка заданий на поиск отдаленных ассоциаций (RAT-Rus) для

исследований инсайта // Первый национальный конгресс по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике (ИИKN-2020). Материалы конференции. М.: 2020 (в печати).

Arnold M.M., Lindsay D.S. "I remember/know/guess that I knew it all along!": Subjective experience versus objective measures of the knew-it-all-along effect // *Memory & Cognition*. 2007. Vol. 35. No. 8. P. 1854 – 1868. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03192920>

Hoch S.J., Loewenstein G.F. Outcome feedback: Hindsight and information // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1989. Vol. 15. No. 4. P. 605 – 619. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.15.4.605>

Peirce J., Gray J.R., Simpson S., MacAskill M., Höchenberger R., Sogo H., Kastman E., Lindeløv J.K. PsychoPy2: Experiments in behavior made easy // *Behavior Research Methods*. 2019. Vol. 51. No. 1. P. 195 – 203. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>

Pohl R.F. Ways to assess hindsight bias // *Social Cognition*. 2007. Vol. 25. No. 1. P. 14 – 31. <http://dx.doi.org/10.1521/soco.2007.25.1.14>

Roese N.J., Vohs K.D. Hindsight bias // *Perspectives on Psychological Science*. 2012. Vol. 7. No. 5. P. 411 – 426. <http://dx.doi.org/10.1177/1745691612454303>

Topolinski S., Reber R. Gaining insight into the "Aha" experience // *Current Directions in Psychological Science*. 2010. Vol. 19. No. 6. P. 402 – 405. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721410388803>

HINDSIGHT BIAS IN INTUITIVE ESTIMATIONS OF INSIGHT PROBLEM SOLVABILITY AFTER KNOWING THE CORRECT OUTCOME

N.V. Moroshkina*, M.E. Zamkovaya, V.A. Gershkovich

moroshkina.n@gmail.com

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. We present a study of the hindsight effect as a cognitive bias, which manifests in a tendency to shift one's answers in line with feedback given about outcomes. Previously the hypothesis was asserted that insight problems should produce a stronger hindsight bias, because generation or presentation of their solutions are often accompanied with an Aha! experience, high processing fluency and obviousness. Nevertheless, this hypothesis was proven only within a hypothetical design, where participants were asked to evaluate their chances of solving the problem before they knew the outcome. Here, for the first time, we apply a memory design using remote associate tasks. In the experiment's first stage, participants intuitively estimated the solvability of remote associate tasks (half of tasks had a solution, others did not). In the second stage, half of the participants were presented with outcomes (correct answers), and afterwards all participants had to go through the first procedure again, trying to remember their previous estimations. The results demonstrated that presentation of the outcome provoked a shift in repeated estimations in line with given feedback, even when participants admitted that they remembered their first estimation. This result proves our hypothesis and underlines the mnemonic nature of the observed bias.

Keywords: hindsight bias, Aha! experience, remote associate tasks, insight, retrospective judgment

Research supported by RFBR grant project # 20-013-00532: "The role of Aha!-experience in problem solving and remembering acquired knowledge".

ВЫЗЫВАЕТ ЛИ ПРЕОДОЛЕНИЕ ФИКСИРОВАННОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ АНАГРАММ ПОСЛЕДУЮЩЕЕ ЗАБЫВАНИЕ ФИКСИРУЮЩИХ СЛОВ?

Н.В. Морошкина, Е.И. Павлючик*

[lena.pavlyuchik@yandex.ru](mailto:lana.pavlyuchik@yandex.ru)

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В данном исследовании проверяется одна из теорий, объясняющих механизм эффекта инкубации, — теория забывания фиксаций. Согласно данной теории, предполагается, что во время периода инкубации у фиксирующих элементов задачи снижается уровень активации и уменьшается доступ для последующего извлечения. Проведен эксперимент, в котором участникам предлагалось решить круговые шестибуквенные анаграммы, содержащие пять из шести нужных букв. Фиксирующим элементом могло быть пятибуквенное слово, мешающее найти шестую букву для решения анаграммы. После периода инкубации участники выполняли задачу на дополнение фрагментированных слов, в числе которых встречались пятибуквенные слова из второго этапа, которые навязывали участникам фиксированность. Результаты свидетельствуют, что в случае успешного решения анаграммы участники реже дополняли фрагментированные слова, соответствующие фиксирующим элементам. Однако, если решение анаграммы не было найдено, эффект был обратным. Данные свидетельствуют в пользу того, что успешное преодоление фиксированности связано с подавлением соответствующей репрезентации и ее забыванием.

Ключевые слова: эффект фиксированности, теория забывания фиксаций, анаграммы, инкубация, вызванное извлечением подавление

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00532.

Введение

Решая разнообразные задачи, мы часто обнаруживаем себя в состоянии «тупика»: старые способы решения проблемы не работают, но мы не можем прийти к новым. В психологии мышления этот эффект был описан Карлом Дункером и был назван им функциональной фиксированностью (Dunker, 1945). *Фиксированность* — «это неуместная приверженность к определенному способу решения задач» (Smith, 1995). Дункер связал преодоление фиксированности с феноменом инсайта. Под *инсайтом* понимают неожиданное появление принципа решения в сознании в результате переструктурирования ментальной репрезентации, а его аффективный компонент, субъективное эмоциональное переживание инсайта, называют *ага!-переживанием*.

Было показано, что вероятность появления инсайтного решения становится выше, если человек берет паузу и временно отвлекается от задачи, которая привела его в тупик (Sio, Ormerod, 2009). Такой перерыв называется периодом инкубации, а повышение доли успешных решений после него называют *эффектом инкубации* (Wallas, 1926). Однако возможные механизмы инкубации все еще вызывают множество научных дискуссий. Одна из теорий, объясняющая

механизмы инкубации, — это *теория забывания фиксации* (Smith, Blankenship, 1989). Сторонники этой теории связывают процессы, происходящие в период инкубации, с забыванием ложных фиксаций, отвлекающих от верного решения. В похожей парадигме работают исследователи, которые показывают, что механизмом такого забывания может быть *подавление, вызванное извлечением* (*retrieval-induced forgetting*). Этот мнемический феномен проявляется, когда после выборочного извлечения нужной информации конкурирующую неизвлеченную информацию (в нашем случае фиксирующую) труднее вспомнить (Anderson, Bjork, 1994). В работе Сторма и Анжелло была получена значимая корреляция между механизмами забывания и успешным преодолением фиксации при решении задач (Storm, Angello, 2010). Однако существуют конкурирующие гипотезы. Одна из них — *гипотеза распространяющейся активации* (Sio, Rudowicz, 2007). Согласно ей, во время инкубации продолжает активироваться релевантная задаче информация. Она приводит к возникновению новых решений. Согласно *гипотезе оппортунической ассимиляции* (Seifert et al., 1995), из-за фиксированности информация, которая использовалась при решении, находится в активированном состоянии — и встреча с новой информацией увеличивает шансы на решение. *Согласно этим гипотезам, фиксации забываться не должны.* Теоретические противоречия могут быть объяснены малым количеством исследований с анализом мнемических постэффектов, связанных с фиксирующими элементами задачи. В связи с этим целью нашей работы является выявление и описание мнемических постэффектов преодоления фиксированности на материале анаграмм. Нами были выдвинуты следующие гипотезы: 1) задачи, провоцирующие эффект фиксированности, будут решаться хуже, чем задачи, не создающие его; 2) преодоление эффекта фиксированности в ходе решения задачи приведет к последующему подавлению самих фиксирующих элементов задачи, что проявится в уменьшении вероятности их припоминания в тесте на дополнение слов.

Выборка

В эксперименте приняли участие 89 человек (78 женщин, 11 мужчин, $M = 22.45$ года, $SD = 3.45$).

Метод

В качестве стимульного материала было разработано 26 круговых шестибуквенных анаграмм, из букв которых можно было также составить пятибуквенное слово (аналогичный материал был апробирован ранее в работе Ammalainen, Moroshkina, 2020). В условии с активной наводкой вместо одной буквы был пропуск так, чтобы пятибуквенное слово легко собиралось, в условии с пассивной наводкой пропуск был в другом месте (см. рис. 1). Также для эксперимента были подготовлены задачи на дополнение пятибуквенных фрагментированных слов, половину из которых составляли слова-наводки, половину — нейтральные слова (всего 52 стимула, например: Г_Р_Х).

Эксперимент проводился в три этапа. На первом этапе участникам предлагалось вслух прочитать 52 слова, включая 26 нейтральных слов и 26 буду-

щих фиксирующих слов (13 активных наводок, 13 пассивных). Каждое слово предъявлялось на 1,5 с. На втором этапе участники решали 26 круговых анаграмм, половина из которых содержали активную наводку, другая половина — пассивную (рис. 1). Анаграмма должна была быть решена так, чтобы получилось шестибуквенное слово. На решение отводилась 1 минута; если испытуемый находил ответ раньше, он нажимал пробел и вводил свой ответ.

Перед третьим этапом шел 10-минутный период инкубации. На третьем этапе участники должны были выполнить задание на дополнение фрагментированных слов, в котором участвовали 26 нейтральных слов из первого этапа, 13 активных и 13 пассивных наводок. Максимальное время на дополнение каждого слова составляло 12 с, испытуемый мог нажать «Ввод» раньше и ввести ответ в появившееся поле.



Рисунок 1. Пример круговой анаграммы (правильное решение — ГРОХОТ) с активной наводкой «ГРОХО» (слева) и пассивной наводкой (справа)

Результаты

Для проверки влияния слов-наводок на успешность решения анаграмм на втором этапе была проанализирована доля правильных решений в каждом из условий. Оказалось, что средняя доля правильных решений была значимо ниже в условии с активной наводкой ($M=0.35$, $SD=0.18$), чем в условии с пассивной ($M=0.44$, $SD=0.17$) ($F(1, 88)=9.795$, $p=.002$). Доля ага!-переживаний при нахождении верного решения тоже была значимо больше для анаграмм с активной наводкой (209 из 348), чем с пассивной (239 из 453) ($\chi^2=4.25$, $p=.023$). Таким образом, слово-наводка действительно провоцировало некоторый период фиксированности на нем, что мешало нахождению верного решения. Успешное преодоление фиксированности было связано с переструктурированием задачи, что чаще сопровождалось ага!-переживанием.

Для того, чтобы сравнивать долю правильных ответов в задаче дополнения фрагментированного слова в условии с фиксированностью и без нее, предварительно мы убедились, что нейтральные стимулы ($M=0.56$; $SD=0.21$) и пассивные наводки ($M=0.59$, $SD=0.20$) значимо не различаются по доле правильных ответов ($F(1, 51)=0.201$, $p=.656$). Это дает нам право сравнивать активные и пассивные наводки между собой. Далее был проведен двухфакторный дисперсионный анализ *gANOVA*, где первым фактором был *тип стимула* (активная или пассивная наводка), а вторым — *успешность решения анаграм-*

мы с данной наводкой на втором этапе. Было обнаружено значимое взаимодействие факторов ($F(1, 22) = 6,314, p < .017$) (рис. 2). Если участники успешно решили анаграмму с активной наводкой, то на третьем этапе они реже дополняли соответствующее ей фрагментированное слово. Если же участники успешно решили анаграмму с пассивной наводкой, то впоследствии они также успешнее дополняли ее в качестве фрагментированного слова.

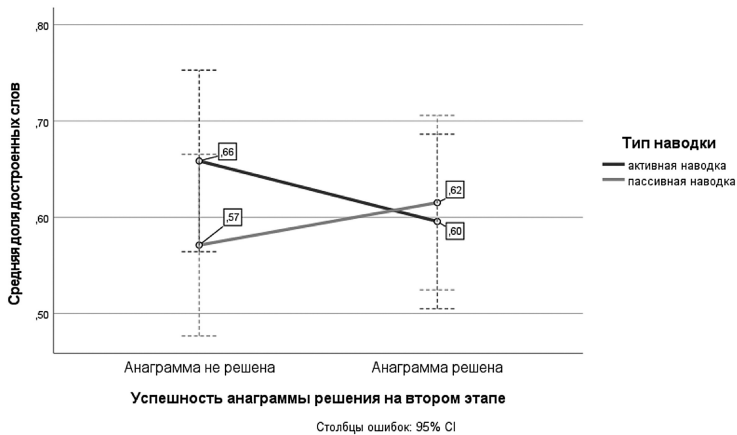


Рисунок 2. Средняя доля верно дополненных фрагментированных слов в зависимости от типа наводки и успешности решения анаграммы с данной наводкой на втором этапе

Обсуждение

Полученные нами результаты свидетельствуют в пользу подтверждения феномена подавления, вызванного извлечением, но не в пользу теории забывания фиксаций, так как доля правильных ответов на третьем этапе различалась для активных и пассивных наводок в зависимости от успешности решения соответствующих анаграмм. Активные наводки дополнялись хуже, когда анаграммы, содержащие их на втором этапе, были успешно решены. Это говорит о том, что, чтобы решить анаграмму на втором этапе, участнику пришлось подавить активную наводку, что затруднило последующее извлечение данного слова. Обратная картина видна для пассивных наводок. Так как они не создавали эффект фиксированности, то, решив анаграмму с пассивной наводкой на втором этапе, участник с большей вероятностью достраивал слова на третьем.

Литература

- Ammalainen A., Moroshkina N. The effect of true and false unreportable hints on anagram problem solving, restructuring, and the Aha!-experience // *Journal of Cognitive Psychology*. 2020. P. 1 – 15. <http://dx.doi.org/10.1080/20445911.2020.1844722>
- Anderson M.C., Bjork R.A. Mechanisms of inhibition in long-term memory: A new taxonomy // *Inhibitory processes in attention, memory, and language* / D. Dagenbach, T.H. Carr (Eds.). San Diego: Academic Press, 1994. P. 265 – 325.

Duncker K. On problem-solving // Psychological Monographs. 1945. Vol. 58. No. 5. P. i – 113. <http://dx.doi.org/10.1037/h0093599>

Seifert C., Meyer D., Davidson N., Patalano A., Yaniv I. Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind hypothesis // The Nature of Insight / J.E. Davidson, R.J. Sternberg (Eds.). Cambridge, MA: MIT Press, 1995. P. 65 – 124.

Sio U.N., Ormerod T.C. Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review // Psychological Bulletin. 2009. Vol. 135. No. 1. P. 94 – 120. <http://dx.doi.org/10.1037/a0014212>

Sio U.N., Rudowicz E. The role of an incubation period in creative problem solving // Creativity Research Journal. 2007. Vol. 19. No. 2 – 3. P. 307 – 318. <http://dx.doi.org/10.1080/10400410701397453>

Smith S.M. Getting into and out of mental ruts: A theory of fixation, incubation, and insight // The Nature of Insight The MIT Press, 1995. P. 229 – 251. <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/4879.003.0011>

Smith S.M., Blankenship S.E. Incubation effects // Bulletin of the Psychonomic Society. 1989. Vol. 27. No. 4. P. 311 – 314. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03334612>

Storm B.C., Angello G. Overcoming fixation // Psychological Science. 2010. Vol. 21. No. 9. P. 1263 – 1265. <http://dx.doi.org/10.1177/0956797610379864>

Wallas G. The art of thought. New York, NY: Harcourt, Brace and Company, 1926.

DOES OVERCOMING FIXATION IN SOLVING ANAGRAMS CAUSE THE SUBSEQUENT FORGETTING OF FIXATED WORDS?

N.V. Moroshkina, E.I. Pavliuchik*

lena.pavlyuchik@yandex.ru

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. The current study tests one of the hypotheses that explains the mechanisms of the incubation effect: the forgetting-fixation hypothesis. According to it, during the incubation period, the fixated elements' level of activation decreases. Forgetting makes the fixated material less accessible for retrieval. In our experiment, participants were asked to solve circular six-letter anagrams. They were presented with only five of the six required letters. The elements for fixation could be a five-letter word shown within the anagram. These misleading words induced fixation. After the incubation period, the participants performed Word Fragment Completion tasks. The tasks contained the five-letter words which were fixated by the participants during anagram solving and neutral ones. The results showed that the participants were less likely to complete the fragmented words corresponding to the fixated elements in cases of successful anagram solutions. However, if no solution to the anagram was found, the effect was reversed. The data indicate that successfully overcoming fixation is associated with the suppression of misleading cues.

Keywords: forgetting-fixation hypothesis, retrieval-induced forgetting, anagrams, incubation, memory inhibition, creative thinking

Research supported by RFBR grant № 20-013-00532.

ДИСКУРСИВНЫЕ МАРКЕРЫ И ИХ КОРРЕЛЯТЫ В ЖЕСТИКУЛЯЦИИ

Ю.В. Николаева

julianikk@gmail.com

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. В исследовании сопоставляются дискурсивные маркеры в ситуациях, когда они сопровождаются иллюстративными жестами или не получают жестового сопровождения. В качестве дискурсивных маркеров рассматривались такие слова, которые отражают степень (не)уверенности говорящего в сообщаемой информации («наверное», «примерно»), ее источник («мы видим», «есть ощущение»), структуру рассказа («в общем», «например») и т.д. Показано, что жесты разных типов, сопровождающие фразы с этими словами, могут дополнять значение вербальных единиц, в частности, различая степень уверенности говорящего в сообщаемой информации для одного и того же типа маркеров, или же противоречить им, когда с маркерами, выражающими неуверенность, используются изобразительные жесты, подробно передающие события в рассказе. Отчасти это противопоставление значений подкрепляется просодией, значение которой подтверждает интерпретацию, основанную на жестах, но в некоторых случаях только жестикуляция указывает на правильное толкование рассматриваемых слов. С другой стороны, сопоставление схожих по значению маркеров с точки зрения их жестового сопровождения указывает на разницу между ними в разных аспектах, включая положение в рассказе соответствующей жесту фразы (центральное / периферийное), отношение говорящего к сообщаемой информации (включая важность, уверенность в точности информации и желание привлечь внимание адресата к тому, о чем говорится) и даже уровень когнитивной нагрузки, связанной с обработкой данной информации

Ключевые слова: дискурсивные маркеры, жестикуляция, мультимодальные корпуса, отношение говорящего, структура дискурса

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Сохранение мирового культурно-исторического наследия».

Теоретические предпосылки и метод

Дискурсивные маркеры привлекают внимание лингвистов, в частности, с точки зрения преподавания и изучения иностранных языков и как еще один инструмент для изучения лексической прагматики. При этом, как правило, в сферу внимания исследователей попадает очень ограниченный список таких единиц; для русского языка это обычно то, что традиционно называется вводными словами или «словами-паразитами» (см., напр., Дараган, 2003; Кибрик,

Подлесская, 2009; Павлов, 2017). При этом для других языков список дискурсивных маркеров шире: так, для немецкого языка включаются *aber, auch, bloß, doch, eben, schon* и др. (Helbig, 1988; Diewald, 2007); для английского сюда входят такие слова, как *and, but, or, now, then, so* и др. (Fraser, 2006).

Опираясь на материал мультимодального корпуса RUPEX (Кибрик, 2018), я выделила четыре типа дискурсивных маркеров в рассказе:

1. Когнитивные маркеры, описывающие степень (не)уверенности и ментальную деятельность говорящего: *наверное, судя по всему, я бы сказал* и т. д.
2. Маркеры эвиденциальности: *на вид, мы слышим, есть ощущение* и т. д.
3. Маркеры структуры: *в общем, например, кстати* и т. д.
4. Маркеры аппроксимации, сюда вошли также маркеры препаративной подстановки (Кибрик, Подлесская, 2007): *довольно, достаточно, типа, какой-то, вроде, наверное* и т. д.

Критериями для выделения этих единиц была их синтаксическая и просодическая обособленность, а также модификация сообщения или опосредование связи соответствующей ЭДЕ¹ с изложением событий. В рамках данного исследования не рассматривались маркеры, отражающие взаимодействие собеседников и соотнесение событий из мира дискурса с контекстом, в котором происходит разговор.

В соответствии с подходом, предложенным в (Litvinenko et al., 2018), выделялись:

1. Изобразительные жесты (относящиеся к описанию событий из мира дискурса).
2. Прагматические (отражающие отношение говорящего к сообщению, место сообщения в дискурсе и др.).
3. Указательные жесты.
4. Биты (жестовые ударения).

В работе была использована вокальная аннотация, выполненная В.И. Подлесской и Н.А. Коротаевым. В разметке материала для этого исследования я исходила из приоритетности вербального канала, при этом учитывались особенности разметки корпуса RUPEX, которая в вокальной и мануальной (жестовой) части отличается высокой дробностью единиц. При сопоставлении слов и жестов был принят следующий алгоритм: если жест попадал по времени на несколько ЭДЕ, то он приписывался той, с которой совпала его основная или более продолжительная часть. Соответственно, если на одну ЭДЕ попадало несколько жестов, то они принимались за один, и его тип выбирался по наиболее сложной в семантическом и формальном плане части получившегося жестового кластера. Надо отметить, что при сопоставлении дискурсивных маркеров и жестов как основная вербальная единица брались не маркеры, а ЭДЕ, в которые эти маркеры входят, поскольку в прототипическом случае мануаль-

¹ ЭДЕ — элементарная дискурсивная единица, прототипически соответствующая клаузе (простому предложению), ее признаками служат единый тональный контур, один главный акцент и, в меньшей степени, паузы на ее границах (Кибрик, Подлесская, 2009).

ный жест соответствует как раз ЭДЕ или клаузе; поэтому точное совпадение по времени выбранного слова с жестикуляцией не учитывалось.

Были рассмотрены всего 291 жест и 108 маркеров, из которых совпали с жестами 56.

Результаты и обсуждение

Распределение полученных сочетаний представлено в табл. 1. Жесты могут дополнять, уточнять и модифицировать вербальное сообщение; встречаются случаи, когда жесты и слова противоречат друг другу.

Среди жестов, связанных с рассматриваемыми значениями, в наибольшей степени им соответствуют два следующих типа, относящихся к прагматическим жестам (Николаева, 2017). Во-первых, это аппеллятивные жесты типа «открытая ладонь вверх» (PUON, см. Müller, 2004), форма которых отражает желание говорящего привлечь внимание адресата к сообщению, а анализ сочетаемости показывает неуверенность в точности описания событий, выбора правильной формулировки и т. д. Во-вторых, это жесты приблизительности (вращение кисти одной или двух рук). Появление прагматических жестов с маркерами аппроксимации и неуверенности можно считать дублированием информации, передаваемой словами. Если же в таком контексте встретится изобразительный жест, который прямо передает описываемые события, это можно считать расхождением между словами и жестикуляцией, поскольку в жестах говорящий обычно показывает события даже подробнее, чем если бы описывал их только с помощью слов.

По этому параметру маркеры аппроксимации показали большую вариативность: они могут сопровождаться и прагматическими жестами (когда неуверенность и/или приблизительность выражена и в словах, и в жестах), и изобразительными (когда жесты рисуют точную картину описываемых событий). При этом просодия в соответствующих ЭДЕ подтверждает позицию говорящего (уверенность/неуверенность), выраженную жестами. Однако следует отметить, что среди вербальных маркеров препаративной подстановки даже с опорой на просодические критерии не всегда можно различить случаи, когда слово *такой* (или аналогичные) используется как заместитель еще не найденного подходящего слова (см. пример (1)) или как отсылка к сопровождающим жестам (пример (2)) — показательный случай, когда в вокальной аннотации есть только междометие, а событие изображено жестами или описано словами в следующих ЭДЕ). Опора на жесты в таких случаях позволяет достаточно последовательно их различить.

- (1) N-vE012 Мужчина такой.
N-vE013 Похож на Дмитрия Быкова чуть-чуть,
- (2) N-vE163 И он идёт с грушами,
N-vE164 такой типа «О!»,
N-vE165 смотрите,
N-vE166 что у меня есть».

Можно предположить, что в контекстах, когда говорящий вполне уверен в описываемых событиях (в отличие от примера в (1)), но при этом слова не отсылают к жестам и пантомиме (как в примере (2)), маркеры аппроксимации используются для смягчения сообщения, которое в противном случае выглядело бы слишком категорично. ЭДЕ с маркерами аппроксимации чаще других сопровождалась жестами, что можно трактовать как важность этих единиц в рассказе или же как некоторую предрасположенность таких слов к тому, чтобы привлекать жестовую (или пантомимическую) иллюстрацию.

Таблица 1. Число встреченных дискурсивных маркеров с жестами

	С прагматическими жестами	С изобразительными жестами	С указательными жестами	С жестовыми ударами	Всего таких маркеров с жестами	Всего таких маркеров
Аппроксимативные	13	19	0	2	34	59
Эвиденциальные	1	3	1	0	5	11
Когнитивные	6	4	1	1	12	28
Структурные	2	2	1	0	5	10
Всего таких жестов с маркерами	22	28	3	3	56	108
Всего таких жестов	81	161	26	23	291	

Когнитивные маркеры показали самое большое разнообразие в сочетании с жестами (они встречались не только с прагматическими и изобразительными, но и указательными жестами и битами); в большинстве случаев это были прагматические жесты. В таких случаях появление жеста может быть связано с метадискурсивными значениями маркера; использование жеста другого типа будет объясняться скорее местом ЭДЕ в дискурсе и ее содержанием. В целом можно предположить, что сочетание этих маркеров с жестами обусловлено снижением когнитивной нагрузки с помощью жестикуляции (Goldin-Meadow, Beilock, 2010).

Эвиденциальные маркеры, в противоположность аппроксимативным, тоже редко встречались с жестами, и чаще всего это были изобразительные жесты, а не прагматические. Исходя из места этих ЭДЕ в рассказе, можно сделать вывод, что они нередко выступают подводкой к каким-то важным событиям, показателем смены сцены действия или персонажей (в таких случаях они сопровождаются жестами). В тех случаях, когда они были без жестов, это были отдельные ЭДЕ (*есть ощущение, судя по всему*), обособленные просодически и не связанные с содержанием рассказа, но описывающие источник мнения говорящего о каких-то деталях сюжета. Таким образом, жестикуляция в данном случае также позволяет уточнить дискурсивную роль ЭДЕ и семантику соответствующего маркера.

Что касается структурных маркеров, они использовались достаточно редко и не показали такого разнообразия контекстов, как когнитивные, но появление жестов в таких контекстах также обусловлено скорее ролью ЭДЕ в рассказе, чем значением дискурсивного маркера.

Можно предположить, что эти наблюдения по крайней мере не противоречат гипотезе общего источника, или общего коммуникативного намерения, проявляющегося в двух параллельных каналах коммуникации — вербальном и жестовом (McNeill, 1992). Соглашаясь в целом с этой позицией, я хочу подчеркнуть, что основанием для данного исследования было предположение, что собеседники передают и извлекают не только ту информацию, которая выражена в одном из каналов (или пропущена, если это воспринимается значимым), но и то, что проистекает из их совместного использования в каждый отдельный момент времени и на уровне целого дискурса. Таким образом, даже противоречие между двумя каналами подводит нас к идее не разных источников, а сложного взаимодействия всех средств, используемых в коммуникации.

Литература

- Дараган Ю.В. Паразитизм или симбиоз: механизм преодоления коммуникативных сбоев и обслуживающие его вербальные средства // Доклады международной конференции «Диалог-2003». 2003. С. 166 – 178.
- Кибрик А.А. Русский мультиканальный дискурс. Часть II. Разработка корпуса и направления исследований // Психологический журнал. 2018. Т. 39. № 2. С. 79 – 90.
- Кибрик А.А., Подлесская В.И. Дискурсивные маркеры в структуре устного рассказа: опыт корпусного исследования // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегодной Международной конференции «Диалог» (Бекасово, 27 – 31 мая 2009 г.). М: Российский государственный гуманитарный университет, 2009. С. 390 – 395.
- Кибрик А.А., Подлесская В.И. Самоисправления говорящего и другие типы речевых сбоев как объект аннотирования в корпусах устной речи // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2007. № 2. С. 2 – 23.
- Николаева Ю.В. Жесты, которые оформляют устный рассказ / под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: БукиВеди, ИППИП, 2017.
- Павлов А.В. Дискурсивные маркеры в устной речи детей с аутизмом // Вестник Московского государственного областного университета (электронный журнал). 2017. № 4. <http://dx.doi.org/10.18384/2224-0209-2017-4-838>
- Diewald G. “Same same but different” — Modal particles, discourse markers and art (and purpose) of categorization // Discourse Markers and Modal Particles. Categorization and description. 2007. P. 19 – 47.
- Fraser B. Towards a theory of discourse markers // Approaches to discourse particles / K. Fischer (Ed.). Amsterdam: Elsevier, 2006. P. 189 – 204.
- Goldin-Meadow S., Beilock S. Action's influence on thought: The case of gesture // Perspectives on Psychological Science. 2010. Vol. 5. No. 6. P. 664 – 674. <http://dx.doi.org/10.1177/1745691610388764>
- Helbig G. Lexicon deutscher Partiklen. Verlag Enzyklopädie, 1988.
- Litvinenko A.O., Kibrik A.A., Fedorova O.V., Nikolaeva J.V. Annotating hand movements in multichannel discourse: Gestures, adaptors and manual postures // The Russian Journal of Cognitive Science. 2018. Vol. 5. No. 2. P. 4 – 17.
- McNeill D. Hand and mind: What gestures reveal about thought. Chicago/London: The University of Chicago Press, 1992.
- Müller C. Forms and uses of the palm up open hand: A case of a gesture family // The semantics and pragmatics of everyday gestures / C. Müller, R. Posner (Eds.). Berlin: Weidler Berlin, 2004. P. 233 – 256.

DISCOURSE MARKERS AND THEIR CORRELATES IN GESTICULATION

Y.V. Nikolaeva

julianikk@gmail.com

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. The article examines discourse markers including cognitive (“apparently”, “I’d say”), evidential (“we can see”), structural (“in short”, “for example”) markers, and markers of approximation (“sort of” “probably” etc.). Considering the discourse markers along with their gestural correlates of different types or used without gestures, we can clarify the meaning of verbal units. For instance, we can distinguish the speaker’s degree of certainty in what is being said when the markers do not give clear pointers in this regard. Sometimes this difference in meaning is supported by prosody, while in other cases gestures are the only clue of the speaker’s stance. Gestural accompaniment of discourse markers brings out different aspects in the meaning and pragmatics of these lexical items. The aspects include relevance in the discourse of the clause, the speaker’s attitude to the information being stated (such as importance, confidence in the accuracy of the information, intention to draw addressee’s attention), and even the level of the speaker’s cognitive load.

Keywords: discourse markers, gesticulation, multimodal corpora, stancetaking, discourse structure

This research was performed according to the Development Program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Moscow University “Preservation of the World Cultural and Historical Heritage”.

УСВОЕНИЕ АССОЦИАЦИИ МЕЖДУ ДВИЖЕНИЕМ И СЛОВОМ СОПРОВОЖДАЕТСЯ УСИЛЕНИЕМ БЕТА-РИТМА ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ДВИЖЕНИЯ

А.А. Павлова* (1, 2), Н.Б. Тюленев (1), В.Д. Третьякова (1), В.В. Скавронская (1), А.Ю. Николаева (1), А.О. Прокофьев (1), Б.В. Чернышев (1, 2, 3), Т.А. Строганова (1)
anne.al.pavlova@gmail.com

1 — Московский государственный психолого-педагогический университет, Москва; 2 — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва; 3 — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. Глаголы, обозначающие движения частей тела, часто используются для проверки предсказаний теорий воплощенного познания. Тем не менее сам процесс того, как моторная программа связывается с репрезентацией слова, остается неизвестным. Чтобы изучить этот процесс, мы регистрировали магнитоэнцефалографический сигнал, в то время как участники ($N = 22$) пытались в ходе процедуры оперантного научения установить, какие движения правой или левой рукой или ногой обозначаются каждым из четырех представленных акустически псевдослов. Мы сравнили мощность бета-колебаний (15–25 Гц) в трех условиях: (1) в начале обучения, (2) на продвинутой стадии обучения и (3) во время самостоятельных движений без выполнения каких-либо задач. Мы обнаружили, что правильные движения на продвинутой стадии обучения сопровождались более мощной «отдачей» после движения в сенсомоторной коре по сравнению с двумя другими условиями. Кроме того, наблюдалось также значительное усиление мощности бета-осцилляций во время выполнения движения в несенсомоторных областях коры головного мозга, участвующих в контроле поведения (например дорсолатеральной и медиальной лобной коре), формировании памяти (например задней поясной извилины и медиальной височной коре) и в речевых центрах в левой лобной доле. Мы предполагаем, что усиление бета-осцилляций служит удержанию и укреплению складывающейся ассоциации между выполненным движением и предъявленным псевдословом.

Ключевые слова: семантика, воплощенное познание, научение, бета-осцилляции, магнитоэнцефалография

Поддержано грантом РФФИ 17-29-02168.

Введение

Слова, обозначающие движения конечностей, являются популярной моделью для тестирования предсказаний теории воплощенного познания. Множество нейровизуализационных работ показывают, что обработка слов, связанных

с движением, активирует корковые области в моторной и премоторной коре (например, Postle et al., 2008). Однако процесс, благодаря которому репрезентация моторной программы связывается с репрезентацией слова, остается практически неизученным.

В данном исследовании мы обратились к нейрофизиологическим механизмам усвоения ассоциации между движением и обозначающим его словом. Мы использовали широко известный феномен супрессии и последующего усиления сенсомоторных бета-осцилляций (15–25 Гц) в процессе подготовки и реализации движения. Как предполагается, десинхронизация корковых бета-осцилляций (БО) перед и во время движения связана с активацией сенсомоторных систем, программирующих и инициирующих движение (Pfurtscheller, da Silva, 1999), в то время как роль усиления БО после движения (явления «отдачи») остается предметом дискуссий. В серии недавних электрофизиологических работ было показано, что мощность «бета-отдачи» после движения возрастает в процессе моторного научения: чем более уверены становятся испытуемые в своих движениях, тем сильнее возрастает БО после движения (например, Tan et al., 2014). Считается, что БО связаны с кортикальной пластичностью: усиление БО означает отсутствие необходимости менять реализуемую моторную программу и способствует удержанию в памяти существующей сенсомоторной установки (Engel, Fries, 2010). Мы предположили, что схожий механизм может служить для приобретения не только моторного навыка, но и связывания совершённого моторного действия с новым словом, которым это действие обозначается.

Методика

Двадцать два испытуемых (средний возраст = 24.9 года, разброс от 19 до 33, правши, без неврологических заболеваний) приняли участие в эксперименте. Их задачей было установить однозначную связь между слуховым предъявлением 4 псевдослов («хича», «хишу», «хиса», «хиву») и движением одной из конечностей (нажатием на кнопку правой или левой рукой или нажатием на педаль левой или правой ногой). Процесс обучения соответствовал критериям оперантного научения: в ответ на предъявленное псевдослово испытуемые совершали движение и получали аудиальную обратную связь. Магнитоэнцефалограмма (306 сенсоров) регистрировалась в трех экспериментальных условиях:

1. В начале сессии обучения, когда испытуемые совершали случайные движения, пытаясь угадать связь между псевдословом и движением той или иной конечности (поисковые движения);
2. В конце экспериментальной сессии, когда испытуемые избирательно реагировали на определенное псевдослово (целевые движения);
3. Вне сессии ассоциативного обучения, когда испытуемые совершали движения самостоятельно, без внешних пусковых стимулов (спонтанные движения).

Полученные данные были поделены на эпохи анализа от –1000 до 1400 мс относительно момента начала движения, и был проведен временно-частотный

анализ с применением мультитейперов. Частотное разрешение было установлено в 2 Гц. Мощность БО в выбранном диапазоне рассчитывалась как сумма мощностей двухгерцовых полос частот внутри 15 – 25 Гц диапазона. Полученные значения мощности были скорректированы делением на уровень фоновой активности во временном интервале от –500 до –100 мс относительно момента предъявления псевдослова и переведены в дБ.

Обнаруженные изменения мощности БО представляли собой два типа: 1) непосредственно связанные с программированием и совершением движения, сосредоточенные на сенсорах, лежащих над сенсомоторной корой, и 2) распределенные далеко за пределами сенсомоторных областей и присутствующие только для поисковых и целевых движений.

Для анализа первого типа эффектов мы использовали условие спонтанных движений в качестве локализирующего, чтобы найти сенсоры, получающие максимальный ответ от сенсомоторной коры, то есть те сенсоры, которые во время спонтанных движений демонстрировали наибольшую амплитуду изменений мощности БО – наиболее глубокую супрессию и наиболее мощную отдачу. В выбранных сенсорах были установлены минимальные и максимальные значения мощности БО во время всех трех типов движений – спонтанных, поисковых и целевых, – которые затем сравнивались с помощью дисперсионного анализа.

Для анализа второго типа изменений мощности БО были выделены три временных диапазона по 600 мс: до движения (–600–0 мс), во время совершения движения (0–600 мс) и после окончания движения (600–1200 мс). Для каждого временного интервала в условиях поисковых и целевых движений были реконструированы корковые источники с помощью алгоритма dSPM. Мощность БО в каждом вертексе кортикальной модели во время поисковых и целевых движений сравнивалась с фоновым уровнем БО в предстимульный период с помощью одновыборочного t -теста. Статистические результаты были скорректированы на множественные сравнения с помощью FDR-коррекции на количество вертексов и три временных интервала.

Результаты

Как и ожидалось, в сенсомоторных сенсорах был обнаружен классический паттерн изменения мощности БО во всех трех условиях: супрессия мощности до и во время движения и отдача после окончания движения. При этом минимальные и максимальные значения мощности БО различаются между условиями ($F(2, 276)=6.8$, $p=.001$ и $F(2, 276)=15.2$, $p<.0001$, для минимумов и максимумов соответственно). Супрессия БО при подготовке и реализации движений была значимо глубже при поисковых движениях, чем при спонтанных (апостериорный тест Тьюки, $p=.01$). По-видимому, большая глубина падения БО связана с увеличением нагрузки на систему выбора и инициации движения из-за конкуренции нескольких возможных моторных программ во время поисковых движений в начале обучения. Что касается подъема мощности БО по окончании движения, то, в соответствии с исходной гипотезой, подъем был максимален после целевых движений в конце обучения, когда ис-

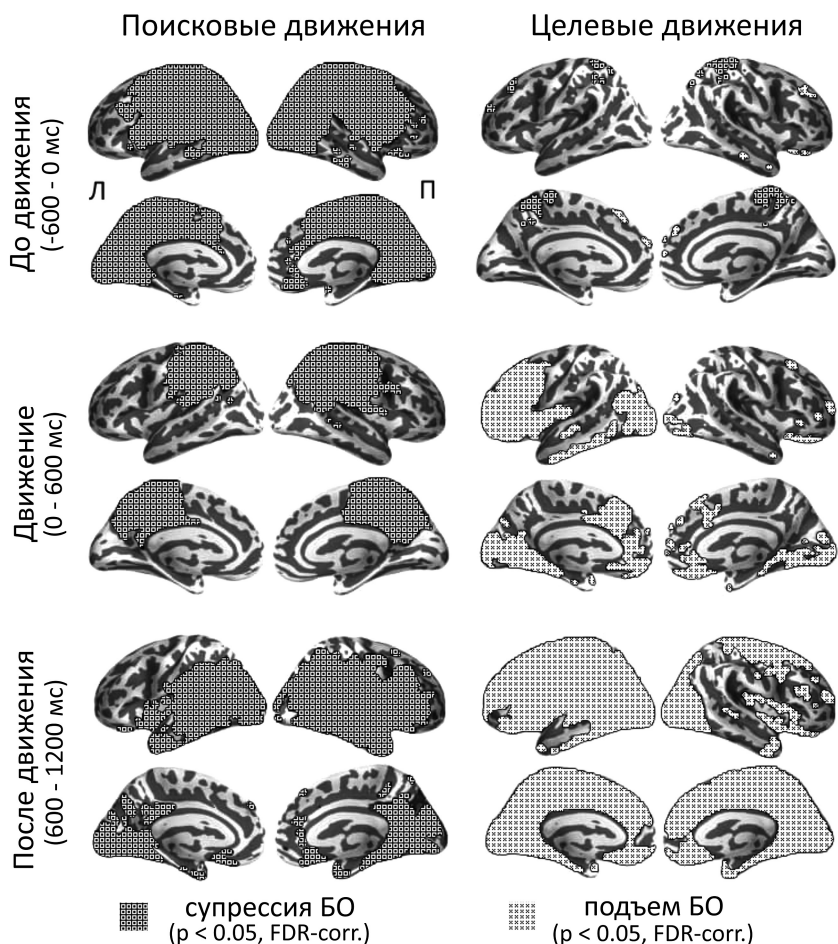


Рисунок 1. Кортиковые источники БО во время поисковых и целевых движений. Заштрихованные области соответствуют областям статистически значимых супрессии и подъема мощности БО (Л – левое полушарие, П – правое полушарие)

пытуемые в достаточной степени усвоили соотношение между псевдословами и движениями конечностей и почти не допускали ошибок (апостериорный тест Тьюки; $p = .001$). Таким образом, полученные данные впервые демонстрируют, что ассоциативное научение словам, означающим движения частей тела, сопровождается выраженным усилением сенсомоторных БО сразу по окончании движения.

Однако наиболее интересной находкой данной работы нам представляется значимый подъем мощности БО за пределами сенсомоторной коры,

который был характерен только для целевых движений ($p_{\text{corr}} < .05$) (рис. 1). В отличие от описанного выше феномена бета-отдачи по окончании движения, подъем мощности БО во время целевых движений начинался очень рано — во время совершения движения (0–600 мс) — и был широко распространен по коре, затрагивая отделы, занятые в контроле поведения (дорсолатеральные и медиальные отделы лобной доли), процессах памяти (задняя поясная и медиальная височная кора), и речевые центры в нижней лобной извилине.

Выводы

Мы предполагаем, что усиление БО на поздних стадиях обучения служит упрочению только что сложившегося следа памяти, интегрирующего программу совершенного движения и слуховой стимул. Исходя из известной роли БО в установлении функциональных связей между далеко отстоящими друг от друга отделами мозга (Tewarie et al., 2019) и удержании активированных репрезентаций (Lundqvist et al., 2016), мы предполагаем, что наблюдаемая вспышка БО во множестве корковых областей сразу после того, как моторная программа была выбрана и запущена, отражает процесс становления распределенной нервной сети, направленной на удержание в памяти только что выработанной ассоциации между псевдословом и движением.

Литература

- Engel A.K., Fries P. Beta-band oscillations — signalling the status quo? // *Current Opinion in Neurobiology*. 2010. Vol. 20. No. 2. P. 156–165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2010.02.015>
- Lundqvist M., Rose J., Herman P., Brincat S.L., Buschman T.J., Miller E.K. Gamma and beta bursts underlie working memory // *Neuron*. 2016. Vol. 90. No. 1. P. 152–164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2016.02.028>
- Pfurtscheller G., da Silva F. H. L. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: Basic principles // *Clinical Neurophysiology*. 1999. Vol. 110. No. 11. P. 1842–1857. [http://dx.doi.org/10.1016/s1388-2457\(99\)00141-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1388-2457(99)00141-8)
- Postle N., McMahon K.L., Ashton R., Meredith M., de Zubicaray G.I. Action word meaning representations in cytoarchitecturally defined primary and premotor cortices // *NeuroImage*. 2008. Vol. 43. No. 3. P. 634–644. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.08.006>
- Tan H., Jenkinson N., Brown P. Dynamic neural correlates of motor error monitoring and adaptation during trial-to-trial learning // *Journal of Neuroscience*. 2014. Vol. 34. No. 16. P. 5678–5688. <http://dx.doi.org/10.1523/jneurosci.4739-13.2014>
- Tewarie P., Liuzzi L., O'Neill G.C., Quinn A.J., Griffa A., Woolrich M.W., Stam C.J., Hillebrand A., Brookes M.J. Tracking dynamic brain networks using high temporal resolution MEG measures of functional connectivity // *NeuroImage*. 2019. Vol. 200. P. 38–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.06.006>

LEARNING OF PSEUDOWORD-MOVEMENT ASSOCIATION IS ACCOMPANIED BY BETA SYNCHRONIZATION DURING AND AFTER MOVEMENT EXECUTION

A. Pavlova* (1, 2), N. Tyulenev (1), V. Tretyakova (1), V. Skavronskaya (1),
A. Nikolaeva (1), A. Prokofyev (1), B. Chernyshev (1, 2, 3), T. Stroganova (1)
anne.al.pavlova@gmail.com

1 - Moscow State University of Psychology and Education, Moscow, 2 - Higher
School of Economics, Moscow, 3 - Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. Verbs related to specific body part movements have often been used to test predictions of the embodied cognition approach. Yet, the process of how a motor program becomes related to a novel word is largely unknown. To examine this process, we measured the magnetoencephalographic signal while participants ($N=22$) performed a trial-and-error search for the meaning of acoustically presented pseudowords by moving their limbs. We compared the power of beta oscillations (15 – 25 Hz) in three conditions: (1) at the start of learning, (2) at the advanced stage of learning, and (3) during self-paced movements without any task. We observed that correct movements at the advanced stage of learning triggered a significantly enhanced post-movement beta rebound in the sensorimotor cortex, compared to the other two conditions. Moreover, there was also a significant peri-movement beta power enhancement in non-sensorimotor cortical areas implicated in performance monitoring (e.g., dorsolateral and medial frontal cortex), memory formation (e.g., posterior cingulate and medial temporal cortices), and in the language-related area at the left frontal lobe. We assume that this widespread beta synchronization serves to establish and reinforce the cross-structure interaction involved in binding the preceding movement to the presented pseudoword.

Keywords: beta oscillations, motor learning, semantics, embodied cognition, magnetoencephalography

This research was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant 17-29-02168.

СУЩЕСТВОВАНИЕ $\alpha 7$ НИКОТИНОВЫХ РЕЦЕПТОРОВ АЦЕТИЛХОЛИНА НА ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫХ НЕЙРОНАХ НАЗЕМНОЙ УЛИТКИ

Т.А. Палихова*, А.С. Пивоваров

palikhova@mail.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. Холинэргические механизмы играют важную роль в мозге животных и человека. Участие $\alpha 7$ никотиновых холинорецепторов ($\alpha 7$ nAHR) активно исследуется в связи с когнитивными функциями. Задачей нашего исследования было показать наличие $\alpha 7$ nAHR в нейронах моллюска, виноградной улитки *Helix pomatia*. Для этого использовались стандартные методы внутриклеточной регистрации активности идентифицированных нейронов. Изучалось влияние селективных блокаторов $\alpha 7$ nAHR, альфа-кобратоксина и новых конотоксинов, на деполяризацию, вызванную локальной инъекцией ацетилхолина (АХ). Во всех исследованных нейронах, отвечающих на АХ, добавление в физиологический раствор блокаторов $\alpha 7$ nAHR приводило к уменьшению амплитуды АХ-деполяризации до 40–60 % первоначальной амплитуды. Удаление блокатора из физраствора приводило к восстановлению амплитуды. Таким образом, было показано существование $\alpha 7$ nAHR на мембране нейронов беспозвоночных животных, виноградной улитки.

Ключевые слова: $\alpha 7$ никотиновые рецепторы ацетилхолина, виноградные улитки, идентифицированные нейроны, внутриклеточная регистрация, инъекция ацетилхолина, АХ-деполяризация, блокаторы $\alpha 7$ nAHR

Центральные холинэргические системы активно исследуется в мозге высших животных в связи с их участием в когнитивных функциях (Colangelo et al., 2019). Особую роль в этих исследованиях играет изучение $\alpha 7$ никотиновых холинорецепторов (Leiser et al., 2009). При изучении таких когнитивных функций, как память и обучение, на нейрональном и синаптическом уровнях многочисленные преимущества представляют беспозвоночные животные, и в том числе моллюски (Сахаров, 1974). Но биохимическая идентичность холинорецепторов высших и низших животных требует доказательств. Задачей нашего исследования было показать наличие $\alpha 7$ nAHR в нейронах виноградной улитки по действию селективных блокаторов этих рецепторов на деполяризацию идентифицированных нейронов, вызванную локальной инъекцией ацетилхолина (АХ) (Пивоваров и др., 2020).

С этой целью мы проводили эксперименты путем внутриклеточной регистрации электрической активности нейронов на полунтактных препаратах (НС-висцера) виноградной улитки (*Helix pomatia* и *lucorum*). Внутриклеточное отведение проводилось стандартным методом от идентифицированных

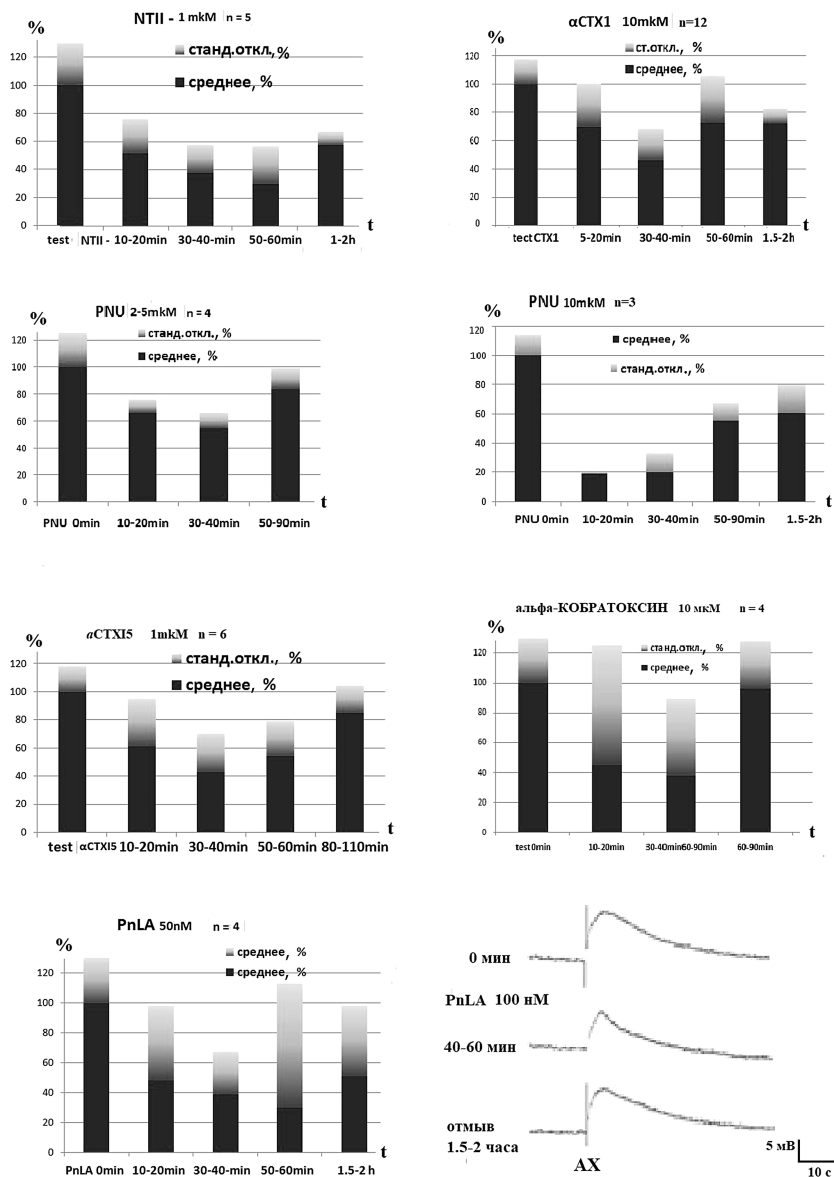


Рисунок 1. Влияние селективных блокаторов $\alpha 7$ nAХР на амплитуду деполяризации, вызванной инъекцией ацетилхолина (500 мс) в идентифицированных нейронах парietальных ганглиев виноградной улитки (запись внизу). Все исследованные блокаторы $\alpha 7$ nAХР вызвали уменьшение амплитуды АХ-деполяризации до значений 40–60 % от первоначальной, принятой за 100 %, но с разной концентрацией (от 50 нМ до 10 мкМ). Через 1–2 часа после удаления блокатора из фиксатора регистрировалось восстановление амплитуды ответа. Временные значения (t — горизонтальная шкала) указаны от момента добавления холиноблокатора

нейронов париетальных ганглиев (Сахаров, 1974). Изучались поляризационные ответы этих нейронов на аппликацию АХ (500 мс) на тело нейрона. Инъекции проводились на фоне внутриклеточной гиперполяризации нейронов при средних значениях мембранного потенциала – 51 (± 5) мВ с целью регистрации только подпороговых ответов. В качестве селективных модуляторов (блокаторов) $\alpha 7$ нАХР было использовано пять высокоактивных веществ, в том числе альфа-кобратоксин и новые производные конотоксина: α СТХI, α СТХI5, PNU, PnLA, NTII. Было зарегистрировано их влияние на АХ-ответы в 38 нейронах, в том числе в ППа2 и 3, ЛПа2 и 3, ЛПа5 и ППа7 (рис. 1).

Исследованные блокаторы $\alpha 7$ нАХР вызывали уменьшение амплитуды АХ-деполяризации до значений 40–60 % от первоначальной (рис. 1). Но таких значений разные холиноблокаторы достигали при их разной концентрации в физиологическом растворе. Это различие было очень значительным — от 50 нМ (для PnLA) до 10 мкМ. Например, 2-3-кратное увеличение концентрации PNU приводило к изменению глубины уменьшения амплитуды деполяризации до 20 % (при 10 мкМ). Через 1-2 часа после удаления блокатора из физиологического раствора (отмывание) регистрировалось восстановление амплитуды ответа.

Итак, в нашем исследовании было показано, что в нейронах моллюска — виноградной улитки — существуют $\alpha 7$ никотиновые рецепторы ацетилхолина. Этот результат открывает возможность дальнейшего исследования механизмов нейрональной пластичности на субклеточном уровне. Уже было показано, что $\alpha 7$ нАХР улитки участвуют в передаче сенсорной информации и в синаптической пластичности (Палихова, Пивоваров, 2020).

Полученные данные важны, так как существует фармакологический запрос на создание новых лекарственных препаратов, улучшающих память и мышление, которые страдают при проблемах с центральной холинергической системой мозга. С другой стороны, эти результаты должны учитываться при создании новых моделей искусственного интеллекта, основанных на принципах функционирования живого мозга, а именно необходимости учитывать нейрохимическое многообразие и аналоговые принципы работы реальных нервных систем.

К нашему глубокому сожалению, Аркадий Саулович Пивоваров уже не участвовал при подготовке данной публикации, хотя он был основным автором и руководителем данного исследования и был хорошо знаком с представленными данными. Аркадий Саулович ушел из жизни в мае прошлого, 2020 года. В наших будущих исследованиях нам будет очень не хватать его знаний и идей.

Литература

Палихова Т.А., Пивоваров А.С. Участие $\alpha 7$ никотиновых холинорецепторов в передаче соматосенсорной информации к париетальным нейронам наземной улитки // Объединенный сборник I Национального Конгресса по когнитивным исследованиям, искусственному интеллекту и нейроинформатике. CAICS 2020. 2020. С. 292 – 295.

Пивоваров А.С., Палихова Т.А., Николаев Г.М., Великанов А.Н., Васильева Н.А., Кашеваров И.Н., Уткин Ю.Н., Цетлин В.И. Атипичные ацетилхолиновые рецепторы на нейронах виноградной улитки // Доклады РАН. Науки о жизни. 2020. Т. 491. № 1. С. 184–188.

URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=danzhiz&y=2020&v=491&n=1&a=DANzhiz2002020Pivovarov>

Сахаров Д.А. Генеалогия нейронов. М.: Наука, 1974.

Colangelo C., Shichkova P., Keller D., Markram H., Ramaswamy S. Cellular, synaptic and network effects of acetylcholine in the neocortex // *Frontiers in Neural Circuits*. 2019. Vol. 13. No. 24. <http://dx.doi.org/10.3389/fncir.2019.00024>

Leiser S.C., Bowlby M.R., Comery T.A., Dunlop J. A cog in cognition: How the $\alpha 7$ nicotinic acetylcholine receptor is geared towards improving cognitive deficits // *Pharmacology & Therapeutics*. 2009. Vol. 122. No. 3. P. 302–311. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pharmthera.2009.03.009>

EVIDENCE OF $\alpha 7$ NICOTINIC RECEPTORS FOR ACETYLCHOLINE ON IDENTIFIED NEURONS OF THE LAND SNAIL

T.A. Palikhova*, A.S. Pivovarov

palikhova@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. Cholinergic mechanisms play an important role in the brains of animals and humans. The participation of $\alpha 7$ acetylcholine receptors ($\alpha 7$ nAChRs) is actively studied in their relation with cognitive functions. The task of our research was to show the existence of $\alpha 7$ nAChRs in identified neurons of a mollusk, the land snail *Helix pomatia*. We used common methods of intracellular recording of activity among the identified neurons. We studied the influence of selective blockers of $\alpha 7$ nAChRs, alpha cobra-toxin and new conotoxins, to depolarization evoked by local injection of acetylcholine (ACh). In all of the recorded neurons responding to ACh by depolarization, application of every blocker for $\alpha 7$ nAChRs into the physiological solution decreased ACh-depolarization amplitude to the 40–60% of the prior state. Removing blockers from the physiological solution resulted in amplitude recovery. Thus, the membrane of neurons of invertebrate snails contains $\alpha 7$ nAChRs.

Keywords: nicotine acetylcholine receptors ($\alpha 7$ nAChRs), land snail, identified neurons, intracellular recording, acetylcholine injection, ACh depolarization blockers

ВЕРБАЛЬНЫЕ АССОЦИИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СВЯЗАННОСТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ МОТОРНОЙ КОРЫ У ДЛИТЕЛЬНО БОЛЕЮЩИХ ПАЦИЕНТОВ С ШИЗОФРЕНИЕЙ

Я.Р. Паникратова*, Е.Г. Абдуллина, Д.В. Тихонов,
С.А. Голубев, В.Г. Каледа, И.С. Лебедева

panikratova@mail.ru

ФГБНУ «Научный центр психического здоровья», Москва

Аннотация. Основной целью работы являлось сопоставление двух групп длительно болеющих пациентов с шизофренией с различными клиническим и функциональным статусами по нейропсихологическим и нейровизуализационным характеристикам. Были обследованы 39 пациентов с расстройствами шизофренического спектра (возраст 41.5 ± 5.5 лет) и 18 здоровых испытуемых (возраст 38.8 ± 8.22 лет) мужского пола. Участники исследования выполнили различные варианты вербальных ассоциаций (ВА), а также прошли фМРТ покоя. Пациенты были обследованы с помощью клинических шкал PANSS и PSP. Кластерный анализ на основе субшкал PANSS и общего балла по шкале PSP позволил разделить пациентов на две подгруппы ($N = 13/26$), первая из которых отличалась меньшей выраженностью негативных расстройств и симптомов общей психопатологии и лучшим функциональным статусом. Клинические подгруппы были сопоставлены по продуктивности ВА, а также по функциональной связанности (ФС) зон, участвующих в порождении, инициации и регуляции речи (дополнительной моторной коры и левой нижней лобной извилины), с вокселями во всем объеме головного мозга. Вторая подгруппа, в отличие от первой подгруппы и группы нормы, хуже выполняла фонологические и свободные вербальные ассоциации, а также обнаруживала более высокую ФС дополнительной моторной коры с зоной в средней височной, угловой и надкраевой извилинах левого полушария, чем первая подгруппа.

Ключевые слова: шизофрения, нейропсихология, порождение речи, вербальные ассоциации, фМРТ покоя, функциональная связанность

Исследование поддержано грантом РФФИ № 18-013-01214.

Введение

Нарушения речевых и регуляторных функций являются ключевыми когнитивными симптомами шизофрении. В то же время заболевание гетерогенно с точки зрения состояния этих познавательных процессов (Carruthers et al., 2019), вариативности симптоматики и качества исхода (Tandon et al., 2009). Проблема когнитивной гетерогенности шизофрении и лежащих в ее основе мозговых механизмов требует дальнейшей разработки.

В предыдущей работе (Паникратова и др., 2021) длительно болеющие пациенты с шизофренией были разделены на подгруппы на основе клинико-психопатологической классификации и сопоставлены по когнитивным,

морфометрическим и нейрофизиологическим показателям. В данном исследовании для разделения пациентов на подгруппы с различным клиническим и функциональным исходом мы использовали другой подход — метод кластерного анализа. Нашей целью являлось сравнение подгрупп по показателям вербальных ассоциаций (ВА; verbal fluency) — пробы, которая требует сохранности речевых и регуляторных функций (Aita et al., 2019). Выбор пробы обусловлен также нарушением ВА при шизофрении (Berberian et al., 2016), которое усугубляется с течением болезни (Herold et al., 2020) и позволяет предсказать качество ее исхода (Ojeda et al., 2019).

Кроме того, подгруппы были сопоставлены по функциональной связанности (ФС) как нижней лобной извилины, так и дополнительной моторной коры левого полушария с вокселями во всем остальном объеме головного мозга (whole-brain functional connectivity). Эти области участвуют в порождении (Ishkhanian et al., 2020), инициации и регуляции речи (Hertrich et al., 2016) — процессах, нарушенных при шизофрении (de Boer et al., 2020). На основании всего вышеизложенного мы предположили, что подгруппы пациентов будут различаться по продуктивности ВА и показателям ФС выбранных зон.

Методика

Клиническая группа состояла из пациентов мужского пола с расстройствами шизофренического спектра (F20, F25 по МКБ-10) на этапе отдаленного ка-тамнеза ($N=39$; ср. возраст 41.5 ± 5.5 лет; ср. длительность заболевания 19.95 ± 5.93 лет). Контрольная группа включала здоровых испытуемых ($N=18$; ср. возраст 38.8 ± 8.22 лет), не отличающихся от пациентов по полу, возрасту и уровню образования.

Клинические шкалы и нейропсихологические методики. Состояние всех пациентов было оценено по шкалам Позитивных и негативных синдромов (Positive and Negative Syndrome Scale, PANSS) и Личностного и социального функционирования (Personal and Social Performance Scale, PSP). Часть пациентов ($N=31$) и все здоровые участники исследования выполнили различные варианты ВА, в каждом из которых необходимо было в течение одной минуты назвать как можно больше слов в соответствии с инструкцией: фонологические ВА (слова на букву «К», за исключением имен собственных, числительных и однокоренных слов; Delis et al., 2001), категориальные ВА (растения; Ахутина и др., 2016), ВА с переключением между категориями (фрукты/мебель; Delis et al., 2001) и свободные ВА (любые слова; Ахутина и др., 2016). Продуктивность выполнения каждого субтеста оценивалась в количестве адекватных инструкции слов.

Получение и обработка данных фМРТ покоя. Тридцать семь пациентов и семнадцать здоровых испытуемых прошли обследование методом фМРТ покоя на томографе Philips Ingenia (3 T). Функциональные T2*-взвешенные изображения были получены с помощью последовательности EPI (100 измерений, 35 срезов, размер матрицы 128×128 вокселей, размер вокселя $1.8 \times 1.8 \times 4$ мм, TR/TE/FA = 3 с/35 мс/90°). Участникам исследования давалась инструкция фиксировать взгляд на белом кресте в центре серого поля монитора и избегать

любой систематической мыслительной деятельности в течение 5 мин. Функциональные изображения каждого испытуемого были дополнены анатомическими T1-взвешенными изображениями, полученными с помощью последовательности MPR (170 срезов, размер вокселя $1 \times 1 \times 1$ мм; TR/TE/FA = 8 мс / 4 мс / 8 °).

Предобработка полученных изображений проводилась с использованием пакета SPM12 (<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm12/>), дальнейшая обработка – с помощью программного обеспечения CONN-fMRI toolbox 17.b (<https://www.nitrc.org/projects/conn>). Анализировалась ФС между каждой из зон интереса (region of interest, ROI) и вокселями во всем остальном объеме головного мозга. Зоны интереса были получены по результатам выполнения пробы для локализации речевых функций здоровыми испытуемыми в независимом фМРТ-исследовании (Егорова, 2020).

Обработка данных. Кластеризация клинической группы на две подгруппы методом *k*-средних проводилась на основе баллов по трем субшкалам PANSS (позитивные, негативные симптомы и симптомы общей психопатологии) и общего балла по шкале PSP (пакет SPSS 22). Затем был проведен сравнительный анализ продуктивности вербальных ассоциаций в выделенных подгруппах пациентов (*t*-критерий Стьюдента). Подгруппы были сопоставлены по ФС каждой из двух зон интереса (ROI-to-voxel analysis) с применением общей линейной модели со случайными эффектами. Возраст и количество поврежденных из-за движения изображений были включены в модель в качестве ковариат. По показателям, обнаружившим межгрупповые различия, каждая подгруппа пациентов также была сопоставлена с контрольной группой.

Результаты

Выделенные на основе кластерного анализа две подгруппы пациентов отличались по выраженности негативных симптомов, симптомов общей психопатологии и уровню функционирования: в Подгруппе 1 наблюдалась меньшая выраженность указанных симптомов и более высокий уровень функционирования, чем в Подгруппе 2 (табл. 1).

Нейропсихологические показатели. Подгруппа 1 и Подгруппа 2 различались по продуктивности фонологических и свободных ВА (табл. 1), с более высокой продуктивностью обоих субтестов в Подгруппе 1. Кроме того, по показателям обоих указанных субтестов Подгруппа 2 значимо отличалась и от здоровых испытуемых, а Подгруппа 1 не отличалась (табл. 1).

Функциональная МРТ покоя. Подгруппы пациентов различались по ФС дополнительной моторной коры с кластером (объем 5856 мм³; координаты {-68; -54; 4}) в средней височной, угловой и надкраевой извилинах левого полушария: в Подгруппе 2 ФС была выше ($p < .005$ повоксельно, $p_{FDR} < .05$ для кластеров). При сопоставлении клинических подгрупп с группой нормы была обнаружена бо́льшая ФС между указанными зонами в группе здоровых испытуемых по сравнению с Подгруппой 1 ($p = .031$). Был проведен дополнительный анализ ассоциаций между показателями ФС и ВА, различающимися между клиническими подгруппами. В группе нормы ФС была положительно ассоциирована с продуктивностью свободных ВА ($p = .021$, множественная регрес-

Таблица 1. Средние и стандартные отклонения ($M \pm SD$) по клиническим и нейропсихологическим показателям для выделенных подгрупп пациентов, а также здоровых испытуемых, и результаты межгрупповых сравнений

	Подгруппа пациентов 1 ($n = 13$)	Подгруппа пациентов 2 ($n = 26$)	Здоровые испытуемые ($n = 18$)
Негативные симптомы (PANSS)	17.38 ± 4.91	23.15 ± 3.99^a	–
Симптомы общей психопатологии (PANSS)	26.00 ± 6.19	35.04 ± 8.60^a	–
Уровень социального и личностного функционирования (PSP)	58.69 ± 9.36	39.92 ± 5.84^a	–
Продуктивность фонологических ВА	14.83 ± 5.56	$10.47 \pm 4.59^{b, c}$	16.67 ± 5.07
Продуктивность свободных ВА	27.96 ± 9.30	$20.24 \pm 8.86^{b, c}$	32.86 ± 8.65

Примечание. а – $p < .005$, b – $p < .05$ (Подгруппа 1 vs. Подгруппа 2); c – $p < .001$ (Подгруппа 2 vs. Норма).

сия в рамках общей линейной модели), в клинических подгруппах связей ФС с показателями фонологических и свободных ВА обнаружено не было.

Обсуждение и выводы

Межгрупповые различия по продуктивности ВА логичным образом соотносились с кластеризацией пациентов на основе выраженности клинической симптоматики и уровня функционирования. Результаты анализа данных фМРТ покоя были менее однозначными. С одной стороны, клинические подгруппы различались по ФС между речевыми зонами: дополнительной моторной корой и областью в задних височных отделах левого полушария, связанной с переработкой слухоречевой информации. С другой стороны, неожиданным результатом было то, что по ФС между указанными речевыми зонами от группы нормы отличалась более клинически благополучная Подгруппа 1, но не Подгруппа 2. Другими словами, ФС была снижена в Подгруппе 1 по сравнению как с Подгруппой 2, так и со здоровыми испытуемыми, что формально отвечает предложенным в литературе критериям проявления защитных (resilience) механизмов (Ganella et al., 2018), хотя подобная интерпретация должна рассматриваться с большой осторожностью. Наличие корреляций ФС с продуктивностью ВА в группе нормы, но не в клинических подгруппах может указывать на качественное своеобразие связи продуктивности ВА и ее мозговых основ в норме и при шизофрении.

Исходя из полученных результатов, исследование речевых функций и их мозговых механизмов представляется перспективным в изучении гетерогенности шизофрении.

Литература

Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. и др. Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет. М.: В. Секачев, 2016.

Егорова М.В. Нейропсихологическое сопровождение нейровизуализационного исследования латерализации речи (на модели слухоречевой памяти). Дипломная работа / М.: МГУ, 2020.

Паникратова Я.Р., Абдуллина Е.Г., Тomyшев А.С., Лебедева И.С., Тихонов Д.В., Голубев С.А., Каледа В.Г. Состояние когнитивных функций и нейробиологические показатели у пациентов с различными вариантами исхода шизофрении: пилотажное исследование. // 2021 (в печати).

Aita S.L., Beach J.D., Taylor S.E., Borgogna N.C., Harrell M.N., Hill B.D. Executive, language, or both? An examination of the construct validity of verbal fluency measures // *Applied Neuropsychology: Adult*. 2019. Vol. 26. No. 5. P. 441–451. <http://dx.doi.org/10.1080/23279095.2018.1439830>

Berberian A.A., Moraes G.V., Gadelha A., Brietzke E., Fonseca A.O., Scarpato B.S., Vicente M.O., Seabra A.G., Bressan R.A., Lacerda A.L. Is semantic verbal fluency impairment explained by executive function deficits in schizophrenia? // *Revista Brasileira de Psiquiatria*. 2016. Vol. 38. No. 2. P. 121–126. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-4446-2015-1663>

de Boer J.N., Brederoo S.G., Voppel A.E., Sommer I. E. C. Anomalies in language as a biomarker for schizophrenia // *Current Opinion in Psychiatry*. 2020. Vol. 33. No. 3. P. 212–218. <http://dx.doi.org/10.1097/ycp.0000000000000595>

Carruthers S.P., Van Rheenen T.E., Gurvich C., Sumner P.J., Rossell S.L. Characterising the structure of cognitive heterogeneity in schizophrenia spectrum disorders. A systematic review and narrative synthesis // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2019. Vol. 107. P. 252–278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.09.006>

Delis D.C., Kaplan E., Kramer J.H. The Delis-Kaplan executive function system: Examiner's manual. 2001.

Ganella E.P., Seguin C., Bartholomeusz C.F., Whittle S., Bousman C., Wannan C. M. J., Di Biase M.A., Phassouliotis C., Everall I., Pantelis C., Zalesky A. Risk and resilience brain networks in treatment-resistant schizophrenia // *Schizophrenia Research*. 2018. Vol. 193. P. 284–292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2017.07.014>

Herold C.J., Duval C.Z., Schröder J. Neurological soft signs and cognition in the late course of chronic schizophrenia: A longitudinal study // *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s00406-020-01138-7>

Hertrich I., Dietrich S., Ackermann H. The role of the supplementary motor area for speech and language processing // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2016. Vol. 68. P. 602–610. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.030>

Ishkhanyan B., Michel Lange V., Boye K., Mogensen J., Karabanov A., Hartwigsen G., Siebner H.R. Anterior and posterior left inferior frontal gyrus contribute to the implementation of grammatical determiners during language production // *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. No. 685. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00685>

Ojeda N., Sánchez P., Gómez-Gastiasoro A., Peña J., Elizagárate E., Ezcurra J., Ibarretxe-Bilbao N., Gutiérrez M. An outcome prediction model for schizophrenia: A structural equation modelling approach // *Revista de Psiquiatria y Salud Mental*. 2019. Vol. 12. No. 4. P. 232–241. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpsm.2019.01.007>

Tandon R., Nasrallah H.A., Keshavan M.S. Schizophrenia, “just the facts” 4. Clinical features and conceptualization // *Schizophrenia Research*. 2009. Vol. 110. No. 1–3. P. 1–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2009.03.005>

VERBAL FLUENCY AND FUNCTIONAL CONNECTIVITY OF THE SUPPLEMENTARY MOTOR AREA IN CHRONIC SCHIZOPHRENIA PATIENTS

Ya. R. Panikratova*, E. G. Abdullina, D. V. Tikhonov, S. A. Golubev, V. G. Kaleda,
I. S. Lebedeva

panikratova@mail.ru

Mental Health Research Center, Moscow

Abstract. The main aim of the study was to compare cognitive and neurophysiological characteristics in two groups of chronic schizophrenia patients with diverse clinical and functional status. We examined 39 patients with schizophrenia spectrum disorders (age 41.5 ± 5.5 years) and 18 healthy controls (age 38.8 ± 8.22 years), all males. Participants underwent different verbal fluency tasks (VF) as well as resting-state fMRI. Patients were assessed with PANSS and PSP clinical scales. Cluster analysis based on PANSS subscales and PSP general scores allowed us to allocate patients into two subgroups ($N = 13/26$). The first subgroup had less pronounced negative and global psychopathology symptoms and better functioning. Verbal fluency as well as whole-brain functional connectivity (FC) of areas involved in language production, initiation, and regulation (supplementary motor area and left inferior frontal gyrus) were compared between clinical subgroups. The second subgroup demonstrated worse performance on phonological VF and free associations, compared to the other subgroup and healthy controls. The second subgroup also had a higher FC of the supplementary motor area with a region in the middle temporal, angular, and supramarginal gyri in the left hemisphere, in contrast to the first subgroup.

Keywords: schizophrenia, neuropsychology, language production, verbal fluency, resting-state fMRI, functional connectivity

Research supported by RFBR grant project 18-013-01214.

РЕШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЛАБОРАТОРНЫМИ МЫШАМИ

О.В. Перепелкина*, Н.А. Огиенко, И.И. Полетаева

o_perepel73@mail.ru

Биологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. Будут представлены результаты тестирования мышей, селективированных на успешное выполнение когнитивных тестов на экстраполяцию направления движения и на поиск входа в укрытие. Была выявлена неэффективность искусственного отбора (проводившегося из генетически гетерогенной популяции лабораторных мышей) на высокие показатели решения теста на экстраполяцию. Однако мыши селективируемой линии достоверно успешнее решали тест на поиск входа в укрытие. Сравнение требований, предъявляемых к животному в этих тестах, выявляет более высокую «логическую» сложность теста на способность к экстраполяции, что, возможно, объясняет трудность (и неудачу) селекции мышей на высокие показатели решения этого теста. Анализируются также данные теста на гипонеофагию мышами разных генотипов в сопоставлении с результатами тестов на экстраполяцию и на поиск входа в укрытие. Анализируются предварительные данные по влиянию некоторых фармакологических агентов на решение данных когнитивных тестов.

Ключевые слова: элементарная логическая задача, способность к экстраполяции, тест на поиск входа в укрытие, генотип, селекция, мыши

Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ № 121032500080-8. Работа поддержана грантом РФФИ № 20-015-00287а, а также при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект».

Введение

История вопроса. Работы по анализу когнитивных способностей животных, в частности, лабораторных крыс и мышей, включают в себя по большей части анализ феноменов поведения, в которых обнаруживается его пластичность. В нашей работе под когнитивными способностями понимаются проявления способности животных к решению элементарных логических задач — при предъявлении животному такого теста, для решения которого у него нет аналогичного опыта. Когнитивные тесты, решение которых анализировалось в данной работе, — это способность к экстраполяции направления движения стимула, исчезнувшего из поля зрения, а также способность решить тест на поиск входа в укрытие (в котором путь в комфортное отделение эксперимен-

тальной камеры скрыт маскировкой). Описание результатов использования последнего теста и данные по эффекту отбора на его решение – нерешение требуют описания данных по способности мышей к экстраполяции. Ранее были показаны (Формирование поведения животных в норме и патологии, 2013) достоверные различия в способности к экстраполяции между мышами разных генетических групп с устойчивым проявлением этих различий. Это были мыши, селектированные на большой относительный вес мозга (в сопоставлении с мышами с малым весом мозга), а также мыши с хромосомной мутацией (слиянием хромосом 8 и 17). Выявление таких различий между животными разных генотипов дало основание приступить к искусственному отбору на высокие показатели решения теста на экстраполяцию (линия ЭКС). Исходной популяцией были мыши-гибриды F2 от скрещивания мышей с большим и малым весом мозга. Критериями отбора были: 1) правильное решение теста на экстраполяцию при его первом предъявлении, 2) правильное решение этого теста в четырех или пяти последующих предъявлениях, и 3) отсутствие у животных боязни обстановки опыта. Контрольной группой были мыши исходной генетически гетерогенной популяции (КоЭКС), которые размножались в режиме случайного скрещивания. В начальных поколениях селекционного эксперимента доля правильных решений теста на экстраполяцию (выполненного в пределах 120 с) у мышей ЭКС была достоверно выше 50 % случайного уровня, тогда как в контрольной популяции этого не наблюдалось. Однако начиная с 8-го поколения селекции такие различия стали обнаруживаться нерегулярно, и это свидетельствовало о том, что четкого ответа на отбор получено не было.

Формулировка задачи. В то же время различия между новой линией ЭКС и контрольными мышами КоЭКС обнаруживались в экспериментах с введением фармакологических агентов, в частности семакса (ноотропного препарата, аналога фрагмента АКГ4-10). Кроме того, мыши линии ЭКС, начиная с F10 (в более ранних поколениях этот тест не применяли), обнаружили достоверно более успешное решение теста на поиск входа в укрытие (puzzle-box, по Galsworthy et al., 2002). У мышей ЭКС доли животных, решивших этот тест, были выше и латентный период (ЛП) решения были короче, то есть они решали тест лучше, чем мыши КоЭКС. Это означает, что неэффективный (по результатам теста) отбор на способность к экстраполяции вызвал в ЦНС мышей линии ЭКС изменения, которые оказалось возможным обнаружить в тесте на поиск входа в укрытие. Для успешного решения теста на экстраполяцию животному нужно запомнить факт исчезновения корма из поля зрения (декларативная память), уловить направление его исчезновения (экстраполяция *per se*), подойти к новому местоположению корма (не сделав ошибки!) и его съесть. При этом мышь не должна бояться факта исчезновения корма из поля зрения (а многие мыши это обнаруживают). Иными словами, эта внешне простая задача требует от животного проявления целого комплекса способностей (например, не проявлять спонтанного чередования в выборе направления побежки, а также понимать, что исчезнувший из поля зрения корм продолжает существовать и его можно отыскать). Тест на поиск входа в укрытие имеет более простую структуру, и в этом тесте от животного требуется «понимать», что ставший невидимым вход в темное отделение камеры продолжает существовать и его можно

найти. В то же время «понимание» принципа «неисчезаемости» (по Ж. Пиаже) требуется для решения обоих тестов — и на экстраполяцию, и на поиск входа в укрытие.

Методы

Как сказано выше, поскольку в линии ЭКС при селекции не было устойчивого роста доли правильных решений теста на экстраполяцию, то, начиная с F20, на основе популяции мышей линии ЭКС было решено начать новый селекционный эксперимент на высокие и низкие показатели решения теста на поиск входа в укрытие. В сублинию «плюс» в качестве производителей брали животных, которые быстро решали этапы теста с пробкой, а в сублинию «минус» — мышей, которые либо не могли решить тест в течение 240 с, либо решали его с очень большим ЛП.

Тест на поиск входа в укрытие. Тест построен на основе оборонительной мотивации: мышь, помещенная в ярко освещенную часть экспериментальной камеры, может перейти в темную, комфортную ее часть через углубленный в пол лаз. В первой пробе этот лаз открыт, затем его маскируют либо стружкой (закрывающей лаз вровень с полом), либо легкой картонной «пробкой» (которую мышь может отодвинуть или вынуть зубами, эту пробу давали дважды). На решение 1 и 2 проб мыши давали 180 с, на решение теста с пробкой — 240 с. Тест с пробкой был наиболее труден для мышей, поскольку требует выполнения определенных действий. Оценивали долю животных группы, решивших эти этапы теста, а также ЛП его решения.

Статистическая оценка различий между группами мышей проводилась с использованием метода ϕ для оценки разности альтернативных долей (по Фишеру). Межгрупповые различия показателей теста на гипонеофагию (число подходов к пище и вес съеденной новой пищи) оценивали по непараметрическому критерию Манна – Уитни.

Результаты и обсуждение

Результаты первых поколений селекции мышей на успешное и неуспешное решение этого теста представлены на рис. 1 как доли животных, решивших два этапа теста с лазом, закрытым пробкой. Эти два этапа теста были наиболее трудны для животных, поскольку от мыши требуется «понимание» принципа «неисчезаемости», то есть проявление когнитивной способности «понимать», что более не видимый предмет продолжает существовать. Показатели группы «+» в трех поколениях селекции были достоверно выше, чем показатели группы «-», то есть в ходе селекции подтвердились различия, обнаруженные у родителей каждой из групп. В то же время важно отметить, что мыши обеих групп обладали в определенной степени «пониманием» принципа неисчезаемости. Это проявилось в том, что подавляющее большинство мышей пытались проникнуть в лаз, манипулируя пробкой. Иными словами, у животных «не получалось» удалить пробку, хотя их попытки свидетельствовали о стремлении преодолеть преграду.

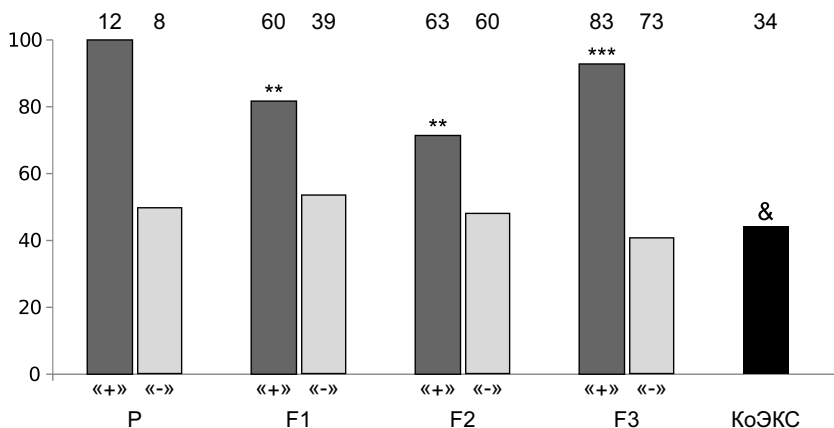


Рисунок 1. Доли (%) мышей разных групп (ось ординат), решивших тест на поиск входа в укрытие (второе предъявление лаза, закрытого пробкой). Обозначения: P – мыши родительского поколения, F1–F3 – мыши с 1-го по 3-е поколения селекции на успешное решение теста («+») и на его «не решение» («-»), КоЭКС – мыши контрольной популяции того же возраста (F23). *, **, *** – дост. отличие доли решений теста «плюс»-группой от таковой «минус»-группы (метод χ^2 для оценки разности альтернативных долей по Фишеру), & – отличие этой доли в группе мышей КоЭКС от ряда показателей сублинии «+» в F1–F3. Верхний ряд цифр – число тестируемых мышей

Селекция на успешное и неуспешное решение теста «Поиск входа в укрытие» в его варианте с пробкой выявила, таким образом, различия не просто в когнитивной способности, то есть в понимании принципа неисчезаемости, а в способности этих животных добиться конкретного решения, то есть в проявлении так называемых управляющих функций (executive functions).

Мыши, успешно решавшие тест на поиск входа в укрытие, обнаружили также «позитивное» отношение к «новизне». Ранее было показано (Голибродо и др., 2014), что у мышей линии ЭКС (в сравнении с контрольной популяцией КоЭКС) поведение в тесте на гипонеофагию (боязнь новой пищи, предъявленной в новой обстановке; Dulawa, Hen, 2005) отличалось от поведения мышей КоЭКС. Эти отличия свидетельствовали о меньшей боязни новизны у мышей ЭКС – у них было больше подходов к кормушке с новой пищей (кусочки сыра), и они съедали больше этой новой пищи за время тестирования. Показатели теста на гипонеофагию в трех поколениях мышей новой селекции различались у двух групп – мыши «плюс» съедали достоверно больше новой пищи (сыра) в новой обстановке (однофакторный ANOVA по сравнению с мышами «минус» (для F3 – мыши группы «+» – 75.04 ± 8.1 мг, мыши группы «-» – 50.2 ± 8.6 мг, $F_{1-2} = 4.406$, $p = 0.0374$). Таким образом, результаты начальных поколений селекции на когнитивный признак позволяют надеяться на успешное продолжение этого генетического эксперимента. Полученные данные позволяют сделать заключение, что тест на поиск входа в укрытие (понимание свойства «неисчезаемости», object permanence) имеет более простую физиологическую (и, возможно, генетическую) основу, чем механизмы решения задачи на экстраполяцию.

Литература

Голибродо В.А., Перепелкина О.В., Лиль И.Г., Полетаева И.И. Поведение мышей, селектированных на когнитивный признак, в тесте на гипонеофагию // Журнал высшей нервной деятельности. 2014. Т. 64. № 6. С. 639 – 645.

Формирование поведения животных в норме и патологии: К 100-летию со дня рождения Л.В. Крушинского (1911 – 1984) / Под ред. И.И. Полетаевой, З.А. Зориной. М.: Языки славянской культуры, 2013.

Dulawa S.C., Hen R. Recent advances in animal models of chronic antidepressant effects: The novelty-induced hypophagia test // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2005. Vol. 29. № 4 – 5. P. 771 – 783. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.03.017>

Galsworthy M.J., Paya-Cano J.L., Monleón S., Plomin R. Evidence for general cognitive ability (g) in heterogeneous stock mice and an analysis of potential confounds // Genes, Brain and Behavior. 2002. Vol. 1. No. 2. P. 88 – 95. <http://dx.doi.org/10.1034/j.1601-183x.2002.10204.x>

THE SOLUTION OF ELEMENTARY LOGIC TASKS BY LABORATORY MICE

O. V. Perepelkina*, N. A. Ogienko, I. I. Poletaeva

o_perepel73@mail.ru

Biology Department, Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. Experimental results will be presented concerning the performance of mice selected for the successful solution of cognitive tasks, namely for their extrapolation capacity and burrowing (puzzle box) task solution. The non-efficiency of artificial selection for high extrapolation capacity was found with a genetically heterogeneous population of laboratory mice serving as the basic one. At the same time, mice of the selected line were significantly more successful in solving the puzzle box test. Comparing the requirements in these two tests reveals the more complicated “logic” structure of the test for extrapolation capacity, which probably explains the difficulty (and failure) of mice selection for high scores of this test. The data for the hyponeophagia test obtained for mice of different genotypes will be discussed in comparison with the results of the test on extrapolation and of the puzzle box test. The preliminary data will be discussed concerning the effects of several pharmacological agents on cognitive test performance.

Keywords: elementary logic problem, extrapolation task, ability to extrapolate, puzzle box, genotype, selection, laboratory mice

The investigation was fulfilled in the framework of the scientific project of the MSU state plan # 121032500080-8. Supported by RFBR grant # 20-015-00287 and by Interdisciplinary Moscow University Scientific-Educational School “Brain, cognitive systems, artificial intelligence”.

ПОЛИКОДОВЫЙ ТЕКСТ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПЕТЕРБУРГСКОЙ ШКОЛЫ ПСИХОЛИНГВИСТИКИ

Т.Е. Петрова

t.e.petrova@spbu.ru

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В докладе представлен обзор психолингвистических исследований поликодового текста, которые в последние годы проводятся в Институте когнитивных исследований Санкт-Петербургского государственного университета. Рассматриваются различные типы поликодового текста и механизмы их обработки различными категориями читателей: носителями русского языка (взрослыми и подростками) и студентами, изучающими русский язык как иностранный. Механизмы чтения вербальных и невербальных компонентов поликодового текста изучаются с помощью методики регистрации движений глаз, успешность понимания и интерпретации текста оценивается с помощью традиционных поведенческих методик (вопросно-ответной методики, методики набора ключевых слов, методики семантического дифференциала, субъективной оценки сложности текста). Результаты проведенных исследований позволили выявить наиболее простые для восприятия типы поликодового текста, а также предложить педагогам и составителям современных учебных пособий определенные методические рекомендации по подбору таких текстов и заданий к ним.

Ключевые слова: психолингвистика, поликодовый текст, вербальные и невербальные компоненты текста, механизмы чтения, регистрация движений глаз

Исследование поддержано РФФИ, грант № 21-18-00429 «Когнитивные механизмы обработки мультимодальной информации: тип текста и тип реципиента».

В последние годы в связи с быстрым темпом развития современных научных технологий и все большим использованием визуальной информации в различных сферах жизни отмечается особый интерес исследователей к изучению «текстов новой природы» — поликодовых текстов, включающих в себя вербальные и невербальные компоненты. Петербургская школа психолингвистики не осталась в стороне от изучения этого вопроса. Имея богатые традиции изучения текстов традиционных форматов (Мурзин, Штерн, 1991; Сахарный, 1994; Петрова, 2000), сотрудники Института когнитивных исследований СПбГУ обратились к исследованиям, направленным на проверку того, есть ли разница в механизмах чтения и понимания поликодовых и обычных текстов. Исследования проводились на аппарате для регистрации движений глаз EyeLink 1000+. В первом исследовании 2017 года в качестве стимульного материала были использованы тексты в формате инфографики

из научно-популярного журнала «Кот Шредингера» (<http://kot.sh/>) и их «переводы» в обычный текстовый формат. В ходе эксперимента участники должны были прочитать последовательно предъявляемые на экране компьютера тексты, два из которых были в формате инфографики, а другие два — в обычном текстовом формате; после каждого текста участникам было предложено ответить на 6 вопросов, направленных на выявление успешности понимания и субъективной сложности каждого текста. На протяжении всего эксперимента велась запись движений глаз каждого участника. Всего в эксперименте приняли участие 22 человека в возрасте 14–17 лет. Эксперимент показал, что процесс чтения текста зависит не столько от его формата, сколько от специфики и тематики текста. Стимульные тексты распались на две группы, для одной из которых наблюдалась тенденция к большему количеству фиксации и меньшей средней длительности фиксаций при обработке инфографики, а для другой — при обработке текста в обычном формате. Анализ параметров чтения вербальных и невербальных зон поликодового текста показал, что в целом время чтения каждой из зон коррелирует с размером зоны, однако можно выделить следующие интересные закономерности:

- на большинстве рисунков и графиков участники эксперимента фиксировались значительно меньше, чем на текстовой части инфографики;
- в каждом из текстов в формате инфографики левый верхний угол входил в число тех зон, которые участники исследования изучали дольше всего;
- цифры были проигнорированы многими участниками эксперимента в том случае, когда располагались в правом верхнем углу; следовательно, можно рекомендовать создателям инфографики размещать наиболее важную информацию именно в левом верхнем углу;
- пересекающиеся или близко расположенные стрелки вызывали затруднения у читателей, о чем свидетельствуют данные, полученные с помощью аппарата для регистрации движений глаз, и ошибки в вопросах, связанных с анализом информации, представленной в формате инфографики.

Результаты исследования были опубликованы в первом российском психолингвистическом пособии по использованию методики регистрации движений глаз «Взгляд кота Шредингера» (Черниговская и др., 2018; Петрова и др., 2017).

В 2018 году на филологическом факультете СПбГУ изучение механизмов чтения поликодового текста было продолжено. Основным отличием этого исследования от вышеописанного было выяснение того, отличаются ли механизмы чтения поликодового текста у носителей русского языка и тех, для кого русский язык не является родным. Исследование проводилось с помощью методики регистрации движений глаз по схеме, описанной выше. Участниками эксперимента выступили 18 студентов СПбГУ, изучающие русский язык как иностранный (уровень владения русским языком — В1–В2), и контрольная группа русских студентов (10 человек). В качестве материала исследования из современных СМИ были отобраны 4 текста в формате инфографики, посвященные русским праздникам, которые затем были переведены в традиционный текстовый формат. Таким образом, стимульным материалом послужили 4 пары текстов. Анализ параметров чтения стимульных текстов показал, что тексты

в формате инфографики читаются изучающими русский язык значимо дольше, чем тексты в обычном формате, и, по их субъективной оценке, сложнее обычных текстов. Однако анализ по вопросно-ответной методике и методике набора ключевых слов (Мурзин, Штерн, 1991) показал, что уровень понимания текста выше после прочтения его в формате инфографики (Петрова, Калугина, 2019). Дальнейшие исследования особенностей чтения и понимания поликодовых текстов изучающими русский язык как иностранный показали, что поликодовый текст может рассматриваться как один из приемов языковой игры и использоваться для снятия неоднозначности в учебных текстах на занятиях по русскому языку (Grebennikova, Petrova, 2019).

Следующим шагом в изучении поликодовых текстов стало обращение к разным типам поликодового текста. Летом 2018 года в Образовательном центре «Сириус» (г. Сочи, Россия) проводился эксперимент по изучению восприятия и понимания скетчей — визуальных заметок, состоящих из рукописного текста, рисунков, схем и изобразительных элементов (стрелки, рамки, линии). Технология скетчноутинга является одной из форм конспектирования в современном образовательном процессе. Выделяется семь основных типов скетчей: лучеобразный, вертикальный, модульный, траекториальный, попкорн и др. (Rohde, 2013). Гипотезой исследования стало предположение, что скетч более эффективен по сравнению с классическим текстом при восприятии и анализе информации. Исходя из нее, был сформулирован исследовательский вопрос: какой тип скетча является наиболее эффективным? Результаты исследования, выполненного с помощью методики регистрации движений глаз, показали, что наиболее простым для обработки (в том числе для снятия неоднозначности при прочтении) является траекториальный тип скетча, в котором стрелками показан своеобразный путь знакомства с текстом. Кроме того, экспериментальным путем было показано, что визуальная поддержка (рисунки, фотографии, картинки) является более эффективным средством для разрешения многозначности и последующего восприятия текста, чем предварительное предъявление набора ключевых слов к этому тексту. Также были показаны преимущества вербального и невербального компонентов при обработке и понимании информации, заложенной в поликодовом тексте (Petrova et al., 2020; Bratash et al., 2020).

В 2020 году была проведена серия исследований, направленных на изучение механизмов восприятия и запоминания еще одного типа поликодовых текстов — наружных рекламных плакатов. С помощью методики семантического дифференциала были выявлены различия между восприятием рекламы взрослыми носителями русского языка и подростками. Экспериментальным путем было показано, что использование лексической неоднозначности в заголовке рекламного плаката способствует запоминаемости всего рекламного плаката и отдельных его частей — вербальных и невербальных компонентов (Konovalova, Petrova, 2020). В настоящее время проводится исследование восприятия и обработки стимульных рекламных плакатов с помощью методики регистрации движений глаз.

Подводя итог краткому обзору результатов психолингвистических экспериментов, проводимых сотрудниками СПбГУ в последние годы, можно

выделить три главных взаимообуславливающих и взаимодополняющих фактора, влияющих на процесс чтения и понимания текста: фактор автора текста (специалист по созданию поликодового текста или сам учащийся), тип читателя (его возраст, уровень владения русским языком, навыки чтения), тип текста (разные типы поликодовых текстов). Представляется, что учет этих факторов при создании различных поликодовых текстов и рекомендаций, сформулированных нами по итогам проведения экспериментов, поможет сделать процесс обработки и понимания текста читателями менее ресурсозатратным и более эффективным.

Литература

Мурзин Л.Н., Штерн А.С. Текст и его восприятие. Свердловск: Изд-во Уральского гос. ун-та, 1991.

Петрова Т.Е. Особенности построения текста в аспекте функциональной асимметрии мозга: диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук. СПб.: СПбГУ, 2000.

Петрова Т.Е., Калугина Н.В. Особенности движений глаз при чтении поликодовых текстов на русском языке // Когнитивные исследования языка. 2019. № 37. С. 825 – 830.

Петрова Т.Е., Риехакайнен Е.И., Кузнецова А.С., Мараев А.В., Шаталов М.А. Выделение ключевых слов в вербальных и невербальных паттернах // Социо- и психолингвистические исследования. 2017. № 5. С. 149 – 157.

Сахарный Л.В. Человек и текст: две грамматики текста // Человек – текст – культура. Екатеринбург, 1994. С. 17 – 20.

Черниговская Т.В., Алексеева С.В., Дубасова А.В., Петрова Т., Прокопья В.К., Чернова Д.А. Взгляд кота Шредингера: регистрация движений глаз в психолингвистических исследованиях. СПб., 2018.

Bratash V., Riekhakajnen E., Petrova T. Creating and processing sketchnotes: A psycholinguistic study // Procedia Computer Science. 24. Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems: Proceedings of the 24th International Conference, KES 2020. 2020. P. 2930 – 2939.

Grebennikova E., Petrova T. Key words or key pictures: What is better for text comprehension? // Abstracts of The Fifth Saint Petersburg Winter Workshop on Experimental Studies of Speech and Language (Night Whites 2019). 2019. P. 51.

Konovlova A., Petrova T. Lexical ambiguity in slogans: Does it make a polycode text easier to recognize? // Proceedings of the 4th International Conference on Neurobiology of Speech and Language. St. Petersburg: 2020. P. 54 – 55.

Petrova T., Riekhakajnen E., Bratash V. An eye-tracking study of sketch processing: Evidence from Russian // Frontiers in Psychology. 2020. Vol.11. P.297. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00297>

Rohde M. The sketchnote handbook: The illustrated guide to visual note taking. Berkeley, CA: Peachpit Publishing Company, 2013.

PSYCHOLINGUISTIC STUDIES OF POLYCODE TEXTS AT SAINT PETERSBURG STATE UNIVERSITY

T.E. Petrova

t.e.petrova@spbu.ru

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. The paper provides an overview of the psycholinguistic studies of polycode texts which have been conducted in recent years at the Institute for Cognitive Studies at St. Petersburg State University. We describe the processing of different polycode texts by several categories of readers: native speakers of Russian, Russian teenagers, and students studying Russian as a foreign language. The eye-tracking technique is used for studying the reading mechanisms of verbal and nonverbal components of polycode texts. Text comprehension is evaluated by using traditional psycholinguistic methods (after-the-text questions, the technique of keyword set, semantic differential, and subjective assessment of text readability). The results made it possible to reveal the most easy-to-understand types of polycode text, offering teachers and compilers of modern textbooks specific methodological recommendations for selecting such texts and tasks for them.

Keywords: psycholinguistics, polycode text, verbal and nonverbal components, reading mechanisms, eye-tracking

Research supported by grant No. 21-18-00429: "Cognitive mechanisms of multimodal information processing: Text type & type of recipient" from the Russian Science Foundation.

Я К РОЗАМ ХОЧУ, В ТОТ ЕДИНСТВЕННЫЙ САД: РОЛЬ ДЕЙКСИСА К ВОООБРАЖАЕМОМУ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ПОЭТИЧЕСКОГО ТЕКСТА

В.К. Прокопеня*, Д.Н. Ахапкин, Е. Саенко, А. Жунусова

v.prokopenya@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В отечественной поэзии XX века важным стилистическим средством становится дейксис к воображаемому — указание на конкретный объект (референт), существующий вне текста и в самом тексте ни разу не упомянутый. Установление референта требует от читателя дополнительного знания, однако не является необходимым для понимания общего смысла поэтического текста. Согласно теории нейрокогнитивной поэтики этот тип дейксиса относится к фоновым элементам, вызывающим у читателя чувство знакомости и способствующим более глубокому погружению в художественный текст. Мы предположили, что успешное установление дейктической отсылки будет способствовать детализации фона и окажет влияние на процесс чтения и восприятия текста. Участники исследования читали оригинальные поэтические тексты, содержащие дейксис к воображаемому. Каждому тексту предшествовал комментарий, содержащий или не содержащий информацию о воображаемом референте. Результаты показали, что заданный предварительным комментарием контекст сам по себе оказывает влияние на процесс чтения, способствуя более глубокой обработке, отражающейся в увеличении времени чтения. В то же время дейктическая отсылка к воображаемому референту, при наличии соответствующего комментария, не только быстро устанавливается, что подкрепляет читательские ожидания, но и упрощает построение связанной модели дискурса, способствуя более быстрой дальнейшей обработке информации.

Ключевые слова: восприятие поэтического текста, дейксис к воображаемому, чтение, когнитивная поэтика, экспериментальное изучение поэзии

Исследование поддержано НИР СПбГУ ID 73689594 «Трансляция культурной памяти и режимы чтения поэтического текста: на материале поэзии Иосифа Бродского».

Введение

В конце XX — начале XXI века все более многочисленными становятся экспериментальные исследования литературы, основная цель которых — изучение влияния особенностей художественного, в том числе поэтического, текста

на читательское восприятие. В фокусе нашего исследования находится *дейксис к воображаемому* — стилистический прием, получивший широкое распространение в отечественной поэзии XX века (Ахапкин, 2012) и представляющий собой отсылку к объекту (референту), существующему вне текстового пространства и ни разу в тексте не упомянутому. Подобная отсылка рассчитана на посвященных читателей, обладающих специальным знанием, благодаря которому они видят в тексте дополнительный, скрытый от других смысл. Вместе с тем успешное установление референта не является обязательным для общего понимания текста. Иными словами, даже если читатель не узнает за словами «тот единственный сад» Летний сад в Санкт-Петербурге, он все равно сможет построить непротиворечивую ментальную репрезентацию, где местоимение «тот» относится к некоторому саду, в котором автор бывал раньше и где цветут розы.

Согласно (нейро)когнитивному подходу (Tsur, 1992; Jacobs, 2015; и др.), поэтический текст состоит из элементов переднего плана (*foreground features*) и фоновых элементов (*background features*). Первые привлекают читательское внимание за счет нарушения привычных языковых норм: разрыв строк, неординарный синтаксис, неконвенциональные метафоры, семантическая неоднозначность и т.д. В свою очередь, вторые — это элементы текста, которые вызывают чувство знакомости у читателя (знакомые слова, фразы, сюжеты, социокультурные коды). Наличие таких элементов способствует погружению читателя в текстовое пространство за счет активации знакомых когнитивных схем и ситуационных моделей (Jacobs, 2015, p. 16).

С позиции (нейро)когнитивной поэтики дейксис к воображаемому может быть рассмотрен как один из фоновых элементов: успешное установление дейктической отсылки должно приводить к более детальной репрезентации фона и более глубокому погружению в текст. В своем исследовании, которое носит поисковый характер, мы ставим вопрос о том, влияет ли успешное установление отсылки и, как следствие, детализация фона на процесс чтения.

Отдельный интерес представляет обработка дейктической отсылки сама по себе. Лингвистические исследования показывают, что в ситуации, когда соотносить языковое выражение с его референтом затруднительно или даже невозможно, но текст при этом остается в достаточной степени связным, установление референциальных отношений может не происходить вовсе (Levine et al., 2000). Иными словами, воображаемый референт, к которому происходит отсылка в рассматриваемых нами поэтических текстах, может оставаться неидентифицированным — и это не должно вызывать у читателя трудностей с лингвистической обработкой. Более того, в соответствии с теорией *поверхностной обработки* (см. Ferreira et al., 2002; Sanford, Sturt, 2002), время чтения фрагментов с неопределенным дейксисом может быть даже меньше в случае, если читатель не может интерпретировать отсылку. В то же время, как показали исследования Т.В. Скулачевой и коллег (Скулачева, Буякова, 2010), уровень дискурсивной связности поэтического текста гораздо ниже по сравнению с прозаическим из-за преобладания сочинительных связей, обеспечивающих равновесность поэтических строк (Гаспаров, 2001). С этой точки зрения успешное установление отсылки к воображаемому референту должно способство-

вать выстраиванию связной модели дискурса и облегчать процесс чтения, в то время как невозможность установить отсылку затруднит выстраивание связной репрезентации текста и замедлит процесс чтения.

Для того чтобы выяснить, какие из вышеперечисленных предположений верны, мы провели экспериментальное исследование с участием 40 взрослых носителей русского языка в возрасте от 18 до 50 лет, среди которых не было профессиональных литературоведов.

Методика

В качестве стимульного материала были использованы 12 оригинальных поэтических текстов, содержащих дейктическую отсылку к воображаемому референту. Длина каждого варьировалась от 8 до 25 строк, при этом отсылки никогда не располагались ни в начале, ни в конце. К каждому тексту было составлено два варианта сопроводительного комментария, задающих два условия предъявления: 1) *контрольное* — общая информация о стихотворении; 2) *экспериментальное* — общая информация и комментарий о воображаемом референте (см. рис. 1).

Комментарий перед текстом

Контрольное (con) и экспериментальное (ex) условия:

Бродский посвятил "Пятую годовщину" пятилетию своего отъезда из России. Это стихотворение о судьбе поэта, который одновременно смиренен и горд, одинок и свободен. В каждой из строф он вспоминает и поэтически трактует один-два образа, относящихся к его жизни в СССР. Вынужденная эмиграция достаточно сильно повлияла на дальнейшее творчество поэта. События, приведшие к эмиграции поэта, начались с его ареста и суда в 1964 году.

Дополнительный комментарий только для экспериментального (ex) условия:

В феврале 1964 начались первые заседания по делу Иосифа Бродского, которого обвиняли в тунеядстве. Суд не был честным, судья не принимала во внимание свидетельства многочисленных защитников Бродского, среди которых были Ахматова, Мандиак, Шостакович. Здание, в котором происходило одно из заседаний, находилось по адресу набережная Фонтанки 22. Этот дом можно увидеть с Пятелеймоновского моста через Фонтанку, на фонарях и решетках которого помещены барельефы медуз.

И. Бродский «Пятая годовщина» (Отрывок)

Ну что ж! на все свои законы:
я не любил жлобства, не ценовал иконы,
и на одном мосту чутунный лик Горгоны

казался в тех краях мне самым честным ликом.
Зато столкнувшись с ним теперь, в его великом
варьянте, я своим не подавился криком

и не окаянел. Я слышу Музы лепет.
Я чувствую нутром, как Парка нитку треплет:
мой углекислый вздох пока что в вышних терпят,

и без костей язык, до внятных звуков лаком,
судьбу благодарит кириллицыным знаком.
На то она судьба, чтоб понимать на всяком
наречьи. Предо мной — пространство в чистом виде.
В нем места нет столпу, фонтану, пирамиде.
В нем, судя по всему, я не нуждаюсь в глде.

Скрипи, мое перо, мой коготок, мой посох.
Не подгоняй сих строк: забуксовав в отбросах,
эпоха на колесах нас не догонит, босых.

Рисунок 1. Пример стимула с сопроводительным комментарием в двух условиях

Участникам предлагалось ознакомиться с комментарием, а затем перейти к чтению текста по методике саморегулировки скорости с построчным предъявлением: вначале участник видел текст в зашифрованном виде (маска — знак «х»), затем нажатием на клавишу последовательно открывал каждую следующую строку, тогда как предыдущие оставались на экране.

Для того чтобы каждый текст мог быть представлен и в контрольном, и в экспериментальном условии и при этом предъявлялся каждому участнику только один раз, было составлено два экспериментальных листа по 12 стимулов в каждом (6 предъявлялись в контрольном условии; 6 — в экспериментальном).

Каждый поэтический текст был разделен на пять областей интереса: *Intro* — начальные строки (до строки, содержащей дейксис); *n* — строка с дейксисом; *n+1* и *n+2* — две последующие строки (анализировались отдельно, так как процесс установления референциальных отношений растянут во времени, и эффекты обработки дейктической отсылки могут проявляться с задержкой); *rest* — окончание стихотворения; *final* — последняя строка (анализировалась отдельно, так как в связи с особенностями экспериментальной процедуры именно к этому моменту полностью становился доступным текст стихотворения и у участников появлялась возможность при желании перечитать его еще раз).

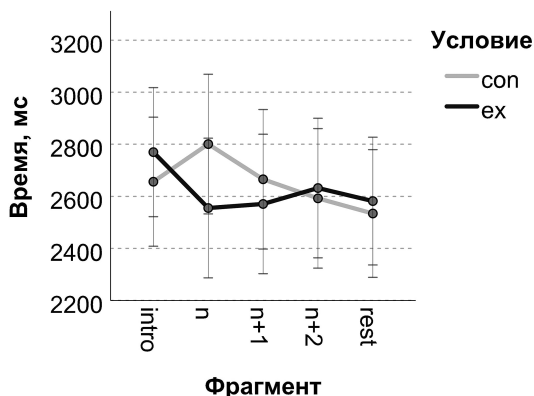


Рисунок 2. Среднее время прочтения строк в разных условиях (с границами доверительных интервалов)

Анализ полученных данных проводился с помощью программного пакета SPSS Statistics 26; в качестве метода были использованы обобщенные линейные смешанные модели (GLMM) с двумя фиксированными факторами — условием (*con* vs *ex*) и областью интереса, или тип фрагмента (*intro* vs *n* vs *n+1* vs *n+2* vs *rest*). В качестве случайных эффектов в модели учитывались стимулы и испытуемые. Зависимой переменной было время чтения каждой строки.

Результаты

Результаты представлены на рис. 2. В результате анализа было выявлено значимое влияние типа фрагмента ($F(4, 6477) = 6.451$; $p < .001$): время чтения строки уменьшалось от начала к концу текста. Также было обнаружено значимое взаимодействие факторов ($F(4, 6477) = 4.068$; $p = .003$). Парные сравнения (с поправкой Бонферрони на множественные сравнения) показали значимые различия при прочтении начальных строк (*intro*) — 2656 vs 2770 ms в контрольном и экспериментальном условиях соответственно ($t = 2.682$; $p = .007$); а также при прочтении строки с дейксисом (*n*) — 2801 vs 2555 ms ($t = 2.832$; $p = .005$). В контрольном условии было показано значимое замедле-

ние при прочтении строки с дейксисом: время значимо отличается от фрагментов *intro* ($t = 2.088$; $p = .037$), $n + 2$ ($t = 2.409$; $p = .016$) и *rest* ($t = 3.992$; $p < .001$). В экспериментальном условии значимо дольше по сравнению с остальными фрагментами читаются начальные строки *intro* (отличие от n : $t = 3.100$; $p = .002$; отличие от $n + 1$: $t = 2.894$; $p = .004$; отличие от $n + 2$: $t = 1.988$; $p = .046$; отличие от *rest*: $t = 4.529$; $p < .001$). Значимых различий во времени чтения финальной строки *final* между контрольным и экспериментальным условиями не выявлено ($F(1, 460) = 0.097$; $p = .755$).

Полученные результаты показывают, что более детальное знакомство с контекстом при чтении комментария влияет на процесс чтения с самого начала. По-видимому, сам комментарий, задавая более детальный фон в экспериментальном условии, способствует большему погружению читателя в текст, что приводит к замедлению при чтении начальных строк. В то же время при прочтении строки с дейксисом наблюдается противоположный эффект: в экспериментальном условии, когда референт успешно установлен, дейксис к воображаемому обрабатывается значимо быстрее по сравнению с контрольным. Также важно отметить, что если замедление в контрольном условии связано исключительно с обработкой фрагмента с дейксисом, то в экспериментальном, когда референт идентифицирован, уменьшается время прочтения не только строки с дейксисом, но и всего последующего текста.

Выводы

Таким образом, нами было показано, что заданный предварительным комментарием контекст сам по себе оказывает влияние на процесс чтения, способствуя более глубокой обработке, отражающейся в увеличении времени чтения (по сравнению с контрольным условием без дополнительного контекстного комментария), в то время как дейктическая отсылка к воображаемому референту, при наличии соответствующего комментария, не только быстро устанавливается, что подкрепляет читательские ожидания, но и упрощает построение связной модели дискурса, способствуя более быстрой дальнейшей обработке информации.

Литература

Ахапкин Д.Н. Когнитивная поэтика и проблема дейксиса в художественном тексте // Когнитивные исследования: Сборник научных трудов. Институт психологии РАН, 2012. С. 252 – 266.

Гаспаров М.Л. Русский стих начала XX века в комментариях. Фортуна Лимитед, 2001.
Скулачева Т.В., Буякова М.В. Стих и проза: сочинение и подчинение // Вопросы языкознания. 2010. № 2. С. 37 – 54.

Ferreira F., Bailey K. G. D., Ferraro V. Good-enough representations in language comprehension // Current Directions in Psychological Science. 2002. Vol. 11. No. 1. P. 11 – 15. URL: <http://www.jstor.org/stable/20182754>.

Jacobs A.M. Neurocognitive poetics: Methods and models for investigating the neuronal and cognitive-affective bases of literature reception // Frontiers in Human Neuroscience. 2015. Vol. 9. No. 186. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2015.00186>

Levine W.H., Guzmán A.E., Klin C.M. When anaphor resolution fails // *Journal of Memory and Language*. 2000. Vol. 43. No. 4. P. 594 – 617. <http://dx.doi.org/10.1006/jmla.2000.2719>

Sanford A.J., Sturt P. Depth of processing in language comprehension: Not noticing the evidence // *Trends in Cognitive Sciences*. 2002. Vol. 6. No. 9. P. 382 – 386. [http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)01958-7](http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613(02)01958-7)

Tsur R. What makes sound patterns expressive?: The poetic mode of speech perception. Duke University Press, 1992.

I'M LONGING FOR ROSES IN THAT ONLY PARK: THE ROLE OF DEIXIS AM PHANTASMA IN POETIC TEXT PROCESSING

V.K. Prokopenya*, D.N. Akhapiin, E. Saenko, A. Zhunussova

v.prokopenya@spbu.ru

Saint Petersburg State University, St. Petersburg

Abstract. In 20th century Russian poetry, deixis am phantasma became a popular stylistic feature. The term refers to an indication of a particular object (referent) that exists in the extra-textual world and is not mentioned in the text itself. To identify this referent, readers must possess additional knowledge, although this knowledge is not essential for acquiring a general understanding of the text. According to (neuro)cognitive poetics, this type of deixis may be attributed to background features of poetic text, which evoke a sense of familiarity and facilitate deep immersion in the text. We suggest that successful establishment of a referential link leads to a more detailed representation of textual background and influences text processing. Study participants read original poetic texts that contained deixis am phantasma. Each text was preceded by a comment which either did or did not include information about the imaginary referent. The results showed that context defined by preceding commentary influences the reading process, leading to deeper processing which in turn results in increased reading time. Meanwhile, deixis am phantasma, accompanied by an appropriate comment, is not only interpreted immediately, supporting reader's expectations, but also simplifies creation of a coherent discourse model, facilitating further information processing.

Keywords: poetic text processing, deixis am phantasma, reading, cognitive poetics, experimental studies of poetry

Research supported by SPBU research sponsorship ID 73689594: "Translation of Cultural Memory and Modes of Reading Poetic Text: Based on the Poetry of Joseph Brodsky".

СВЯЗЬ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ В УПРАВЛЯЮЩИХ ФУНКЦИЯХ С УСПЕШНОСТЬЮ РЕШЕНИЯ АНАГРАММ И ЗАДАЧ НА ОТДАЛЕННОЕ АССОЦИИРОВАНИЕ

Т.В. Пряхина* (1), С.С. Белова (2)

t.pryakhina@yandex.ru

1 — РАНХиГС, Москва; 2 — ИП РАН, Москва

Аннотация. Проблема соотношения внимания и креативности стала классической для психологии творчества, но ее эмпирическая проработка в дифференциально-психологическом плане не завершена. В данном исследовании выдвигаются гипотезы о положительной связи между управляющими функциями и продуктивностью в решении вербальных конвергентных задач. У участников измерялись управляющие функции (обновление, переключение, тормозный контроль; бдительность, ориентировка, исполнительный контроль), конвергентная продуктивность (тест отдаленных ассоциаций и анаграммы) и самооценка творческих достижений. Продуктивность решения анаграмм и задач на отдаленное ассоциирование оказались не связаны между собой. Выявлена положительная связь продуктивности в RAT с ориентировкой и отрицательная — с обновлением. В отношении продуктивности в решении анаграмм на уровне тенденции обнаружен противоположный паттерн: положительной связи с обновлением и отрицательной — с ориентировкой. Обсуждается, что в этом находят проявление специфические процессуальные характеристики данных задач, формально относимых к одному классу. Выявлены частные связи управляющих функций с отдельными шкалами самооценки творческих достижений, что, однако, не корреспондирует с данными предыдущих исследований. Подчеркивается предварительный характер результатов исследования вследствие его недостаточной статистической мощности.

Ключевые слова: управляющие функции, креативность, задача на отдаленные ассоциации, анаграммы, творческие достижения

Исследование выполнено в соответствии с госзаданием Министерства образования и науки РФ № 0138-2021-0009.

Введение

Проблема соотношения внимания и креативности стала классической для психологии творчества, но аккуратность ее решения предполагает учет специфики видов изучаемой психометрической креативности и систематичность измерения характеристик внимания. Наиболее часто вопрос ставится в отношении двух операционализаций креативности: продуктивности

дивергентного мышления (ДМ) и творческих достижений (ТД), зафиксированных внешней оценкой или — наиболее часто — самооценкой. Так, например, Забелиной с соавторами в серии работ было показано, что переключение внимания и когнитивный контроль положительно связаны с ДМ, в то время как «негерметичность» внимания (чувствительность к периферийным подсказкам) — с реальными ТД (Zabelina, Robinson, 2010; Zabelina et al., 2016). Эти факты легли в основу теоретической модели МОСА, Model of Creativity and Attention (Zabelina, 2018). Позднее Забелина обратилась к изучению управляющих функций (УФ) как индикаторов эффективности фокусировки внимания и показала, что беглость ДМ положительно связана с обновлением, в то время как самооценка творчества в художественной сфере — с эффективностью тормозного контроля и переключением (Zabelina et al., 2018).

В совокупности данные литературы, несмотря на некоторые имеющиеся противоречия, свидетельствуют в пользу положительного вклада УФ в дивергентную продуктивность. Нам представляется, что для развития этого направления исследований важно изучить и связь УФ с продуктивностью решения конвергентных задач. В настоящей работе мы предприняли попытку изучить, как связаны УФ (обновление, тормозный контроль, переключение, по Friedman, Miyake, 2017) со способностью к решению вербальных конвергентных задач, которую мы операционализировали с помощью задач теста на отдаленное ассоциирование и анаграмм.

Тест отдаленных ассоциаций (RAT), предложенный Медником в 1962 г. (Mednick, 1962), является вторым по частоте использования тестовым способом измерения креативности. Задания данного теста по своим характеристикам близки к инсайтным задачам. Это означает, что они конвергентны, то есть имеют единственный верный ответ, могут вызывать у испытуемого переживание первоначальной невозможности решения (тупика, фиксации), требующей преодоления, а само решение сопровождается «ага!»-переживанием. Инсайтный характер решения задач RAT — то есть наличие в нем феномена фиксации, фазы тупика и далее озарения — продемонстрирован при регистрации движения глаз испытуемых, паттерн которых сравнивался с паттерном движения глаз при решении классических инсайтных задач типа задач со спичками (Huang, 2017). Другими примерами тестовых задач, которые могут использоваться (при обосновании психометрических свойств набора соответствующих задач) для оценки способности к решению вербальных конвергентных задач, являются анаграммы (Lee, Theriault, 2013).

О связи УФ с успешностью решения вербальных конвергентных задач на уровне индивидуальных различий известно сравнительно немного. Было показано, что:

1. конвергентная продуктивность (латентный фактор, построенный на данных RAT, задач с точками, анаграмм) положительно связана с обновлением, при этом тормозный контроль и переключение не рассматривались (Lee, Theriault, 2013);
2. продуктивность в RAT не связана с тормозным контролем и переключением (а скорее определяется эффективностью

лексико-семантической переработки), при этом обновление не рассматривалось (Marko et al., 2018);

3. вербальный фактор продуктивности решения инсайтных задач не связан с тормозным контролем и переключением, но положительно связан с объемом (span) вербальной и зрительно-пространственной рабочей памяти; при этом функция обновления содержания рабочей памяти не рассматривалась (Gilhooly, Fioratou, 2009).

Таким образом, представленные в литературе данные не дают завершенной картины: не всегда измерялся полный набор УФ, различным был набор и характер вербальных конвергентных задач (задачи на отдаленное ассоциирование, анаграммы, текстовые вербальные инсайтные (малые творческие) задачи). В связи с этим в нашей работе была поставлена *цель* описать взаимосвязи между тремя УФ (обновление, тормозный контроль, переключение) и продуктивностью решения двух видов вербальных конвергентных задач (RAT, анаграммы). В отношении двух видов конвергентной продуктивности были выдвинуты *гипотезы* об их положительной связи 1) с обновлением, поскольку данная УФ отвечает за текущее удержание содержания задачи в рабочей памяти; 2) с переключением, так как данная УФ обеспечивает эффективность перехода от одной задачи к другой; 3) с тормозным контролем, поскольку он обеспечивает подавление доминантного, но нерелевантного ответа (итого 6 гипотез). Дополнительно с целью репликации (см. Zabelina, 2018) выдвинута гипотеза 7 о существовании положительной связи самооценки ТД с тормозным контролем и переключением.

Методы

В эксперименте участвовали добровольцы, в том числе студенты специальности Liberal Arts и лица с высшим образованием (экономисты, лингвисты, психологи, программисты, историки, философы). Их количество составило 206 человек в возрасте от 16 до 33 ($M=18.7$, $SD=2.679$). Распределение по полу: 182 женщины, 24 мужчины.

Были использованы следующие методики:

1. для измерения УФ: онлайн-версии теста *n*-back (обновление); теста Струпа (тормозный контроль); теста «Цифры-буквы» (переключение); теста The Attention Network Test (Lyusin, 2015; измерение бдительности, ориентировки и исполнительного контроля в терминах Познера, Петерсона; Posner, Petersen, 1990);
2. для измерения способности к решению вербально конвергентных задач: RAT (бланковый, версия Д.В. Ушакова, Е.А. Валугевоy); тест на способность к решению анаграмм (онлайн-версия, сконструирована для данного исследования подбором анаграмм определенной сложности, по эмпирическим данным А.А. Медынцева и Е.М. Лаптевой, личное сообщение);
3. для измерения творческих достижений: «Опросник творческих достижений» (Carson et al., 2005).

Результаты

Применение корреляционного анализа без поправки на множественные сравнения дало следующие ключевые результаты.

1. Продуктивность решения анаграмм и RAT не связаны между собой, что не позволяет говорить о факторе общей способности, стоящей за решением двух тестов. Значимо положительно коррелируют лишь общая продуктивность по тесту анаграмм и по решению задач RAT низкого уровня сложности ($r = .151^*$, $p = .031$). В связи с этим целесообразно рассматривать результаты по тестам в отдельности.
2. Не было выявлено значимой связи обновления с успешностью решения анаграмм ($r = .113$, $p = .107$); при этом с продуктивностью в RAT обнаружена значимая отрицательная корреляция ($r = -.167^*$, $p = .017$).
3. Не выявлены значимые связи тормозного контроля и переключения с продуктивностью решения анаграмм и RAT.
4. Для ориентировки не выявлено значимых корреляций с продуктивностью решения анаграмм ($r = -.127$, $p = .069$), при этом обнаружена связь ориентировки с продуктивностью в RAT ($r = .170^*$, $p = .015$).
5. Не выявлена связь УФ с общим баллом по опроснику творческих достижений; в то время как отдельные шкалы обнаруживают связи: а) положительную для шкалы танца с бдительностью ($r = .161^*$, $p = .022$); для изобретательства отрицательную с ориентировкой ($r = -.195^*$, $p = .05$) и положительную с управляющим контролем ($r = .141^*$, $p = .044$).

Обсуждение

Необходимо отметить, что представленные результаты могут рассматриваться исключительно как предварительные, поскольку статистическая мощность исследования при данном количестве переменных и данном объеме выборки оказывается недостаточной. Мы не получили подтверждения выдвинутых гипотез в трех положениях, а именно: не были выявлены положительные связи обновления, переключения и тормозного контроля с продуктивностью решения задач на отдаленное ассоциирование и анаграмм. Было выявлено, что продуктивность в RAT (но не продуктивность решения анаграмм) отрицательно связана с обновлением и положительно — с ориентировкой.

Однако мы можем отметить направленность некоторых тенденций: с продуктивностью решения анаграмм обновление связано положительно, а ориентировка — отрицательно. Этот паттерн связей противоположен тому, что наблюдается для RAT. Это означает, что специфические процессуальные характеристики решения данных задач, формально относимых к одному классу, все же находят свое выражение в связях с УФ и должны быть осмыслены. Возможно, решение задач на отдаленное ассоциирование специфично более выраженным инсайтным характером, описанным в литературе.

Продуктивность же в решении анаграмм обнаруживает связь с обновлением, аналогичную по знаку с ДМ (Zabelina et al., 2019). Как известно, тесты на ДМ обладают лучшей по сравнению с другими тестами креативности предска-

тельной валидностью по отношению к ТД, что обеспечивается, по-видимому, оптимальным для этого сочетанием скоростных и содержательных требований к их решению. Вероятно, решение анаграмм подобно ДМ тем, что «схватывает» факторы как собственно способностей (флюидный интеллект, когнитивный контроль, обеспечивающие беглость и удержание цели), так и знаний (оригинальность решений) в том же соотношении, а именно: «первостепенно» первое, «вторично» второе. RAT же процессуально иной: первична эффективность ориентировки на стимулы вне фокуса внимания, на фоне ослабления когнитивного контроля.

В отношении самооценки ТД гипотеза не подтверждена. Выявлены отдельные связи шкал ТД в хореографии и изобретательстве, которые подлежат интерпретации. Хореография ассоциирована с быстрой реакцией на новизну, изобретательство — с мощностью управляющего контроля. Тем не менее расхождения с результатами предыдущих исследований говорят о ненадежности заключений о связи УФ с самооценкой ТД.

Выводы

Тенденции, обнаруженные в данном исследовании, указывают на возможную процессуальную специфику решения анаграмм и задач на отдаленные ассоциации в аспекте вовлечения УФ. Для полноценной проверки этого предположения понадобится дополнительное исследование, обладающее достаточной статистической мощностью.

Литература

- Carson S.H., Peterson J.B., Higgins D.M. Reliability, validity, and factor structure of the creative achievement questionnaire // *Creativity Research Journal*. 2005. Vol. 17. No. 1. P. 37 – 50. http://dx.doi.org/10.1207/s15326934crj1701_4
- Friedman N.P., Miyake A. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure // *Cortex*. 2017. Vol. 86. P. 186 – 204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2016.04.023>
- Gilhooly K.J., Fioratou E. Executive functions in insight versus non-insight problem solving: An individual differences approach // *Thinking & Reasoning*. 2009. Vol. 15. No. 4. P. 355 – 376. <http://dx.doi.org/10.1080/13546780903178615>
- Huang P.-S. An exploratory study on remote associates problem solving: Evidence of eye movement indicators // *Thinking Skills and Creativity*. 2017. Vol. 24. P. 63 – 72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2017.02.004>
- Lee C. S., Theriault D. J. The cognitive underpinnings of creative thought: A latent variable analysis exploring the roles of intelligence and working memory in three creative thinking processes // *Intelligence*. 2013. Vol. 41. No. 5. P. 306 – 320. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2013.04.008>
- Lyusin D. The ANT in a russian sample: Testing the independence of attention networks // *The Russian Journal of Cognitive Science*. 2015. Vol. 2. No. 2 – 3. P. 66 – 69. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2618545>
- Marko M., Michalko D., Riecanaky I. Remote associates test: An empirical proof of concept // *Behavior Research Methods*. 2018. Vol. 51. No. 6. P. 2700 – 2711. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-018-1131-7>

Mednick S. The associative basis of the creative process // *Psychological Review*. 1962. Vol. 69. No. 3. P. 220–232. <http://dx.doi.org/10.1037/h0048850>

Posner M.I., Petersen S.E. The attention system of the human brain // *Annual Review of Neuroscience*. 1990. Vol. 13. No. 1. P. 25–42. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325>

Zabelina D.L. Attention and creativity // *The Cambridge Handbook of the Neuroscience of Creativity* Cambridge University Press, 2018. P. 161–179. <http://dx.doi.org/10.1017/9781316556238.010>

Zabelina D.L., Friedman N.P., Andrews-Hanna J. Unity and diversity of executive functions in creativity // *Consciousness and Cognition*. 2018. Vol. 68. P. 47–56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2018.12.005>

Zabelina D.L., Robinson M.D. Creativity as flexible cognitive control // *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. 2010. Vol. 4. No. 3. P. 136–143. <http://dx.doi.org/10.1037/a0017379>

Zabelina D., Saporta A., Beeman M. Flexible or leaky attention in creative people? Distinct patterns of attention for different types of creative thinking // *Memory & Cognition*. 2016. Vol. 44. No. 3. P. 488–498. <http://dx.doi.org/10.3758/s13421-015-0569-4>

EXECUTIVE FUNCTIONS AND THE ABILITY TO SOLVE ANAGRAM AND RAT TASKS

T. V. Pryakhina* (1), S. S. Belova (2)

t.pryakhina@yandex.ru

1 – RANEPa, Moscow; 2 – Institute of Psychology
of Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. The relationship between attention and creativity has become a classic issue for the psychology of creativity, but it remains not fully clarified empirically within the individual differences approach. This study tests hypotheses about positive correlations between executive functions and performance on verbal convergent tasks. Three types of variables were measured within the sample: 1) executive functions (updating, switching, inhibition, alerting, orienting, executive control); 2) convergent verbal performance (RAT, anagrams); and 3) self-estimates of creative achievements (CAQ). RAT and anagram performance appeared to be uncorrelated. RAT performance was positively related to orienting and negatively related to updating. The opposite pattern of correlations was revealed as a tendency for anagram performance, i.e. positive correlation with updating and negative correlation with orienting. It is considered that these are the manifestations of specific processes involved in the two types of tasks, although both are formally referred to as verbal convergent tasks. Some specific correlations were revealed between executive functions and self-estimates of creative achievement, but they do not correspond to the previous studies. It is important to emphasize that the obtained results are of preliminary character due to the insufficient statistical power of the study.

Keywords: executive functions, creativity, anagram, remote associations, creative achievements

The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. 0138-2021-0009.).

ПРОЯВЛЕНИЕ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ЧИТАТЕЛЬСКИХ НАВЫКОВ И ЭФФЕКТОВ ДЛИНЫ И ЧАСТОТНОСТИ СЛОВА В ОКУЛОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЧТЕНИИ УЧЕБНЫХ ТЕКСТОВ МЛАДШИМИ ШКОЛЬНИКАМИ

А.Н. Пучкова*, А.А. Берлин Хенис, М.Ю. Лебедева, А.Н. Лапошина

puchkovaan@gmail.com

Государственный институт русского языка им. А.С. Пушкина, Москва

Аннотация. Представлены результаты исследования связи лингвистических характеристик текста и глазодвигательных параметров при чтении учебных текстов школьниками младших классов. В исследовании приняли участие 53 ученика 1–3 классов московской школы. В качестве задания респондентам было предложено прочитать вслух 1 тренировочный и 3 основных текста и ответить на вопрос по тексту после прочтения. В качестве стимульного материала были использованы тексты из учебника русского языка 2–3 класса с сохранением оригинальной верстки. Получены результаты о различии в глазодвигательных параметрах между классами. От 1 к 3 классу наблюдалось уменьшение количества фиксаций и уменьшение их длительностей, при этом увеличивается амплитуда саккад, что может указывать на переход от сублексической к лексической стратегии чтения. Также были найдены связи глазодвигательного поведения и лингвистических характеристик текстов. При увеличении длины слова росло время прочтения и количество фиксаций, длительность фиксаций начинала уменьшаться, а также уменьшались амплитуды саккад. Подобные закономерности были выявлены при чтении низкочастотных слов. На длительность первой фиксации влияла только длина слова. Опираясь на полученные данные, мы можем говорить о значимом влиянии факторов частотности и длины слова на процесс чтения, несмотря на степень развития этого навыка.

Ключевые слова: читабельность, чтение, айтрекинг, развитие навыка чтения, эффект длины, эффект частотности

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-29-17-29-09156.

Введение

Изучение изменения глазодвигательной активности на разных этапах развития навыка чтения является актуальным вопросом для современных когнитивных наук. Опираясь на многие исследования, проведенные на различных языках среди детей, подростков и взрослых людей, можно сказать, что на параметры движений глаз оказывают влияние не только низкоуровневые процессы распознавания слова и высокоуровневые когнитивные процессы, обеспечивающие реализацию процесса чтения, но и лингвистические факторы (Иванов,

2015; Vorstius et al., 2014). Целью данной работы является исследование изменения характера глазодвигательной активности младших школьников при развитии навыка чтения и под влиянием таких лингвистических параметров слова, как его длина и частотность.

Методика

В качестве стимульного материала были использованы 6 текстов из учебников русского языка для 2–3 класса. Каждый текст имел потенциально вызывающие затруднения фрагменты. Тексты представлялись на экране монитора в оригинальной верстке, с угловыми размерами, приближенными к ситуации чтения книги.

В исследовании приняли участие 53 ученика 1–3 классов средних школ города Москвы: 26 учеников 1 класса (10 мальчиков, 16 девочек), 15 учеников 2 класса (4 мальчика, 11 девочек), 12 учеников 3 класса (2 мальчика, 10 девочек). Исследования проводились в апреле и мае, в конце учебного года, когда предполагается освоение навыков чтения, соответствующих классу обучения.

Испытуемые должны были прочитать предъявляемые тексты вслух с максимальной скоростью и затем ответить на вопрос по тексту, чтобы исключить ситуации механического чтения. Ученики были разделены на две равные группы; чтобы уменьшить утомление, каждая из групп читала по 3 текста из 6 и один тренировочный текст, который не включался в анализ. Данные движений глаз обрабатывались в программе SR Research Data Viewer, статистический анализ проводили в программе Statistica 10.

При анализе влияния длины и частотности слов на параметры чтения слова служебных частей речи не учитывались. Сравнение проводилось методом дисперсионного анализа. Слова были разбиты на 3 ранга длины и 5 рангов частотности. Количество и границы рангов определялись исходя из имеющихся текстов так, чтобы каждая образующая группа слов была достаточно представлена.

Результаты и обсуждение

Как и ожидалось, мы наблюдали значимое увеличение скорости чтения текстов от 1 к 3 классу. Среднее время чтения одной буквы текста: для 1 класса — 183.47 ± 2.89 мс, для 2-го — 142.44 ± 3.005 мс, для 3-го — 109.58 ± 2.5 мс ($F(2, 4699) = 148.904$, $p < .0001$). При этом ускорение достигалось как за счет уменьшения количества фиксаций на слове ($F(2, 6640) = 96.81$, $p < .0001$), так и за счет снижения их средней длительности ($F(2, 22628) = 81.17$, $p < .0001$). Количество фиксаций, нормированное на длину слова, ясно демонстрирует динамику ($F(2, 4682) = 101.427$, $p < .0001$). Длительность первой фиксации также зависела от фактора класса ($F(2, 4464) = 4.738$, $p < .008$). Соответственно, с уменьшением количества фиксаций на слове росла средняя амплитуда саккад ($F(2, 20245) = 181.85$, $p < .0001$) (см. табл. 1).

Доля слов с одной фиксацией увеличивается при развитии навыков чтения: 1 класс — 16.6 %; 2 класс — 24.6 %; 3 класс — 31.4 % (в выборку слов были включены вспомогательные части речи).

Таблица 1. Данные глазодвигательных параметров по классам. Различия между классами значимы для всех параметров, кроме регрессий

	Кол-во фиксаций, нормал. на длину слова	Средняя длит. фиксаций, мс	Средняя длит. 1-й фиксации, мс	Амплитуда саккад, градусы	Регрессии, кол-во ($p < .48$)
1 класс	0.63 ± 0.009	270.28 ± 0.99	253.78 ± 2.07	1.15 ± 0.006	0.107 ± 0.006
2 класс	0.51 ± 0.010	265.50 ± 1.43	262.45 ± 2.53	1.19 ± 0.01	0.106 ± 0.007
3 класс	0.43 ± 0.009	245.03 ± 1.53	245.73 ± 2.54	1.42 ± 0.01	0.096 ± 0.007

Лингвистические характеристики текста также оказывали влияние на глазодвигательные параметры. На относительное время чтения значимо влияли как *частотность*, так и *длина слова* (*частотность* $F(4, 4560) = 48.90$, $p < .0001$, *длина* $F(2, 4560) = 82.55$, $p < .0001$; см. рис. 1). Они повлияли и на длительность фиксаций (*частотность* $F(4, 19651) = 23.76$, $p < .0001$; (см. рис. 1). *длина* $F(2, 19651) = 3.94$, $p < .01$). Количество фиксаций, нормированных на количество символов в словоформе, уменьшалось от коротких к длинным словам ($F(2, 4691) = 100.126$, $p < .0001$). Рост *частотности* также приводил к уменьшению этого параметра ($F(4, 4691) = 30.032$, $p < .0001$). Амплитуда саккад также изменялась под влиянием указанных выше факторов (*частота* $F(4, 17595) = 27.53$, $p < .0001$; *длина* $F(2, 17595) = 6.71$, $p < .001$). Однако на длительность первой фиксации значимо влиял только фактор *длины* ($F(2, 4473) = 4.486$, $p < .01$), в отличие от фактора *частотности* ($p < .6$). При этом на параметр количества регрессий значимо влиял только фактор *частотности* ($F(4, 4616) = 3.2720$, $p < .01$).

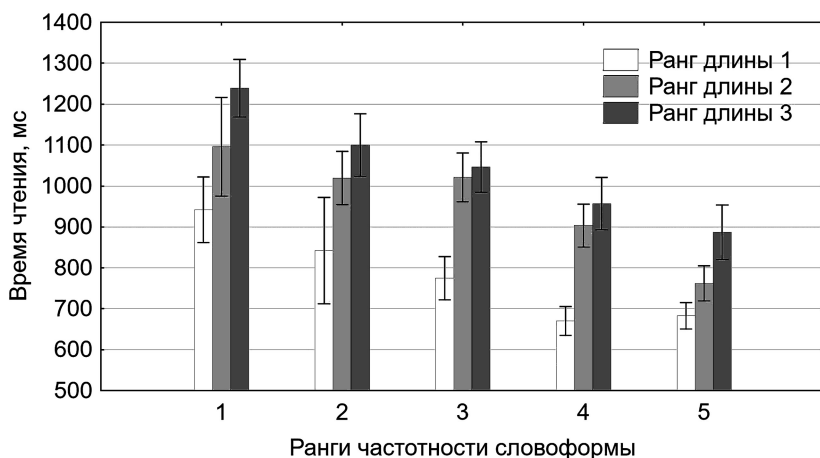


Рисунок 1. Данные о влиянии факторов частотности и длины по рангам для глазодвигательных параметров

Обсуждение и вывод

Результаты исследования показали, что дети более старших классов значительно отличаются в проявлении стратегии зрительной активности по сравнению с младшими детьми. Отличия стратегий выражаются в нескольких параметрах: более старшие ученики делают более короткие фиксации, меньше фиксаций на слове и имеют более длинные амплитуды саккад. Выявленные закономерности могут быть объяснены переходом от сублексической к лексической стратегии чтения, что подтверждается другими исследованиями в этой области на русском языке (Иванов, 2015). Изменение стратегии в рамках данного перехода может происходить за счет расширения поля парафовеальной обработки зрительной информации, в котором происходит регулирование на основании полученной информации продолжительности текущей и последующей фиксации. Дополнительно на это указывают данные об увеличении доли слов с одной фиксацией от 1 к 3 классу.

Длина словоформы влияла на ряд параметров: более длинные слова читались дольше, на них делалось большее количество фиксаций. При этом средняя длительность фиксаций на длинных словах была меньше в сравнении с короткими, где было зафиксировано в среднем меньше фиксаций на словоформе, но их средняя длительность была выше. Эта разница может объясняться тем, что идентификация слова при помощи только одной фиксации требует больше времени, чем в ситуации, когда слово считывается за несколько более коротких фиксаций.

Также отличия наблюдались в длительности первой фиксации. При условии, что количество фиксаций росло с увеличением длины слова, такие результаты могут объясняться ростом доли слов, которые прочитывались в несколько коротких фиксаций относительно прочитываемых за одну или две длинные фиксации.

Частотность словоформы влияла на ряд параметров: низкочастотные слова требовали больше времени для прочтения, на них делалось большее количество фиксаций, длительность фиксаций была выше и амплитуды саккад короче. Такие результаты указывают на значимое влияние фактора частотности на чтение вне зависимости от развитости этого навыка у школьников. Можно предположить, что такая стратегия чтения низкочастотных слов вызвана сложностью идентификации таких слов ввиду незнания или непонимания их значений.

Однако частотность не повлияла на длительность первой фиксации. Это может объясняться тем, что данный параметр больше связан с процессом распознавания слова периферическим зрением, и на него мало может воздействовать параметр частотности, который относится к статистике употребления слова в речи и важен для более поздних процессов распознавания слова. Данные также согласуются с работами Корнеева и коллег (Корнеев и др., 2018), где также не было найдено влияния частотности на длительность первой фиксации.

Также фактор частотности повлиял на частоту регрессий при чтении. Ученики перечитывали низкочастотные слова независимо от их длины, что может также указывать на сложность распознавания незнакомых или редких слов.

Однако сравнительные исследования чтения вслух и про себя показали, что регрессии могут быть отчасти подавлены звуковой артикуляцией, таким образом, можно сказать, что данный параметр может быть выражен по-другому при чтении про себя (Vorstius et al., 2014). Также существуют исследования, указывающие, что параметр регрессии – не только метрика сложности, но также и метрика высокой эффективности работы с текстом (Inhoff et al., 2019). Влияние фактора частотности слова на параметры движений глаз значимо вне зависимости от класса обучения.

Стратегия чтения могла меняться в зависимости от лингвистических параметров словоформ, которые читающие встречали в тексте. Можно говорить о том, что такие данные важны для читателей с любым уровнем сформированности навыка чтения и должны учитываться при составлении учебных текстов для чтения и оценки навыка чтения.

Литература

Иванов В.В. Особенности окулomotorной активности у детей младшего школьного возраста в процессе чтения текстов различной сложности: дис. канд. биол. наук. Архангельск: ФГБНУ ИВФ РАО, 2015.

Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., Ахутина Т.В. Что мы можем сказать о формировании чтения на основе анализа движения глаз // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 2. С. 75–82.

Inhoff A.W., Kim A., Radach R. Regressions during reading // Vision. 2019. Vol. 3. No. 3. P. 35. <http://dx.doi.org/10.3390/vision3030035>

Vorstius C., Radach R., Lonigan C.J. Eye movements in developing readers: A comparison of silent and oral sentence reading // Visual Cognition. 2014. Vol. 22. No. 3–4. P. 458–485. <http://dx.doi.org/10.1080/13506285.2014.881445>

READING SKILL LEVEL AND THE EFFECTS OF WORD LENGTH AND WORD FREQUENCY MANIFEST IN OCULOMOTOR ACTIVITY DURING THE READING OF EDUCATIONAL TEXTS BY ELEMENTARY SCHOOL CHILDREN

A.N. Puchkova*, A.A. Berlin Khenis, M.Y. Lebedeva, A.N. Laposhina

puchkovaan@gmail.com

Pushkin State Russian Language Institute, Moscow

Abstract. The paper presents the results of a study of the relationship between linguistic characteristics of a text and oculomotor parameters during text reading by elementary school children. 53 students in grades 1 to 3 at a Moscow school took part in the study. Participants were asked to read aloud one training text and three main texts, and to answer a comprehension question after reading. Texts from 2nd–3rd grade Russian language textbooks were used. From grade 1 to grade 3, there was a decrease in the number and average duration of fixations, and an increase in saccade amplitude, which may indicate a transition from sublexical to lexical reading strategies. We also found links between children's oculomotor behavior and linguistic characteristics of the texts. As word length increased, reading time and number of fixations increased, fixation duration began to decrease, and saccade amplitudes also decreased. Similar patterns were revealed when reading low-frequency words. Only the length of the word influenced the duration of the

first fixation. Based on the data obtained, we discuss the significant influence of frequency and word length factors on the reading process, independent of the degree of reading skill development.

Keywords: readability, reading, eye tracking, reading skill development, word length effect, word frequency effect

Research is supported by RFBR grant # 17-29-17-29-09156.

СВЯЗАННЫЕ С СОБЫТИЯМИ ПОТЕНЦИАЛЫ ПРИ ВОСПРИЯТИИ СЛОВ С ОРФОГРАФИЧЕСКИМИ ОШИБКАМИ РАЗНЫХ ТИПОВ У ПОДРОСТКОВ

А.Б. Ребрейкина*, О.В. Мартынова

anna.rebreikina@gmail.com

Институт Высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

Аннотация. Умение распознавать ошибки в тексте является важным навыком, формирующимся при обучении правописанию. Данные о нейрофизиологических процессах, лежащих в основе детекции орфографических ошибок, противоречивы, что может быть связано с тем, что ошибки могут затрагивать орфографические, фонологические, лексические уровни обработки слов в разной степени и процесс распознавания ошибок может зависеть от их типа. Настоящая работа посвящена изучению особенностей компонентов вызванных потенциалов при восприятии слов с орфографическими ошибками разного типа у подростков 12 – 14 лет ($N = 20$). Исследование показало, что на слова с ошибками в безударных гласных в корне наблюдается снижение амплитуды компонентов P100 и P150 и увеличение амплитуды компонента N180, связанных с ранним фонологическим и орфографическим анализом, увеличение компонента N400, отражающего морфологический анализ, а также чувствительного к лексико-семантическим нарушениям. Однако различия этих компонентов на правильно написанные слова и слова с ошибками «жы/шы/чя/щя/чю/щю» не были обнаружены. Различия позднего позитивного компонента были выявлены между правильно написанными словами и словами с ошибками в безударной гласной и между правильными словами и словами с ошибками «жы/шы/чя/щя/чю/щю». Выявленные особенности компонентов вызванных потенциалов свидетельствуют о том, что в подростковом возрасте процесс детекции орфографических ошибок зависит от типа нарушений слов.

Ключевые слова: ЭЭГ, вызванные потенциалы, чтение, правописание, распознавание орфографических ошибок

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00514 «Психофизиологическое исследование грамотности в разных возрастных группах».

Введение

Умение грамотно писать, а также находить орфографические ошибки является важным навыком для успешной учебы. Знания о правописании слов формируются постепенно, на протяжении всего школьного обучения. Считают, что повторяющееся декодирование слов во время чтения приводит к формированию специфичных для слов орфографических представлений, ребенок запоминает зрительные формы слов, у него формируется орфографи-

ческая чувствительность на сублексическом и лексическом уровнях (Ziegler, Goswami, 2005), позволяющая определять правильное написание слов. Однако навык правописания не ограничивается простым произвольным накоплением в памяти зрительных словоформ. Согласно «теории тройных словоформ» (triple-word-form theory), для правильного письма и, соответственно, детекции ошибок необходимы фонологические знания, позволяющие воспринимать и анализировать слово, орфографические знания, отражающие связь графем – фонем, и знания о морфологии, необходимые для распознавания значимых субъединиц в словах (O'Brien et al., 2020). Мы предположили, что процессы распознавания различных типов ошибок, затрагивающих орфографические, фонологические, лексические уровни обработки слов в разной степени, будут иметь свои специфические особенности.

Целью настоящей работы было изучение особенностей нейрофизиологических процессов, лежащих в основе распознавания различных типов ошибок правописания в подростковом возрасте. Для нашего исследования мы выбрали слова, написанные с нарушением двух правил правописания. Первое – это правописание буквосочетаний жи/ши/ча/ща/чу/щу, которое затрагивает, прежде всего, сублексический уровень обработки слов, такие буквосочетания необходимо просто запомнить, при этом фонология слов с ошибками в этих буквосочетаниях правильная, а орфографически буквосочетания жы/шы/чя/щя/чю/щю неприемлемы для русского языка. Второе – правописание проверяемых безударных гласных в корне, такие гласные имеют вариативность звучания, таким образом, связь графемы с фонемой опосредована морфологическим знанием, которое необходимо для подбора проверочного слова.

Методика

В исследовании приняли участие 20 учащихся 6–8-го классов в возрасте 12–14 лет, имеющих хорошую успеваемость по русскому языку в школе. Дети и их законные представители давали добровольное согласие на участие в исследовании. Процедура исследования была одобрена этическим комитетом ИВНД и НФ РАН.

ЭЭГ регистрировалась от 19 электродов на усилителе «Энцефалан-медиком». Испытуемые должны были ответить, правильно ли написано предъявленное на экране компьютера слово или с ошибкой, нажав соответствующую кнопку геймпада. Предъявлялись следующие типы стимулов: 1) слова с проверяемой безударной гласной в корне – 50 слов без ошибок (например, «дворец»), 49 слов с ошибкой (например, «лисник»); 2) слова с буквосочетаниями жи/ши/ча/ща/чу/щу – 50 правильно написанных слов («жилет») и 49 написанных с ошибками жы/шы/чя/щя/чю/щю (например, «чюлан»). Длина слов составляла 5–6 букв. Стимулы предъявлялись в случайном порядке до ответа испытуемого, интервал после нажатия до предъявления следующего слова варьировался от 1300 до 2300 мс. В анализ вошли только те реализации, в которых был дан правильный ответ. Анализировали пиковую амплитуду лобно-центральных компонентов P100 с латентностью 80–120 мс и N180 с латентностью 170–230 мс (наблюдавшихся в отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, Fz, Cz); теменно-

затылочных компонентов P150 (140–200 мс) и N220 (170–300мс) (отведения P3, P4, O1, O2, Pz). Для анализа компонента N400 была определена средняя амплитуда потенциалов в интервалах 500–600 мс, 600–700 мс, 700–800 мс, для позднего позитивного компонента — в интервале 800–1200 мс. Для выявления эффектов, возникающих при обработке двух указанных типов ошибок, статистический анализ осуществлялся с помощью RM ANOVA отдельно для каждого правила правописания. Для компонентов P100, N180, P150 и N220 анализ включал факторы «Условие» (правильные слова и слова с ошибками) и «Электрод». Для поздних компонентов, имеющих широкое распределение по скальпу, анализ включал факторы «Условие», «Регион» (лобно-центральный и теменно-височно-затылочный), «Электрод» и «Полушарие». Электроды средней линии анализировались отдельно. При определении достоверности эффектов учитывалась поправка Гринхауса – Гейсера.

Результаты

1. Слова с ошибками в безударной гласной в корне. Для компонентов P100 и P150 наблюдалось значимое взаимодействие факторов *Условие* × *Электрод* ($F(9, 171) = 2.67, p = .037$; $F(4, 76) = 3.018, p = .045$ соответственно). Апостериорный анализ показал, что на правильно написанные слова амплитуда компонентов P100 и P150 была больше, чем на слова с ошибками, в левых лобном, центральном и затылочном отведениях и отведениях, расположенных по средней линии ($F3: p = .025$; $C3: p = .001$; $O1: p = .04$; $Fz: p = .022$; $Cz: p = .003$; $Pz: p = .001$). Амплитуда компонента N180 была выше на слова с ошибками, чем на правильно написанные слова, в лобных отведениях (*Условие* × *Электрод*: $F(9, 171) = 4.04, p = .006$; $Fp1: p = .009$; $F3: p = .04$; $Fz: p < .001$; рис. 1А). Значимые эффекты для компонента N220 не выявлены. Во временном интервале 500–600 мс выявлено значимое взаимодействие факторов *Условие* × *Регион*: $F(1, 19) = 7.7, p = .012$. Средняя амплитуда компонента N400 была более негативной на слова с ошибками в безударных гласных, чем на правильно написанные слова в лобно-центральных областях ($Fp1: p < .001$; $Fp2: p = .002$; $F3: p < .001$; $F4: p = .002$; $C3: p = .012$). В интервалах 600–700 мс и 700–800 мс значимые эффекты отсутствовали.

Для позднего позитивного компонента выявлены значимый эффект фактора *Условие* ($F(1, 19) = 13.16, p = .002$), значимое взаимодействие факторов *Условие* × *Электрод* ($F(2, 38) = 15.19, p < .001$), *Условие* × *Регион* × *Электрод* ($F(2, 38) = 5.1, p = .019$). Для электродов средней линии выявлен значимый эффект фактора *Условие* ($F(1, 19) = 19.63, p < .001$). Средняя амплитуда потенциала была выше на правильно написанные слова, чем на слова с ошибками в безударных гласных ($F3, C3, C4, P3, P4, O, F4, Fz, Cz, Pz: p < .001$).

2. Слова с ошибками жи/шы/чя/щя/чю/щю. Между правильно написанными словами и словами с ошибками различий амплитуды компонентов P100, P150, N180, N220 и N400 выявлено не было (рис. 1В). Для позднего позитивного компонента выявлено значимое взаимодействие факторов *Условие* × *Регион* × *Электрод* ($F(2, 38) = 4.31, p = .026$). В центрально-теменных отведениях ($C3: p = .01$; $P3: p < .001$; $P4: p = .05$) на слова с ошибками амплитуда была больше,

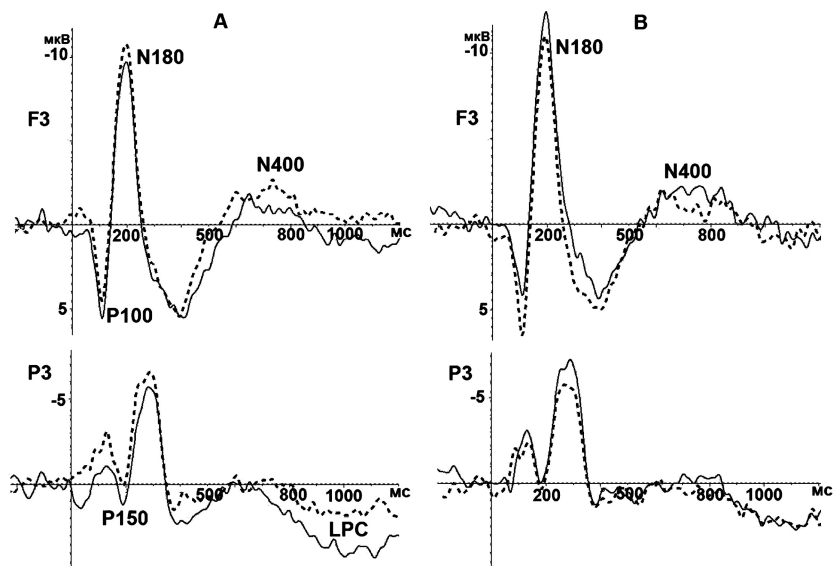


Рисунок 1. Усредненный по группе ($N=20$) вызванный потенциал на слова с ошибками в безударных гласных (А) и с ошибками «жы/шы/чя/щя/чю/щю» (В) в левых лобном (F3) и теменном (P3) отведениях. Сплошная линия — правильно написанные слова, пунктирная линия — слова с ошибками

чем на правильные слова, в правых задневисочном и затылочном отведениях ($T6: p = .035$; $O2: p = .01$) на слова с ошибками средняя амплитуда была меньше, чем на правильно написанные слова.

Обсуждение и выводы

Настоящее исследование показало, что в подростковом возрасте чувствительность к ошибкам в безударных гласных проявляется уже на ранних этапах распознавания слов. МЭГ исследования показали, что фонологический доступ при чтении слов, следующий за активацией зрительных зон мозга, происходит уже примерно через 100 мс после начала предъявления стимула и отражается в активации левой нижнелобной извилины и левой прецентральной извилины (Cornelissen et al., 2009; Wheat et al., 2010). Более высокая амплитуда компонента P100 в левом полушарии на слова без ошибок, по сравнению со словами с ошибками в безударных гласных, может быть связана с тем, что зрительная информация от правильно написанных слов, полностью совпадая с соответствующими зрительными формами, хранящимися в памяти, усиливает активацию отделов мозга, связанных с фонологической обработкой. Далее происходит усиление активации левых теменно-затылочных областей, что проявляется в более высокой амплитуде компонента P150 на правильно на-

писанные слова. Увеличение лобно-центрального компонента N180 на слова с ошибками может указывать на затруднения их фонологически-орфографического анализа.

Компонент N400 в интервале 500 – 600 мс был больше на слова с ошибками в безударных гласных, чем на правильно написанные слова, что соответствует данным о чувствительности этого компонента к различным «нарушениям» слов (Kutas, Federmeier, 2011). Кроме того, имеются данные о том, что ранняя часть компонента M350 (аналогичного N400) связана с активностью средней и передней левой нижней височной извилины в вентральном пути и может отражать лексический доступ к морфемам (Cavalli et al., 2016). Таким образом, можно предположить, что для морфологического анализа слов с ошибками в безударных гласных требуется больше усилий, чем для анализа слов без ошибок. Более поздние этапы компонента N400, связываемые с морфологической рекомбинацией и семантической унификацией (Cavalli et al., 2016), не различались на правильные слова и слова с ошибками. Увеличение позднего позитивного компонента на правильно написанные слова, по сравнению со словами с ошибками, может быть связано с процессом повторной обработки, поиском незамеченных ошибок (van Meerendonk et al., 2013).

Интересно, что различия компонентов P100, P150, N180, N220 и N400 на правильно написанные слова и слова с ошибками *жы/шы/чя/щя/чю/щю* не были выявлены. Это может свидетельствовать об отсутствии фонологически-орфографических конфликтов на ранних уровнях обработки, так как ошибочное написание таких слов больше соответствует их фонологии, чем правильное написание таких слов, а также говорить о том, что ошибки этого типа не влияют на процесс лексико-семантической обработки слов.

Таким образом, в подростковом возрасте процесс детекции ошибок в безударной гласной в корне начинается уже на ранних этапах фонологической и сублексической обработки, затрагивает этапы, связанные с морфологическим и лексическим анализом слов, а распознавание ошибок *жы/шы/чя/щя/чю/щю* связано в основном с поздними этапами произвольного анализа вербальной информации.

Литература

- Cavalli E., Colé P., Badier J.-M., Zielinski C., Chanoine V., Ziegler J.C. Spatiotemporal dynamics of morphological processing in visual word recognition // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2016. Vol. 28. No. 8. P. 1228 – 1242. http://dx.doi.org/10.1162/jocn_a_00959
- Cornelissen P.L., Kringelbach M.L., Ellis A.W., Whitney C., Holliday I.E., Hansen P.C. Activation of the left inferior frontal gyrus in the first 200 ms of reading: Evidence from magnetoencephalography (MEG) // *PLoS ONE*. 2009. Vol. 4. No. 4. P. e5359. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0005359>
- Kutas M., Federmeier K.D. Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP) // *Annual Review of Psychology*. 2011. Vol. 62. No. 1. P. 621 – 647. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- van de Meerendonk N., Chwilla D.J., Kolk H. H. J. States of indecision in the brain: ERP reflections of syntactic agreement violations versus visual degradation // *Neuropsychologia*. 2013. Vol. 51. No. 8. P. 1383 – 1396. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.03.025>

O'Brien B.A., Mohamed M.B.H., Arshad N.A., Lim N.C. The impact of different writing systems on children's spelling error profiles: Alphabetic, akshara, and hanzi cases // *Frontiers in Psychology*. 2020. Vol. 11. No. 870. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00870>

Wheat K.L., Cornelissen P.L., Frost S.J., Hansen P.C. During visual word recognition, phonology is accessed within 100 ms and may be mediated by a speech production code: Evidence from magnetoencephalography // *Journal of Neuroscience*. 2010. Vol. 30. No. 15. P. 5229 – 5233. <http://dx.doi.org/10.1523/jneurosci.4448-09.2010>

Ziegler J.C., Goswami U. Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory // *Psychological Bulletin*. 2005. Vol. 131. No. 1. P. 3 – 29. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>

EVENT-RELATED POTENTIALS TO WORDS WITH DIFFERENT TYPES OF SPELLING ERRORS IN ADOLESCENTS

A.B. Rebreikina*, O.V. Martynova

anna.rebreikina@gmail.com

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology RAS, Moscow

Abstract. Data on the neurophysiological mechanisms underlying the process of detecting spelling errors in children are contradictory, perhaps because errors can affect the orthographical, phonological, and lexical levels of word processing to varying degrees, and the processing of misspelled words can depend on the type of spelling violation. This work is devoted to the study of the features of various components of ERPs in the perception of words with spelling errors of different types in adolescents aged 12 – 14 years. The study showed that for words with errors in unstressed vowels in the root, there was a decrease in amplitude of the P100 and P150 components associated with early phonological and orthographical analysis, an increase in amplitude of the N180 component associated with the beginning of lexical analysis, and an increase in the N400 component which is sensitive to various lexical violations. However, no differences were found between correctly spelled words and words with errors in the syllables "zhy/shy/chya/shya/chyu/shyu". Differences in the late positive component associated with final analysis were revealed between correctly spelled words and words with both types of errors. The revealed features of the various ERPs components indicate that the process of detecting spelling errors depends on the type of violation.

Keywords: EEG, reading, spelling, evoked potentials, spelling errors processing

Research supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 20-013-00514.

СТРАТЕГИЯ СПОНТАННОГО ПРЕРЫВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ИНСАЙТНЫХ ЗАДАЧ НА МАТЕРИАЛЕ ЗАДАЧ НА ПОИСК ОТДАЛЕННЫХ АССОЦИАЦИЙ

Т.С. Рехова*, Н.В. Морошкина

rektaya@gmail.com

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. Перерыв в решении инсайтных задач обычно способствует успешному решению, что называется эффектом инкубации. Однако в большинстве экспериментальных исследований данный эффект изучался с помощью навязанного прерывания решения, что не учитывает субъективную необходимость прерывания. В данном исследовании включаются в рассмотрение метакогнитивные переживания, чтобы изучить феномен спонтанного прерывания, когда человек самостоятельно решает прерваться и вернуться к задаче позже. Мы предположили, что спонтанно взятый перерыв будет иметь положительный эффект в отношении продуктивности решения задач и увеличит вероятность решений, сопровождаемых ага!-переживанием. В эксперименте участвовало две группы (100 человек). Время, отведенное на решение задач, в обеих группах было одинаковым, при этом в экспериментальной группе испытуемые могли прерваться и вернуться к задаче позже, а в контрольной группе все отведенное время использовалось за одну попытку. В качестве стимулов были использованы задачи на поиск отдаленных ассоциаций как тип задач, провоцирующих инсайтные решения. Результаты показали, что возможность прерваться использовали все испытуемые экспериментальной группы, что подтверждает субъективную востребованность перерывов. Также было обнаружено, что экспериментальная группа решила больше задач за отведенное время, чем контрольная, что свидетельствует в пользу первой выдвинутой гипотезы. Значимых различий в вероятности ага!-переживания в группах не обнаружено.

Ключевые слова: инсайт, Ага!-переживание, инкубация, спонтанное прерывание, метакогнитивные стратегии

Исследование поддержано РФФИ № 20-013-00532.

Введение

Мы повсеместно сталкиваемся с идеей о пользе перерывов и смены деятельности. Наглядным примером может выступать ситуация, когда при решении контрольной работы ребенку советуют не заикливаться на решении одной трудной задачи, а переключиться на другие и вернуться к ней позже. Особенно перерыв эффективен в решении творческих задач, для которых требуется продуцирование новых, ранее человеку неизвестных подходов и решений (Boden,

2004). После перерыва человек может увидеть новый взгляд на проблему и неожиданно для самого себя получить ее решение. Феномен в решении творческих задач, когда решатель берет перерыв и откладывает задачу на потом, называется инкубацией (Sio, Ormerod, 2009), а последующее внезапное осознание найденного решения, сопровождающееся ага!-переживанием, называется инсайтом (Gick, Lockhart, 1995).

Эффект инкубации был показан во множестве исследований (Sio, Ormerod, 2009). Однако, как правило, он был получен в ситуации навязанного прерывания, когда инкубация вводится как контролируемое экспериментатором условие. Такое изучение перерыва хоть и демонстрирует положительный эффект инкубации, упускает субъективные чувства человека и его интенции продолжать решение или же прервать его. На данный момент было проведено одно экспериментальное исследование спонтанного прерывания, то есть ситуации, когда человек сам чувствует, что стоит отложить задачу и вернуться к ней позже, показавшее преимущество спонтанных перерывов перед навязанными и отсутствием перерыва (Beefink et al., 2008).

В данной работе мы фокусируемся на сопоставлении спонтанного прерывания решения задачи с ситуацией непрерывного решения и пытаемся ответить на вопрос, является ли спонтанное прерывание общей реакцией на возникшие затруднения в решении задачи или решатели способны различать, в какой ситуации прерывание может способствовать продуктивности, а в какой — нет. Такое различие потенциально могло бы опираться на метакогнитивные переживания — чувства, сопровождающие когнитивный процесс и отражающие характер его протекания (Тихонов и др., 2018). Показано, что субъективные переживания помогают нам в мониторинге продвижения в решении задачи, сигнализируя, например, о близости к решению или же отсутствии продвижения, то есть тупике (Ackerman, Thompson, 2017; Simon, 1979), или о том, что нужная информация присутствует в памяти, но не может быть извлечена в настоящий момент (чувство на-кончике-языка, ToT; Collier, Beeman, 2012). В ряде моделей инкубации присутствует предположение, что стадия тупика вынуждает человека либо начать искать новое задачное пространство (Simon, 1995), либо взять перерыв, чтобы активировать инкубационные процессы. Однако до сих пор не было исследовано, что человек сам предпочитает выбрать в ситуации тупика: дальше предпринимать попытки решения, или же отвлечься от задачи и вернуться к ней позже, или пропустить задачу. Иными словами, столкнувшись с тупиком в решении задачи, испытуемый может использовать одну из трех стратегий: продолжать непрерывно решать задачу вплоть до окончания времени, отложить решение, распределив отведенное время на две попытки, или бросить решение вовсе. Сами ситуации тупика могут быть различны по своей природе: в одних задачах тупик может быть связан с отсутствием у решателя релевантных знаний, тогда как в других необходимая информация присутствует в памяти, но блокирована вследствие фиксированности решателя на нерелевантной репрезентации. Мы предполагаем, что эти ситуации сопровождаются разными метакогнитивными переживаниями (отсутствие чувства знания в первом случае и переживание, близкое к ToT, во втором) и инкубация полезна именно во втором случае. Основываясь

на данных предположениях, мы ожидаем, что испытуемые будут склонны использовать стратегию прерывания поисков решения в тех ситуациях, где у них действительно есть релевантные знания, временно заблокированные из-за фиксированности на неверной репрезентации, и именно в этих случаях инкубация действительно окажется полезна. В тех же задачах, для которых релевантные знания будут отсутствовать, испытуемые будут предпочитать пропустить задачу, и возврат к ней после перерыва не приведет к значимому повышению продуктивности. Также мы предположили, что если спонтанное прерывание будет способствовать преодолению фиксированности и обнаружению новой репрезентации, то такие решения часто будут оцениваться как инсайтные (то есть будут сопровождаться ага!-переживанием), что приведет к увеличению доли инсайтных решений от общего количества правильных ответов. Данное предположение базируется не на всех теориях инкубации, а только на тех, которые предполагают, что инкубация связана не только со снижением активации нерелевантной репрезентации, но и с наличием исходно слабой активации релевантной репрезентации, благодаря которой решение как бы выскакивает в сознание по принципу «все или ничего» (подробнее см. Bowden et al., 2005).

Таким образом, целью данной работы являлось исследование стратегии спонтанного прерывания при решении потенциально инсайтных задач. Мы ожидали, что спонтанный перерыв будет иметь положительный эффект 1) как на общую продуктивность решения задач, так и на возникновение инсайтных решений, 2) на решение тех задач, к которым человек хотел вернуться позже, в сравнении с теми задачами, которые человек хотел пропустить.

Методика

В качестве стимульного материала было подобрано 46 задач на поиск отдаленных ассоциаций на русском языке (Морошкина и др., 2020), поскольку данные задачи с большой вероятностью провоцируют возникновение инсайтных решений. Каждая задача представляет собой тройку слов, решением которой служит четвертое слово, образующее с каждым словом из тройки устойчивое выражение.

В исследовании приняли участие 100 добровольцев (17 мужчин) в возрасте от 18 до 35 лет ($M = 21.7$, $SD = 2.6$). Данные 4 участников были отсеяны из-за несоблюдения инструкции.

Эксперимент был спланирован по смешанному плану. В качестве межсубъектной независимой переменной варьировалось наличие (экспериментальная группа) или отсутствие (контрольная группа) возможности прервать решение задачи, чтобы вернуться к ней позже. Фиксировались время и правильность ответов и наличие ага!-переживания. Внутрисубъектной квазиэкспериментальной независимой переменной выступал тип задачи (отложенная/пропущенная по решению испытуемого), фиксировались время и правильность ответов и наличие ага!-переживания на втором этапе.

Испытуемые контрольной группы (КГ, 48 человек) решали все 46 задач подряд. Перед испытуемым предъявлялась на экране триада и кнопка «Ввести ответ», а также таймер, отсчитывающий время. На каждую задачу отводилась

1 минута. После каждого введенного ответа испытуемый отвечал на вопрос, испытал ли он ага!-переживание («да»/ «нет»). Если задача не была решена по истечении минуты, испытуемому предъявлялась следующая задача.

Испытуемые в экспериментальной группе (ЭГ, 48 человек) также решали 46 задач (и также давалась 1 минута на решение), однако помимо кнопки «Ввести ответ» им были также представлены кнопки «Вернуться к задаче позже» и «Пропустить». Испытуемым было сказано, что стоит использовать кнопку «Вернуться к задаче позже», если они находятся в тупике, но чувствуют, что смогут решить эту задачу позже на втором этапе; кнопку «Пропустить» стоило использовать в ситуации, когда никаких идей решения не возникает и человек не хочет возвращаться к задаче. При выборе той или иной кнопки фиксировалось оставшееся от минуты время, на которое задача предъявляется на втором этапе: предъявлялись как отложенные, так и пропущенные задачи. Таким образом, общее время решения на первом и втором этапе одной задачи составляло 1 минуту, как и в контрольной группе. На втором этапе оставалась только кнопка «Ввести ответ». После каждого введенного ответа испытуемый также отчитывался об ага!-переживании.

Результаты

В ЭГ все 48 испытуемых использовали опцию «Вернуться к задаче позже», что свидетельствует о субъективной востребованности возможности прерваться (по сравнению с альтернативой непрерывного решения). Это позволяет проверить первую гипотезу об эффективности стратегии спонтанного прерывания в решении задач. Для этого данные обеих групп были агрегированы по стимулам — и был проведен анализ гANOVA (доля правильных решений каждой задачи в КГ сравнивалась с долей правильных решений этой же задачи в ЭГ). Доля правильных решений задач в ЭГ в среднем составила .45 ($SD = .18$), в КГ — .40 ($SD = .19$), различия статистически значимы ($F(1, 45) = 12.183$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = .213$). Однако не было найдено достоверных различий между группами в отношении количества инсайтных решений: средняя доля решений с ага!-переживанием в ЭГ = .392 ($SD = .17$); в КГ = .397 ($SD = .24$; $F(1, 94) = .019$, $p = .889$).

Для проверки второй гипотезы были проанализированы данные 24 человек из 48, поскольку только половина испытуемых в ЭГ использовали обе опции («пропустить» / «вернуться позже»). Был проведен дисперсионный анализ с повторными измерениями. В задачах, к которым испытуемые решили «вернуться позже», доля правильных ответов составила .20 ($SD = .13$), в задачах, которые испытуемые решили «пропустить», — .12 ($SD = .17$), различия между типами задач обнаружены на уровне статистической тенденции ($F(1, 23) = 4.204$, $p = .052$, $\eta_p^2 = .155$).

Дополнительно была проанализирована стратегия спонтанного прерывания, которую испытуемые использовали при решении задач в ЭГ. В среднем правильный ответ до прерывания находился за 12.3 секунды. Если ответ за этот промежуток не был найден, то в течение еще 10–15 с испытуемые предпринимали дальнейшие попытки решения. В среднем на 25-й с испытуемые принимали решение вернуться к задаче позже, на 29-й с решали пропустить

задачу. Те испытуемые, кто ни разу не выбрал опцию «пропустить», были более успешны в решении задач ($M=0.49$, $SD=0.14$), чем те, кто выбирал обе опции ($M=0.41$, $SD=0.13$), различия обнаружены на уровне статистической тенденции ($F(1, 46) = 3.421$, $p=0.071$, $\eta_p^2=.071$), что может свидетельствовать об их более высокой мотивации, но требуются дополнительные исследования для проверки этого эффекта.

Обсуждение и выводы

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, эффективность решения задач в группе с перерывом в сравнении с группой без перерыва подтверждает, что такой спонтанно взятый перерыв работает как период инкубации. Однако положительного эффекта перерыва на общую вероятность инсайтных решений обнаружено не было. С одной стороны, это может быть связано с тем, что субъективные отчеты оказались менее чувствительны к экспериментальному воздействию, чем поведенческие показатели. С другой стороны, это может указывать на отсутствие прямой связи ага!-переживания с когнитивными компонентами инсайта (см. Морошкина, Аммалайнен, 2021).

Во-вторых, метакогнитивную стратегию прерывания, которую выбирали испытуемые, можно назвать эффективной и востребованной, поскольку, возвращаясь к задаче позже, испытуемые чаще решали эти задачи, чем те, которые они хотели пропустить, а также по сравнению с непрерывным поиском решения. Анализ показал, что этот эффект обнаруживается на уровне тенденции, и в дальнейших исследованиях планируется скорректировать процедуру таким образом, чтобы все испытуемые были заинтересованы использовать обе опции — вернуться к задаче позже и пропустить.

Литература

Морошкина Н.В., Аммалайнен А.В. От инсайта к Ага!-переживанию: новая парадигма в исследованиях решения задач // Сибирский психологический журнал. 2021. № 79. С. 48–73.

Морошкина Н.В., Гершкович В.А., Аммалайнен А.В., Львова О.В., Савина А.И., Зверев И.В. Предикторы «Ага!» и «Ох, да!» переживаний при решении задач на поиск отдаленных ассоциаций // Творчество в современном мире: человек, общество, технологии. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Я.А. Пономарева. 26–27 сентября 2020 г. М.: ИП РАН, 2020. С. 183–184.

Тихонов Р.В., Аммалайнен А.В., Морошкина Н.В. Многообразие метакогнитивных чувств: разные феномены или разные термины? // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. 2018. Т. 8. № 3. С. 214–242.

Ackerman R., Thompson V.A. Meta-reasoning: Monitoring and control of thinking and reasoning // Trends in Cognitive Sciences. 2017. Vol. 21. No. 8. P. 607–617. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2017.05.004>

Beefink F., van Eerde W., Rutte C.G. The effect of interruptions and breaks on insight and impasses: Do you need a break right now? // Creativity Research Journal. 2008. Vol. 20. No. 4. P. 358–364. <http://dx.doi.org/10.1080/10400410802391314>

Boden M.A. The creative mind: Myths and mechanisms. Psychology Press, 2004.

Bowden E., Jungbeeman M., Fleck J., Kounios J. New approaches to demystifying insight // Trends in Cognitive Sciences. 2005. Vol. 9. No. 7. P. 322 – 328. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.012>

Collier A.K., Beeman M. Intuitive tip of the tongue judgments predict subsequent problem solving one day later // The Journal of Problem Solving. 2012. Vol. 4. No. 2. <http://dx.doi.org/10.7771/1932-6246.1130>

Gick M.L., Lockhart R.S. Cognitive and affective components of insight // The Nature of Insight / R.R. Sternberg, J.E. Davidson (Eds.). Cambridge, MA: The MIT Press, 1995. P. 197 – 228. <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/4879.003.0010>

Simon H. Models of thought. New Haven: Yale University Press, 1979.

Simon H.A. Explaining the ineffable: AI on the topics of intuition, insight and inspiration // Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1995. P. 939 – 948.

Sio U.N., Ormerod T.C. Does incubation enhance problem solving? A meta-analytic review // Psychological Bulletin. 2009. Vol. 135. No. 1. P. 94 – 120. <http://dx.doi.org/10.1037/a0014212>

THE STRATEGY OF A SPONTANEOUS BREAK IN SOLVING INSIGHT PROBLEMS

T.S. Rekhova*, N.V. Moroshkina

rektaya@gmail.com

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. A break in solving insight problems usually facilitates successful solving, which is known as the incubation effect. This effect has been primarily studied using the interruption procedure, without taking into account the subjective necessity of a break. In the present study, metacognitive feelings are included in the framework, allowing us to explore the spontaneous break (when a subject decides to take a break at their discretion). We argued that a spontaneous break will increase both overall problem solving productivity and the likelihood of solutions, accompanied by Aha!-experiences. Two groups took part in the experiment. The overall time devoted to solving each problem was the same in both groups, but the experimental group had the option to either return to the problem later or skip it, while the control group had to solve each problem in one attempt. We used 46 RAT problems in the Russian language as problems inducing insightful solutions. The results showed that all participants from the experimental group used the opportunity to take a break from a problem, confirming the subjective relevance of the breaks. The experimental group solved more problems than the control group, which argues in favor of the first hypothesis. Meanwhile, we did not find significant differences between groups with regard to solutions with the Aha!-experience.

Keywords: insight, Aha! experience, incubation, spontaneous break, metacognitive strategies

Research supported by RFBR grant № 20-013-00532.

ВЛИЯЕТ ЛИ ФОРМАТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИИ?

Е.И. Риехакайнен,* Л.Л. Скоробагатько
e.riehakajnen@spbu.ru
СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье сопоставляется успешность усвоения материала онлайн-лекции в зависимости от наличия/отсутствия визуального сопровождения устной речи лектора и типа этого сопровождения. Рассматриваются четыре формата предъявления материала: устный текст без визуального сопровождения; устный текст и презентация с дословным письменным текстом; устный текст и презентация с тезисным изложением содержания; устный текст и презентация с тезисным изложением содержания и иллюстрациями. В ходе эксперимента каждый участник должен был познакомиться с четырьмя разными фрагментами лекций по лингвистике, которые были представлены в разных форматах, ответить на вопросы по их содержанию и оценить фрагменты по трем шкалам (ясность изложения, формат предъявления, интересность). В эксперименте приняли участие 132 студента; каждый стимул прослушали 33 человека. Результаты исследования указывают на то, что сочетание визуальной и аудиальной информации оказывается более эффективным способом подачи материала, чем только аудиоряд, при этом тезисное изложение материала эффективнее дословного. Наличие/отсутствие картинки, поддерживающей текст, влияет на субъективную оценку формата предъявления, но не на надежность усвоения информации. Эти данные согласуются с результатами, полученными ранее на материале русского языка отдельно для модальности текста и для способа визуального предъявления материала.

Ключевые слова: устный текст, письменный текст, восприятие текста, модальности восприятия, онлайн-обучение

Исследование поддержано грантом РФ № 21-18-00429 «Когнитивные механизмы обработки мультимодальной информации: тип текста и тип реципиента».

Введение

Результаты исследований, в которых проводится сопоставление онлайн-обучения и «живого» общения студентов и преподавателя, не позволяют на данный момент делать однозначные выводы о преимуществе одного вида обучения над другим (ср., например, Ni, 2013; McFarland, Hamilton, 2005). Однако дистанционное обучение активно развивается, что определяет необходимость проведения исследований, оценивающих эффективность различных способов подачи информации при онлайн-обучении.

Согласно когнитивной теории мультимедийного обучения (Mayer, 2005), информация, которая подана при помощи разных каналов, усваивается лучше. На необходимость использования мультимодальных средств в обучении указывают многие исследователи (Svårdemo Åberg, Åkerfeldt, 2017). Было показано, что использование различных источников поступления информации (на слух и визуально) повышает эффективность усвоения материала (Грибан, 2016). При этом наличие картинки или другой иконической информации в письменном тексте способствует более положительной оценке материала участниками исследований, но не приводит к существенному повышению эффективности усвоения информации (Petrova, Riekhakaunen, 2019; Блинова, Щербакова, 2021). Насколько нам известно, на материале русского языка еще не проводились исследования, которые бы учитывали влияние на восприятие информации в условиях дистанционного обучения как различных модальностей предъявления информации, так и способов визуального представления материала (наличия/отсутствия иконических элементов, а также подробности текстового изложения материала). Цель нашей работы — сравнить усвоение материала лекций в условиях дистанционного обучения в зависимости от наличия/отсутствия визуального сопровождения устной речи лектора и типа этого сопровождения.

Методика

В качестве исходного материала были использованы лекции по лингвистике, прочитанные преподавателем СПбГУ. Из них были выбраны четыре фрагмента. Сложность письменных текстов, которые были получены в результате расшифровки устной речи лектора в этих фрагментах, была оценена с помощью ресурса readability.io: все отобранные для эксперимента фрагменты ориентированы на аудиторию 4–6-го курсов вуза. Уровень читабельности (SMOG), а также информация о количестве слов в каждом тексте и длительности аудиофрагментов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные количественные параметры стимульных фрагментов

	Длительность, с	Количество слов	Уровень читабельности (SMOG)
Фрагмент 1	65	95	15.36
Фрагмент 2	72	92	17.09
Фрагмент 3	61	96	15.99
Фрагмент 4	60	98	15.78

На основе каждого фрагмента были подготовлены четыре стимула:

1. устный текст без презентации (условие а);
2. устный текст и презентация с дословным письменным текстом (условие б);
3. устный текст и презентация с тезисным изложением содержания (условие с);

4. устный текст и презентация с тезисным изложением содержания и иллюстрациями (условие *d*).

В первом условии отсутствовал видеоряд. В видеоряд остальных стимулов было включено по два слайда. Во втором условии на слайды была помещена полная расшифровка речи диктора, из которой были убраны хезитации и повторы. В третьем условии на слайдах было представлено тезисное изложение материала. При формулировании тезисов мы опирались на реальные презентации, которые были подготовлены автором лекций и использовались в образовательном процессе. Текст в четвертом условии идентичен третьему, но на слайды был добавлен иллюстративный материал — картинки, соответствующие содержанию каждого тезиса. Со стимульным материалом можно ознакомиться по ссылке: <https://drive.google.com/drive/folders/1SymARFJpk99I-1ebz4Ucm7pr9e51EAMh>

Для эксперимента были созданы четыре протокола, каждый из которых был уникален как по порядку идущих фрагментов, так и по содержанию. Во всех протоколах присутствовало четыре разных видео в четырех разных вышеупомянутых условиях. Эксперимент проводился с помощью Google Forms. Успешность усвоения материала проверялась при помощи вопросов, которые задавались после каждого стимула. Первый вопрос был на общее понимание темы стимула и содержал варианты ответа; два других вопроса были о конкретных фактах, упоминавшихся в стимульном тексте, и вариантов ответа не содержали. За ответы на вопросы участник мог получить от 0 до 5 баллов: 1 балл за правильный ответ на тестовый вопрос и по 2 балла за каждый вопрос с открытым ответом. Если ответ был частично верным (например, требовалось указать два аспекта/параметра, а участник написал только один), то ставился 1 балл. При неправильном ответе или его отсутствии вопрос оценивался в 0 баллов. Кроме того, участники оценивали каждый стимул по шкале от 1 до 5 по трем критериям: ясность изложения, формат представления материала и интересность. В эксперименте приняли участие 132 студента от 18 до 24 лет, каждый стимул прослушали 33 человека.

Результаты

Критерий Краскела–Уоллиса показал наличие влияния фактора *формата текста* ($H(3, 33) = 35.72, p < .001$). Последующий анализ с использованием критерия Данна свидетельствует о том, что респонденты значимо хуже по сравнению со всеми остальными условиями отвечали на вопросы после стимулов, в которых была только устная речь (формат *a*) ($p < .001$ для всех условий). Лучше всего участники отвечали на вопросы после стимулов, в которых на слайдах были тезисы устного текста — с иллюстрациями (*d*) или без (*c*): нет значимых отличий этих двух условий друг от друга ($p = .419$), но они значимо отличаются от остальных условий ($p \leq .025$). Суммарно наиболее высокие субъективные оценки получил формат с тезисным изложением и с картинками; хуже всего был оценен формат без презентации; медианы по всем трем шкалам для форматов с дословным текстом и с тезисами без иллюстраций оказались одинаковыми (табл. 2):

Таблица 2. Результаты для различных типов предъявления информации

Критерий \ Формат	а	б	с	д
Балл за ответы на вопросы (M)	3.11	3.77	4.07	4.11
Ясность изложения (Me)	3	4	4	4
Формат (Me)	2	3	3	4
Интересность (Me)	3	3	3	3

Однако было выявлено и влияние фактора *фрагмента* ($H(3, 33) = 56.90$, $p < .001$). На вопросы после фрагмента 1 участники отвечали в целом значимо лучше, чем на вопросы после всех остальных фрагментов ($p < .001$), на фрагмент 3 — значимо хуже ($p < .001$ при сравнении с фрагментом 4 и $p = .025$ при сравнении с фрагментом 2), результаты для фрагментов 2 и 4 статистически не различаются ($p = .097$). Анализ же субъективных оценок участников не позволяет говорить о преимуществе фрагмента 1 над остальными фрагментами (табл. 3).

Таблица 3. Результаты для различных стимульных фрагментов

Критерий \ Фрагмент	1	2	3	4
Балл за ответы на вопросы (M)	4.48	3.54	3.25	3.79
Ясность изложения (Me)	4	4	4	3
Формат (Me)	3	3	3	3
Интересность (Me)	3	3	3	3

При этом наименее сильно влияние фактора *фрагмента* выражено для формата с (с тезисами без иллюстраций на слайде): не наблюдается статистически значимых различий ни между какими фрагментами (см. рис. 1).

Обсуждение и выводы

Полученные результаты в целом позволяют говорить о том, что формат предъявления информации влияет на успешность ее восприятия: сочетание визуальной и аудиальной информации оказывается более эффективным способом подачи материала, чем только аудиоряд, что согласуется с предшествующими исследованиями в данной области. Отсутствие различий в успешности ответов на вопросы после ознакомления с фрагментами с картинками и без них (форматы с и д) и более высокое значение медианы для субъективной оценки формата с картинками совпадает с результатами, полученными ранее в других исследованиях восприятия текстов, включающих вербальную и иконическую информацию (Petrova, Riekhakaunen, 2019; Блинова, Щербакова, 2021).

Вместе с тем в эксперименте было выявлено влияние фактора *фрагмента*. Этот результат может быть связан со сложностью самих фрагментов. Однако в нашем эксперименте не наблюдается однозначного соответствия между

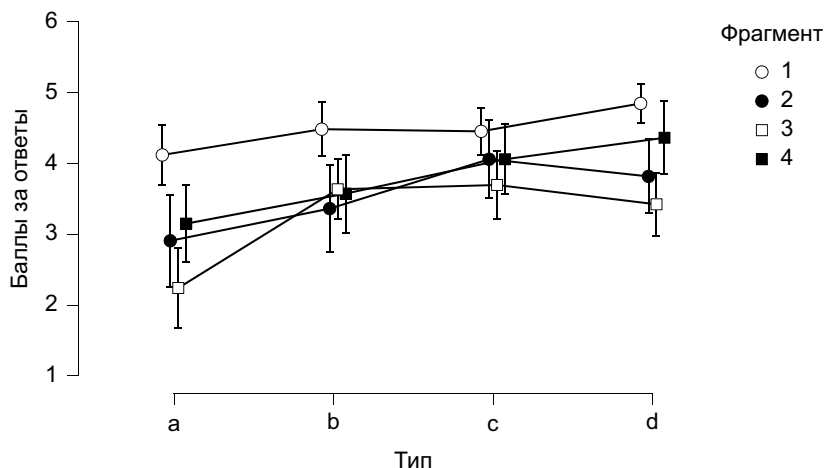


Рисунок 1. Успешность усвоения материала различных фрагментов по каждому из форматов предъявления

уровнем читабельности исходного текста фрагмента и правильностью ответов на вопросы: лучше всего участники отвечали на вопросы после фрагмента 1, который имеет наименьший уровень читабельности, но результаты для фрагментов 2 и 4, достаточно сильно различающихся по уровню читабельности, значимо не различаются. Кроме того, на полученные результаты могло повлиять то, что вопросы к разным фрагментам оказались неодинаковыми по сложности. Мы планируем подробнее проанализировать эти факторы в ходе дальнейшей работы над темой, а также включить в исследование другие форматы предъявления материала, в частности тот, при котором отсутствует презентация, но есть видео с лектором.

Литература

Блинова Е.Н., Щербакова О.В. Когнитивные механизмы понимания вербальных и иконических текстов // Психологический журнал. 2021. Т. 42. № 1. С. 66 – 79.

Грибан О.Н. Применение учебных презентаций в образовательном процессе: виды, этапы и структура презентаций // Историко-педагогические чтения. 2016. Т. 20. № 3. С. 23 – 32.

Mayer R.E. Principles for managing essential processing in multimedia learning: Segmenting, pretraining, and modality principles // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning Cambridge: Cambridge University Press, 2005. P.169 – 182. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9780511816819.012>

McFarland D., Hamilton D. Factors affecting student performance and satisfaction: Online versus traditional course delivery // Journal of Computer Information Systems. 2005. Vol. 46. No. 2. P. 25 – 32.

Ni A.Y. Comparing the effectiveness of classroom and online learning: Teaching research methods // Journal of Public Affairs Education. 2013. Vol. 19. No. 2. P. 199–215. <http://dx.doi.org/10.1080/15236803.2013.12001730>

Petrova T.E., Riekhakaynen E.I. Processing of verbal and non-verbal patterns: An eye-tracking study of Russian // Third International Congress on Information and Communication Technology. Advances in Intelligent Systems and Computing / X.S. Yang, S. Sherratt, N. Dey, A. Joshi (Eds.). Singapore: Springer, 2019. Vol. 797. P. 269–276. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-13-1165-9_24

Svärdemo Åberg E., Åkerfeldt A. Design and recognition of multimodal texts: Selection of digital tools and modes on the basis of social and material premises? // Journal of Computers in Education. 2017. Vol. 4. No. 3. P. 283–306. <http://dx.doi.org/10.1007/s40692-017-0088-3>

DOES THE FORMAT OF INFORMATION PRESENTATION AFFECT THE UNDERSTANDING OF MATERIAL WHILE LEARNING ONLINE?

E.I. Riekhakaynen*, L.L. Skorobagatko

e.riehakajnen@spbu.ru

Saint Petersburg State University, St. Petersburg

Abstract. The article compares the mastering of material in an online lecture, depending on the format of information presentation. Four formats are considered: oral text without visual support; oral text and presentation with verbatim written text; oral text and presentation with a summary of the content; oral text and presentation with a summary of the content and illustrations. Each participant became acquainted with four different fragments of lectures on linguistics, which were presented in different formats, then answered questions on their content and evaluated the fragments on three scales (clarity of presentation, presentation format, interestingness). The combination of visual and auditory information turned out to be a more effective way of presenting material than just the audio sequence, while the summary was more effective than the word for word text. The presence or absence of a picture supporting the text affects the subjective assessment of the presentation format, but not the reliability of information acquisition. These data are consistent with results obtained earlier involving material of the Russian language separately for the modality of the text and for the method of the material's visual presentation.

Keywords: oral text, written text, text processing, perceptual modality, online education

Research supported by grant project #21-18-00429: "Cognitive mechanisms of multimodal information processing: Text type & type of recipient".

ИНТУИЦИЯ И ИНСАЙТ: СВЯЗЬ ИНТУИТИВНОГО ЧУВСТВА КОГЕРЕНТНОСТИ И АГА!-ПЕРЕЖИВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НА ПОИСК ОТДАЛЕННЫХ АССОЦИАЦИЙ

А.И. Савина*, Н.В. Морошкина, А.П. Ошканова

alinasavn@gmail.com

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В исследованиях на материале теста на поиск отдаленных ассоциаций было показано, что уже в первые секунды у испытуемых формируется интуитивное чувство когерентности, позволяющее различать решаемые и нерешаемые задачи еще до обнаружения решения. Другие исследования показали, что задачи теста могут решаться инсайтно и сопровождаться Ага!-переживанием. Однако связь между чувством когерентности и Ага!-переживанием ранее не изучалась. Настоящее исследование направлено на выявление связи инсайтного и интуитивного процессов. Был разработан русскоязычный набор из 120 задач на поиск отдаленных ассоциаций, включающий задачи трех типов: не имеющие решения, потенциально инсайтные и потенциально неинсайтные. В исследовании приняли участие 83 добровольца в возрасте от 18 до 35 лет, носители русского языка. Полученные результаты показывают, что интуитивное чувство когерентности различается в случае решаемых и нерешаемых триад и служит предиктором вероятности последующего решения задачи. Однако вероятность Ага!-переживания отрицательно связана с интуитивными оценками. Это означает, что при отсутствии чувства когерентности на начальном этапе решения и последующем нахождении правильного ответа более вероятно возникновение Ага!-переживания. Полученные результаты свидетельствуют в пользу дисконтинуального подхода к пониманию интуиции и инсайта.

Ключевые слова: Ага!-переживание, интуитивное чувство когерентности, тест на поиск отдаленных ассоциаций, метакогниции, инсайт, интуиция

Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-013-00532 «Роль Ага!-переживания в решении задач и сохранении приобретенного опыта».

Введение

Интуиция (или интуитивное чувство когерентности) может быть определена как способность судить о характеристиках стимула без осознания того знания, на котором основано подобное суждение (Ilg et al., 2007). Исследователи, занимающиеся изучением интуитивных процессов, отмечают, что интуитивное чувство появляется уже на ранних этапах решения задачи и может

направлять сознательный поиск решения (Bowers et al., 1990). Однако чувство близости к решению, которое можно рассматривать как близкое интуитивному чувству когерентности, при аналитическом решении нарастает постепенно, а при инсайтном решении практически не меняется до момента появления правильного ответа (Metcalfе, Wiebe, 1987). Интуитивный и инсайтный процессы решения были выявлены на материале теста на поиск отдаленных ассоциаций (The Remote Associates Test) в различных исследованиях. В работе Болте и Гошке (Bolte, Goshke, 2005) было показано, что участники способны верно оценивать, имеет ли задача решение или не имеет, в первые секунды после предъявления условия, то есть при отсутствии достаточного времени для сознательного обдумывания. В то же время на материале того же теста было показано, что примерно в половине случаев решение задач происходит через инсайт и сопровождается Ага!-переживанием (Bowden, Jung-Beeman, 2003; Cranford, Moss, 2012). Возникает вопрос: как связаны (и связаны ли) интуитивное чувство когерентности и Ага!-переживание? Отвечая на этот вопрос с позиции континуального подхода, можно предположить, что интуиция и инсайт являются схожими феноменами, которые основываются на единых процессах. Этому подходу придерживаются Бауэрс и коллеги (Bowers et al., 1990), которые утверждают, что на начальном этапе решения задачи происходит активация связей в семантической памяти и возникают интуитивные чувства, которые затем нарастают и результируются в Ага!-переживании. Такая модель подразумевает, что интуитивные оценки будут предсказывать решение как инсайтных, так и неинсайтных задач. Напротив, исследователи, которые придерживаются дисконтинуального подхода, понимают интуицию и инсайт как фундаментально различные феномены, опирающиеся на разные процессы. Согласно этому подходу, при решении инсайтных задач интуитивные чувства на начальном этапе решения незначительны или не возникают вовсе. Когда же решение найдено, появляется высокое чувство когерентности, сопровождающееся Ага!-переживанием (Reber et al., 2007).

Авторы настоящего исследования придерживаются дисконтинуального подхода. Во-первых, мы предполагаем, что интуитивное чувство когерентности позволит участникам различить решаемые и нерешаемые задачи за промежуток времени, недостаточный для сознательного обнаружения ответа. Во-вторых, в случае предъявления неинсайтных задач процесс решения будет разворачиваться континуально, а значит, чувство когерентности будет являться значимым предиктором нахождения правильного решения. В случае решения инсайтных задач процесс решения будет развиваться дисконтинуально, соответственно Ага!-переживание будет наблюдаться при успешном решении тех задач, которые на начальном этапе сопровождались слабым чувством когерентности.

Методика

Было проведено исследование, в котором приняли участие 83 добровольца в возрасте от 18 до 35 лет ($M = 23.14$), среди которых было 27 мужчин и 56 женщин. Все участники являются носителями русского языка.

В качестве стимульного материала использовался тест на поиск отдаленных ассоциаций, первая версия которого была разработана Медником (Mednick, 1962) для изучения креативности. В дальнейшем тест применялся в качестве стимульного материала для изучения как инсайта (Bowden, Jung-Beeman, 2003; Cranford, Moss, 2012), так и интуитивного чувства когерентности (Bolte, Goschke, 2005). Для настоящего исследования были специально разработаны задачи на русском языке. Задачи представляют собой триады слов-существительных. Участник исследования должен найти четвертое слово (целевое прилагательное), которое образует устойчивое словосочетание с каждым словом триады. Было разработано 120 триад, среди которых были выделены группы триад трех типов: 40 триад — дивергентные (потенциально инсайтные), 40 — конвергентные (потенциально неинсайтные) и 40 — неконгруэнтные (не имеющие решения). Неконгруэнтные триады это — такие триады, к которым целевое слово подобрать нельзя (например, триада «пульт, балкон, характер» не имеет решения). Конвергентные триады имеют такое целевое слово, которое при образовании словосочетаний со словами триады используется в одном значении (например, «палочки, дробь, установка», целевое слово «барабанный» используется в одном значении). И наконец, дивергентные триады имеют целевое слово, которое используется в разных значениях при образовании словосочетаний со словами триады (например, «джунгли, лицо, уголь», целевое слово «каменный» адресуется к разным значениям).

Эксперимент проводился онлайн под наблюдением экспериментатора за работой участников по видеосвязи. Для создания эксперимента использовалось программное обеспечение PsychoPy и Pavlovio 2020.2 (Peirce et al., 2019). Процедура состояла из двух этапов. На первом этапе (интуитивном) перед участниками ставилась задача за короткое время (3 секунды) оценить, имеет ли триада решение (целевое слово) или не имеет, опираясь на интуицию. В случайном порядке предъявлялось 60 триад, по 20 триад каждого типа. После каждой пробы участникам необходимо было оценить уверенность в ответе (уверен / не уверен) и отметить те триады, в которых они успели найти целевое слово за отведенный промежуток времени. На втором этапе предъявлялось 30 триад из тех, решаемость которых была оценена на интуитивном этапе (по 10 каждого типа). Участникам отводилось 30 секунд на поиск целевого слова к каждой триаде. Если участники предполагали, что триада не имеет решения, они должны были ввести ответ «нет». После ввода ответа на втором этапе они оценивали свою уверенность (уверен / не уверен) и сообщали о наличии или отсутствии Ага!-переживания при обнаружении решения (было / не было).

Результаты

Статистический анализ результатов был проведен с использованием *R Statistics* и *lme4 package* 1.1-10 (Bates et al., 2015). Перед анализом оценок решаемости триад на интуитивном этапе эксперимента был произведен отсев проб, в которых участники указали, что успели решить задачу за отведенное время (551 случай). Далее была построена логистическая регрессионная модель с оценкой решаемости в качестве бинарной зависимой переменной (ре-

шение есть/нет), типом триады в качестве фиксированного эффекта, а также стимулом и кодом участника в качестве случайных эффектов ($AIC = 5455.3$; $BIC = 5487.5$; $Pseudo-R^2 = .31$). Модель показала, что тип триады является значимым предиктором оценки задачи как решаемой. При этом наблюдаются различия между всеми тремя типами триад: неконгруэнтные чаще оцениваются как нерешаемые, конвергентные чаще оцениваются как решаемые ($\beta = 8$, $SE = 0.17$, $z = 12.39$, $p < .001$), а дивергентные занимают промежуточную позицию между неконгруэнтными и конвергентными триадами, но также чаще оцениваются как решаемые ($\beta = 3.27$, $SE = 0.16$, $z = 7.28$, $p < .001$).

Перед анализом второго этапа были отобраны только те триады, которые имеют решение. Была построена модель с ответом участников на втором этапе в качестве бинарной зависимой переменной (правильный/неправильный ответ). Финальная модель включала в себя оценки решаемости на первом этапе, а также в качестве случайных эффектов стимул и код участника ($AIC = 1850.5$; $BIC = 1872.0$; $Pseudo-R^2 = .45$). Значимого вклада типа триады в ответы на втором этапе выявлено не было. Был обнаружен положительный эффект оценок решаемости на первом этапе ($\beta = 3.4$, $SE = 0.15$, $z = 7.98$, $p < .001$), что свидетельствует о том, что для триад, которые были оценены как решаемые, участники чаще могли найти правильный ответ при наличии большего количества времени, а триады, оцененные как нерешаемые, чаще не были решены на втором этапе.

Далее был проведен анализ предикторов Ага!-переживания. Для анализа были отобраны только решаемые задачи и те случаи, в которых участники дали правильные ответы. Была построена логистическая регрессионная модель с Ага!-переживанием в качестве зависимой переменной (было / не было). В финальную модель были включены уверенность в ответе на втором этапе, оценка решаемости на первом этапе, а также код стимула и код участника ($AIC = 778.8$; $BIC = 802.3$; $Pseudo-R^2 = .53$). Взаимосвязь типа триады (конвергентная/дивергентная) с возникновением Ага!-переживания выявлена не была, поэтому это переменная не вошла в финальную модель. Полученная модель показала положительный эффект оценки уверенности ($\beta = 29.99$, $SE = 0.43$, $z = 7.98$, $p < .001$). Был зафиксирован отрицательный эффект оценок решаемости на первом этапе ($\beta = -0.27$, $SE = 0.35$, $z = -3.72$, $p < .001$), что говорит о том, что в ситуациях, когда триады, оцененные как нерешаемые на интуитивном этапе, были все-таки решены на втором этапе, участники чаще отмечают наличие Ага!-переживания.

Обсуждение и выводы

Таким образом, участники оказались способны верно оценивать решаемость триад на интуитивном этапе. При этом наблюдаются различия в оценках между всеми тремя типами триад: конгруэнтные триады чаще всего оцениваются как решаемые, неконгруэнтные — реже всего, а дивергентные занимают промежуточную позицию. То, как участники оценили задачу, предсказывает, смогут ли они ее решить в условии большего количества времени. В ситуациях, когда задача оценивалась как нерешаемая на интуитивном этапе,

но участник смог найти ответ на втором этапе, чаще фиксировалось наличие Ага!-переживания.

На основании полученных результатов мы можем предполагать, что при поиске ответа для задач, которые имеют решение (и конвергентные и дивергентные триады), процесс решения может развиваться как континуально (от слабой активации на интуитивном этапе к последующему нахождению верного ответа на втором этапе), так и дисконтинуально. При дисконтинуальном процессе решения интуитивное чувство когерентности на начальном этапе не возникает, решение приходит внезапно после нескольких попыток его найти, и именно в таком случае найденный ответ чаще сопровождается Ага!-переживанием. Полученные результаты свидетельствуют в пользу дисконтинуального подхода к пониманию интуиции и инсайта (Reber et al., 2007).

Литература

- Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S. Fitting linear mixed-effects models using lme4 // *Journal of Statistical Software*. 2015. Vol. 67. No. 1. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bolte A., Goschke T. On the speed of intuition: Intuitive judgments of semantic coherence under different response deadlines // *Memory & Cognition*. 2005. Vol. 33. No. 7. P. 1248 – 1255. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03193226>
- Bowden E.M., Jung-Beeman M. Normative data for 144 compound remote associate problems // *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. 2003. Vol. 35. No. 4. P. 634 – 639. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03195543>
- Bowers K.S., Regehr G., Balthazard C., Parker K. Intuition in the context of discovery // *Cognitive Psychology*. 1990. Vol. 22. No. 1. P. 72 – 110. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(90\)90004-n](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(90)90004-n)
- Cranford E.A., Moss J. Is insight always the same? A protocol analysis of insight in compound remote associate problems // *The Journal of Problem Solving*. 2012. Vol. 4. No. 2. P. 128 – 153. <http://dx.doi.org/10.7771/1932-6246.1129>
- Ilg R., Vogeley K., Goschke T., Bolte A., Shah J.N., Pöppel E., Fink G.R. Neural processes underlying intuitive coherence judgments as revealed by fMRI on a semantic judgment task // *NeuroImage*. 2007. Vol. 38. No. 1. P. 228 – 238. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.07.014>
- Mednick S. The associative basis of the creative process // *Psychological review*. 1962. Vol. 69. P. 220 – 232.
- Metcalfe J., Wiebe D. Intuition in insight and noninsight problem solving // *Memory & Cognition*. 1987. Vol. 15. No. 3. P. 238 – 246. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03197722>
- Peirce J., Gray J.R., Simpson S., MacAskill M., Höchenberger R., Sogo H., Kastman E., Lindeløv J.K. PsychoPy2: Experiments in behavior made easy // *Behavior Research Methods*. 2019. Vol. 51. No. 1. P. 195 – 203. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- Reber R., Ruch-Monachon M.-A., Perrig W.J. Decomposing intuitive components in a conceptual problem solving task // *Consciousness and Cognition*. 2007. Vol. 16. No. 2. P. 294 – 309. <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2006.05.004>

INTUITION AND INSIGHT: THE CONNECTION BETWEEN AN INTUITIVE FEELING OF COHERENCE AND THE AHA! EXPERIENCE IN SOLVING PROBLEMS OF THE REMOTE ASSOCIATES TEST

A. I. Savina*, N. V. Moroshkina, A. P. Oshkanova

alinasavn@gmail.com

Saint Petersburg University, St. Petersburg

Abstract. In studies based on The Remote Associates Test, it has been shown that in the first seconds of problem solving, subjects develop an intuitive feeling of coherence, allowing them to distinguish between solvable and unsolvable problems before finding a solution. Other studies have shown that test tasks can be solved insightfully and be accompanied by an Aha! experience. However, the relationship between the feeling of coherence and an Aha! experience has not been previously explored. The present study aimed at identifying the relationship between insightful and intuitive processes. A Russian-language set of 120 tasks of The Remote Associates Test was developed. It included tasks of three types: unsolvable, potentially insightful, and potentially non-insightful. The study involved 83 volunteers aged 18 to 35 years old, all Russian native speakers. The results showed that the intuitive feeling of coherence differs in solvable and unsolvable tasks and serves as a predictor of the probability of the problem's subsequent solution. However, the probability of an Aha! experience is negatively related to intuitive judgments. This means that the Aha! experience is more likely when there is no feeling of coherence at the initial stage, but then the subsequent correct answer is given. The results testify in favor of a discontinuous approach to understanding intuition and insight.

Keywords: Aha! experience, intuitive feeling of coherence, The Remote Associates Test, metacognition, insight, intuition

Research supported by RFBR Grant No. 20-013-00532 "The role of Aha!-experience in problem solving and remembering acquired knowledge".

В ОЖИДАНИИ ЧУДА: ЭМОЦИИ, ОЖИДАНИЯ И ИНСАЙТНЫЕ ЗАДАЧИ

А.Д. Савинова*, С.Ю. Коровкин

anuta1334@yandex.ru

ЯрГУ им. П.Г. Демидова, Ярославль

Аннотация. В данной работе мы хотим проверить идею о том, что эмоции в конце решения инсайтной задачи связаны с ожиданиями относительно результатов решения. Мы предполагаем, что эмоции будут меняться в зависимости от сформированности ожиданий: когда ожидания не сформированы, задача нова для испытуемого, его решение не только не сопровождается ага-реакцией, но в нем присутствуют негативные эмоции; при продолжении решения схожих задач ожидания корректируются — и решение сопровождается ага-переживанием, но затем (при многократном решении схожих задач) решение не будет сопровождаться эмоциями. Время решения будет демонстрировать немного иную динамику: чем больше схожих по принципу задач решит испытуемый, тем ниже будет затрачиваемое время. Для проверки идеи мы взяли две группы испытуемых, решавших (1) разные инсайтные задачи (контрольная группа) и (2) задачи на один принцип (экспериментальная группа). Мы измеряли время решения и оценки инсайтности по субъективным опросникам. Было обнаружено снижение времени решения задач в обеих группах. Группы не различаются ни по инсайтности, ни по времени решения, что мы интерпретируем в пользу того, что испытуемые строят ожидания и учатся решению задач в целом, а не извлекают специфические знания для одного типа задач.

Ключевые слова: инсайт, инсайтное решение, инсайтная задача, ожидание, антиципация

Исследование поддержано грантом РФФИ № 18-78-10103.

Введение

Решая задачи, испытуемые часто высказывают различные гипотезы, но также часто они оценивают их на предмет соответствия или несоответствия требуемому решению. Подобная ситуация довольно парадоксальна для инсайтных задач, так как, с одной стороны, испытуемые описывают данные задачи как «непонятные, с неочевидным решением», а с другой стороны, вполне могут предположить, какой тип ответа требуется. На наш взгляд, это объясняется наличием ожиданий о поставленной цели, которые решатель выделяет из условий на основе получаемой информации, знаний и прошлого опыта. Согласно Э. Кларку (Clark, 2013), ожидания появляются в тех случаях, когда нет достоверной информации об окружающих объектах или знаний о них не

хватает. При этом может возникнуть ошибка прогнозирования, сообщающая о расхождении между входящей информацией и субъективными ожиданиями. Подобная ошибка похожа на чувство удивления, то есть переживание, появляющееся в ответ на возникшее противоречие.

В работе А. Четверикова и А. Кристьянсона (Chetverikov, Kristjánsson, 2016) предполагается, что такие переживания служат обратной связью для ожиданий и прогнозов, оценивают их точность и регулируют ожидания так, чтобы более подтвержденные из них использовались вновь. Когда ошибка прогнозирования все время возрастает, то есть ожидания все больше и больше расходятся с получаемой информацией, человек испытывает негативное эмоциональное переживание; когда же ошибка прогнозирования снижается, ожидания больше соответствуют реальности, человек испытывает положительное переживание. Однако система вознаграждения неравновесная: более точные ожидания получают при подтверждении меньше положительной обратной связи, чем менее точные, более вероятностные. Это связано с тем, что системе необходимо постоянно меняться, а некоторые из изменений могут произойти очень быстро, и система должна подготовиться к этому. Если бы система была равновесной, то ожидания изменялись бы медленно, существенно затрудняя адаптацию.

Вопрос о роли ожиданий в процессе решения задач обсуждался в работе М. Билялича с коллегами (Bilalić et al., 2019). Они сравнили эффективность решения задач и степень переживания инсайтности у людей, не обладающих и обладающих специальными знаниями (шахматисты). В результате шахматисты лучше решали инсайтную задачу, связанную с шахматами, в сравнении с испытуемыми, не обладающими подобными знаниями. При этом такие параметры ага-переживания, как удивление, удовольствие и внезапность, у них значимо снижались, а уверенность в найденном решении, напротив, была выше.

Основная цель нашей работы — понять, почему окончание инсайтного решения сопровождается какими-либо эмоциями. Мы *предполагаем*, что сила ага-переживания обусловлена точностью ожидания целевого состояния задачи. В начале решения инсайтных задач ожидания испытуемых настолько сильно разойдутся с правильным ответом, что не только не будет возникать ага-реакция, но даже будут наблюдаться негативные эмоции. Это связано с тем, что у испытуемого выросла ошибка предсказания об условиях, которые казались ему устойчивыми и однозначно интерпретируемыми (а именно на этом принципе строятся инсайтные задачи). При дальнейшем решении подобных задач система предсказаний испытуемых корректируется: испытуемые научаются предсказывать решение задачи, строят более близкие к ответу ожидания. Ожидания при этом носят имплицитный характер, испытуемые не осознают, что выработалось новое знание, помогающее справляться со схожими заданиями. В этой ситуации ошибка предсказания снижается, а значит, возникает положительное эмоциональное переживание, или ага-реакция. Однако предсказания испытуемых неидеальны, что обеспечивает положительное подкрепление. Впоследствии (при неоднократном решении схожих по принципу инсайтных задач) решение не будет сопровождаться эмоциями. Ожидания испытуемого и решение задачи совпадают полностью, задача кажется очевидной,

в ней отсутствует удивление, разные аспекты которого и подкреплялись эмоциональными реакциями. В таком случае ожидания могут становиться эксплицитными, испытуемые могут вербализовать выработанный принцип решения.

Методика

Выборка составила: 1) в контрольной группе 31 человек (22 женщины) в возрасте от 18 до 56 ($M=25.4$, $SD=11.4$); 2) в экспериментальной группе 31 человек (24 женщины) в возрасте от 18 до 42 ($M=22.6$, $SD=6.3$).

Материалы. В ЭГ мы использовали серию из 8 инсайтных задач, поиск решения которых осуществляется по одному принципу. В качестве принципа был выбран вариант, где решение связано с анализом букв. Например, как в задаче: «Имеется одна в минуте и две в моменте, но только одна в миллион лет. Что это?» Последняя (восьмая) задача при этом была критической и решалась иным способом, отличным от установочных семи задач. Для этой цели мы использовали задачу: «Человек выпрыгнул из самолета без парашюта. Он приземлился на твердый грунт, но остался невредимым. Почему?» Все задачи внешне различались, чтобы испытуемый не смог догадаться о том, что они решаются сходным образом. В КГ также использовалось 8 инсайтных задач, но их принцип решения был различен. Типичным примером задачи данной группы является: «У трех врачей есть брат Сергей, а у Сергея братьев нет. Как такое может быть?» КГ необходима для проверки того, что эмоциональные эффекты, полученные в ходе серии, связаны с изменением ожиданий о принципе решения, а не с общим научением решению инсайтных задач. Последняя (восьмая) задача в данной группе решалась по тому же принципу, что и задачи из ЭГ, то есть требовала анализа букв. Это была задача: «У арфы их четыре, у гитары и домбры по шесть, а у виолончели все 10. Что это?» Данная задача не использовалась в ЭГ. Задачи в группах были уравнены по сложности, которая оценивалась по среднему времени решения.

Мы также использовали опросник для оценки субъективных переживаний испытуемых о процессе решения задачи. За основу мы взяли опросник А. Данек и Дж. Уайли (Danek, Wiley, 2017), в который внесли ряд изменений. В результате опросник содержал следующие шкалы: «Удовольствие», «Неудовольствие», «Удивление», «Внезапность», «Уверенность», «Ожидание». Шкала «Ожидание» использовалась в данном исследовании впервые и была сформулирована следующим образом: «Я ожидал, каким будет решение задачи, ожидал (1) / не ожидал (7)». Все шкалы оценивались от 1 до 7, где 1 — полюс неинсайтного решения, 7 — полюс инсайтного решения. Соответственно, если в шкале «Ожидание» испытуемый выбирал оценку, близкую к 1, его ожидания считались эксплицитными, если ближе к 7 — ожидания отсутствуют или имплицитны.

Процедура. Испытуемый случайным образом распределялся в одну из групп — контрольную или экспериментальную. В обеих группах испытуемые решали все предложенные им задачи, а после решения каждой из них оценивали свои субъективные переживания. Последовательность предъявления задач рандомизировалась, кроме последней (восьмой) задачи, позиция которой

была закреплена. Время решения каждой задачи ограничивалось 5 минутами. Если испытуемый не решал задачу за указанное время, ему сообщали ответ, после чего он заполнял опросник.

Гипотезы. Мы предполагаем, что более высокая инсайтность решения (определяемая как средний балл по шкалам «Удовольствие», «Удивление», «Внезапность», «Уверенность») будет наблюдаться для решения: 1) задач контрольной группы (КГ) в сравнении с задачами 6–7 из экспериментальной группы (ЭГ); 2) задач 2–5 ЭГ. Остальные задачи получают значимо более низкие оценки инсайтности решения. Критическая задача (№ 8) получит более высокие оценки инсайтности в ЭГ при сравнении с предыдущей (№ 7). Время решения задач при этом будет демонстрировать немного иную динамику: 1) в КГ: время решения не будет значимо изменяться; 2) в ЭГ: а) время решения будет снижаться вплоть до седьмой по порядку задачи; б) время критической задачи (№ 8) будет значимо выше, чем время задачи № 7.

Результаты

Полученные данные были предварительно проверены на нормальность распределения и гомогенность дисперсий в имеющихся группах. После этого мы проанализировали время решения и оценки по субъективным шкалам с помощью смешанной ANOVA с поправкой Гринхауса–Гейссера. В данном случае приводятся результаты для успешных и неуспешных попыток решения, но анализ успешных попыток, не вошедший в данную работу, в целом повторяет приведенные результаты. Анализ времени решения 8 задач (см. рис. 1) показал, что есть значимое влияние фактора *последовательности решения задач*, $F(6.1, 310.2) = 6.39, p < .001, \eta_p^2 = .111$; но отсутствуют различия между группами, $F(1, 51) = 0.04, p = .842, \eta_p^2 = .001$.

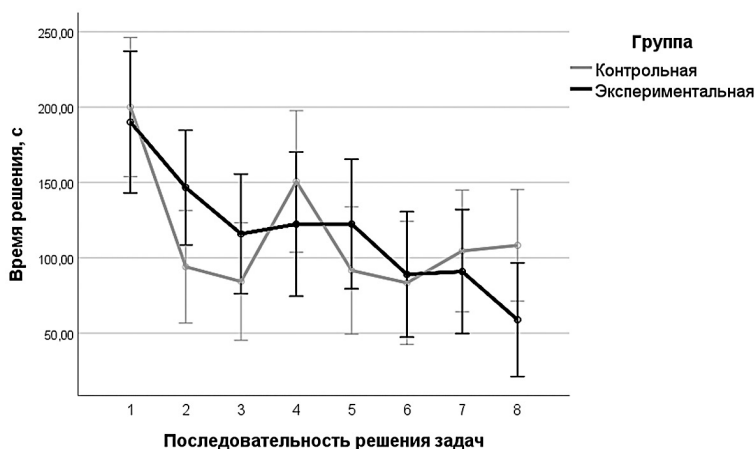


Рисунок 1. Изменение среднего времени решения инсайтных задач в КГ и ЭГ. Вертикальными линиями отмечена стандартная ошибка (SE)

Мы также сравнили время решения в КГ для первой ($M=192.3$, $SD=127.5$) и восьмой ($M=103.5$, $SD=108.4$) задач с помощью парного t -критерия и получили значимые различия между ними, $t(29)=3.39$, $p=.002$, $r=.35$. При сравнении первой ($M=188$, $SD=116.8$) и седьмой ($M=86.6$, $SD=98.7$) задач в ЭГ время решения значимо снизилось к седьмой задаче, $t(27)=3.77$, $p<.001$, $r=.425$. Однако сравнение задач 7 ($M=80.9$, $SD=95.5$) и 8 ($M=56$, $SD=73.2$) не показало между ними значимых различий, $t(30)=1.25$, $p=.222$. Этот факт противоречит выдвинутой нами гипотезе.

Анализ шкалы «Ожидание» показал, что есть значимое влияние фактора *последовательности решения задач*, $F(5.8, 296.4)=2.49$, $p=.024$, $\eta_p^2=.047$; но отсутствуют различия между группами, $F(1, 51)=0.77$, $p=.383$, $\eta_p^2=.015$. При сравнении ожиданий для первой ($M=4.4$, $SD=2.3$) и седьмой ($M=3.5$, $SD=2.2$) задач КГ мы получили отсутствие значимых изменений, $t(30)=1.76$, $p=.088$; в то время как в ЭГ ожидания значимо снизились для первой ($M=4.2$, $SD=2.3$) и седьмой ($M=2.9$, $SD=2.1$) задач, $t(27)=2.83$, $p=.009$, $r=.285$. Ожидания не различаются для задач 7 ($M=2.8$, $SD=2$) и 8 ($M=2.7$, $SD=1.9$) ЭГ, $t(30)=0.3$, $p=.763$. Таким образом, в ЭГ решение стало более ожидаемым к концу серии задач.

Мы проанализировали инсайтность решения, складывающуюся из усреднения шкал удовольствия, удивления, уверенности и внезапности. Процедура оценки инсайтности была аналогична работе А. Данек и Дж. Уайли (2017), но в данном случае мы использовали усреднение баллов, а не их сумму. Динамику изменений мы также проанализировали с помощью смешанной ANOVA с поправкой Гринхауса – Гейссера (см. рис. 2). Анализ показал, что инсайтность не зависит от: а) последовательности решения задач, $F(6.3, 322.9)=1.53$, $p=.39$, $\eta_p^2=.02$; б) типа группы, $F(1, 51)=0.22$, $p=.64$, $\eta_p^2=.004$. Сравнение средней инсайтности задач КГ ($M=4.8$, $SD=0.7$) со средней инсайтностью задач № 6–7 ЭГ

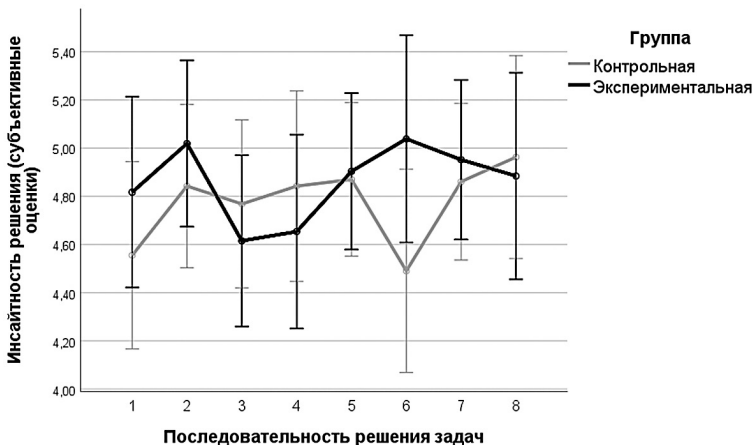


Рисунок 2. Изменение средней инсайтности решения задач в КГ и ЭГ. Вертикальными линиями отмечена стандартная ошибка (SE)

($M = 5$, $SD = 0.8$) не показало значимых различий, $t(60) = -0.92$, $p = .364$. Анализ отдельных шкал опросника также не выявил значимых изменений. При анализе корреляции между средней инсайтностью решений и средним ожиданием не было обнаружено значимых эффектов, $r(62) = .246$, $p = .054$.

Обсуждение и выводы

В данной работе мы хотели понять, почему окончание инсайтного решения сопровождается эмоциями и может ли характер их проявления быть связан с ожиданиями. Однако наши предположения не были подтверждены. Все задачи, вне зависимости от того, решались они схожим или различным образом, демонстрировали снижение времени решения к концу эксперимента. Этот факт, как и отсутствие различий между группами, вероятно, говорит о том, что испытуемые научаются решению задач в целом, а не извлекают специфическое знание, соответствующее только одному типу задач. Извлеченные ими знания или общие эвристики одинаково эффективно помогают в решении как схожих, так и различных задач.

Инсайтность решения не изменилась в процессе решения задач. Испытуемые одинаково положительно реагировали на решение как различных, так и схожих по принципу решения задач. Количество решенных задач также не имело значения: если испытуемый решал задачу, он испытывал ага-переживание и оценивал задачу как инсайтную. Этот результат может говорить о том, что решение инсайтных задач чаще всего сопровождается инсайтными переживаниями, которые не зависят от степени ожидания решения. Данный результат подтверждается и тем фактом, что корреляции между инсайтностью решения и степенью ожидания не было обнаружено.

Литература

Bilalić M., Graf M., Nemanja V., Danek A.H. When the solution is on the doorstep: Better solving performance, but diminished aha! experience for chess experts on the mutilated checkerboard problem // *Cognitive Science*. 2019. Vol. 43. No. 8. P. e12771. <http://dx.doi.org/10.1111/cogs.12771>

Chetverikov A., Kristjánsson Á. On the joys of perceiving: Affect as feedback for perceptual predictions // *Acta Psychologica*. 2016. Vol. 169. P. 1–10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.05.005>

Clark A. Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science // *Behavioral and Brain Sciences*. 2013. Vol. 36. No. 3. P. 181–204. <http://dx.doi.org/10.1017/s0140525x12000477>

Danek A.H., Wiley J. What about false insights? Deconstructing the aha! experience along its multiple dimensions for correct and incorrect solutions separately // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 7. No. 2077. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.02077>

WAITING FOR A MIRACLE: EMOTIONS, EXPECTATIONS, AND INSIGHT PROBLEMS

A.D. Savinova*, S.U. Korovkin
anuta1334@yandex.ru
P.G. Demidova YSU, Yaroslavl

Abstract. We aimed to test the idea that emotions experienced at the end of insight problem solving are related to expectations about the solution. We assume that emotions change depending on expectations: when expectations are not formed, the problem is new for the solver, and his solution will not be accompanied by an Aha! experience but rather negative emotions are present. If the solver continues to solve similar problems, expectations will accumulate, and the solution will be accompanied by an Aha! experience. If the solver solves similar problems repeatedly, the solution will cease to be accompanied by positive emotions. Solution times will show a different pattern: the more similar problems the participant solves, the less time he will spend. To test this, we recruited two groups of participants who solved (1) different insight problems (control) and (2) problems based on one principle (experimental). We measured solution times and insightfulness. Our results revealed a decrease in solution time in both groups. The groups did not differ either in insightfulness or in solution times, which we attribute to the fact that participants created expectations and learned how to solve problems in general, and did not extract specific knowledge for one type of problem.

Keywords: insight, insight problem, insight problem solving, expectation, anticipation

Research supported by grant RSF project No 18-78-10103.

ДВА КОНФЛИКТА ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ГЭМБЛИНГ-ЗАДАЧЕ: ПУПИЛЛОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

К.Э. Сайфулина* (1), Г.Л. Козунова (1), В.А. Медведев (1), Б.В. Чернышев (1, 2)

kseniasayfulina@gmail.com

1 — МЭГ-центр, МГППУ, Москва; 2 — МГУ им. Ломоносова, Москва

Аннотация. В своем исследовании мы создали условия для реализации двух стратегий поведения — исследования и использования, — применив для этого гэмблинг-задачу с вероятностным подкреплением, где одна альтернатива приносила выигрыш чаще, чем другая (70 % и 30 %). Во время исследования мы регистрировали площадь зрачка. Испытуемым многократно предъявлялись пары стимулов, они выбирали один из них, нажимая на кнопку, и получали за выбор очки. Мы анализировали периоды эксперимента, в которых участники усвоили, какой из стимулов выгоднее. Невыгодные выборы мы считали проявлением стратегии исследования, а выгодные — стратегии использования. Мы обнаружили, что эффекты перехода к исследованию — а именно расширение зрачка относительно значения при стратегии использования — начинаются еще в предыдущей пробе за 450 мс до реакции и продолжаются до конца следующей. Можно предположить, что такое расширение зрачка связано с конфликтом между реакцией, которую диктует прагматическая модель, и противоречащей ей. Кроме того, мы обнаружили, что, если в предыдущей пробе был выигрыш, а испытуемый в следующей пробе переключился на другой стимул, зрачок также был расширен относительно значения без переключения. Этот результат можно понимать как проявление конфликта между выбранной реакцией и той, к которой толкает обратная связь.

Ключевые слова: пупиллометрия, стратегии исследования и использования, гэмблинг-задача, конфликт выбора, прагматическая модель, норадреналин

Исследование поддержано Российским научным фондом, грант № 20-18-00252.

Введение

Одной из активно изучаемых тем в когнитивной нейронауке является баланс исследования и использования при принятии решений в вероятностной среде. В повседневной жизни мы часто сталкиваемся с выбором между этими двумя стратегиями поведения — например, когда решаем, взять в кафе любимое пирожное или попробовать что-то новое. Так, стратегия использования — это выбор знакомого варианта поведения, который, согласно опыту, приносит гарантированное или высоковероятное вознаграждение (Lee et al., 2011). Стратегия исследования направлена на сбор информации о тех редко выбиравшихся опциях, которые по результатам предыдущего опыта оценены как невыгодные, но в отношении которых сохраняется высокая

неопределенность; в ситуациях, приближенных к реальности, такое поведение является адаптивным, и в долгосрочной перспективе оно может повысить суммарное вознаграждение (Dezza et al., 2017). Такое стремление к получению информации является неотъемлемым свойством живых саморегулирующихся систем (Friston et al., 2015). Из-за «невыгодности» выбираемой опции реализация стратегии исследования должна сопровождаться конфликтом при принятии решения и оценке результатов выбора.

Две этих стратегии ассоциированы с разными режимами активности голубого пятна (основного источника норадреналина в головном мозге). Повышенная фоновая активность голубого пятна отражается в расширении зрачка (Hayes, Petrov, 2016), что позволяет использовать диаметр зрачка как коррелят норадренергической активности голубого пятна.

Одной из популярных методик для изучения баланса стратегий исследования и использования является «многорукий бандит» — задача с выбором из нескольких опций, например кнопок, с разной вероятностью выигрыша (Steyvers, Lee, 2009). Чаще всего используется вариант «беспокойный бандит», в котором средний выигрыш у опций со временем меняется. В данном варианте задачи испытуемого «толкают» на переход к стратегии исследования, так как долгое использование одной кнопки — постоянная стратегия использования — неэффективна в изменяющейся среде. Нивенхейс с коллегами, используя такую задачу, показали, что переходу от стратегии использования к стратегии исследования предшествует расширение зрачка (Jerma, Nieuwenhuis, 2011); Хайс и Петров обнаружили, что при исследовании зрачок расширен относительно использования, причем разница начинает проявляться при переходе и сохраняется еще секунды после периода исследования (Hayes, Petrov, 2016). Итак, остается не вполне ясным, когда начинаются и когда заканчиваются зрачковые эффекты перехода к стратегии исследования. Одна из целей нашей работы — проверить, проявляются ли такие эффекты в пробах, соседствующих с выборами, реализующими стратегию исследования. Для этого мы использовали гэмблинг-задачу с двумя альтернативами и неизменными условиями подкрепления — такие условия позволяют избежать проблем «беспокойного бандита», а именно дискомфорта от постоянных изменений, влекущих «загрязнение» эффектов стратегии исследования негативными эмоциональными реакциями. Кроме того, мы поставили цель изучить влияние обратной связи, предположив, что выигрыш должен толкать к повторному выбору той же альтернативы, а проигрыш — к переключению на другую. Значит, если испытуемый делает выбор, противоположный диктуемому, у него должен проявляться конфликт между двумя реакциями, что будет отражаться в расширении зрачка (Laeng et al., 2011).

Методика

В исследовании участвовали 97 здоровых испытуемых в возрасте от 18 до 45 лет (сред. возраст 23 года, ст. откл. 6.5 лет), из них 52 женщины. Мы использовали задачу с вероятностной обратной связью. Испытуемым многократно предъявлялась для выбора пара стимулов: два иероглифа Хира-

гана. Одна фигура приносила выигрыш в 70 % случаев, другая — в 30 %. Через 1000 мс после выбора предъявлялось количество полученных очков. Очки суммировались, в конце эксперимента испытуемый получал равное сумме вознаграждение. Эксперимент состоял из 5 блоков по 40 предъявлений, отличающихся друг от друга формой стимулов и схемой подкрепления (+20/0 (I), 0/–20 (II), 50/+20 (III), –20/–50 (IV), 20/–20 (V)). Испытуемым сообщали, что какая-то из фигур приносит выигрыш чаще, но не давали указаний насчет стратегии выбора. Испытуемые располагались сидя перед экраном и выбирали стимулы, нажимая на одну из двух кнопок. Общая продолжительность исследования составляла около 40 минут. Для подачи стимулов и записи ответов использовали программу Presentation (Neurobehavioral Systems, U.S.A.). Площадь зрачка регистрировали при помощи айтрекера Eyelink 1000 Plus (SR Research Ltd., Canada) с частотой дискретизации 1000 Гц. Для анализа были выбраны периоды эксперимента, в которых испытуемые демонстрировали успешное усвоение правил (критерием было 4 выгодных выбора подряд и не менее 65 % выгодных выборов до конца блока). Статистический анализ проводился в среде R studio (Version 3.6.3; R Core Team, 2020), для анализа площади зрачка была использована линейная модель со смешанными эффектами. В первой модели анализировалась временная динамика изменения площади зрачка на интервале от –1000 до 2200 мс относительно реакции, разбитом на промежутки длиной 50 мс. В качестве фиксированного фактора был взят тип пробы. Всего было выделено четыре типа проб: нериск — выгодный выбор между двумя выгодными, предрииск — выгодный выбор после выгодного перед невыгодным; риск — невыгодный выбор между двумя выгодными; пострииск — выгодный выбор после невыгодного перед выгодным. В качестве случайных эффектов мы включили факторы испытуемого, схемы подкрепления и номера блока. Были проведены попарные сравнения (критерий Тьюки) между уровнями фактора, а *p*-значения были скорректированы с применением поправки FDR. Вторая модель была построена для интервала 1–1000 мс и включала два фиксированных эффекта: знак предыдущей обратной связи (выигрыш и проигрыш) и тип пробы. Типы проб были определены по-новому: повторный невыгодный выбор, повторный выгодный, переходный невыгодный (невыгодный выбор после выгодного) и переходный выгодный (выгодный после невыгодного); такое деление лучше подходило для анализа влияния обратной связи на переход к другой альтернативе. Случайные эффекты были те же, что в предыдущем анализе. Оценка значимости факторов осуществлялась с расчетом степеней свободы путем аппроксимации по методу Саттертуэйта с использованием суммы квадратов типа III, *post-hoc* сравнения проводились с помощью теста Тьюки.

Результаты

Применение линейной модели со смешанными эффектами на интервалах по 50 мс показало, что фактор типа пробы значим на протяжении всей пробы, от –1000 до 2200 мс относительно реакции. Попарно сравнивая типы проб с использованием критерия Тьюки, мы увидели, что зрачок в предриске значимо шире, чем в нериске, на всех интервалах, начиная от –450 мс отно-

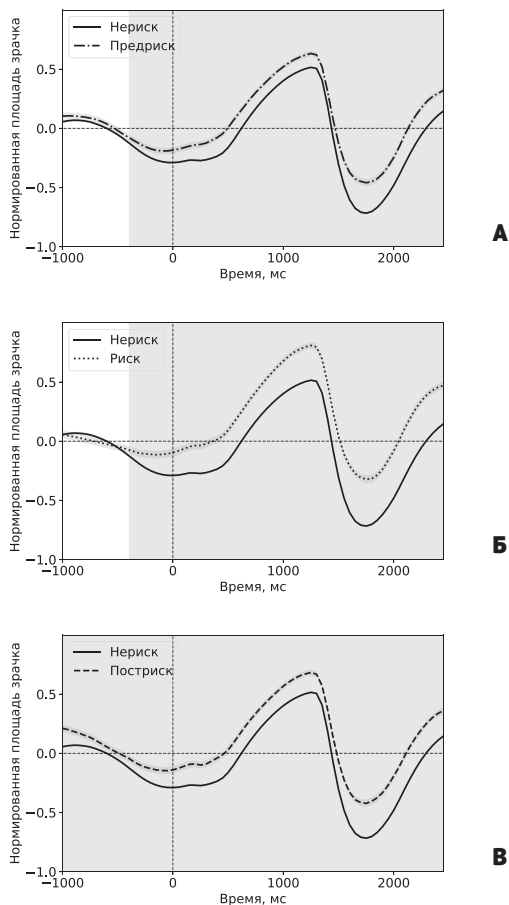


Рисунок 1. Сравнение временной динамики площади зрачка в течение пробы для разных типов проб: а) — нериск и предриск; б) — нериск и риск; в) — нериск и постриск. Серым обозначены интервалы значимых ($p < .05$) различий по критерию Тьюки после поправки FDR на время

сительно реакции (рис. 1а). То есть зрачок начинает расширяться уже в пробе, предшествующей переходу к невыгодному выбору, причем даже раньше реакции. Зрачок в случае риска — в пробе с невыгодным выбором — был достоверно шире, чем в случае нериска, также на всем интервале после -450 мс относительно реакции (рис. 1б). Зрачок в постриске был достоверно шире, чем в нериске, на всех интервалах (рис. 1в).

Анализ на интервале $1 - 1000$ мс относительно реакции выявил, что на площадь зрачка значимо влияют тип пробы ($p < .001$) и предыдущая обратная связь ($p = .004$). Сравнения критерием Тьюки по обратной связи внутри типа блока

показали, что в переходных пробах — выгодном выборе после невыгодного ($p < .01$) и наоборот ($p < .05$) — зрачок шире, если в предыдущей пробе был выигрыш (рис. 2). В случае повторных выборов таких различий не наблюдается.

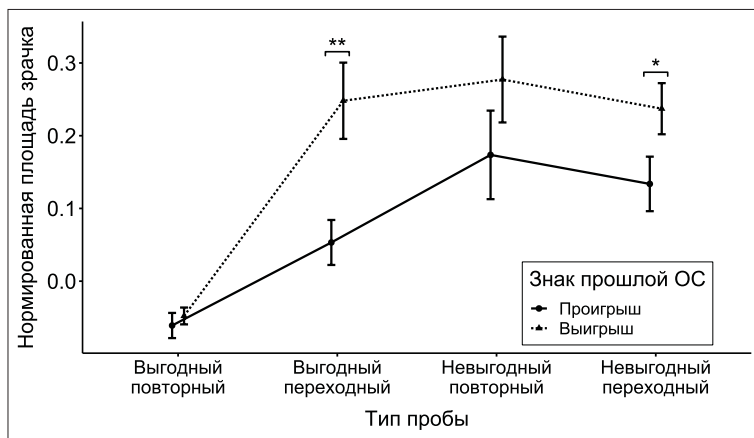


Рисунок 2. Сравнение площади зрачка по типу обратной связи в предыдущей пробе

Обсуждение и выводы

Мы выяснили, что зрачок расширен относительно выборов, относящихся к стратегии использования (выгодных), как в самих выборах, реализующих стратегию исследования (невыгодных) выборах, так и в соседних с ними пробах; расширение начинается еще до реакции в предыдущей пробе и продолжается как минимум до конца следующей пробы. То, что эффект продолжается в следующей пробе, соотносится с данными Хайса и Петрова (Hayes, Petrov, 2016), но мы получили более раннее расширение зрачка. Это соответствует результатам Нивенхейса с соавторами (Jerma, Nieuwenhuis, 2011). Наши результаты говорят о том, что подготовка к переключению на стратегию исследования начинается заранее, а после реализации идет постобработка сделанного выбора. Для стратегии исследования самой по себе характерен расширенный зрачок относительно стратегии использования (Hayes, Petrov, 2016) из-за разных режимов работы голубого пятна, но еще одним объяснением может быть конфликт (Laeng et al., 2011), возникающий между двумя реакциями: либо выбрать стимул, который чаще приносит выигрыш (то есть поступать согласно прагматической модели, сформированной в процессе научения методом проб и ошибок); либо выполнить реакцию, направленную на сбор информации о второй альтернативе, то есть на поиск скрытых закономерностей. В пользу интерпретации полученного эффекта как конфликта в момент принятия решения говорит то, что эффект расширения зрачка был физическим, а не тоническим, и начинался непосредственно перед совершением поведенческого ответа, то есть был привязан к моменту принятия решения.

Кроме того, концепция конфликта позволяет объяснить обнаруженное различие площади зрачка в переходных выборах в зависимости от обратной связи: если испытуемый выиграл, но в следующей пробе переключается на другой стимул, у него возникает конфликт между выбранной реакцией и той, к которой толкает обратная связь («если выиграл, то останься»). Толкать к повторению «удачного» выбора может механизм «научения с подкреплением».

Таким образом, наши результаты можно интерпретировать как проявление в гэмблинг-задаче двух конфликтов разного рода: конфликта с прагматической моделью при переходе к невыгодному выбору и конфликта с предыдущей обратной связью в случае перехода на другой стимул. Объяснение, почему конфликт проявляется в расширении зрачка, может быть следующим: общепризнано, что в детекции конфликтов определяющую роль играет передняя поясная кора (Botvinick et al., 2004). Поясная кора проецируется к голубому пятну и способна модулировать его активность, что, в свою очередь, может отражаться на ширине зрачка. Возникновение таких конфликтов говорит о том, что принятие решения о совершении исследовательского выбора происходит не под влиянием полученных сигналов обратной связи за предыдущие выборы, а вопреки им, по проактивному механизму.

Литература

- Botvinick M.M., Cohen J.D., Carter C.S. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: An update // *Trends in Cognitive Sciences*. 2004. Vol. 8. No. 12. P. 539 – 546. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.003>
- Dezza I.C., Yu A.J., Cleeremans A., Alexander W. Learning the value of information and reward over time when solving exploration-exploitation problems // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 16919. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-17237-w>
- Friston K., Rigoli F., Ognibene D., Mathys C., Fitzgerald T., Pezzulo G. Active inference and epistemic value // *Cognitive Neuroscience*. 2015. Vol. 6. No. 4. P. 187 – 214. <http://dx.doi.org/10.1080/17588928.2015.1020053>
- Hayes T.R., Petrov A.A. Pupil diameter tracks the exploration–exploitation trade-off during analogical reasoning and explains individual differences in fluid intelligence // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2016. Vol. 28. No. 2. P. 308 – 318. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.a.00895>
- Jepma M., Nieuwenhuis S. Pupil diameter predicts changes in the exploration–exploitation trade-off: Evidence for the adaptive gain theory // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2011. Vol. 23. No. 7. P. 1587 – 1596. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2010.21548>
- Laeng B., Ørbo M., Holmlund T., Miozzo M. Pupillary Stroop effects // *Cognitive Processing*. 2011. Vol. 12. No. 1. P. 13 – 21. <http://dx.doi.org/10.1007/s10339-010-0370-z>
- Lee M.D., Zhang S., Munro M., Steyvers M. Psychological models of human and optimal performance in bandit problems // *Cognitive Systems Research*. 2011. Vol. 12. No. 2. P. 164 – 174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogsys.2010.07.007>
- Steyvers M., Lee M.D., Wagenmakers E.-J. A Bayesian analysis of human decision-making on bandit problems // *Journal of Mathematical Psychology*. 2009. Vol. 53. No. 3. P. 168 – 179. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmp.2008.11.002>

TWO CONFLICTS IN THE GAMBLING TASK: A PUPILLOMETRIC STUDY

K.E. Sayfulina* (1), G.L. Kozunova (1), V.A. Medvedev (1), B.V. Chernyshev (1, 2)
kseniasayfulina@gmail.com

1 — MEG Centre, Moscow State University of Psychology
and Education, Moscow; 2 — MSU, Moscow

Abstract. In this study, we used the gambling task suited for studying the balance between two behavioral strategies: the exploration-exploitation trade-off. The task is characterized by probabilistic reinforcement, with one alternative rewarded more often than the other (70 % and 30 %). During the experiment, we measured participants' pupil area. The subjects were repeatedly presented with stimuli pairs, then made their choice by a button press and received points. We analyzed the periods after learning. Disadvantageous choices were considered as exploratory, and advantageous ones as exploitative. We found that the effects of a strategy switch from exploitation to exploration — namely, pupil dilation — began in the previous trial, 450 ms before the reaction, and continued until the end of the next trial. We assume that such pupil dilation is associated with a conflict between the reaction dictated by the pragmatic model and the one that contradicts it. We also found that if the subject switched to the other stimulus after a gain in the previous trial, the pupil was also dilated relative to the absence of switching. This result can be understood as a manifestation of the conflict between the chosen reaction and the one to which the feedback pushes.

Keywords: pupillometry, exploration and exploitation, gambling task, response conflict, utility model, norepinephrine

Supported by Russian Science Foundation grant #20-18-00252.

ЗАПОМИНАЮТСЯ ЛИ ЛУЧШЕ ГЛАВНЫЕ ЧЛЕНЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ СО ВТОРОСТЕПЕННЫМИ?

Е.И. Селиванова*, В.Ф. Спиридонов

selena3155@mail.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной
службы при Президенте Российской Федерации, Москва

Аннотация. Согласно генеративной грамматике Ноама Хомского, предложение имеет иерархическое строение, где агент, совершающий действие (подлежащее в структуре предложения), занимает более высокое положение, чем второстепенные члены. Можно предположить, что такое соотношение даст о себе знать и при обработке русскоязычных предложений: преимущество также должны иметь главные члены предложения. Они должны быть выделены и удерживаться в памяти для адекватного понимания, поскольку с ними согласуются остальные члены предложения. Мы исследовали данное теоретическое предположение, используя классическую процедуру метода «Да – Нет», разработанную в рамках теории обнаружения сигнала. Испытуемым зачитывался текст. Прослушав его, они получали список слов и должны были ответить, какие слова из этого списка присутствовали в тексте. Нами были разработаны два варианта текста: в первом варианте 15 слов из 15 пар синонимов занимали позицию подлежащего, а другие 15 — дополнения. Во втором варианте текста те же слова занимали обратные позиции: первые 15 слов — позицию дополнения, вторые 15 — подлежащего. Эксперимент показал отсутствие значимых различий в количестве успешных воспроизведений существительных в позиции подлежащего и дополнения, а также отсутствие значимых различий в значениях меры чувствительности d' и критерия принятия решения C в этих же случаях. Таким образом, предложенная «ранним» Хомским механика работы языка не была выявлена нами на данном материале.

Ключевые слова: психолингвистика, генеративная грамматика, когнитивные механизмы обработки языка, теория обнаружения сигнала, критерий принятия решения

Введение

В когнитивной психологии и психолингвистике существует устойчивая традиция экспериментальной проверки лингвистических теорий. Несмотря на свой весьма условный характер, подобные изыскания направлены на проверку того, соответствует ли та или иная лингвистическая теория реальным когнитивным механизмам работы языка. Несомненно, теорией, привлекающей наибольшее внимание психологов и психолингвистов, является генеративная грамматика Ноама Хомского (generative grammar).

Согласно раннему варианту этой модели, основа основ — глубинные синтаксические структуры, которые, будучи трансформированы с помощью специальных правил, ответственны за порождение любого корректного предложения на естественном языке. Лексические единицы выступают лишь в качестве «строительного материала», из которого производится сборка (Chomsky, 1956, 1959, 2002). Опираясь на анализ Хомского, мы можем разбить предложение на составные части и реконструировать процесс его порождения. Предложение («Человек взял книгу») может быть сначала разделено на именную группу (NP) и глагольную группу (VP). В нашем примере NP включает «человека», а VP может быть разделена на V и NP, которые могут быть разбиты на «взял» и «книга» соответственно (Behme, 2014). Структура предложения имеет иерархическое строение, где агент, совершающий действие (подлежащее в структуре предложения), занимает более высокое положение, чем второстепенные члены предложения. Порождение предложения можно описать как процесс, идущий «сверху вниз»: последовательное заполнение указанных «слотов» (функциональных мест), начиная с главных членов предложения. Понятно, что по ходу дела учитываются ограничения и требования, накладываемые поверхностным синтаксисом (русского) языка.

Однако остается нерешенным вопрос, является ли данная иерархическая модель порождения предложений реальным механизмом работы языка. Сам Хомский был против такой трактовки, но это не мешает нам допустить реалистический характер его теории (Спиридонов, Эзрина, 2014). Выбор раннего варианта диктуется чисто техническими удобствами. Если теория Хомского верна, то при обработке предложений преимущество должны иметь главные члены предложения. Ведь для адекватного понимания они должны быть выделены и удерживаться в памяти, поскольку с ними согласуются остальные члены предложения. В нашей работе мы выдвинули следующую гипотезу: существительные, занимающие позицию подлежащего, будут запоминаться успешнее, чем те же существительные, но в позиции второстепенных членов предложения.

Методика

Для проверки экспериментальной гипотезы нами был составлен текст объемом 2500 символов, который предъявлялся испытуемым на слух. Фрагмент данного текста для группы 1 представлен ниже: «...Не стало той ужасной зимней стужи, которая вселяла в меня глубокое чувство волнения. Спускаясь вдоль опушки сосновой рощи, я на мгновение прислонился к стволу, закрыл глаза и вдруг ощутил и тепло солнечных лучей на сомкнутых веках, и трели жаворонков, и шум деревьев на ветру, похожий на гул прибора. С холма горизонт прекрасно просматривался. Пашня выглядела промерзшей, но прекрасной. Бор постепенно начинал как будто оживать. Этот миг был так чудесен, что у меня перехватило дыхание. Боясь нарушить молчание, я не двигался и с наслаждением осматривал пейзаж. Окрестности стали похожи на огромный бледно-зеленый ковер. ...». Выделены слова, входившие в синонимичные пары.

Нами были отобраны 15 пар синонимов, равных внутри пары по частотности согласно Национальному корпусу русского языка. Сами пары слов относились к двум частотным группам (больше и меньше 3500 вхождений в корпус). В зависимости от условия предъявления одно слово из пары занимало позицию подлежащего в тексте, а другое слово из пары — позицию дополнения (то есть второстепенного члена предложения). К примеру, первой экспериментальной группе предъявлялся текст, в котором слово «заморозок» являлось подлежащим, а слово «стужа» дополнением. Для второй экспериментальной группы слово «стужа», наоборот, являлось подлежащим, а «заморозок» — дополнением. Таким образом, в данной работе был реализован межсубъектный экспериментальный план. Примеры некоторых пар синонимов см. в табл. 1.

Таблица 1. Примеры синонимов

Слово	Синоним	Частотность
Стужа	Заморозок	~1000 вхождений
Тревога	Волнение	~6200 вхождений
Роща	Бор	~2000 вхождений
Мгновение	Миг	~5000 вхождений
Очарование	Обаяние	~1750 вхождений

Процедура исследования представляла собой классическую процедуру метода «Да – Нет», разработанную в рамках теории обнаружения сигнала. Испытуемым зачитывался текст. Прослушав его, они должны были ответить, какие слова из предложенного им списка присутствовали в тексте, а какие нет. Список слов состоял из 15 пар синонимов, описанных выше, а также 30 филлеров (слов, которые не присутствовали в тексте ни в какой форме).

Для экспериментального уравнивания нами был введен такой фактор балансировки, как порядок предъявления фрагментов текста. Текст был разбит на три равных фрагмента, которые при предъявлении чередовались местами. Результаты обработки показали отсутствие влияния данного фактора на количество запомненных слов ($F(2, 177) = 0.667, p > .05$).

В исследовании приняло участие 120 человек, студенты МГУПП, РАНХиГС и НИУ ВШЭ в возрасте от 18 до 24 лет: 36 юношей и 84 девушки ($M = 19.5$; $SD = 1.318$).

Мы сравнили успешность запоминания существительных, занимающих позицию подлежащего и дополнительного члена предложений (экспериментальные группы 1 и 2). T -критерий Стьюдента показал отсутствие значимых различий (для существительных, занимающих в первом варианте текста позицию подлежащего и позицию дополнительного члена предложения во втором варианте текста $T(58) = 0.242, p > .05$; для обратного случая — $T(58) = 0.121, p > .05$). Таким образом, позиция главного члена предложения (подлежащего) не дает существительному значительного преимущества при запоминании и воспроизведении.

Кроме того, нами был проведен расчет критерия C (критерий принятия решения), d' (мера чувствительности), а также $\ln\beta$ (отношение правдоподобия) для подлежащих и дополнений в обоих вариантах текста. Сравнение значений критерия C не выявило статистически значимых различий между первой и второй экспериментальными группами. Сравнение меры чувствительности d' также не выявило значимых различий между ними.

$\ln\beta$ характеризует то, во сколько раз правдоподобнее, что воспоминание, равное по величине значению C , будет вызвано значащим стимулом, чем стимулом пустым (а также характеризует положение критерия C и, следовательно, использованную испытуемыми стратегию принятия решения). С помощью критерия χ^2 мы сравнили количество испытуемых, у которых $\ln\beta$ имело значение больше или равно и меньше 0 (см. табл. 2). Статистически значимых различий в количестве испытуемых (и, соответственно, в использовании определенных стратегий принятия решения) мы не обнаружили ($\chi^2(1) = 2.000, p > .05$).

Таблица 2. Количество испытуемых с различной величиной $\ln\beta$

	Количество случаев, когда $\ln\beta \geq 0$	Количество случаев, когда $\ln\beta < 0$
Подлежащее	49	71
Дополнение	44	76

Таким образом, различные синтаксические позиции (подлежащего и дополнения) не приводили к использованию испытуемыми разных стратегий запоминания и воспроизведения.

Также нами было проведено сравнение успешности воспроизведений группы частотных и малочастотных слов. Вследствие ненормального распределения в одной из групп нами был использован U -критерий Манна – Уитни, который показал наличие значимых различий ($U = 54.5, p = .018$). Более частотные слова воспроизводились значимо успешнее, чем менее частотные.

Обсуждение результатов

Наши данные говорят о том, что существительные, находящиеся в позиции подлежащего, не запоминаются успешнее, чем существительные, находящиеся в позиции дополнения. Нами не было обнаружено различий ни в количестве успешных воспроизведений, ни в величине критерия C и меры чувствительности d' . Гипотеза о преимуществах, которые должны иметь в силу иерархической обработки предложения его главные члены (в нашем случае существительные в позиции подлежащего), не подтвердилась.

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что предложенная «ранним» Хомским механика работы языка не была выявлена на данном материале: в ходе обработки предложений подлежащие, с которыми согласуются остальные вспомогательные члены предложения, не получали преимущества при запоминании. Возможно, с учетом особенностей русского языка таким преимуществом мог бы обладать глагол в функции сказуемого.

Литература

Спиридонов В.Ф., Эзрина Э.В. Возможности эмпирической проверки грамматической теории Н. Хомского // Вестник РГГУ. 2014. Т. 130. № 8. / Московский лингвистический журнал Т. 16. С. 162–180.

Behme C. A 'Galilean' science of language // Journal of Linguistics. 2014. Vol. 50. No. 3. P. 671–704. <http://dx.doi.org/10.1017/s0022226714000061>

Chomsky N. On nature and language. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

Chomsky N. Reviews: Verbal behavior by B. F. Skinner // Language. 1959. Vol. 35. No. 1. P. 26–58.

Chomsky N. Three models for the description of language // IEEE Transactions on Information Theory. 1956. Vol. 2. No. 3. P. 113–124. <http://dx.doi.org/10.1109/tit.1956.1056813>

ARE THE PRINCIPAL MEMBERS OF A SENTENCE REMEMBERED BETTER THAN THE SUBORDINATE ONES?

E. I. Selivanova*, V. F. Spiridonov

selena3155@mail.ru

Russian Presidential Academy of National Economy
and Public Administration, Moscow

Abstract. According to Noam Chomsky's generative grammar, a sentence has a hierarchical structure, where the agent performing the action (the subject in the sentence structure) occupies a higher position than subordinate members. After all, they must be highlighted and held in memory for adequate understanding, since the rest of the sentence relies on them. We investigated this theoretical assumption using the classical "Yes–No" procedure of the Signal detection theory framework. Participants listened to a text. Then they were given a list of words and had to indicate which words were present in the text. In the first version of the text, 15 words from 15 pairs of synonyms occupied the position of the subject, with the other 15 as the object. In the second version of the text, the same words occupied the opposite positions. The experiment showed no significant differences in the successful recognition of nouns in the subject and object positions, as well as no significant differences in the values of the sensitivity measure d' and the decision criterion C in these cases. The mechanics of language operation proposed by early Chomsky were not revealed in our results.

Keywords: psycholinguistics, generative grammar, cognitive mechanisms of language processing, Signal detection theory, decision-making criterion

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЭГ-ОТВЕТА БЫСТРОЙ ОСЯЗАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРЕКРАЩЕНИЕ СТИМУЛЯЦИИ

И.В. Скороходов* (1, 2), М.А. Иванова (2), А.Н. Семиреченко (2),
О.Н. Ткаченко (2, 3), А.А. Варламов (1, 2)

iskor@live.com

1 – Лаборатория нейрокогнитивных исследований, АНО «Центр реабилитации инвалидов детства «Наш Солнечный Мир»; Москва, 2 – Лаборатория когнитивных и лингвистических исследований, Гос. ИРЯ им А.С. Пушкина, Москва; 3 – Лаборатория нейробиологии сна и бодрствования, ФГБУН ИВНД и НФ РАН, Москва

Аннотация. Данное исследование посвящено изучению вызванных потенциалов (ВП) ЭЭГ в ответ на медленные поглаживания кожи руки. Ранее проведенные исследования показали, что при восприятии медленных поглаживаний наблюдаются несколько поздних компонентов и комплексов ВП (поздний негативный компонент и сверхпоздний позитивный компонент), которые могут быть связаны как с ответом рецепторов быстрой осозательной системы кожной механорецепции (Аβ-система) на прекращение тактильной стимуляции, так и с обработкой ответа от рецепторов медленной эмоциональной системы (С-тактильная система). В ходе исследования оценивались поздние компоненты ВП ЭЭГ в ответ на медленные поглаживания предплечья руки мягкой кистью с усилием 0.8 Н и тремя различными скоростями (4, 5 и 6 см/с) с использованием установки роботизированной тактильной стимуляции. Было установлено, что латентность позднего негативного компонента для трех экспериментальных условий изменялась в соответствии с изменением момента времени отрыва кисти от руки и составляла приблизительно 500–600 мс с момента прекращения тактильной стимуляции; это позволяет предположить, что этот компонент связан с обработкой ответа рецепторов быстрой осозательной системы на прекращение стимуляции. Латентность сверхпозднего позитивного компонента не различалась для экспериментальных условий; таким образом, этот компонент, вероятно, отражает обработку ответа рецепторов С-тактильной системы, а его латентность (3200–3500 мс) соответствует задержке проведения импульса немиелинизированными волокнами С-тактильной системы.

Ключевые слова: тактильное восприятие, социальные тактильные контакты, ЭЭГ, вызванные потенциалы, кожная механорецепция, СТ-афференты, Аβ-афференты, off-ответ

Введение

В последние десятилетия было доказано существование у человека обособленной, «эмоциональной» системы механорецепции (С-тактильной системы) (McGlone et al., 2014). Она представлена немиелинизированными волокнами

типа С, иннервирующими кожные механорецепторы, которые оптимальным образом реагируют на медленные слабые прикосновения. Стимуляция С-тактильной системы вызывает положительные эмоции. Предположительно она поощряет социальные прикосновения (Варламов и др., 2019). Большая латентность ответа С-тактильной системы осложняет ее изучение методами электрофизиологии, а количество работ на эту тему исчисляется единицами. В предшествующих исследованиях (Варламов и др., 2021) была показана типичная форма вызванных потенциалов (ВП) ЭЭГ в ответ на поглаживания, включающих в себя ранний негативный компонент (ПНК, 600–900 мс), очевидно связанный с реакцией быстрой осязательной системы, и два комплекса компонентов, характерных только для медленных поглаживаний: второй, поздний негативный компонент (ПНК, 2200–2800 мс) и сверхпоздний позитивный компонент (СПК, 3000–4000 мс). Компоненты и с латентностью 2000–3000 мс (Ackerley et al., 2013), и с латентностью 3000–4000 мс (Haggarty и др., 2020) ранее связывались с активацией С-тактильной системы. Мы предположили, что ПНК является ответом быстрой осязательной системы на прекращение стимуляции и не связан с С-тактильной системой. Данное исследование направлено на проверку этого предположения. В соответствии с экспериментальной гипотезой, если ПНК является реакцией на завершение стимуляции (отрыв кисти), его латентность будет изменяться соответственно изменению времени отрыва.

Методика

В исследовании приняли участие 10 взрослых здоровых испытуемых, из них 5 мужчин и 5 женщин в возрасте от 25 до 34 лет (средний возраст 28,8, $SD=1.84$). В ходе экспериментальной процедуры испытуемым, сидевшим с закрытыми глазами, предъявлялись тактильные стимулы в виде поглаживания мягкой кистью по дорсальной поверхности левого предплечья при помощи установки роботизированной тактильной стимуляции. Стимулы предъявлялись в форме одиночных касаний силой 0.8 Н с тремя скоростями (4, 5 и 6 см/с). Межстимульный интервал был рандомизирован (4.5–5.5 с). Всего предъявлялось 159 стимулов. Латентность ВП отсчитывалась относительно начала стимуляции. Дополнительно при помощи программно-аппаратной синхронизации и высокоскоростной камеры был определен момент фактического прекращения стимуляции (отрыва кисти от руки); его среднее значение составляло приблизительно 1670, 1985 и 2455 мс для поглаживаний со скоростью 6 см/с, 5 см/с и 4 см/с соответственно.

ЭЭГ регистрировали с использованием усилителя «Энцефалан ЭЭГР 19/26» и 19-канальной шапочки с Ag/AgCl-электродами. Данные были обработаны при помощи Brain Vision Analyzer 2.2. Обработка включала полосовую фильтрацию (0.3 Гц – 35 Гц), удаление глазодвигательных артефактов с использованием метода независимых компонент и последующую сегментацию с удалением эпох, содержащих миографические, двигательные и иные артефакты. Поскольку наибольшая выраженность ПНК отмечалась по височным отведениям, для анализа использовались усредненные сигналы по отведениям Т3 и Т4.

Достоверность различий оценивалась для двух параметров ЭЭГ: для латентности пика ПНК (однофакторный дисперсионный анализ ANOVA с фактором *экспериментальное условие*, три уровня) и для средней амплитуды ВП для трех временных окон продолжительностью 200 мс (Luck, 2014), соответствующих пикам позднего негативного компонента для трех экспериментальных условий (рис 1) (двухфакторный ANOVA, *экспериментальное условие* [3] × *временной интервал* [3]).

Результаты

Анализ ANOVA для латентности ВП выявил значимые различия между средними латентностями пиков ПНК ($F(2, 18) = 6.68$, $p = .007$), показывающие, что наименьшая латентность наблюдается для 6 см/с, а наибольшая — для 4 см/с. Анализ амплитуды ВП также показал наличие значимого взаимодействия *экспериментальное условие* × *временной интервал* ($F(4, 36) = 3.51$, $p = .016$). Кроме того, были отмечены ранний негативный компонент (РНК, 400–1100 мс), амплитуда которого, как и в предшествующих исследованиях, была выше для более быстрых поглаживаний, и сверхпоздний позитивный компонент (СПК), латентность и амплитуда которого не различались в зависимости от скорости предъявления тактильного стимула.

Обсуждение

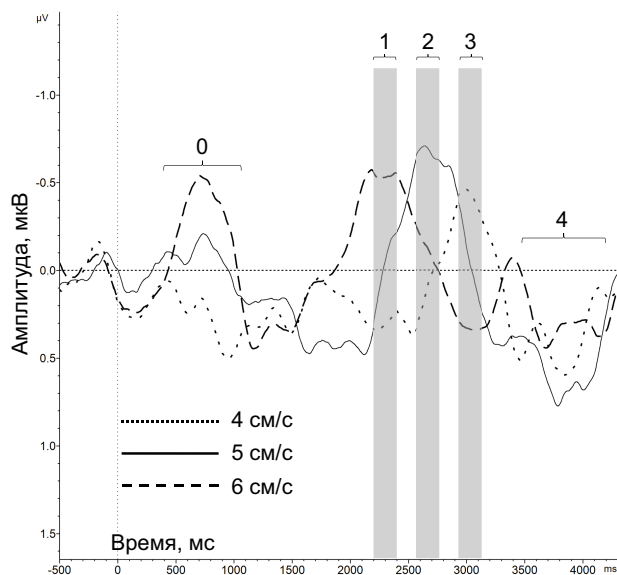


Рисунок 1. Усредненные кривые вызванных потенциалов для тактильной стимуляции по объединенному отведению Т3–Т4. Цифрой 0 отмечена реакция осязательной системы на начало стимуляции (РНК), цифрами 1–3 отмечены временные окна, в которых определялась средняя амплитуда ПНК, цифрой 4 — сверхпоздний позитивный компонент

Результаты исследования подтверждают экспериментальную гипотезу. Разница во времени между отрывом кисти и началом позднего негативного компонента (ПНК) для каждого экспериментального условия составляет 250–300 мс; схожая разница во времени наблюдалась между началом стимуляции и началом раннего негативного компонента (РНК). Таким образом, прекращение тактильной стимуляции вызывает электроэнцефалографический ответ, схожий по своим характеристикам с ответом на начало стимуляции. Относительно небольшая латентность реакции говорит о том, что она связана с механоцептивной осязательной системой (быстро проводящие волокна типа Аβ). Схожесть ответов на начало и прекращение стимуляции позволяет предположить наличие сходства между этими явлениями с точки зрения фундаментальных перцептивных процессов. Одной из теорий, объясняющих подобное сходство, является теория байесовского восприятия, описывающая перцептивные события как постоянное обновление состояния системы (Stocker, Simoncelli, 2005). Сверхпоздний позитивный компонент наблюдался для всех экспериментальных условий в интервале 3200–4000 мс, его латентность не зависела от времени прекращения стимуляции, что позволяет предположить, что она связана с задержкой проведения импульса немиелинизированными волокнами С-тактильной системы.

Литература

Варламов А.А. и др. Особенности вызванных потенциалов ЭЭГ при восприятии быстрых и медленных поглаживаний: ответ распознающей и эмоциональной систем механорецепции // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2021 (в печати).

Варламов А.А., Портнова Г.В., Макглоун Ф.Ф. С-тактильная система и нейробиологические механизмы «эмоционального» тактильного восприятия: история открытия и современное состояние исследований // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2019. Т. 69. № 3. С. 280–293.

Ackerley R., Eriksson E., Wessberg J. Ultra-late EEG potential evoked by preferential activation of unmyelinated tactile afferents in human hairy skin // Neuroscience Letters. 2013. Vol. 535. P. 62–66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2013.01.004>

Haggarty C.J., Malinowski P., McGlone F.P., Walker S.C. Autistic traits modulate cortical responses to affective but not discriminative touch // European Journal of Neuroscience. 2020. Vol. 51. No. 8. P. 1844–1855. <http://dx.doi.org/10.1111/ejn.14637>

Luck S.J. An introduction to the event-related potential technique. Boston: MIT Press, 2014.

McGlone F., Wessberg J., Olausson H. Discriminative and affective touch: Sensing and feeling // Neuron. 2014. Vol. 82. No. 4. P. 737–755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2014.05.001>

Stocker A.A., Simoncelli E.P. Sensory adaptation within a Bayesian framework for perception // Advances in Neural Information Processing Systems 18. 2005. P. 1289–1296.

TRAITS OF AN EEG RESPONSE OF THE FAST HAPTIC SYSTEM TO TACTILE STIMULATION OFFSET

I.V. Skorokhodov (1, 2)*, M.A. Ivanova (2), A.N. Semirechenko (2),
O.N. Tkachenko (2, 3), A.A. Varlamov (1, 2)

iskor@live.com

1 – Laboratory for neurocognitive research, Rehabilitation center for persons disabled from childhood “Nash Solnechnyi Mir”, Moscow; 2 – Laboratory for cognitive and linguistic research, Pushkin Institute, Moscow;
3 – Laboratory of Sleep/Wake Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. The present study examines EEG evoked potentials (ERPs) in response to slow strokes of a forearm. Previous studies have shown that during the perception of slow strokes, several late ERP components are observed (a late negative component and an ultra-late positive component), which may be related both to the response of the fast haptic skin mechanoreception system ($A\beta$ -system) to tactile stimulation offset and to the processing of the slower, emotional system (C-tactile system) response. The study evaluated late ERP components in response to slow strokes of the forearm delivered with a soft brush at three different speeds (4, 5, and 6 cm/s) and a constant force of 0.8N using a robotic tactile stimulation setup. The late negative component latencies for the three experimental conditions varied with changes in the brush offset timing and were found approximately 500–600 ms after the offset, suggesting that this component is related to the processing of the $A\beta$ -system response to the stimulation offset. The ultra-late positive component latencies did not differ for the experimental conditions; this component probably reflects the C-tactile system response processing, and its latency (3200–3500 ms) corresponds to the impulse conduction delay by unmyelinated C-tactile fibers.

Keywords: tactile perception, social tactile contacts, EEG, evoked potentials, skin mechanoreception, CT-afferents, $A\beta$ afferents, off-response

МЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ В ДЕЙСТВИИ: РАЗНИЦА ВРЕМЕНИ У СОГЛАСОВАННЫХ ОТВЕТОВ НА СВЯЗАННЫЕ УТВЕРЖДЕНИЯ МЕНЬШЕ, ЧЕМ У НЕСОГЛАСОВАННЫХ

В.Ф. Спиридонов (1), Н.И. Логинов (1), А.В. Аммалайнен (1, 2),
В.К. Вязовкина (1), В.В. Ардисламов (1), Г.В. Ануфриев* (1, 3)
anufriev.grigoriy@yandex.ru

1 — РАНХиГС, Москва; 2 — СПбГУ, Санкт-Петербург; 3 — НИУ ВШЭ, Москва

Аннотация. Накоплено колоссальное количество эмпирических фактов о содержании и внутреннем устройстве ментальных моделей (в области астрономии, биологии, физики, психологии и т.д.). Ментальные модели или отдельные их части (убеждения) обычно понимаются как устойчивые домен-специфичные представления об определенном наборе явлений. Типичное исследование с использованием анализа времени реакции в этой сфере предполагает предъявление испытуемым последовательности утверждений, которые необходимо оценить с точки зрения их истинности (правдоподобности). Стабильным экспериментальным результатом является увеличение времени реакции в ответ на утверждения, содержание которых является конфликтным с точки зрения научных и наивных теорий по сравнению с реакцией на согласованные утверждения. Однако в известных работах никак не учитывалась устойчивость изучаемых наивных представлений: каждое утверждение предъявлялось лишь один раз. В данном исследовании проверялась гипотеза о том, что разница во времени согласованных ответов по поводу семантически связанных утверждений будет меньше, чем для несогласованных ответов. Испытуемые оценивали пары подобных утверждений (посвященных эпидемии коронавируса и своему поведению в таких условиях), предъявленных им в случайном порядке. Результаты, полученные в двух сериях интернет-исследования, свидетельствуют в пользу гипотезы и стоящей за ней простой теоретической модели.

Ключевые слова: ментальные модели, семантически связанные утверждения, понимание утверждений, коронавирус, COVID-19, время реакции

Исследование реализовано в рамках выполнения научно-исследовательской работы по государственному заданию РАНХиГС.

Введение

Одним из наиболее современных направлений когнитивных исследований является изучение ментальных моделей или устойчивых индивидуальных представлений о каком-либо множестве явлений (Vosniadou et al., 2008; Chi, 2008). На данный момент накоплено колоссальное количество эмпирических фактов о содержании и внутреннем устройстве различных наивных тео-

рий (в области астрономии, биологии, физики, психологии и т.д.; см. обзоры в Vosniadou (ed.), 2009). Однако большинство исследований ментальных моделей на протяжении долгого времени были ориентированы в основном на использование качественных методов, в частности, различных видов интервью (Vosniadou (ed.), 2009). Только в последнее время наметился тренд в сторону использования экспериментальных методик, опирающихся на анализ времени реакции и позволяющих проверять объяснительные модели того, как именно наивные теории участвуют в процессах вывода (inference; Shtulman, Valcarcel, 2012), категоризации (Babai, Amsterdamer, 2008; Stavy, Babai, 2010) и порождения/оценки объяснений (Kelemen et al., 2013).

Типичное исследование ментальных моделей с использованием анализа времени реакции предполагает предъявление испытуемым последовательно утверждений, которые необходимо оценить с точки зрения их истинности (правдоподобности). Теоретически значимым и уже не раз воспроизведенным экспериментальным результатом является увеличение времени реакции в ответ на утверждения, содержание которых является конфликтным с точки зрения научных и наивных теорий по сравнению с реакцией на согласованные утверждения (Shtulman, Valcarcel, 2012; Potvin et al., 2015). Например, оценка истинности утверждения «Луна вращается вокруг Земли» (истинное с точки зрения как наивной, так и научной теории) должна происходить быстрее, чем оценка истинности утверждения «Луна вращается вокруг Солнца» (истинное с точки зрения научной теории, но ложное с точки зрения наивной теории). Для последующего изложения важно лишь отнести испытуемыми вращающейся Луны к двум разным ментальным моделям.

Тем не менее у подобных исследований есть один существенный недостаток. Ментальные модели или отдельные их части (убеждения — beliefs) определяются как устойчивые домен-специфичные представления об определенном наборе явлений. Но устойчивость этих ментальных моделей никак не учитывается в экспериментальных парадигмах. Каждое утверждение, которое необходимо оценить, предъявляется лишь один раз, что не позволяет проверить, насколько испытуемые последовательны в своих ответах, связанных с одной и той же ментальной моделью. Именно устойчивость ментальных моделей обеспечивает способность испытуемого продуцировать семантически непротиворечивые ответы на связанные по смыслу утверждения.

Наше исследование направлено на изучение того, действительно ли время реакции может служить индикатором согласованности устойчивых убеждений относительно конкретного набора явлений. Предметом нашего интереса выступили ментальные модели наших респондентов о механизмах заражения коронавирусом и о необходимых средствах защиты от этой болезни. Чтобы изучать именно устойчивые убеждения, были использованы оценки истинности семантически связанных, но существенно отличающихся по формулировке утверждений, которые давали испытуемые (например, «Вне дома я трогаю предметы голыми руками» и «Я надеваю перчатки в общественных местах»). В основном исследовании мы проверяли гипотезу о том, что разница во времени согласованных ответов по поводу семантически связанных утверждений будет меньше, чем для несогласованных ответов.

Обоснованием такой гипотезы может служить простая модель, описывающая понимание утверждений. В ходе процесса понимания утверждения отсылают к соответствующим ментальным моделям или входящим в их состав убеждениям. Семантически связанные утверждения апеллируют к одним и тем же структурам, что и ускоряет время согласованного вербального ответа. Эта модель может быть реализована по-разному: скажем, в ее основе может находиться когнитивная схема (к примеру, прототип) или фрагмент семантической сети. Причем она может работать как при определении истинности высказываний на основе извлечения знаний из семантической памяти, так и при оценке их правдоподобия (Reder, 1982; Reder, Anderson, 1980).

Методика

Мы провели две серии исследования с использованием сервиса Pavlovvia, фиксируя содержание (да/нет) и время индивидуальных ответов. Ссылка на исследование распространялась через социальные сети ВКонтакте и Facebook. Первая серия исследования ($N_1 = 204$) прошла в мае – июне 2020 года, вторая ($N_2 = 218$) – в декабре 2020 – январе 2021 года. Респонденты должны были как можно быстрее выразить согласие/несогласие с утверждениями, которые касались механизмов заражения коронавирусом, и о необходимых средствах защиты от него, а также некоторых других тем, ставших актуальными в ходе эпидемии коронавируса (доверие к информации, распространяемой государственными органами, рукотворное происхождение коронавируса и др.). Семантически связанные утверждения были подобраны таким образом, чтобы согласованные ответы на них составляли пару «Да – нет»/«Нет – да» (например, «Коронавирус возник естественным путем» и «Коронавирус был создан намеренно») или «Да – да»/«Нет – нет» («Коронавирус – просто новый вариант гриппа» и «Опасность коронавируса заметно преувеличена»). Это было сделано для того, чтобы учесть возможные различия в продуцировании утвердительных и отрицательных ответов. Сами утверждения были отобраны после проведения и анализа серии предварительных полуструктурированных телефонных и zoom-интервью у наивных испытуемых ($N = 19$); также мы провели экспертный анализ сформулированных нами утверждений. На основании результатов первой серии мы скорректировали набор утверждений, переформулировав все предложения с отрицаниями, ответы на которые, возможно, актуализировали более сложные механизмы продуцирования ответа. Кроме того, мы постарались, насколько возможно, уравнивать длину использованных утверждений. В обеих сериях порядок предъявления утверждений был псевдослучайным.

Результаты

Мы анализировали дельты времени ответов. Дельта рассчитывалась как модуль разницы времени ответа на второе и на первое утверждение из пары, составляющих одно убеждение, то есть семантически связанные между собой (например, испытуемый ответил «да» на утверждение «У меня высокий иммунитет» за 4 секунды, и «нет» на утверждение «У меня низкий иммунитет» за

5 секунд; дельта равняется 1 сек). Как говорилось ранее, на пару утверждений можно ответить согласованно (как в только что приведенном примере) или несогласованно («У меня высокий иммунитет» — «да» и «У меня низкий иммунитет» — «да», либо «У меня высокий иммунитет» — «нет» и «У меня низкий иммунитет» — «нет»).

В обеих сериях исследования нам удалось получить сходный феномен, который заключался в том, что разница времени согласованных ответов на пару семантически связанных утверждений оказывалась статистически значимо меньше, чем время несогласованных ответов.

В анализ первой серии исследования было включено 204 человека: 147 женщин и 57 мужчин ($M = 26$ лет, $SD = 10.2$). Мы исключили из анализа ответы испытуемых продолжительностью более 10 секунд и менее 0.5 секунды. Для сравнения дельт времен ответов был использован U -критерий Манна – Уитни, поскольку тест Лиллиефорса (Колмогорова – Смирнова) позволил отклонить гипотезу о нормальности распределения дельт ($D = 0.161$, $p < .001$).

Сравнение дельт времен ответов на согласованные (в среднем разница 1.44 секунды) и несогласованные (в среднем разница 1.6 секунды) утверждения показало статистически значимые отличия U ($N = 4384$) = 1529347, $Med1 = 0.97$, $Med2 = 1.08$, $p = .008$, $d = 0.12$. Можно было бы предположить, что испытуемые отвечают «да» быстрее, чем «нет», но проверка показывает, что это не так: U ($df = 12257$) = 19112827, $p = .70$, $d = 0.0004$. Различия здесь незначимы.

В анализ второй серии исследования было включено 218 человек: 182 женщины и 36 мужчин ($M = 19$ лет, $SD = 4.3$). Мы также исключили из анализа ответы испытуемых продолжительностью более 10 секунд и менее 0.5 секунды. Дельты в этом случае также были распределены ненормально ($D = 0.096$, $p < .001$), поэтому для сравнения также использовался U -критерий Манна – Уитни.

Как и в первом исследовании, сравнение дельт времени согласованных (в среднем разница 1.06 секунды) оказалось значимо ниже, чем несогласованных (в среднем разница 1.21 секунды) ответов: U ($N = 5566$) = 3066118, $Med1 = 1.07$, $Med2 = 1.22$, $p < .001$, $d = 0.13$. Во втором исследовании сравнение времени ответов «да» с временем ответов «нет», как и в первой серии, показало, что они значимо не отличаются: U ($df = 15524$) = 30181342, $p = .59$, $d = 0.023$.

Ограничения

При сравнении дельт времени согласованных и несогласованных ответов между семантически связанными парами высказываний использовалось большое количество данных, что могло привести к значимым различиям. Размер эффекта также довольно мал ($d = 0.12 - 0.13$), и эти результаты необходимо проверить в последующем эксперименте.

Обсуждение и выводы

Как показали наши результаты, выявленный феномен обладает определенной устойчивостью (хотя и малым размером эффекта). Создается впечатление, что он имеет семантическую (смысловую) природу. В пользу этого вывода говорит то обстоятельство, что мы не обнаружили различий во времени реакций

ответов «да» и «нет». Для объяснения подобных результатов требуются теоретические модели, которые могут учесть два разноплановых процесса, которые потенциально могут обеспечивать согласие/несогласие с утверждениями: поиск в семантической памяти и оценку правдоподобия. Учитывая весьма «рыхлый» характер полученного феномена, разнообразие допустимых теоретических объяснений весьма широко. Однако сам он представляется важным, поскольку проясняет возможные принципы функционирования ментальных моделей, что делает развитие данной линии исследований важным для всей этой области.

Литература

Babai R., Amsterdamer A. The persistence of solid and liquid naive conceptions: A reaction time study // *Journal of Science Education and Technology*. 2008. Vol. 17. No. 6. P. 553 – 559. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-008-9122-6>

Chi M. T. H. Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift // *International handbook of research on conceptual change* / S. Vosniadou (Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2008. P. 61 – 82.

International handbook of research on conceptual change / S. Vosniadou (Ed.). Routledge, 2009. URL: https://www.ebook.de/de/product/14947853/international_handbook_of_research_on_conceptual_change.html

Kelemen D., Rottman J., Seston R. Professional physical scientists display tenacious teleological tendencies: Purpose-based reasoning as a cognitive default // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2013. Vol. 142. No. 4. P. 1074 – 1083. <http://dx.doi.org/10.1037/a0030399>

Potvin P., Masson S., Lafortune S., Cyr G. Persistence of the intuitive conception that heavier objects sink more: A reaction time study with different levels of interference // *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2014. Vol. 13. No. 1. P. 21 – 43. <http://dx.doi.org/10.1007/s10763-014-9520-6>

Reder L.M. Plausibility judgments versus fact retrieval: Alternative strategies for sentence verification // *Psychological Review*. 1982. Vol. 89. No. 3. P. 250 – 280. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295x.89.3.250>

Reder L.M., Anderson J.R. A partial resolution of the paradox of interference: The role of integrating knowledge // *Cognitive Psychology*. 1980. Vol. 12. No. 4. P. 447 – 472. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90016-x](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(80)90016-x)

Shtulman A., Valcarcel J. Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions // *Cognition*. 2012. Vol. 124. No. 2. P. 209 – 215. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2012.04.005>

Stavy R., Babai R. Overcoming intuitive interference in mathematics: Insights from behavioral, brain imaging and intervention studies // *ZDM*. 2010. Vol. 42. No. 6. P. 621 – 633. <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-010-0251-z>

Vosniadou S., Vamvakoussi X., Skopeliti I. The framework theory approach to the problem of conceptual change // *International Handbook of Research on Conceptual Change*. NY; London: Taylor and Francis, 2008.

MENTAL MODELS IN ACTION: RESPONSE TIME FOR COHERENT ANSWERS TO RELATED STATEMENTS IS SMALLER THAN FOR INCOHERENT ANSWERS

V.F. Spiridonov (1), N.I. Loginov (1), A.V. Ammalainen (1, 2), V.K. Vyazovkina (1), V.V. Ardislamov (1), G.V. Anufriev* (1, 3)

anufriev.grigoriy@yandex.ru

1 – RANEPa, Moscow; 2 – SPbU, Saint-Petersburg; 3 – NRU HSE, Moscow

Abstract. An enormous amount of data has been gathered regarding the content and structure of mental models in astronomy, biology, physics, psychology, and so on. Mental models or their parts (beliefs) are usually understood as stable domain-specific representations of a specific group of phenomena. Common research using response time analysis includes demonstrating a sequence of statements that must be evaluated as true or false. A stable experimental result is an increase of response time to statements that conflict with scientific and naive theories, in comparison to coherent statements. However, researchers usually present such statements only once, without taking into account the stability of the naive beliefs. The current research tested the hypothesis that response time would be shorter for coherent answers to semantically related statements in comparison to incoherent answers. Participants evaluated pairs of statements regarding COVID-19 and their behavior during pandemic conditions, in randomized order. The results from two series of an online survey confirmed this hypothesis and a simple theoretical model behind it.

Keywords: mental models, semantically related statements, statements comprehension, coronavirus, COVID-19, response time

This research was conducted as part of the RANEPa national research project.

ФОНОЛОГИЧЕСКАЯ И ОРФОГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА В ПАРАФОВЕАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ЧТЕНИИ У ДЕТЕЙ И ВЗРОСЛЫХ

В.Н. Старовойрова* (1, 2), А.А. Лопухина (1, 2), Н.С. Здорова (1, 2),
Н.С. Ладинская (1, 2), О.Д. Веденина (1, 2), С.М. Гольдина (1, 2),
А.В. Каприелова (1, 2), К.В. Барцева (2), О.В. Драгой (1, 2, 3)
staroverovavlada@yandex.ru

1 – НИУ ВШЭ, Москва; 2 – НТУ Сириус, Сочи; 3 – ФЦМН, Москва

Аннотация. Парафовеальная обработка позволяет читающему получить часть информации о слове до фиксации на нем. В работе исследуется степень опоры на фонологическую и орфографическую информацию, полученную из парафовеальной области при чтении на русском языке, у второклассников в сравнении с четвероклассниками и взрослыми. В эксперименте приняли участие 54 второклассника, 48 четвероклассников и 65 молодых взрослых. При помощи методики невидимой границы мы исследовали длительность фиксаций участников на ключевых словах в условиях с различными праймами: идентичным целевому слову, псевдоомофоном, праймом с перестановкой букв и контрольными праймами. Мы обнаружили, что второклассники опираются и на фонологическую, и на орфографическую информацию в парафовеальной области, тогда как четвероклассники и взрослые используют только орфографическую информацию.

Ключевые слова: парафовеальная обработка, формирование чтения, невидимая граница, айтрекинг, орфографическая обработка, фонологическая обработка

Исследование поддержано РФФИ, проект № 19-313-51014.

Введение

Чтение представляет собой сложный процесс, во время которого лингвистическая обработка взаимодействует со зрительным восприятием и движениями глаз. Основная часть зрительной информации при чтении поступает фовеально. Размер фовеальной области, как правило, составляет 3–4 символа, и то, что попадает в нее, глаз воспринимает максимально четко. Слева и справа от фовеальной области находится парафовеальная область размером от 5 до 20 символов (Rayner, 1998). Известно, что фонологическая и орфографическая обработка слова начинается, пока слово еще находится в парафовеальной области справа при чтении слева направо (Schotter et al., 2012). Таким образом, парафовеальная обработка слова позволяет быстрее его воспринять, когда оно переходит в фовеальную область, так как читающему уже известны некоторые его характеристики (Hyönä, 2011; Rayner, 1975; Schotter et al., 2012).

Фонологическая обработка означает соотнесение звукового облика слова с его семантикой, а орфографическая – соотнесение буквенного образа сло-

ва с его семантикой. Степень опоры на фонологическую и орфографическую информацию в парафовеальной области зависит от того, насколько регулярна орфография языка, то есть насколько написание слова соотносится с его произношением. В языках с нерегулярной орфографией, например в английском и французском, и взрослые носители языка, и дети опираются как на фонологическую, так и на орфографическую информацию, полученную из обработки слова в парафовеальной области (Chace et al., 2005; Grainger et al., 2012; Miellet, Sparrow, 2004; Pagán et al., 2016; White, 2008). В языках с более регулярной орфографией, например в немецком, взрослые носители языка опираются больше на орфографическую информацию, а дети — на фонологическую информацию из парафовеальной области (Tiffin-Richards, Schroeder, 2015).

Мы хотим проверить, есть ли в русском языке — языке с более регулярной орфографией, чем в английском и французском, но менее регулярной, чем в немецком (Григоренко, 2012) — переход от опоры на фонологическую информацию в парафовеальной области к опоре на орфографическую информацию. Существует предположение, что в 11 лет навыки фовеальной обработки у детей уже сопоставимы с навыками взрослых (Blythe, Joseph, 2011), и мы ожидаем аналогичный результат в парафовеальной обработке. Мы предполагаем, что взрослые носители русского языка и четвероклассники будут опираться преимущественно на орфографическую информацию из парафовеальной области, а второклассники — преимущественно на фонологическую.

Методика

Мы провели психолингвистический эксперимент, в котором приняли участие 65 молодых взрослых носителей русского языка в возрасте 18–40 лет (средний возраст = 24.4; стандартное отклонение = 8.3), 54 второклассника (средний возраст = 8.3, стандартное отклонение = 0.5) и 48 четвероклассников (средний возраст = 10.2, стандартное отклонение = 0.5).

В эксперименте мы использовали метод невидимой границы (Rayner, 1975). Участник читает предложение с целевым словом, перед которым располагается невидимая граница, о которой он не знает. Пока взгляд участника находится слева от невидимой границы, то есть до целевого слова, вместо него в парафовеальной области он видит другое слово — прайм. Как только глаза читающего пересекают невидимую границу, прайм меняется на целевое слово. Изменение происходит во время саккады — быстрого скачкообразного движения глаз, поэтому читающий его не замечает. Метод невидимой границы позволяет оценить, насколько информация, полученная из прайма в парафовеальной области, влияет на скорость прочтения целевого слова в фовеальной области.

Всем участникам было предложено прочитать 60 предложений, в каждом из которых содержалось целевое существительное: 30 — мужского рода (например, *балет*, *холод*) и 30 — женского (например, *ложка*, *кость*). Для каждого целевого слова были разработаны пять праймов: 1) прайм, совпадающий с целевым словом (*рыбка* — *рыбка*); 2) псевдоомофон: несуществующее слово, которое произносится так же, как целевое (*рыбка* — *рыпка*); 3) контрольное ус-

ловие для псевдоомофона: несуществующее слово, в котором изменен тот же звук, что и в псевдоомофоне, но отличающееся по произношению от целевого (*рыбка*—*рытка*); 4) несуществующее слово с орфографической перестановкой соседних букв в целевом слове (*рыбка*—*рбыка*); 5) контрольное условие для слова с орфографической перестановкой (*рыбка*—*рвука*). Для каждого целевого существительного было составлено предложение из 7–9 слов, в котором прайм находился на 5 или 6 месте в предложении, а перед ним — прилагательное длиной 6–8 букв. Невидимая граница располагалась сразу после прилагательного. Таким образом, каждое предложение было представлено в одном из пяти условий:

- (1) В аквариуме плавала красивая пёстрая *рыбка*, которую мне подарили.
- (2) В аквариуме плавала красивая пёстрая *рыпка*, которую мне подарили.
- (3) В аквариуме плавала красивая пёстрая *рытка*, которую мне подарили.
- (4) В аквариуме плавала красивая пёстрая *рбыка*, которую мне подарили.
- (5) В аквариуме плавала красивая пёстрая *рвука*, которую мне подарили.

Участники читали предложения на экране компьютера, во время чтения движения их глаз записывались с помощью айтрекера Eyelink 1000 Plus или Eyelink Portable Duo с частотой дискретизации 1000 Гц. Для всех участников мы анализировали длительность первой фиксации на целевом слове, длительность первого прочтения слова и общее время чтения слова. Все меры были логарифмически преобразованы.

Результаты и обсуждение

Мы обнаружили, что для взрослых и четвероклассников *псевдоомофон* во всех мерах (в первой фиксации, в первом прочтении, в общем прочтении) провоцировал более длительные фиксации, чем идентичный прайм (табл. 1). Разницы во времени между псевдоомофоном и его контролем у них не было ни по одной из мер. Поскольку мы не обнаружили преимущества для псевдоомофона в сравнении с контрольным условием, можно сделать вывод, что ни взрослые, ни четвероклассники не опираются на фонологическую информацию в парафовеальной области.

Второклассники с одинаковой скоростью прочитывают целевое слово в условиях с идентичным праймом и псевдоомофоном (табл. 1). Мы также не нашли ни в одной мере разницу между псевдоомофоном и его контролем. Отсутствие разницы между идентичным праймом и псевдоомофоном может говорить о том, что второклассники могут частично использовать фонологическую информацию о слове из парафовеальной области.

Для *прайма с перестановкой* мы обнаружили, что в группе взрослых в первой фиксации он не отличается ни от идентичного прайма, ни от контрольного условия (табл. 2). Время первого прочтения прайма с перестановкой было больше, чем идентичного прайма, но меньше, чем контрольного прайма. Общее время прочтения слова после идентичного прайма и прайма с перестановкой не отличалось друг от друга и было меньше, чем общее время чтения слова в контрольном условии. Взрослые прочитывали целевое слово

Таблица 1. Фонологические эффекты: отличия псевдоомофона от идентичного прайма и соответствующего контроля

	Длительность первой фиксации				Время первого прочтения				Общее время прочтения			
	<i>Est.</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Est.</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Est.</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Взрослые												
Идентичный прайм	-0.06	0.02	-3.09	.002	-0.08	0.02	-3.47	<.001	-0.07	0.03	-2.67	.007
Контроль	0.03	0.02	1.39	.16	0.03	0.02	1.53	.13	0.04	0.03	1.48	.14
Четвероклассники												
Идентичный прайм	-0.11	0.03	-3.6	<.001	-0.11	0.03	-3.4	<.001	-0.11	0.04	-3.2	.001
Контроль	0.01	0.03	0.45	.64	0.05	0.03	1.54	.12	0.05	0.04	1.35	.17
Второклассники												
Идентичный прайм	0.04	0.03	1.1	.27	-0.01	0.04	-0.28	.78	-0.04	0.04	-0.95	.33
Контроль	0.03	0.03	0.86	.39	0.03	0.04	0.69	.49	0.05	0.04	1.39	.16

Таблица 2. Орфографические эффекты: отличия прайма с перестановкой от идентичного прайма и соответствующего контроля

	Длительность первой фиксации				Время первого прочтения				Общее время прочтения			
	<i>Est.</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Est.</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Est.</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Взрослые												
Идентичный прайм	-0.04	0.02	-1.7	.09	-0.06	0.02	-2.61	.008	-0.05	0.03	-1.77	.08
Контроль	0.03	0.02	1.34	.18	0.05	0.02	2.15	.031	0.06	0.03	2.1	.036
Четвероклассники												
Идентичный прайм	-0.08	0.03	-2.7	.006	-0.06	0.03	-1.9	.06	-0.04	0.04	-1.06	.29
Контроль	0.06	0.03	1.8	.07	0.09	0.03	2.8	.006	0.14	0.04	3.9	<.001
Второклассники												
Идентичный прайм	0.03	0.04	0.76	.44	-0.02	0.04	-0.63	.52	-0.09	0.04	-0.2	.82
Контроль	0.08	0.04	2.26	.023	0.06	0.04	1.46	.14	0.09	0.04	2.3	.02

после прайма с перестановкой букв дольше, чем после идентичного целевому слова, однако контрольное условие провоцировало еще более долгие фиксации по сравнению с условием с перестановкой. Этот результат свидетельствует о преимуществах в обработке целевого слова для условия с перестановкой по сравнению с контрольным условием и указывает на то, что взрослые опираются на орфографическую информацию.

Аналогичный эффект был найден у четвероклассников (табл. 2). Мы не нашли орфографического эффекта во времени первой фиксации: идентичный прайм провоцировал более короткую фиксацию, чем прайм с перестановкой, и не было разницы по сравнению с контрольным условием. Однако был обнаружен эффект во времени первого прочтения и общем времени прочтения: прайм с перестановкой прочитывался быстрее, чем контроль, и так же, как идентичный прайм. Похожий эффект был обнаружен у второклассников (табл. 2). Для второклассников прайм с перестановкой не отличался ни в одной мере от идентичного. По времени первого прочтения он также не отличался от контрольного условия, однако обрабатывался быстрее в сравнении с контролем в длительности первой фиксации и общего прочтения.

Таким образом, результаты во многом совпадают с нашими гипотезами. И дети, и взрослые опираются на орфографическую информацию в парафовеальной области, что сближает наши результаты с результатами Pagán et al. (2016) на материале английского языка и Grainger et al. (2012) на материале французского языка. Второклассники, в отличие от четвероклассников и взрослых, также частично используют фонологическую информацию из парафовеальной области, что соотносится с результатами исследования Tiffin-Richards и Schroeder (2015) на материале немецкого языка. Наши результаты в группе четвероклассников свидетельствуют о том, что к 11 годам дети переходят к опоре на орфографическую информацию в парафовеальной области, их механизмы чтения приближаются к механизмам чтения взрослых людей.

Литература

Григоренко Е.Л. Влияние индивидуальных особенностей когнитивного развития на овладение навыками чтения и письма младшими школьниками: дисс. д-ра психол. наук. МГУ, 2012.

Blythe H.I., Joseph H.S.S.L. Children's eye movements during reading // Oxford library of psychology. The Oxford handbook of eye movements / S.P. Liversedge, I.D. Gilchrist, S. Everling (Eds.). Oxford University Press, 2011. P. 643–662.

Chase K.H., Rayner K., Well A.D. Eye movements and phonological parafoveal preview: Effects of reading skill // Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale. 2005. Vol. 59. No. 3. P. 209–217. <http://dx.doi.org/10.1037/h0087476>

Grainger J., Lété B., Bertrand D., Dufau S., Ziegler J.C. Evidence for multiple routes in learning to read // Cognition. 2012. Vol. 123. No. 2. P. 280–292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2012.01.003>

Hyönä J. Foveal and parafoveal processing during reading // Oxford library of psychology. The Oxford handbook of eye movements / S.P. Liversedge, I.D. Gilchrist, S. Everling (Eds.). Oxford University Press, 2011.

Miellat S., Sparrow L. Phonological codes are assembled before word fixation: Evidence from boundary paradigm in sentence reading // Brain and Language. 2004. Vol. 90. No. 1–3. P. 299–310. [http://dx.doi.org/10.1016/s0093-934x\(03\)00442-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0093-934x(03)00442-5)

Pagán A., Blythe H.I., Liversedge S.P. Parafoveal preprocessing of word initial trigrams during reading in adults and children // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2016. Vol. 42. No. 3. P. 411–432. <http://dx.doi.org/10.1037/xlm0000175>

Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research // *Psychological Bulletin*. 1998. Vol. 124. No. 3. P. 372–422. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>

Rayner K. The perceptual span and peripheral cues in reading // *Cognitive Psychology*. 1975. Vol. 7. No. 1. P. 65–81. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90005-5](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(75)90005-5)

Schotter E.R., Angele B., Rayner K. Parafoveal processing in reading // *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2011. Vol. 74. No. 1. P. 5–35. <http://dx.doi.org/10.3758/s13414-011-0219-2>

Tiffin-Richards S.P., Schroeder S. Children's and adults' parafoveal processes in German: Phonological and orthographic effects // *Journal of Cognitive Psychology*. 2015. Vol. 27. No. 5. P. 531–548. <http://dx.doi.org/10.1080/20445911.2014.999076>

White S.J. Eye movement control during reading: Effects of word frequency and orthographic familiarity // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2008. Vol. 34. No. 1. P. 205–223. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.34.1.205>

PHONOLOGICAL AND ORTHOGRAPHIC PARAFOVEAL PROCESSING DURING READING IN CHILDREN AND ADULTS

V.N. Staroverova* (1, 2), A.A. Lopukhina (1, 2), N.S. Zdorova (1, 2),
N.S. Ladinskaya (1, 2), O.D. Vedenina (1, 2), S.M. Goldina (1, 2),
A.V. Kaprielova (1, 2), K.V. Bartseva (2), O.V. Dragoy (1, 2, 3)
staroverovavlada@yandex.ru

1 – HSE University, Moscow; 2 – Sirius University of Science and Technology, Sochi; 3 – Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow

Abstract. Parafoveal processing allows readers to get some information about an upcoming word before fixating on it. In the present study, we investigate the reliance on phonological and orthographic information from the parafoveal region during reading in Russian-speaking second-graders compared to fourth-graders and adults. We tested 54 second-graders, 48 fourth-graders, and 65 young adults using the invisible boundary paradigm. We analyzed participants' fixation durations on target words in five conditions with different previews: an identical target word, a pseudohomophone, a transposed-letter preview and two control previews. We found that second-graders relied on both phonological and orthographic information in the parafoveal area while fourth-graders and adults relied only on orthographic information.

Keywords: parafoveal processing, reading development, invisible boundary, eye tracking, phonological processing, orthographic processing

Research supported by the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 19-313-51014.

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕТОДИКИ НА СЛУХОРЕЧЕВУЮ ПАМЯТЬ У ДЕТЕЙ 7 – 10 ЛЕТ

М.А. Фомина*, Т.В. Ахутина, Е.Ю. Матвеева, А.А. Корнеев

maria.a.fomina@yandex.ru

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. Исследовался вопрос об особенностях слухоречевой памяти у младших школьников. Для оценки слухоречевой памяти использовалась проба на запоминание групп слов. Анализировалось произвольное и произвольное удержание слухоречевой информации, а также отсроченное воспроизведение. Выборку составили дети в возрасте от 7 до 10 лет, обучающиеся в 1, 2 или 3 классе и не имеющие диагностированных нарушений развития ($N = 204$). Оценивались параметры продуктивности и ошибок. Продуктивность значительно увеличивается с 1 по 2 и 3 класс, существенной разницы между 2 и 3 классами нет. Анализ продуктивности первого, второго и третьего воспроизведения позволил разделить детей на 6 групп: (1) с высокой продуктивностью и равномерным ростом, (2) с высокой продуктивностью и резким ростом, (3) со средней продуктивностью и равномерным ростом, (4) со средней продуктивностью и с небольшим приращением, (5) со снижением результатов, (6) с низкими показателями продуктивности. Данные группы соответствуют выделенным ранее профилям запоминания (Корнеев и др., 2020).

Ключевые слова: слухоречевая память, младший школьный возраст, нейропсихологическое обследование, профили запоминания, кластерный анализ

Введение

На ранних этапах нормального онтогенеза определение профиля индивидуальных особенностей развития высших психических функций (ВПФ) ребенка с выделением слабых и сильных функций может значительно помочь при обучении, составлении индивидуального подхода. Для оценки ВПФ необходим синдромный подход, разработанный в теории системной динамической локализации ВПФ А.Р. Лурия (Лурия, 2003), помогающий выявить неравномерность развития ВПФ.

Для изучения ВПФ ребенка проводится нейропсихологическое обследование. Проба на слухоречевую память, которая входит в нейропсихологическое обследование, показала себя как очень информативная не только для оценки переработки слуховой информации, но и для оценки других высших психологических функций ребенка.

Данное исследование посвящено изучению возрастных изменений слухоречевой памяти и уточнению профилей запоминания для младших школьников с нормативным развитием.

Материалы и методы

Испытуемыми являлись младшие школьники в возрасте от 7 до 10 лет, обучающиеся в 1, 2 и 3 классе ($n_1 = 52$, $n_2 = 86$, $n_3 = 66$ соответственно, $n = 204$) без диагностированных нарушений развития. Рассматривалась проба на слухоречевую память «Две группы по три слова», которая входит в батарею тестов нейропсихологического обследования детей 6–9 лет (Ахутина и др., 2016). Испытуемому называют 2 группы по 3 слова с частотой 1 слово в секунду и просят повторить группу слов за экспериментатором, а далее воспроизвести обе группы. Во время первого предъявления не ставится задача запомнить группы — исследуется произвольное запоминание; второе и третье воспроизведения ориентированы на проверку произвольного запоминания. Отсроченное воспроизведение проверяется после интерференции (пробы на счет). Данные пробы были запротоколированы для каждого ребенка, а также записаны на диктофон. Была произведена экспертная оценка протоколов, после чего результаты были представлены в интервальной шкале для каждого из показателей: продуктивность первого, второго, третьего и отсроченного воспроизведений; количество изменений одного согласного звука, изменений одного гласного звука, искажений, вербальных замен на основе близости звучания, вербальных замен на основе близости по значению, вpletений, горизонтальных повторов (слово повторяется и в первой, и во второй группе), вертикальных повторов (ошибка повторяется в следующем воспроизведении), устойчивых нарушений порядка слов, неустойчивых нарушений порядка слов и реверсий, переходов слов в другую группу; отсутствие деления на группы при отсроченном воспроизведении. Статистический анализ проводился с использованием программы SPSS Statistics 23. Использовалось сравнение средних для независимых выборок (классов). Так как полученные данные не соответствовали нормальному распределению (проверялось тестом Колмогорова–Смирнова), были использованы непараметрические критерии (U Манна–Уитни, H Краскала–Уоллеса). После чего все данные подверглись кластерному анализу методом k -средних, чтобы выделить профили продуктивности воспроизведения.

Результаты и обсуждение

Для всех данных по классам была приведена описательная статистика с представлением средних (результаты представлены в табл. 1) и среднеквадратического отклонения. После этого для значений продуктивности было проведено сравнение средних для K независимых выборок и для двух независимых выборок (сравнивались попарно 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3 классы). При сравнении 3 классов значимые различия между воспроизведениями были получены для первого, второго и отсроченного воспроизведения критерием Краскала–Уоллеса ($\chi^2(2) = 7.849, 9.432, 8.851, p = .020, .009, .012$ соответственно). При попарном сравнении у 1 и 2 класса значимые различия между воспроизведениями были получены для второго, третьего и отсроченного воспроизведения ($U = 1568.5, 1568.5, 1577.5, p = .003, .023, .003$ соответственно); 1 и 3 класса — для первого и второго ($U = 1228.5, 1302.5, p = .007, .022$ соответственно).

Таблица 1. Средние значения по 1, 2 и 3 классам со стандартным отклонением в скобках

Класс	I	II	III	Delayed	1	2	3	4
1	2.50 (1.37)	4.27 (1.22)	4.90 (1.17)	4.18 (1.35)	0.56 (.96)	0.08 (.25)	0.33 (.92)	0.50 (1.0)
2	2.92 (1.18)	4.88 (1.11)	5.32 (0.96)	4.80 (1.37)	0.40 (.72)	0.05 (.22)	0.28 (.80)	0.35 (.87)
3	3.18 (1.26)	4.74 (1.25)	5.18 (.99)	4.52 (1.43)	0.67 (1.19)	0.05 (.27)	0.36 (.87)	0.29 (.82)
Класс	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.16 (.36)	0.25 (.55)	0.93 (1.21)	0.25 (.55)	0.00 (.00)	1.35 (.88)	0.83 (1.34)	0.40 (.49)
2	0.28 (.68)	0.22 (.66)	0.89 (1.4)	0.28 (.68)	0.09 (.36)	1.13 (1.05)	0.50 (1.09)	0.37 (.49)
3	0.27 (.76)	0.18 (.56)	0.58 (.82)	0.36 (.65)	0.12 (.59)	1.02 (1.03)	0.98 (1.75)	0.59 (.49)

Примечание. I, II, III и Delayed — продуктивность 1, 2, 3 и отсроченного воспроизведений соответственно, 1 — изменения одного согласного, 2 — изменения одного гласного, 3 — искажения, 4 — вербальные замены на основе близости звучания, 5 — вербальные замены на основе близости по значению, 6 — вpletения, 7 — горизонтальные повторы, 8 — вертикальные повторы, 9 — устойчивые нарушения порядка слов, 10 — неустойчивые нарушения порядка слов и реверсии, 11 — переходы слов в другую группу, 12 — отсутствие деления на группы при отсроченном воспроизведении.

Между 1, 2 и 3 классами происходит значительное увеличение продуктивности воспроизведения заученного материала как для произвольного, так и для произвольного запоминания.

При сравнении среднего значения ошибок для 1, 2 и 3 классов значимая разница была обнаружена для неустойчивого нарушения порядка между 1 и 3 классами ($p = .036$). Однако можно говорить о том, что для изменения формы слова существует снижение ошибок, таких как изменение гласной, вербальные замены по звучанию и вpletение, и увеличение вербальных замен по значению. Для нарушения структуры: реже встречаются горизонтальные повторы и неустойчивое нарушение порядка, чаще — вертикальные повторы и устойчивое нарушение порядка.

Ранее было выделено шесть вариантов профилей запоминания слов (изменение продуктивности первого, второго и третьего воспроизведения):

1. «Высокая норма», где происходит рост между 1 и 2 воспроизведениями и он сохраняется, суммарная продуктивность больше или равна 11;
2. С низким началом и резким улучшением;
3. «Низкая норма» — динамика аналогична «высокой норме», но суммарная продуктивность трех воспроизведений от 9 до 10.5 слов;
4. «Плоский профиль», где первое и второе воспроизведения похожи по продуктивности, с суммарной продуктивностью, большей или равной 9;
5. Присутствуют падения во втором или в третьем воспроизведении, общая продуктивность больше 9 слов;
6. Низкий профиль — суммарная продуктивность меньше 9 (Корнеев и др., 2020).

Для проверки данного деления для всех данных была проведена кластеризация методом k -средних по продуктивности 1, 2 и 3 воспроизведения. Было выбрано решение, предусматривающее шесть кластеров, средние значения

которых для продуктивности 1, 2 и 3 воспроизведений составили: 1($N=37$) — 4.77–5.76–5.86; 2($N=58$) — 2.38–5.59–5.86; 3($N=30$) — 2.30–3.60–5.45; 4($N=40$) — 3.50–4.49–4.90, 5($N=17$) — 1.26–4.41–4.03, 6($N=22$) — 2.09–2.48–3.16, График средней продуктивности для 1, 2 и 3 воспроизведений полученных кластеров представлен на рис. 1.

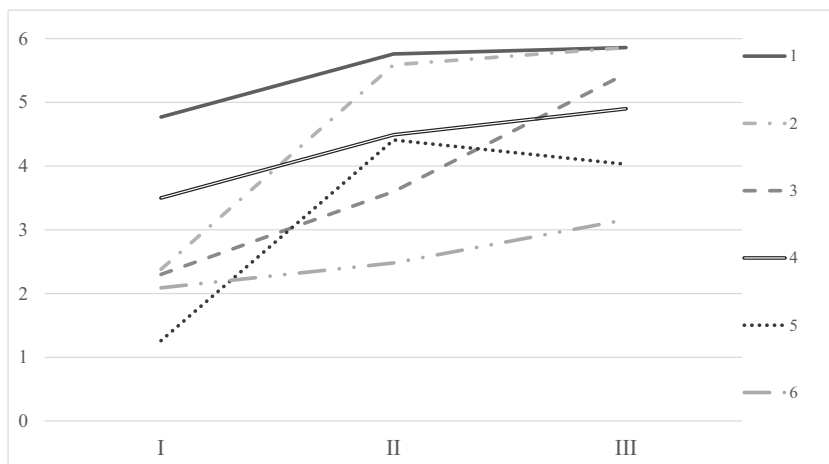


Рисунок 1. График средних для продуктивности 1, 2 и 3 воспроизведения по выделенным кластерам: (1) с высокой продуктивностью и равномерным ростом, (2) с высокой продуктивностью с резким ростом, (3) со средней продуктивностью и равномерным ростом, (4) со средней продуктивностью и небольшим приращением, (5) со снижением результатов, (6) с низкими показателями продуктивности

При сравнении полученных кластеров с выделенными профилями в целом можно говорить о согласованности результатов. Так, первый кластер с высокой продуктивностью можно соотнести с «высокой нормой», второй, с резким ростом и высокой продуктивностью, — отнести ко второму профилю с низким началом и резким улучшением. Шестой кластер с низкими показателями продуктивности соответствует низкому профилю. Третий кластер в целом соответствует «низкой норме», но среднее трех воспроизведений по кластеру (11.35), как и некоторые наблюдения (например, 2–4–6, в сумме 12) превышают общую суммарную продуктивность для «низкой нормы». Присутствуют и соответствующие «низкой норме» наблюдения (например, 2–3–5). Четвертый кластер больше всего похож на плоский профиль, пятый кластер со снижением результатов похож на профиль падения, однако в четвертом кластере мы можем обнаружить единичные случаи, где профили запоминания соответствуют падению (5–4–5), а в пятом кластере — резкому росту (0–4–5).

Выводы

Продуктивность выполнения пробы значительно увеличивается от 1 ко 2 и 3 классу, причем улучшается как произвольное запоминание,

так и произвольное. Выделенные кластеры по динамике первого, второго и третьего воспроизведений в целом соответствуют выделенным ранее профилям запоминания, однако для дальнейшего уточнения существующих профилей необходимо увеличение выборки. Полученные данные позволяют продолжать исследования слухоречевой памяти среди детей с задержками развития.

Литература

Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., и др. Методики нейропсихологического обследования детей // Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет. Москва: В. Секачев, 2016. С.16–168.

Корнеев А.А., Жижица О.Г., Ахутина Т.В. Кластеризация нейропсихологических данных и состояние слухоречевой памяти у детей 6–9 лет // ПРОЧтение: дислексия в XXI веке. Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции Российской ассоциации дислексии (10 сентября 2020 г., Москва). Москва, 2020. С. 98–107.

Лурия А.Р. Основы нейропсихологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2003. С. 84–126.

AGE-RELATED DYNAMICS IN AUDITORY-SPEECH MEMORY IN CHILDREN AGED 7 TO 10 YEARS

M.A. Fomina*, T.V. Akhutina, E.Yu. Matveeva, A.A. Korneev

maria.a.fomina@yandex.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. Auditory-speech memory features in primary school children were investigated. To estimate auditory-speech memory, we used a test of the memorization of groups of words. Involuntary and voluntary retention of auditory-speech information as well as delayed reproduction were analyzed. The sample consisted of children aged 7 to 10 years studying in grades 1, 2 or 3 and without diagnosed developmental disorders ($N = 204$). Parameters of productivity and errors were estimated. The results showed that productivity increases significantly from grades 1 to 2 and 3, and there is no significant difference between grades 2 and 3. The analysis of the productivity of first, second and third reproductions made it possible to divide children into six groups: (1) high productivity with even growth, (2) high productivity with steep growth, (3) average productivity with even growth, (4) average productivity with low growth, (5) with decreasing results, and (6) low productivity. These groups correspond to the selected memory profiles.

Keywords: auditory-speech memory, primary school age, neuropsychological diagnostics, memory profiles, cluster analysis

ВОЗМОЖНО ЛИ ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В СТРУКТУРЕ ПОДПОРОГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ?

А.Д. Фомичева*, С.Н. Бурмистров, А.Ю. Агафонов

fomar1999@mail.ru

Самарский университет, Самара

Аннотация. В исследовании проверялась возможность имплицитного усвоения последовательности подпороговых стимулов. Испытуемые решали задачу сравнения количества двух видов символов (крестиков и ноликов), одновременно предъявленных на экране. Демонстрировалось от 40 до 158 символов. Время каждой экспозиции — 2 секунды. При этом во всех случаях предъявлялось одинаковое количество символов каждого вида, то есть отсутствовал объективно правильный вариант ответа. Перед каждым изображением на 30 мс демонстрировался прайм (крестик либо нолик) с последующей зрительной маскировкой. Порядок предъявления праймов определялся простой повторяющейся последовательностью, состоящей из шести элементов. После основной части процедуры проводилось постэкспериментальное интервью, нацеленное на установление фактов использования прайм-стимулов и экспликации последовательности. Результаты не выявили влияния праймов на решение целевой задачи. Это, в свою очередь, не позволило обнаружить эффект усвоения последовательности подпороговых стимулов. Постэкспериментальное интервью и тестирование показали, что в отсутствие объективных оснований для выбора ответа испытуемые генерируют собственные стратегии решения задач. Выдвинуто предположение, что полученный результат вызван использованием испытуемыми сознательных стратегий выполнения задания.

Ключевые слова: имплицитное научение, выучивание последовательностей, прайминг, маскированный прайминг, стратегии

Исследование выполнено в рамках проекта № 19-013-00103, поддержанного РФФИ.

Введение

Имплицитное научение (ИН) определяется как процесс установления закономерностей, не требующий сознательного контроля; при этом ни сам процесс, ни его результат не осознаются. Более чем за 50 лет исследований было получено множество эмпирических свидетельств того, что сложные абстрактные закономерности, организующие стимульный материал, могут усваиваться без сознательного намерения и не подлежат произвольному воспроизведению (Lewicki et al., 1992). Однако объяснение полученных результатов за счет работы только когнитивного бессознательного подвергается критике (см. обзоры: Морозкина и др., 2017; Shanks, St. John, 1994). Сторонники этой точки зрения считают, что экспериментальные эффекты научения обусловлены в первую очередь эксплицитной обработкой информации, поскольку стимулы предъявляются на осознанном уровне (Perruchet, Amorim, 1992). В связи с этим стали

разрабатываться методики, позволяющие выявить имплицитное усвоение закономерностей, которые определяют порядок чередования неосознаваемых стимулов (Atas et al., 2013; Kido, Makioka, 2015). Невозможность осознать элементы, образующие последовательность, снижает вероятность формирования эксплицитных знаний правил, что позволяет говорить о получении более убедительных доказательств существования ИН.

В приведенных выше исследованиях невозможность осознания обеспечивалась за счет использования техники бинокулярного соревнования (предъявления целевых объектов на один глаз и «шума» — на другой) и экспозиции стимулов на периферии поля зрения. Другим способом достижения эффекта неосознания является техника маскированного прайминга. В эксперименте с использованием этого метода было показано, что подпороговая информация, предъявленная в форме праймов, может обрабатываться серийно и без осознания (Куделькина, Агафонов, 2012).

Обнаруженные в проведенных исследованиях экспериментальные эффекты позволяют выдвинуть предположение о том, что последовательность, образованная при помощи неосознаваемых стимулов (праймов), может быть имплицитно усвоена испытуемыми. Планировалось, что эффект прайминга будет выражен в увеличении точности и скорости решения целевой задачи, а усвоение последовательности проявится в снижении эффективности выполнения задания при нарушении установленной закономерности.

Метод

В исследовании приняли участие 50 добровольцев (из них 21 мужчина, средний возраст — 22.52 года), которые были случайно дифференцированы на две равные группы (экспериментальную — ЭГ и контрольную — КГ). Эксперимент проводился при помощи программного обеспечения PsychoPy 3.1.5. (Peirce, 2007) на ноутбуке с диагональю 15.5 дюймов, разрешением 1366 x 768 пикселей и частотой обновления дисплея 60 Гц. Каждая проба строилась следующим образом. Сначала в центре экрана на 300 мс появлялась фиксационная точка. Затем предъявлялся прайм (крестик или нолик) на 30 мс, за которым в течение 100 мс демонстрировалась зрительная маскировка, состоящая из трех «решеток» («###»). Сразу после этого на экране появлялось изображение, на котором в случайном порядке располагались крестики и нолики. Общее количество символов варьировалось от 40 до 158. На всех рисунках число крестиков равнялось числу ноликов. Изображение сохранялось на экране до реакции испытуемого либо исчезало через 2 секунды с момента появления. Через 200 мс начиналась следующая проба. Длительность предъявления каждого элемента стимульного ряда задавалась в миллисекундах в настройках программы.

По инструкции было необходимо как можно быстрее определить, каких символов на изображении больше: крестиков или ноликов. Испытуемым сообщали, что на каждом рисунке количество крестиков и ноликов различается на три символа. Фактически, данная задача относится к так называемой парадигме свободного выбора. В такого рода исследованиях предъявляются стиму-

лы, которые допускают любую из двух возможных реакций (например стрелки, указывающие в две стороны). Прайминг же оказывает влияние на процесс реагирования, подталкивая испытуемого к выбору определенного ответа (см. Schlaghecken, Eimer, 2004).

Эксперимент состоял из нескольких этапов. Перед началом основной части испытуемые проходили тренировочную серию из 10 попыток, во время которой в качестве праймов предъявлялась буква «А».

Обучающий этап включал в себя 5 блоков по 60 реакций. Блоки отделялись друг от друга перерывом (5 секунд), во время которого на экране демонстрировалась обратная связь о количестве «правильных» ответов (то есть ответов, соответствующих предъявленному прайму). В ходе обучения в ЭГ праймы чередовались в строго заданной последовательности, которая включала в себя 6 элементов: 1-2-2-1-1-2, где 1 — крестик, 2 — нолик. В КГ в качестве праймов всегда использовалась буква «А».

На тестовом этапе (60 реакций) в обеих группах предъявлялась последовательность праймов, обратная закономерности обучающей части. В позициях, где в ЭГ ранее демонстрировался крестик, теперь появлялся нолик, и наоборот.

После прохождения основной части эксперимента проводилось постэкспериментальное интервью с целью выявить, как испытуемые определяли, каких символов больше. Далее проводился тест на осознание праймов и их последовательности. Испытуемым сообщалось, что в течение основной части эксперимента перед каждой картинкой демонстрировались праймы (правильные ответы), которые чередовались по определенному правилу. Теперь участникам предъявлялись 10 серий по 6 изображений (5 случайных и 5 последовательных). Сначала было необходимо определять, каких символов больше на каждом изображении. После каждой 6-й картинки испытуемых спрашивали, была ли серия организована по правилу обучающего этапа или нет.

Результаты

Анализ результатов постэкспериментального интервью и теста осознания не выявил эксплицитных знаний закономерности и факта обнаружения праймов в ходе основной части эксперимента. Опрос испытуемых позволил обнаружить основную стратегию, которая использовалась для осуществления выбора. В большинстве случаев испытуемые фокусировались на одном из видов символов, оценивая количество либо крестиков, либо ноликов в каждой пробе.

Обработка данных проводилась на языке R в среде RStudio. Из общего массива данных были исключены все реакции, время которых превышало 2 секунды (2 %). Было подсчитано среднее время реакции (BP) и среднее количество правильных ответов (то есть реакций, соответствующих предъявленному му в этой же пробе прайму). Результаты представлены в табл. 1.

Для выявления эффекта усвоения последовательности применялся однокфакторный дисперсионный анализ с поправкой на повторные измерения (сравнивались данные 1-го, 5-го и 6-го блоков). Было обнаружено значимое сокращение времени реакции в ЭГ ($F(2, 48) = 20.06$, $MSE = 16\,428$, $p < .001$)

и в КГ ($F(2, 48) = 4.732$, $MSE = 16\,176$, $p = .013$). Множественные сравнения по критерию Тьюки не показали достоверных отличий между 5-м и 6-м блоками ни в одной из групп. Анализ точности реакций не выявил значимых различий между блоками ни в ЭГ ($F(2, 48) = 1.945$, $MSE = 10.61$, $p = .15$), ни в КГ ($F(2, 48) = 2.36$, $MSE = 16.52$, $p = .1$).

Таблица 1. Среднее ВР и среднее количество правильных ответов в ЭГ и КГ

Блок	Время реакции (мс)		Правильные ответы (%)	
	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ
1	1180.66	1051.56	47.87	46.80
2	1122.62	1045.63	51.27	51.53
3	1062.99	1007.50	49.13	50.73
4	1035.18	957.08	49.20	49.47
5	1018.54	966.37	48.27	50.67
6	958.76	947.79	50.67	50.07

С целью выявления эффекта прайминга было проведено межгрупповое сравнение данных с помощью двухфакторного дисперсионного анализа *2 Группы* $\times$ *3 Блок* с поправкой на повторные измерения (*Блок* – внутригрупповой фактор). Сравнение ВР показало значимое влияние фактора *Блок* ($F(2, 96) = 22.154$, $MSE = 1632$, $p < .001$). Влияние фактора *Группа* ($F(1, 48) = 1.418$, $MSE = 108\,551$, $p = .24$) и взаимодействия факторов ($F(2, 96) = 2.756$, $MSE = 1632$, $p = .069$) не достигают уровня значимости. Сравнение среднего количества правильных ответов выявило значимое влияние фактора *Блок* ($F(2, 96) = 3.221$, $MSE = 13.56$, $p = .04$) и отсутствие такового от фактора *Группа* ($F(1, 48) = 0.062$, $MSE = 13.014$, $p = .8$) и взаимодействия факторов ($F(2, 96) = 1.174$, $MSE = 13.56$, $p = .31$).

Обсуждение и заключение

Отсутствие увеличения ВР от 5-го к 6-му блоку в ЭГ говорит о том, что выучивание последовательности не произошло. Вероятно, снижение ВР от 1-го к 5-му блоку в ЭГ и КГ было вызвано эффектом тренировки и совершенствованием навыка реагирования на предъявляемые стимулы. Результаты сравнения правильности ответов между группами показывают, что вероятность выбора правильного ответа в той или иной пробе является одинаковой для ЭГ и КГ. Следовательно, прайминг не оказал влияния на решение целевой задачи.

Отсутствие ожидаемого эффекта может объясняться использованием испытуемыми эксплицитных стратегий выбора ответа. За отведенное на решение задачи время (2 с) испытуемые могли сознательно выдвинуть гипотезу о соотношении целевых стимулов, основываясь на визуальной оценке количества символов на изображении. Возможность применения эксплицитной стратегии ведет к снижению роли информации, полученной за счет неосознаваемых когнитивных процессов.

Существуют и другие варианты объяснения полученных результатов. Но каждое выдвинутое предположение требует проверки в независимом эксперименте, поэтому в данной работе они рассматриваться подробно не будут.

Таким образом, динамика времени реакции не является подтверждением исходной гипотезы. Тот факт, что точность реагирования не различается между группами, указывает на отсутствие какого-либо влияния подпороговой информации на выполнение основного задания. Полученный результат не позволяет сделать точные и обоснованные выводы о возможности усвоения последовательности неосознаваемых стимулов. Использование испытуемыми эксплицитных стратегий решения задачи может быть одной из причин, почему прайминг-эффект не был обнаружен. Для проверки выдвинутого предположения необходима разработка процедуры, в которой будут созданы условия с высоким уровнем неопределенности (например, путем сокращения времени предъявления целевых стимулов), что позволит устранить возможность использования сознательных стратегий.

Литература

Куделькина Н.С., Агафонов А.Ю. Динамические прайминг-эффекты: исследование регуляции неосознаваемой семантической чувствительности // По обе стороны сознания. Самара: Бахрах-М, 2012. С. 63 – 94.

Морошкина Н.В., Иванчей И.И., Карпов А.Д. ИмPLICITное научение // Избранные разделы психологии научения: коллективная монография / под ред. В.Ф. Спиридонова. М.: Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2017. С. 223 – 275.

Atas A., Faivre N., Timmermans B., Cleeremans A., Kouider S. Nonconscious learning from crowded sequences // Psychological Science. 2013. Vol. 25. No. 1. P. 113 – 119. <http://dx.doi.org/10.1177/0956797613499591>

Kido K., Makioka S. Serial order learning of subliminal visual stimuli: Evidence of multi-stage learning // Frontiers in Psychology. 2015. Vol. 6. P. 1 – 13. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00076>

Lewicki P., Hill T., Czyzewska M. Nonconscious acquisition of information // American Psychologist. 1992. Vol. 47. No. 6. P. 796 – 801. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066x.47.6.796>

Peirce J.W. PsychoPy – Psychophysics software in Python // Journal of Neuroscience Methods. 2007. Vol. 162. No. 1 – 2. P. 8 – 13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2006.11.017>

Perruchet P., Amorim M.-A. Conscious knowledge and changes in performance in sequence learning: Evidence against dissociation // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1992. Vol. 18. No. 4. P. 785 – 800. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.18.4.785>

Schlaghecken F., Eimer M. Masked prime stimuli can bias “free” choices between response alternatives // Psychonomic Bulletin & Review. 2004. Vol. 11. No. 3. P. 463 – 468. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03196596>

Shanks D.R., St. John M.F. Characteristics of dissociable human learning systems // Behavioral and Brain Sciences. 1994. Vol. 17. No. 3. P. 367 – 395. <http://dx.doi.org/10.1017/s0140525x00035032>

IS IT POSSIBLE TO LEARN REGULARITIES IN THE STRUCTURE OF SUBTHRESHOLD INFORMATION?

A. D. Fomicheva*, S. N. Burmistrov, A. Yu. Agafonov

fomar1999@mail.ru

Samara University, Samara

Abstract. The research examined the possibility of implicit learning of a sequence of subthreshold stimuli. The subjects solved the task of comparing the amount of two arrays of symbols presented in the display (40 to 158 symbols: crosses and circles). Each exposure time was 2 seconds. In all displays, there was an equal number of crosses and circles, i.e. there was no objectively correct answer. Before each image a prime (cross or circle) was presented for 30 ms, followed by a visual mask. The order of primes was determined by a simple repeating sequence consisting of six elements. The main part of the procedure was followed by a post-experimental interview aimed at establishing facts about the use of prime stimuli and the explication of the sequence. The results revealed no effect of primes on the solving of the target task. This, in turn, did not allow us to find a learning effect of the subthreshold stimuli sequence. Post-experimental interviews and testing demonstrated that in the absence of objective grounds for choosing an answer, subjects generate their own task solving strategies. We suggest that the obtained result is due to the subjects' use of conscious task solving strategies.

Keywords: implicit learning, sequence learning, priming, masked priming, strategy

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 19-013-00103).

СЕРЫЕ КРЫСЫ (*RATTUS NORVEGICUS*) УЧИТЫВАЮТ ВЕС СОБСТВЕННОГО ТЕЛА ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ОПОРЫ

И.А. Хватов (1)*, А.Н. Харитонов (2), А.Ю. Соколов (1)

lttkrot1@gmail.com

1 — Москва, Московский институт психоанализа; 2 — Москва, Институт психологии РАН

Аннотация. Восприятие собственного тела применительно к животным выражается в их способности принимать в расчет различные параметры собственного тела в их связи с объектами внешней среды. В настоящее время одним из направлений исследований является изучение способности животных воспринимать свое тело в качестве физического препятствия для решения задачи. Мы изучали способность серых крыс учитывать вес собственного тела. Для решения экспериментальной задачи крысам необходимо было получать приманку, проходя по одному из трех мостиков, расположенных над полом. Мостики могли быть установлены в закрепленную или незакрепленную позицию. Во втором случае, когда крыса пыталась пройти по мостику, она падала. Соответственно, крысе было необходимо соотносить вес своего тела с прочностью опоры. Было установлено, что 14 из 40 испытуемых крыс могут решить данную задачу. В ходе эксперимента эти грызуны демонстрировали характерные «пробующие движения», в ходе которых, как мы полагаем, они соотносили собственный вес с характеристиками внешних объектов. Таким образом, нами была продемонстрирована способность крыс учитывать вес собственного тела.

Ключевые слова: серые крысы, вес, самосознание, принятие в расчет собственного тела, самоузнавание в зеркале

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ, проект № 20-013-00546.

Введение

Исследование эволюционных предпосылок самосознания является одним из магистральных направлений современной сравнительной психологии и когнитивной этологии, базирующимся сразу на нескольких методических подходах (Gallup, Anderson, 2020). В настоящий момент развитие получает точка зрения, согласно которой самосознание является модульным феноменом, и каждый из модулей получает свое независимое развитие в филогенезе. В то же время Франс Де Вааль высказывает предположение, что самосознание, как в фило-, так и в онтогенезе формируется постепенно — слой за слоем (de Waal, 2019).

Одним из существенных компонентов самосознания является принятие в расчет собственного тела (англ. body-awareness) — способность животных

учитывать физические параметры собственного тела в отношении с объектами окружающей среды (Brownell et al., 2007; Khvatov et al., 2019; Lenkei et al., 2020). В последние годы этот феномен активно исследуется в качестве альтернативы по отношению к классическому самоузнаванию в зеркале.

В исследовании 2017 года (Dale, Plotnik, 2017) азиатские слоны (*Elephas maximus*) должны были наступить на коврик и взять палку, прикрепленную к нему веревкой, а затем передать эту палку экспериментатору. Чтобы сделать последнее, слоны должны были воспринять (осознать) свое тело в качестве препятствия на пути к успеху и сначала убрать свой вес с коврика, прежде чем попытаться перенести палку. Слоны сходили с коврика в тесте значительно чаще, чем в контрольной группе, где это не требовалось для решения задачи.

Аналогичное исследование проводилось на детях 18–24 месяцев (Brownell et al., 2007), а также на собаках (Lenkei et al., 2021).

В ходе наших исследований мы изучали феномен принятия в расчет собственного тела у различных видов животных (Khvatov et al., 2019). Животные решали задачу на соотнесение границ собственного тела с размерами отверстий в экспериментальной установке для проникновения в определенный отсек. Результаты экспериментов показывают, что животные всех изученных видов способны формировать навык учета как естественных, так и увеличенных границ собственного тела, но отличаются по скорости формирования данного навыка и гибкости его трансформации.

Таким образом, как мы видим, большинство исследований феномена самосознания, проводившихся в последние годы на животных и человеке, акцентируются на изучении способности испытуемых учитывать физические границы собственного тела. В нашем исследовании мы предприняли попытку изучить другой аспект самосознания.

Методика

Цель настоящего исследования — изучить способность серых крыс использовать вес собственного тела для оценки прочности опоры для передвижения. В данном случае мы рассматриваем осознание собственного веса животным в качестве одного из модулей комплексного феномена принятия в расчет собственного тела (body-awareness), необходимого для координации собственного взаимодействия с объектами окружающей среды. Таким образом, мы исследовали тот же феномен, что изучался ранее на слонах, хотя использовали иную методику.

Испытуемые: 40 самцов крысы *Rattus norvegicus*, наивные особи в возрасте от 2 до 6 мес. В ходе эксперимента животные содержались в индивидуальных клетках.

Экспериментальная установка представляла собой стеклянный ящик без потолка (площадь 1000 × 950, высота 500 мм). Внутри ящика с его противоположных сторон параллельно плоскости дна на высоте 300 мм располагались две полки, занимавших всю ширину ящика и имевших длину 320 мм каждая. Полки были соединены тремя мостиками (50 мм шириной каждый), расположенными параллельно друг другу. Два мостика располагались по краям на рас-

стоянии 200 мм от стенки ящика, третий — в центре на расстоянии 200 мм от каждого из боковых мостиков. Мостики крепились на едином металлическом стержне, располагавшемся точно по центру их длины. Благодаря этому мостики могли фиксироваться в разных позициях:

- Незакрепленная позиция: мостики, будучи сбалансированными, располагались параллельно дну, соединяя обе полки. При этом легкое нажатие на один из краев мостика заставляло его смещаться по вертикали.
- Закрепленная позиция: мостики дополнительно крепились к полкам с помощью щеколд (со стороны дна), благодаря чему нажатие на них не влекло за собой их смещение.

Эксперимент состоял из двух серий: ознакомительной и экспериментальной. В начале каждой пробы крыса помещалась в центр одной из полок внутри экспериментальной установки (далее — полка № 1). В центре противоположной полки (далее — полка № 2) располагалась приманка (сыр). Проба считалась завершенной либо после того, как крыса, пройдя по одному из мостиков на полку № 2, достигала приманки, либо в случае, когда крыса падала с мостика, находящегося в незакрепленной позиции, либо если крыса в течение 5 минут не совершала попытки пройти ни по одному из мостиков. Пробы всех серий проводились с каждым животным последовательно. Временной интервал между пробами составлял 5 мин.

Ознакомительная серия состояла из 27 проб. Все мостики находились в закрепленной позиции. Задачи серии: сформировать у крыс навык достижения приманки, выявить, формируются ли у крыс индивидуальные предпочтения определенного мостика для перехода на полку № 2.

Экспериментальная серия состояла из 36 проб. В каждой пробе только один из трех мостиков находился в закрепленной позиции, расположение этого мостика варьировалось квазислучайно: во-первых, закрепленный мостик 12 раз должен был находиться в каждой позиции (слева, в центре или справа), во-вторых, один и тот же мостик не мог оставаться в закрепленной позиции более двух проб подряд для одной особи. Задача серии: сформировать у крыс навык выбора подходящего для прохождения мостика. Серия продолжалась либо до достижения крысами критерия обученности — 9 успешных проходов подряд без падений ($p = .001$, биномиальный тест), либо максимально продолжалась 36 проб.

Фиксируемые показатели:

- Количество успешных проходов по закрепленному мостику с полки № 1 к полке № 2.
- Количество падений с незакрепленных мостиков.
- Количество «пробующих движений». Под пробующими движениями мы понимали такое поведение крысы, при котором она, располагаясь 4-мя лапами на полке № 1, вытягивала морду в направлении мостика. Затем крыса осуществляла нажатие на мостик одной из передних лап, после чего действовала в зависимости от результата. В случае, если мостик оказывался закреплен, крыса переходила по нему к полке № 2. В случае,

если мостик не был закреплен, такие пробующие движения крысы приводили к некоторому смещению мостика под давлением лапы крысы. Описанные пробующие движения обнаруживались в поведении некоторых крыс, начиная со 2-й пробы экспериментальной серии.

Результаты

Результаты ознакомительной серии. Все крысы успешно достигали приманку, переходя от полки № 1 к полке № 2, в каждой из проб. У всех крыс было выявлено индивидуальное предпочтение центрального мостика (по сумме за 27 проб) – критерий χ^2 ($df=2$, $p=.001$). Суммарно крысы прошли по левому мостику 146 раз, по центральному – 780, по правому – 154 ($\chi^2=327.803$; $df=2$; $p=.001$).

По результатам экспериментальной серии крысы разделились на три группы.

- 1-я группа крыс – 14 особей, достигшие критерия обученности. Крысы допустили от 2 до 5 падений ($M=3.07$; $SD=1.07$). У этих крыс обнаруживаются пробующие движения после нескольких падений, начиная со 2-й пробы.
- 2-я группа крыс – 7 особей, не достигшие критерия обученности за 36 проб. Крысы допустили от 20 до 27 падений ($M=23.00$; $SD=2.58$). У этих животных было выявлено 5 пробующих движений – все у одной особи.
- 3-я группа крыс – 19 особей, совершивших от 2 до 4 падений ($M=2.89$; $SD=0.80$) и далее не совершавших попыток прохождения по мостику, оставаясь на полке № 1. После совершенных падений в последующих пробах крысы, будучи помещенными на полку № 1, либо вообще не подходили к мостикам, либо подходили к ним, совершали пробующие движения, но далее не шли.

В целом за все пробы экспериментальной серии крысы из 1-й группы допустили 43 падения и совершили 275 пробующих движений, крысы из 2-й группы допустили 161 падение и осуществили 5 пробующих движений. Соответственно, крысы из 1-й группы допустили достоверно меньше падений и совершили достоверно больше пробующих движений ($\chi^2=311.610$; $df=1$; $p=.001$).

Интерпретация и выводы

Мы полагаем, что в ознакомительной серии предпочтение всеми крысами центрального мостика для передвижения объясняется тем, что через него пролегает кратчайший путь к приманке. Этот фактор является побочным, однако он исключался квазислучайным положением закрепленного мостика во второй серии. Выделение 3-й группы крыс в экспериментальной серии мы объясняем тем, что для этих животных падения являлись сильным стрессом, в связи с чем далее они не решались совершать попытки продвижения по мостикам. Вероятно, это обусловлено типом нервной системы крыс. Между тем на ос-

новые результаты 14 особей из первой группы мы можем констатировать, что серая крыса способна учитывать вес собственного тела при взаимодействии с объектами окружающей среды. Мы полагаем, что именно в ходе выявленных «пробующих движений» крысы осуществляли сопоставление веса собственного тела с прочностью опоры (закрепленным или незакрепленным мостиком).

При этом, как и в эксперименте со слонами (Dale, Plotnik, 2017), детьми (Brownell et al., 2007) и собаками (Lenkei et al., 2021), для крыс их собственное тело сначала являлось препятствием для решения задачи, но затем они стали использовать его в качестве протоорудия для подбора подходящего мостика. Таким образом, в нашем исследовании была продемонстрирована возможность экспериментального выявления способности к учету веса собственного тела у крыс.

Литература

Brownell C.A., Zerwas S., Ramani G.B. "So big": The development of body self-awareness in toddlers // *Child Development*. 2007. Vol. 78. No. 5. P. 1426–1440. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01075.x>

Dale R., Plotnik J.M. Elephants know when their bodies are obstacles to success in a novel transfer task // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. No. 1. P. 46309. <http://dx.doi.org/10.1038/srep46309>

Gallup G.G., Anderson J.R. Self-recognition in animals: Where do we stand 50 years later? Lessons from cleaner wrasse and other species // *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*. 2020. Vol. 7. No. 1. P. 46–58. <http://dx.doi.org/10.1037/cns0000206>

Khvatov I.A., Sokolov A.Y., Kharitonov A.N. Snakes Elaphe Radiata may acquire awareness of their body limits when trying to hide in a shelter // *Behavioral Sciences*. 2019. Vol. 9. No. 7. P. 67. <http://dx.doi.org/10.3390/bs9070067>

Lenkei R., Faragó T., Kovács D., Zsilák B., Pongrácz P. That dog won't fit: Body size awareness in dogs // *Animal Cognition*. 2019. Vol. 23. No. 2. P. 337–350. <http://dx.doi.org/10.1007/s10071-019-01337-3>

Lenkei R., Faragó T., Zsilák B., Pongrácz P. Dogs (*Canis familiaris*) recognize their own body as a physical obstacle // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. No. 1. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-82309-x>

de Waal F.B.M. Fish, mirrors, and a gradualist perspective on self-awareness // *PLOS Biology*. 2019. Vol. 17. No. 2. P. e3000112. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.3000112>

BROWN RATS (*RATTUS NORVEGICUS*) TAKE THEIR OWN BODY WEIGHT INTO ACCOUNT WHEN ASSESSING ENVIRONMENTAL OBJECTS

I.A. Khvatov (1)*, A.N. Kharitonov (2), A.Yu. Sokolov (1)

lttkrot1@gmail.com

1 – Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow; 2 – Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. Awareness of one's own body, as applied to animals, is expressed in their ability to take into account various parameters of their own body in their relationship with objects in the environment. Currently, one area of research is the study of the ability of animals to perceive their bodies as a physical obstacle to solving a problem. We studied the ability of

brown rats to take into account their own body weight. To solve the experimental problem, the rats had to receive the bait by crossing one of three bridges located above the floor. The bridges could be installed in a fixed or unfixed position. In the second case, when the rat tried to cross the bridge, it fell down. Accordingly, the rat needed to correlate its body weight with the strength of the support. We found that 14 out of 40 tested rats could solve this problem. During the experiment, these rodents demonstrated characteristic “trying movements”, during which, we believe, they correlated their own weight with the characteristics of the external objects. Thus, we have demonstrated the ability of rats to take into account their own body weight when performing a task.

Keywords: brown rats, self awareness, body awareness, body weight awareness, mirror self recognition

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОНИМАНИЯ ВЕРБАЛЬНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ БАЗОВЫХ ЭМОЦИЙ ДЕТЬМИ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Е.Г. Хозе* (1, 2), И.А. Басюл (1, 2), Е.А. Лупенко (2), М.В. Юрьева (2),
М.М. Маринова (1)

house.yu@gmail.com

1 — МИП, Москва; 2 — МГППУ, Москва

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования, выполняемого в ходе подготовки визуального стимульного материала для работы с эмоциональной сферой детей младшего и среднего школьного возраста. На данном этапе исследовалась степень понимания вербальных обозначений базовых эмоций. Проведено сравнение оценок по шкалам семантического дифференциала детской и взрослой выборок. Показано, что оценки вербальных обозначений базовых эмоций детьми и взрослыми могут даваться в терминах как сходных, так и полярных понятий, но в 72 % случаев совпадают. Отличия в оценках вербальных обозначений между взрослой и детской выборками, за редким исключением (только «удивление»), заключаются в том, что взрослые оценивают их значимо более выраженными. Показано, что уровень понимания вербальных обозначений базовых эмоций детьми младшего школьного возраста достаточно высок, а разработанные шкалы семантического дифференциала могут быть использованы для оценки емоji-экспрессий эмоций и сравнения с оценками вербальных обозначений. Высокие корреляции будут свидетельствовать о том, что подготовленные емоji-экспрессии передают признаки базовых эмоций и могут быть использованы в работе с детьми.

Ключевые слова: аффективный словарь ребенка, семантический дифференциал, оценка вербальных обозначений базовых эмоций, младший школьный возраст, речевое развитие, эмоциональное развитие

Исследование поддержано РФФИ, проект № 19-013-00958 «Динамика индуцируемых эмоциональных состояний у детей младшего и среднего школьного возраста».

Введение

Исследования эмоциональной сферы занимают особое место в общепсихологической проблеме межличностного восприятия в общении и деятельности. Согласно теории дифференциальных эмоций Изарда, существует представление о наличии небольшого числа базовых эмоций, инвариантно распознаваемых независимо от культурной принадлежности наблюдателя (Изард, 2007). Остальные эмоции, определяемые сложными, рассматриваются либо как смесь базовых эмоций, либо как культурно-специфичные (Ekman, Friesen, 1969; Prinz, 2004). Методы, предназначенные для самооценки дифференциальных эмоций (Изард, 2007) детей, ставят вопрос о уровне сформированности вербального аффективного словаря у детей. Ряд авторов высказывают мнение о способности детей вербально обозначать эмо-

циональные экспрессии с двухлетнего возраста (Izard, Harris, 1995; Denham, 1998). Бретертон и Бигли показали уровень понимания аффективных понятий и использования их в своем лексиконе детьми в возрасте 28 месяцев. 60 % детей этого возраста знали и могли оперировать вербальными обозначениями эмоциональных состояний «счастливый», «напуганный», «злой»; понятие «грустно» было известно 50 % детей; 80 % знали и использовали понятия «нравится» и «любовь» (Bretherton, Beeghly, 1982). В исследовании Риджвея показано, что 75 % трехлетних детей использовали понятия для обозначения «хорошего», «счастливого», «грустного», «злого», «любящего», «рассерженного» и «удивленного» состояний (Ridgeway et al., 1985). В работе Барона-Коена с коллегами установлено, что из 366 аффективных понятий, отобранных из английского словаря, 41 понимали как минимум 75 % детей в возрасте 4–6 лет ($N=30$), 88 % — дети 7–8 лет ($N=34$) (Baron-Cohen et al., 2010). По способу объяснения аффективных понятий 5-летние дети преимущественно используют обращение к контексту ситуации, в которой испытывалась или могла быть испытана та или иная эмоция, иногда с лингвистическими компонентами (Соловьева, 1999; Карелина, 2017). По схематическим или фотографическим изображениям способность детей к пониманию базовых эмоций сформирована уже к 5–6 годам, а в возрасте 3–4 лет дети понимают эмоции по контексту и действиям персонажей (Прусакова, 2005). При идентификации эмоций по фотоизображениям выделены различия по половому признаку, например, в период 6–11 лет проявляется скачкообразная динамика некоторых эмоций у мальчиков при общем равномерном возрастании с последующей стабилизацией у девочек (Андерсон, 2013).

Метод исследования

Уровень понимания вербальных обозначений базовых эмоций изучался при помощи метода семантического дифференциала (Осгуд и др., 1972; Петренко, 1996; Лупенко, 2009). Дети и взрослые оценивали вербальные обозначения 10 базовых эмоций, выделенных Изардом (печаль, гнев, страх, радость, удивление, вина, стыд, презрение, отвращение, интерес). Во взрослую выборку вошли студенты московских вузов и взрослые с высшим образованием ($N=24$), в детскую — учащиеся первого класса в возрасте 6–7 лет общеобразовательной школы подмосковного города Лобня ($N=30$). Анализу подвергались различия средних оценок по 7 шкалам: «приятный–неприятный», «слабый–сильный», «добрый–жестокый», «грубый–нежный», «дружелюбный–враждебный», «общительный–необщительный», «тревожный–безмятежный/спокойный» (у детей эта шкала называлась «тревожный–спокойный»). С подробными результатами анализа можно познакомиться в подготовленной нами ранее статье (Хозе и др., 2021).

Результаты исследования

Статистическая оценка достоверности полученных различий выполнялась при помощи теста Манна–Уитни. Поправка на множественные сравнения производилась при помощи критерия Бенджамина–Хохберга. В табл. 1 пред-

ставлены значения оценок вербальных обозначений эмоций, полученных на взрослой и детской выборках, имеющих значимые различия (Хозе и др., 2021).

Таблица 1. Значения достоверно различающихся оценок взрослой и детской выборок

ЭМОЦИЯ	ШКАЛА	ВЗРОСЛЫЕ	ДЕТИ	p-value
Радость	слабый – сильный	-0.758	0.500	.000
Вина	тревожный – спокойный	-0.742	-0.286	.048
Печаль	слабый – сильный	0.318	-0.125	.048
Печаль	общительный – необщительный	0.470	0.036	.047
Стыд	приятный – неприятный	0.727	0.196	.015
Стыд	общительный – необщительный	0.571	0.089	.012
Удивление	слабый – сильный	-0.545	0.269	.000
Удивление	добрый – жестокий	-0.318	-0.571	.048
Удивление	грубый – нежный	0.288	0.574	.020
Гнев	слабый – сильный	-0.606	0.232	.002
Гнев	дружелюбный – враждебный	0.788	0.286	.013
Гнев	общительный – необщительный	-0.076	0.352	.030
Гнев	тревожный – спокойный	-0.682	-0.315	.047
Страх	добрый – жестокий	0.500	-0.179	.012
Страх	дружелюбный – враждебный	0.470	0.054	.048
Страх	общительный – необщительный	0.515	-0.054	.002
Страх	тревожный – спокойный	-0.652	-0.148	.010
Отвращение	приятный – неприятный	0.894	0.130	.000
Отвращение	грубый – нежный	-0.470	-0.018	.018
Отвращение	дружелюбный – враждебный	0.576	0.000	.012
Отвращение	тревожный – спокойный	-0.439	-0.107	.048
Презрение	приятный – неприятный	0.818	0.000	.002
Презрение	добрый – жестокий	0.697	0.037	.012
Презрение	грубый – нежный	-0.697	-0.148	.015
Презрение	дружелюбный – враждебный	0.788	0.268	.018

Примечание. значения со знаком «-» указывают левый полюс полярной шкалы, без знака – правый полюс.

В табл. 1 показаны достоверные различия в оценках вербальных обозначений базовых эмоций по полярным шкалам семантического дифференциала между взрослой и детской выборками. Значимые различия получены по каждой из 9 базовых эмоций, в количестве от 1 до 4 шкал. Наименьшее количество различий, по одной шкале каждая, выявлено для вербальных обозначений «радости» и «вины». Так, например, «радость» отличается на шкале разнополярно,

в отличие от однополярных различий у «вины», обе значительно более выражены в оценках взрослых. Вербальные обозначения двух эмоций — «печали» и «стыда» — имеют различия по двум шкалам каждая. Оценки «печали» имеет по одной шкале разнополярное различие, а по другой — однополярное, в обоих случаях оценки также более выражены у взрослых. «Стыд» отличается однополярными оценками по двум шкалам, значительно более выраженными у взрослых. «Удивление» отличается по трем шкалам, одна из которых имеет разнополярное различие, а две — однополярные и более выраженные у детей. «Гнев», «страх», «отвращение» и «презрение» имеют различия по четырем шкалам каждая. «Гнев» и «страх» отличаются двумя шкалами однополярно и двумя — разнополярно, более выраженными у взрослых, за исключением одной шкалы в оценках «гнева». «Отвращение» и «презрение» имеют однополярные различия, более выраженные у взрослых.

Обсуждение и выводы

Анализ результатов оценки вербальных обозначений базовых эмоций по шкалам семантического дифференциала позволил изучить отношение к наименованиям базовых эмоций у взрослых и детей младшего школьного возраста, а сравнительный анализ оценок показал степень их понимания детьми младшего школьного возраста. Оценки носят неоднозначный характер, могут иметь незначительные различия по количеству шкал, совпадать в оценках в терминах полярных понятий, но могут и отличаться разнополярными оценками. В то же время немаловажно отметить, что в большинстве случаев (более 70 %) оценки совпадают, лишь более выражены на взрослой выборке. Данные результаты дают основание полагать, что у детей младшего школьного возраста степень понимания вербальных обозначений достаточно сформирована, и метод семантического дифференциала с разработанными нами шкалами можно использовать в работе по валидации стимульных изображений *еmоj*-экспрессий. Данное исследование представляет из себя этап валидации методики на детской выборке. По окончании валидации методики будет подниматься вопрос согласованности оценок, и при необходимости будут проводиться дополнительные экспериментальные серии с доработкой методики.

На следующем этапе, с учетом полученных результатов, планируется проведение исследования, выполняемого в целях валидации визуального стимульного материала — *еmоj*-экспрессий базовых эмоций (см. Хозе и др., 2021). Предполагается оценка по шкалам семантического дифференциала *еmоj*-экспрессий базовых эмоций детьми младшего и среднего школьного возраста и сравнительный анализ полученных оценок с оценками вербальных обозначений.

Литература

- Андерсон М.Н. Возрастная изменчивость распознавания эмоций детьми от 6 до 11 лет: автореф. дисс. ... канд. психол. наук. СПб., 2013.
 Изард К.Э. Психология эмоций.(Мастера психологии). СПб.: Питер, 2007.

Карелина И.О. Развитие понимания эмоций в период дошкольного детства: психологический ракурс: монография. Прага: Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», 2017.

Лупенко Е.А. Интермодальное сходство как результат категоризации // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 2. С. 84 – 103.

Осуд Ч., Суси Д., Танненбаум П. Приложение методики семантического дифференциала к исследованиям по эстетике и смежным проблемам // Семиотика и искусствометрия. М.: Мир, 1972. С. 278 – 297.

Петренко В.Ф. Психосемантический подход к исследованию сознания и личности // Психологическое обозрение. 1996. Т. 2. № 3. С. 12 – 17.

Прусакова О.А. Генезис понимания эмоций: автореф. дисс. ... канд. психол. наук. М., 2005.

Соловьева Н.В. Особенности вербализации эмоциональных представлений дошкольниками: дисс. ... канд. психол. наук. М., 1999.

Хозе Е.Г., Басюл И.А., Лупенко Е.А., Юрьева М.В., Маринова М.М. Семантическое сходство и различие в оценках вербальных обозначений базовых эмоций детьми младшего школьного возраста и взрослыми // Экспериментальная психология. 2021 (в печати).

Baron-Cohen S., Golan O., Wheelwright S., Granader Y., Hill J. Emotion word comprehension from 4 to 16 years old: A developmental survey // *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*. 2010. Vol. 2. No. 109. <http://dx.doi.org/10.3389/fnevo.2010.00109>

Bretherton I., Beeghly M. Talking about internal states: The acquisition of an explicit theory of mind // *Developmental Psychology*. 1982. Vol. 18. No. 6. P. 906 – 921. <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.18.6.906>

Denham S.A. Emotional development in young children. New York, London: Guilford Press, 1998.

Izard C.E., Harris P.L. Emotional development and developmental psychopathology // *Developmental Psychopathology*. Vol. 1. Theory and Methods / D.J. Cohen, D.V. Cicchetti (Eds.). Oxford: John Wiley & Sons, 1995. P. 467 – 503.

Prinz J. Which emotions are basic? // *Emotion, Evolution, and Rationality* / D. Evans, P. Cruse (Eds.). Oxford: Oxford University Press, 2004. P. 69 – 88. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198528975.003.0004>

Ridgeway D., Waters E., Kuczaj S.A. Acquisition of emotion-descriptive language: Receptive and productive vocabulary norms for ages 18 months to 6 years // *Developmental Psychology*. 1985. Vol. 21. No. 5. P. 901 – 908. <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.21.5.901>

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF UNDERSTANDING OF VERBAL DESIGNATIONS OF BASIC EMOTIONS BY PRIMARY SCHOOL AGE CHILDREN

E.G. Khoze* (1, 2), I.A. Basul (1, 2), E.A. Lupenko (2),
M.V. Yureva (2), M.M. Marinova (1)

house.yu@gmail.com

1 – Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow; 2 – Moscow
State University of Psychology & Education, Moscow

Abstract. This paper presents the results of a study carried out during the preparation of visual stimulus material for working with the emotional sphere of children of primary and secondary school ages. We investigated the degree of understanding of the verbal designations of basic emotions at this stage. A comparison of estimates on the scales

of semantic differentials of children and adults was carried out. It was shown that the assessments of verbal designations of basic emotions by children and adults can be understood both in terms of similar and polar concepts, but they coincide in 72

% of cases. The differences in assessments of verbal designations between the adults and children, with rare exceptions (only "surprise"), lies in the fact that adults assess them as significantly more pronounced. The level of understanding of the verbal designations of basic emotions by children of primary school age is quite high, and the developed scales of the semantic differential can be used to assess emoji expressions of emotions and to compare them with the assessments of verbal designations. High correlations will indicate that emoji expressions convey the signs of basic emotions and can be used in working with children.

Keywords: verbal affective vocabulary of a child, semantic differential, assessment of verbal designations of basic emotions, primary school age, speech development, emotional development

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 19-013-00958: "Dynamics of induced emotional states in children of primary and secondary school age".

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ МОТОРНАЯ СЕМАНТИКА: ВЛИЯНИЕ МОТОРНОГО ПРАЙМИНГА НА ЗАПОМИНАНИЕ СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ

И.В. Чехонин*, В.Ф. Спиридонов

igor.v.chekhonin@gmail.com

РАНХиГС, Москва

Аннотация. Воплощенное познание представлено рядом идей и подходов. Согласно слабой версии, при обработке семантической информации сенсомоторная репрезентация служит посредником для перехода к концептуальной репрезентации — по своей природе амодальной (модально независимой). Согласно сильной версии, сенсомоторной репрезентации самой по себе вполне достаточно для обработки семантической информации. Настоящая работа продолжает линию исследований сильной версии воплощенного познания и направлена на изучение роли моторной семантики, которая выражается во взаимном активирующем влиянии сенсомоторной репрезентации и семантических представлений. Нами была проверена гипотеза о влиянии движений рук типа «разъединение» и «соединение» на запоминание специально отобранных существительных, семантически связанных с этими типами движений. Гипотеза не нашла подтверждения: в наших экспериментальных условиях нам не удалось активировать моторную семантику, которая могла бы повлиять на запоминание существительных.

Ключевые слова: воплощенное познание, моторная семантика, сенсомоторная репрезентация, моторный прайминг, семантическое значение

Введение

Подход «воплощенное познание» представляет собой целый ряд разноплановых идей (см., например, Wilson, 2002; Meteyard, et al., 2012). Условно можно выделить слабую и сильную версии воплощенного познания. Согласно слабой версии, при обработке семантической информации сенсомоторная репрезентация служит посредником для перехода к концептуальной репрезентации — амодальной (модально независимой) по своей природе. Согласно сильной версии, сенсомоторной репрезентации самой по себе вполне достаточно для обработки семантической информации. Скажем, индексная гипотеза понимания текста (Glenberg, Robertson, 1999) трактует этот процесс как включающий три составляющих: индексирование, то есть соотнесение слов и фраз с перцептивным образом референтов; извлечение из перцептивных образов способов использования референтов; объединение найденных аффордансов при помощи синтаксических конструкций. Принципиальную роль здесь играют симуляторы, которые позволяют осуществить «внутреннюю» имитацию объек-

та или события. Именно благодаря симуляторам в рамках данного процесса достигается осмысленность понимаемого текста.

В данной работе воплощенное познание рассматривается с позиций сильной версии и понимается в соответствии со следующим тезисом: «Речевые процессы укоренены в актах восприятия и действий» (Meteyard et al., 2012). Таким образом, мы опираемся на идею о том, что семантическое представление обязательно задействует сенсомоторную репрезентацию. Поскольку эти два вида репрезентаций имеют ту или иную степень согласованности, то связь между ними должна быть двусторонней, то есть активация сенсомоторной репрезентации приводит к активации семантического представления, и наоборот. В тех случаях, когда сенсомоторная репрезентация и семантическое представление ассоциированы друг с другом и оказывают взаимное активирующее влияние, мы говорим о *моторной семантике*.

На этом основании мы предполагаем, что движения рук включены в процесс семантической обработки существительных. Исследование (Glenberg, Kaschak, 2002) показало, что при осуществлении моторной активности облегчается понимание смысла конгруэнтных действий, описанных в тексте. Однако цитированное исследование, как и многие другие (например, Fischer, Zwaan, 2008; Rueschemeyer et al., 2010), было сделано на материале глаголов движений. Мы проверили гипотезу о возможности посредством определенного типа движений рук активировать семантическую репрезентацию при запоминании существительных, ассоциированных по своему значению с моторной активностью.

Методика

Испытуемые. В исследовании приняли участие 96 испытуемых-студентов в возрасте от 18 до 25 лет (среднее 19.05; стандартное отклонение 1.46). Результаты 5 испытуемых были исключены, так часть из них воспроизвели менее 2 слов, а часть в постэкспериментальном интервью рассказали, что догадались о гипотезе исследования.

Материалы и процедура. Стимульный материал состоял из кубиков конструктора «Буквус»; вербальный стимульный материал представляет собой аудиозапись последовательности существительных трех групп (с лексическим значением «разъединение», со значением «соединение» и нейтральная лексика), которые предъявлялись в случайном порядке. Полный список слов представлен в табл. 1. В пилотажном исследовании предъявляемые слова были отобраны по частотности с помощью словаря Ляшевской и Шарова (2009), а затем оценены респондентами ($N=40$) по шкале Лайкерта «Соединение – Разъединение» от 1 до 7. Слова, получившие высокие и низкие оценки, составили группу «соединение» и «разъединение» соответственно. Слова, получившие средние оценки, составили группу «нейтральная лексика». Целью такой дифференциации служило предположение, что на материале нейтральной лексики можно будет увидеть отсутствие эффектов, вызванных моторной семантикой, связанной, как предполагалось, с двумя полюсами континуума.

Экспериментальная гипотеза заключалась в том, что при выполнении движения типа «разъединение» или «соединение» испытуемые эффективнее за-

Таблица 1. Используемые слова и классификация их значений

«Разъединение»	«Соединение»	Нейтральная лексика
1. разрез	7. сварка	13. поиск
2. разлад	8. смесь	14. вход
3. разлом	9. спайка	15. кость
4. разлука	10. привязка	16. бегство
5. развод	11. слияние	17. молния
6. рассечение	12. единение	18. актер

помнят существительные, соответствующие типу движения. Обоснование теоретических гипотез заключается в том, что активация сенсомоторной репрезентации будет осуществляться посредством моторной активности рук, которая будет иметь характер прайминга.

Эксперимент проводился в индивидуальном режиме. Для контроля эффекта последовательности была выбрана схема с блоковой рандомизацией. Регистрация зависимой переменной происходила при помощи видеосъемки.

На столе экспериментатор кладет по углам квадрата размером 1×1 метр 4 цветные метки. После чего испытуемому в момент проведения эксперимента позволено выполнять только дискретные движения — экспериментатор кладет сформированные конфигурации кубиков, а затем забирает их после выполнения движения испытуемым.

Группа 1. Испытуемых просили разделить заранее сформированные фигуры из кубиков и разложить кубики, ориентируясь на их цвет, в выделенные цветовые зоны на столе; затем испытуемым диктовали последовательность слов, после чего просили воспроизвести запомненные слова. Инструкция: «Перед Вами на столе находятся цветные метки. Выполните, пожалуйста, сортировку кубиков по выделенным цветовым меткам».

Группа 2. Испытуемых просили собрать фигуру из заранее разложенных по цветовым зонам на столе кубиков, затем диктовали последовательность слов, после чего просили воспроизвести запомненные слова. Инструкция: «Создайте, пожалуйста, фигуру из предложенных кубиков».

Группа 3. Испытуемых сперва просили посчитать кубики каждого цвета, а затем диктовали последовательность слов, после чего просили воспроизвести запомненные слова. Инструкция: «Пожалуйста, не трогая руками, посчитайте кубики по цветам».

Было использовано три экспериментальных условия с разным количеством повторов в рамках описанного моторного прайминга. В первой процедуре ($n = 24$) выполнялось 3 движения в каждой экспериментальной группе, во второй ($n = 24$) — 7 повторов движений, в третьей — 11 повторов движений ($n = 24$).

Таким образом, в качестве первой независимой переменной выступает межгрупповой фактор «Тип моторного прайминга» (3 уровня: «разъединение», «соединение», «без прайминга»); второй независимой переменной — внутри-

групповой фактор «Тип лексики» (3 уровня: «разъединение», «соединение», «нейтральная лексика»); третьей независимой переменной — межгрупповой фактор «Количество повторов движений» (3 уровня: 3, 7, 11 повторов).

В качестве зависимой переменной выступает количество воспроизводимых слов определенного типа лексики («разъединение», «соединение», «нейтральная лексика»).

Результаты

Описательная статистика представлена в табл. 2. В третьей контрольной группе пока не набрана выборка.

Таблица 2. Описательная статистика воспроизведенных слов в разных экспериментальных условиях

Гр	Разъединение		Соединение		Нейтральная лексика		Общее количество слов		N
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
1	2.306	0.980	1.611	1.103	1.556	1.027	5.472	1.404	36
2	2.111	1.036	1.944	1.330	1.833	1.108	5.889	1.801	36
3	2.250	0.737	1.583	1.100	1.792	1.215	5.667	2.180	24

Примечание. Гр — экспериментальная группа; N — количество испытуемых; M — среднее количество воспроизведенных слов; SD — стандартное отклонение.

Мы использовали трехфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (ANOVA) с внутрисубъектным фактором «Тип лексики» (3 уровня: «разъединение», «соединение», «нейтральная лексика») и межсубъектными факторами «Тип движений» (3 уровня: «разъединение», «соединение», «без прайминга») и «Количество повторов движений» (3 уровня: 3, 7, 11 повторов).

Дисперсионный анализ не выявил взаимодействия независимых переменных ($F(6.176) = 1.024$, $p = .412$, $\eta_p^2 = .034$). Единственный значимый результат, обнаруженный нами, является эффектом влияния типа лексики на запоминание ($F(2.176) = 6.569$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .069$): существительные, связанные с «разъединением», запоминались значимо лучше, чем другие типы.

Обсуждение и выводы

Нам не удалось подтвердить гипотезу о влиянии количества определенно-го типа движений рук на воспроизведение семантически связанных существительных. Это значит, что в наших экспериментальных условиях нам не удалось активировать моторную семантику, которая могла бы повлиять на запоминание существительных.

При этом мы обнаружили, что тип лексики оказывает влияние на успешность запоминания и воспроизведения слов. Возможно, объяснением может служить тот факт, что в лексике типа «разъединение» все отобранные по частотности слова начинаются с приставки рас-/раз-, что могло выступать

подсказкой испытуемым. В лексике типов «соединение» и «нейтральная» морфемное разнообразие оказалось больше.

Таким образом, вопрос о существовании моторной семантики как таковой на данном материале остается открытым.

Литература

Ляшевская О.Н., Шаров С.А. Новый частотный словарь русской лексики. М.: Азбуковник, 2009.

Fischer M.H., Zwaan R.A. Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2008. Vol. 61. No. 6. P. 825 – 850. <http://dx.doi.org/10.1080/17470210701623605>

Glenberg A.M., Kaschak M.P. Grounding language in action // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2002. Vol. 9. No. 3. P. 558 – 565. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03196313>

Glenberg A.M., Robertson D.A. Indexical understanding of instructions // *Discourse Processes*. 1999. Vol. 28. No. 1. P. 1 – 26. <http://dx.doi.org/10.1080/01638539909545067>

Meteyard L., Cuadrado S.R., Bahrami B., Vigliocco G. Coming of age: A review of embodiment and the neuroscience of semantics // *Cortex*. 2012. Vol. 48. No. 7. P. 788 – 804. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2010.11.002>

Rueschemeyer S.-A., Lindemann O., van Rooij D., van Dam W., Bekkering H. Effects of intentional motor actions on embodied language processing // *Experimental Psychology*. 2010. Vol. 57. No. 4. P. 260 – 266. <http://dx.doi.org/10.1027/1618-3169/a000031>

Wilson M. Six views of embodied cognition // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2002. Vol. 9. No. 4. P. 625 – 636. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03196322>

ARE THERE MOTOR SEMANTICS?: THE EFFECT OF MOTOR PRIMING ON REMEMBERING

I.V. Chekhonin*, V.F. Spiridonov

igor.v.chekhonin@gmail.com

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Moscow

Abstract. Embodied cognition is represented by several theoretical ideas and approaches. According to the weak version of the theory, when processing semantic information, the sensorimotor representation serves as a mediator for the transition to a conceptual representation, which is amodal (modally independent) in nature. According to the strong version, the sensorimotor representation itself is sufficient for processing semantic information. The present work continues the line of research on the strong version of embodied cognition and is aimed at studying the role of motor semantics, which is expressed in the mutually activating influence of sensorimotor representations and semantic representations. We tested a hypothesis about the influence of two types of hand movements (“disconnect” and “connection”) on the memorization of specially selected nouns semantically related to these types of movements. The hypothesis was not confirmed; in our experimental conditions, we were unable to activate motor semantics, which could affect the memorization of nouns.

Keywords: embodied cognition, embodied semantics, sensorimotor representation, motor priming, semantic knowledge

ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫЕ, ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ И ВЕГЕТАТИВНЫЕ КОРРЕЛЯТЫ ИНТЕРЕСА ПРИ СОЧЕТАННОМ ПРЕДЪЯВЛЕНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ТЕКСТА

К.Ю. Шеденко, В.Н. Анисимов*, А.В. Латанов

victor_anisimov@neurobiology.ru

МГУ, Москва

Аннотация. Сочетание текстовой и графической информации широко используется в сфере образования. Извлечение целевой информации из графической и вербальной составляющих и интеграция этой информации описывается в рамках теории мультимедийного обучения (Lindner et al., 2017). Возможность получения новой информации вызывает состояние интереса, связанного с повышением внимания к стимулу. Цель работы состояла в определении поведенческих (глазодвигательных) и физиологических (электроэнцефалографических и вегетативных) коррелятов интереса при чтении текстов, сочетанных с графической информацией. Оказалось, что количество фиксаций на тексте и количество регрессий связаны с интересом в некоторых формах представления информации. В то же время вегетативные показатели связаны с интересом только при предъявлении текстов без графической информации. При добавлении к тексту графической информации наблюдается смещение зрительного внимания в сторону последней, которое выражено по-разному для изображений и для инфографики. Полученные результаты показывают, что разные формы представления информации вызывают различные паттерны поведения, эмоциональную оценку и ответы вегетативной нервной системы.

Ключевые слова: интерес, чтение, айтрекинг, ЭЭГ, полиграфия, мультимедийное обучение

Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500081-5 и при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект».

Введение

Сочетание текстовой и графической информации является одной из составляющих в сфере образования. Одной из современных форм представления информационных и обучающих материалов является инфографика (Cui et al., 2019). Извлечение целевой информации из графической и вербальной составляющих и последующая интерпретация этой информации описывается в рамках теории мультимедийного обучения (Lindner et al., 2017). Возможность получения новой информации и/или лучшего понимания имеющейся информации вызывает интерес, связанный с повышением внимания к стимулу, его осмыслением, обработкой информации и более эффективным обучением

(Reeve et al., 2015). Известно, что параметры движений глаз отличаются при рассматривании изображений и чтении текста (Clifton et al., 2016). При добавлении изображения уменьшается время чтения текста, при этом время просмотра целого стимула меняется незначительно (Lindner et al., 2017).

Цель работы состояла в определении поведенческих (глазодвигательных), электроэнцефалографических и вегетативных коррелятов интереса при чтении текстов, сочетанных с графической информацией, на примере рекламы турагентств.

Методика

В исследовании приняли участие 12 мужчин в возрасте от 18 до 25 лет, средний возраст 23 ± 0.6 ($M \pm SEM$) года. Исследование проведено с соблюдением этических норм, респонденты подписывали информированное согласие на участие в эксперименте.

Материал предъявляли на экране монитора с диагональю 23 дюйма и угловым охватом 47 град. В качестве стимулов использовали описания туров из открытых источников; 667–801 символов, индекс Флеша-Кинкейда 8.1–12.1. Инфографика включала пиктограмму и минимум текста: цена тура, город отправления и стоимость билетов, продолжительность тура, условия проживания, уровень необходимой физической подготовки. Исследование включало два блока: в первом после прочтения текста предъявляли те же тексты с добавлением инфографики (Ф2); во втором – с инфографикой и изображением (фотографией, Ф3). Предварительно проводили запись фона: по минуте с открытыми и закрытыми глазами. Инструкция включала в себя свободный просмотр и чтение контента. После прочтения каждого текста доброволец отвечал, заинтересовала ли его представленная информация.

Для регистрации движений глаз использовали оригинальный айтрекер на базе цифровой высокоскоростной камеры FastVideo (ООО «НПО Астек», Россия) с частотой кадров 250 Гц (патент RU № 2696042 C2). Для оценки глазодвигательного поведения использовали количество фиксаций и возвратных саккад (регрессий) длительностью в диапазоне 80–800 мс. Для регистрации вегетативных показателей использовали полиграф ProComp (ProComp Infiniti™, Канада). Уровень возбуждения вегетативной нервной системы оценивали по абсолютному значению кожной проводимости (КП, μS), а также по отношению амплитуд пульсовой волны (аПВ) и абдоминального дыхания (аАД) к фоновому уровню (частота дискретизации 256 Гц, использовали средние значения показателей в течение времени предъявления материала). Для регистрации ЭЭГ по схеме 10–20 использовали электроэнцефалограф Мицар-ЭЭГ-202 (ООО «МИЦАР», Россия). Частота дискретизации 500 Гц, с фильтрами 1–30 Гц и 45–55 Гц, эпоха анализа 4 сек. Асимметрия α -активности (8–12 Гц) в лобных отведениях (F3–F4) использовалась для оценки положительных эмоций и предпочтения (англ. *liking*, Vecchiato et al., 2011). Статистический анализ проводили с использованием критерия Манна–Уитни с поправкой Бонферони, а также коэффициента корреляции Спирмена. Для анализа использовали показатели, зарегистрированные при предъявлении 190 стимулов по всем респондентам, среднее время записи 28.9 ± 0.8 сек.

Результаты

При повторном предъявлении текста респонденты совершали меньше фиксаций ($U = 8077.5$, $p < .001$) и регрессивных саккад ($U = 7441.5$, $p < .001$) по сравнению с 107 ± 2 фиксаций и 11 ± 1 регрессий для первого предъявления. Различия между 59 ± 5 фиксаций для Ф2 и 46 ± 5 для Ф3 незначимы ($U = 874$, $p = .059$) (рис. 1А). Однако при чтении двух вариантов дополнения респонденты совершали разное количество регрессий ($U = 774.5$, $p = .008$, Ф2 5 ± 1 , Ф3 3 ± 0.48) (рис. 1В). Более того, количество регрессий, предположительно, отражает заинтересованность в текстовой форме представления ($U = 755.5$, $p = .007$, «да» 13 ± 1 , «нет» 10 ± 1) и в Ф2 ($U = 170.5$, $p = .047$, «да» 7 ± 1 , «нет» 4 ± 1), но не в Ф3 ($U = 269$, $p = .823$, при округлении «да» и «нет» 3 ± 1). Оказалось, что количество возвратов к изображению, отражающее переключение между областями интереса предъявляемого слайда, связано с оценкой интереса ($U = 176.5$, $p = .025$, «да» 2.5 ± 0.25 , «нет» 1.75 ± 0.25). Это свидетельствует о том, что при сочетанном предъявлении изображения текст привлекает меньше внимания и оценка контента в большей степени зависит от изображения. Это предположение подтверждается профилем асимметрии ЭЭГ в лобных отведениях в α -диапазоне в Ф3 (рис. 1В). Если для Ф2 показатель различается для интересных и неинтересных вариантов ($U = 137$, $p = .0255$, $DF = 12$, $df = 332$, «да» 0.10 ± 0.05 , «нет» -0.03 ± 0.03), для Ф1 различие не значимо ($U = 789$, $p = .214$, $DF = 12$, $df = 763$, «да» 0.08 ± 0.04 , «нет» 0.02 ± 0.02), то для Ф3 различие абсолютно не выражено ($U = 213$, $p = .8$, $DF = 12$, $df = 273$, «да» 0.08 ± 0.05 , «нет» 0.04 ± 0.04).

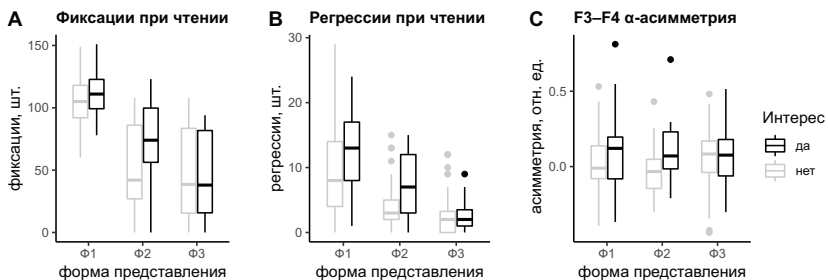


Рисунок 1. Параметры чтения текстов для каждого типа стимулов с учетом заинтересованности в зависимости от формы представления (Ф1 – текст; Ф2 – текст с инфографикой; Ф3 – текст с фотографией). А – количество фиксаций на тексте. В – количество регрессивных саккад. С – асимметрия в α -диапазоне в F3 и F4

На рис. 2 представлены параметры вегетативной нервной системы, которые связаны с интересом и формой представления информации. Показано, что аПВ (рис. 2А) различна как при сравнении -0.42 ± 0.42 отн. ед. для Ф1 с дополненными вариантами ($U = 7441.5$, $p < .001$), так и при сравнении двух дополненных вариантов между собой ($U = 774.5$, $p = .008$, Ф2 -0.60 ± 0.58 , Ф3 -0.20 ± 0.62). Различия в аАД (рис. 2В) и КП (рис. 2С) при сравнении раз-

ных типов стимулов оказались незначимыми. Субъективная оценка интереса проявилась в вегетативных показателях, однако это показано только для Ф1-представления: аПВ ($U=622$, $p=.011$, «да» 0.95 ± 0.82 , «нет» -1.39 ± 0.40) и аАД ($U=551.5$, $p=.048$, «да» 0.26 ± 0.08 , «нет» 0.00 ± 0.35), КП ($U=619$, $p=.010$, «да» 3.42 ± 0.38 , «нет» 2.26 ± 0.30). Из этого следует, что общий уровень активации при чтении Ф1, то есть чтении как таковом, в наибольшей степени отражает интерес. Для Ф2 и Ф3 проследить связь вегетативной активации с интересом не удалось.

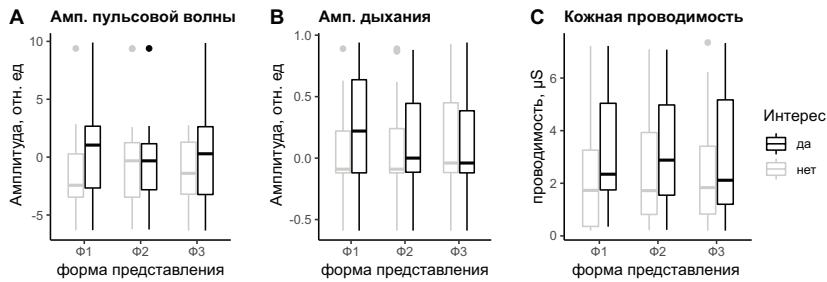


Рисунок 2. Параметры вегетативной нервной системы для каждого типа стимулов с учетом заинтересованности. А – аПВ. В – аАД. С – КП. Результаты статистических сравнений представлены в тексте

Таблица 1. Корреляции между измеряемыми параметрами для разных типов стимулов при положительном ответе на вопрос о заинтересованности

только текст						с инфографикой						с изображением					
а	+	-	-	-	-	а	+	-	-	-	-	а	+	-	+	+	+
.53	б	-	+	+	+	.60	б	-	-	+	+	.52	б	-	-	+	+
-.53	-.07	в	+	+	+	-.52	-.16	в	+	-	+	-.41	-.18	в	-	-	-
-.13	.01	.31	г	-	+	-.44	-.32	.31	г	+	-	.05	-.17	-.14	г	-	-
-.44	.02	.32	-.25	д	+	-.13	.18	-.08	.06	д	+	.23	.70	-.28	-.12	д	+
-.17	.46	.61	.06	.38	е	-.21	.20	.18	-.14	.79	е	.18	.57	-.38	-.07	.86	е

Примечание. а – аПВ, б – аАД, в – КП, г – а-асимметрия F3–F4, д – количество фиксаций, е – количество регрессий. Сверху цвет и знак обозначают величину и знак коэффициента. Снизу выделены корреляции ($p < .05$).

На основании изучаемых показателей составлены корреляционные матрицы для каждого типа представления информации при условии, что респонденты дали положительную оценку заинтересованности (табл. 1). Показатели вегетативной нервной системы, представленные на рис. 2, скоррелированы для всех форм представления информации. Для Ф1 выражена корреляция между аАД, КП и количеством регрессий, что можно связать с извлечением ин-

формации из текста. В то же время в Ф3 аАД коррелирует с количеством фиксаций. В Ф2 не выявлено корреляций между поведенческими и вегетативными параметрами.

Обсуждение и выводы

Различные формы представления информации вызывают отличающиеся паттерны поведения, эмоциональную оценку и ответы вегетативной нервной системы. При чтении текстов без графики наблюдается корреляция исследуемых показателей в случае заинтересованности, что свидетельствует об активном извлечении вербальной информации. Для текста, сочетанного с изображением, интерес связан с переключением зрительного внимания между графической и вербальной информацией (Lindner et al., 2017); вегетативные реакции в этом случае связаны, вероятно, с предъявляемым изображением и показателем предпочтения (Vecchiato et al., 2011). При добавлении инфографики с интересом связаны глазодвигательные, но не вегетативные параметры.

Форма представления играет важную роль в подготовке образовательных материалов для лекций, учебников, курсов. Известно, что графическая форма образовательных материалов при правильном подходе улучшает внимание, восприятие и, в конечном итоге, понимание изучаемого контента. Проблема поиска и разработки точных и объективных инструментов оценки того, как именно перераспределяются критичные для качества восприятия материала показатели, в первую очередь внимание и интерес, является актуальной в теоретическом и практическом аспектах. Достоверные различия по ряду физиологических показателей подтверждают возможность их применения для подобных задач. Использованный в исследовании метод синхронной регистрации различных потоков данных перспективен для дальнейшего развития направления и построения сложных моделей оценки интереса на основе физиологических данных, в том числе с использованием методов *big data*.

Литература

- Clifton C., Ferreira F., Henderson J.M., Inhoff A.W., Liversedge S.P., Reichle E.D., Schotter E.R. Eye movements in reading and information processing: Keith Rayner's 40 year legacy // *Journal of Memory and Language*. 2016. Vol. 86. P. 1–19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jml.2015.07.004>
- Cui W., Zhang X., Wang Y., Huang H., Chen B., Fang L., Zhang H., Lou J.-G., Zhang D. Text-to-viz: Automatic generation of infographics from proportion-related natural language statements // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2019. Vol. 26. No. 1. P. 906–916. <http://dx.doi.org/10.1109/tvcg.2019.2934785>
- Lindner M.A., Eitel A., Strobel B., Köller O. Identifying processes underlying the multimedia effect in testing: An eye-movement analysis // *Learning and Instruction*. 2017. Vol. 47. P. 91–102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.10.007>
- Reeve J., Lee W., Won S. Interest as emotion, as affect, and as schema // *Interest in Mathematics and Science Learning*. American Educational Research Association, 2015. P. 79–92. http://dx.doi.org/10.3102/978-0-935302-42-4_5
- Vecchiato G., Toppi J., Astolfi L., Fallani F. D. V., Cincotti F., Mattia D., Bez F., Babiloni F. Spectral EEG frontal asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commer-

OCULOMOTOR, EEG AND AUTONOMIC CORRELATES OF INTEREST IN THE COMBINED PRESENTATION OF PICTURES AND TEXTS

K. U. Shedenko, V. N. Anisimov*, A. V. Latanov

victor_anisimov@neurobiology.ru

Moscow State University, Moscow

Abstract. The combination of text and graphic information is commonly used in education. The extraction of relevant information from pictorial and verbal components and the integration of these processes is described by the theory of multimedia learning (Linder et al., 2017). The possibility of new information retrieval causes a state of interest, which is accompanied by increased attention to the stimulus. The aim of this study was to investigate behavioral (eye movements) and physiological (EEG and vegetative) correlates of interest in reading texts combined with pictorial information. We showed that the number of fixations during text reading and the number of regressive saccades is associated with interest in some forms of information presentation. Additionally, the vegetative metrics are associated with interest for text-only slides. When an image is added to a text, a shift of visual attention from textual to pictorial information occurs, which is expressed in different ways for images and infographics. The results of the study show that different forms of presentation cause different patterns of behavioral, emotional and vegetative responses.

Keywords: interest, reading, eye tracking, EEG, polygraphy, multimedia learning

The research was carried out within the project of state assignment of MSU No. 121032500081-5 and has been supported by the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Moscow University ("Brain, Cognitive Systems, Artificial Intelligence").

ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВНИМАНИЕ И ПАМЯТЬ У ДЕТЕЙ С ДИСФУНКЦИЕЙ МОЗЖЕЧКА: ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫЕ И КОГНИТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

М.А. Шурупова* (1, 2, 3), С.А. Миронец (1), А.А. Девятерикова (1, 4),
В.Н. Касаткин (1), А.В. Латанов (2)

shurupova.marina.msu@gmail.com

1 — НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, Москва; 2 — МГУ, Москва;

3 — ФГБУ ФЦМН ФМБА России, Москва; 4 — РАО, Москва

Аннотация. В работе исследованы показатели глазодвигательной активности при выполнении зрительного поиска, а также их взаимосвязь с показателями когнитивных функций — рабочей памяти, зрительно-пространственного внимания, пространственного планирования — у детей при мозжечковых дисфункциях, приобретенных вследствие нейроонкологического заболевания. Нейрокогнитивная батарея тестов CANTAB использовалась для оценки когнитивных показателей, метод айтрекинга применялся для оценки движений глаз во время теста на зрительный поиск. В исследовании приняли участие 55 пациентов и 54 здоровых ребенка контрольной группы в возрасте 9–17 лет. У пациентов с дисфункцией мозжечка выявлены трудности выполнения зрительного поиска, а именно: медленное выполнение задания, большое количество фиксаций, длинная траектория сканирования изображения по сравнению со здоровыми детьми. Обнаружена положительная взаимосвязь между качеством выполнения теста на зрительный поиск и показателями рабочей памяти и зрительного внимания и планирования у пациентов. Метод айтрекинга продемонстрировал эффективность для исследования параметров движений глаз с целью оценки нарушений работы саккадической системы у пациентов.

Ключевые слова: зрительно-пространственное внимание, рабочая память, движения глаз, зрительный поиск, мозжечковая дисфункция, нейроонкология, дети

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121032500081-5).

Введение

Известно, что при различных патологиях ЦНС характеристики саккад и фиксаций изменяются (Thurtell et al., 2007). Соответственно, нарушаются процессы адекватного зрительного восприятия и внимания, а также связанные с ними когнитивные функции. Ранее были продемонстрированы нарушения процессов фиксации взора и реализации зрительно-вызванных и произвольных саккад у детей с опухолями мозжечка (Шурупова и др., 2017; Shurupova et al., 2021). У таких пациентов нарушаются базовые функции работы саккадической системы. Фиксация взора становится нестабильной из-за присутствия дизруптивных макро- и микросаккад, нистагма, контекстно-неумест-

ных саккад, нарушающих устойчивое удержание взгляда на объекте (Serra et al., 2008). Следовательно, поступление зрительной информации в мозг оказывается прерывистым и неполным. Кроме того, у пациентов с опухолью мозжечка наблюдаются патологически удлиненные гиперметричные саккады, которые «перелетают» объект (Selhorst et al., 1976). Для исправления неверного движения совершаются дополнительные малоамплитудные корректировочные саккады, которые возвращают глаз на объект. Однако вместо одного движения (в норме) у таких пациентов совершаются как минимум два, а то и более глазодвигательных актов (Thurtell et al., 2007). Это приводит к повышению нагрузки на работу глазодвигательной и связанной с ней зрительной системы, что, в свою очередь, приводит к затруднениям когнитивных процессов восприятия, внимания и зрительно-пространственной памяти.

Вклад мозжечка в когнитивные функции был показан в работах Дж. Д. Шмахманна. При обследовании пациентов с поражением мозжечка был выявлен и описан «мозжечковый когнитивно-аффективный синдром» (Schmahmann, Sherman, 1998). Когнитивно-аффективный синдром приводит, в частности, к снижению когнитивного функционирования. У детей, переживших нейроонкологические заболевания, показатели долговременной, кратковременной и рабочей памяти ниже, по сравнению со здоровыми сверстниками (Ryabova et al., 2018).

Такие нарушения часто встречаются у детей, перенесших лечение одних из самых распространенных опухолей — медуллобластомы и астроцитомы. Эти опухоли располагаются в задней черепной ямке и затрагивают структуры полушарий и червя мозжечка. Достижения в медицине в настоящее время позволяют раньше обнаруживать онкологические заболевания и полностью их излечивать, однако это приводит к новым задачам: изучению отсроченных эффектов заболевания и его лечения (Benzing et al., 2019).

Выявленное в результате отсроченных эффектов лечения онкологического заболевания снижение когнитивных функций (памяти, внимания и планирования) представляется тесно связанным с глазодвигательной феноменологией мозжечковых нарушений. Для изучения подобных взаимосвязей были взяты характеристики фиксаций и саккад из глазодвигательного теста на зрительный поиск и параметры выполнения ряда тестов из батареи CANTAB.

Методика

В исследовании приняли участие 55 детей (61 % мальчиков; возраст 9–17 лет, $M=12.0$, $SD=3.2$), перенесшие лечение опухолей мозжечка. У 64 % детей была диагностирована медуллобластома, у 36 % детей — астроцитомы (у большей части низкодифференцированная). В момент проведения эксперимента они находились в Лечебно-реабилитационном научном центре (Чехов, Россия). Продолжительность ремиссии составила 48.1 ± 35.5 мес. В качестве контрольной выборки в исследовании приняли участие 54 здоровых ребенка в возрасте 9–17 лет ($M=12.9$, $SD=2.4$) без неврологической и соматической симптоматики. Эксперимент был одобрен Независимым этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра педиатрии, онкологии и иммунологии

имени Дмитрия Рогачева (протокол № 8е/13-17 от 27.10.2017 г.) и проводился в соответствии с принципами Хельсинкской декларации от 1964 года.

Движения глаз регистрировали с использованием айтрекера Arrington Research (60 Hz). В качестве стимульной парадигмы использовали глазо-двигательный тест на зрительный поиск «10 точек». Тест характеризует стратегию зрительного сканирования пациента при выполнении задания на зрительный поиск и память. Пациенту дается инструкция зрительно посчитать стимулы и назвать ответ вслух. Кружки (диаметром 1 °) располагаются в псевдослучайном порядке, занимая весь экран. В качестве количественной оценки выполнения теста использовались следующие параметры: (1) время выполнения задания (с), (2) число фиксаций, (3) длина траектории (суммарная амплитуда всех саккад, °).

Для оценки нейропсихологического статуса пациентов использовали компьютеризированную батарею тестов CANTAB (Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery). Для оценки устойчивого внимания использовали тест RVP (Rapid Visual Information Processing), учитывали количество ошибок при выполнении теста и время отклика (мс). Для оценки зрительной рабочей памяти использовали тесты SSP (Spatial Span) и SWM (Spatial Working Memory). В SSP учитывали количество элементов, сохраненных в рабочей памяти, в SWM – количество ошибок при выполнении теста. Для оценки пространственного планирования был проведен тест SOC (Stockings of Cambridge), определяли количество решенных задач (Ryabova et al., 2018).

В работе сравнивали параметры зрительного поиска у пациентов и здоровых детей с помощью критерия Манна–Уитни, а также у пациентов исследовали взаимосвязь между параметрами глазо-двигательной деятельности и выполнением нейропсихологических тестов. Анализ силы и направления связей проводился с помощью r -коэффициента корреляции Пирсона.

Результаты

У пациентов наблюдались затруднения зрительно-пространственного сканирования при выполнении задания на зрительный поиск: они медленнее справлялись с заданием ($p < .0001$), при этом тратили большее число фиксаций на подсчет 10 объектов ($p < .0001$), и траектория сканирования изображения была длиннее ($p < .0001$), чем у здоровых детей.

Также было обнаружено, что чем эффективнее стратегия глазо-двигательного сканирования зрительной сцены у пациента, тем меньше латентность при выполнении теста на внимание RVP ($r_1 = .524, p_1 < .001; r_2 = .430, p_2 = .002; r_3 = .456, p_3 = .001$); тем меньше ошибок при выполнении теста на пространственную рабочую память SWM ($r_1 = .414, p_1 = .003; r_2 = .348, p_2 = .015; r_3 = .369, p_3 = .01$; рис. 1); тем больше объем пространственной рабочей памяти при выполнении теста SSP ($r_1 = -.320, p_1 = .022; r_3 = -.310, p_3 = .03$); тем больше решений было сделано в тесте на планирование SOC ($r = -.335, p = .028$). Эффективность стратегии глазо-двигательного сканирования оценивалась в таких показателях, как время выполнения задания, число фиксаций и длина траектории сканирования. Чем меньше были эти показатели у пациента, тем эффективнее была его стратегия.

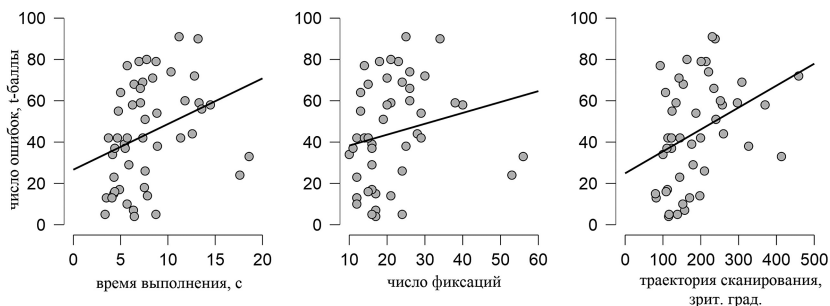


Рисунок 1. Взаимосвязь параметров эффективности стратегии глазодвигательного сканирования и числа ошибок в тесте SWM

Обсуждение и выводы

Затруднения в зрительно-пространственной памяти у пациентов с опухолью мозжечка выявляются в неэффективной, нерациональной стратегии глазодвигательного сканирования пространства при выполнении поискового задания. Им требуется большее число фиксаций, траектория саккадического сканирования становится длиннее из-за того, что пациенты возвращаются к уже посчитанным ранее объектам, следовательно, время выполнения задания также увеличивается. Такие возвраты взора характеризуют сложность восприятия и запоминания пациентом объектов, расположенных в зрительном поле, отражая затруднения в пространственной ориентации и нарушения интеграции зрительно-пространственных процессов (Zihl, 1995). Нарушения работы саккадической системы связаны как с простыми когнитивными функциями, такими как внимание, так и с более высокоуровневыми, включающими в себя планирование и рабочую память.

Таким образом, мы наглядно продемонстрировали взаимосвязь параметров работы саккадической системы и показателей выполнения тестов на оценку когнитивных функций у пациентов с опухолью мозжечка. Было обнаружено, что при ухудшении работы саккадической системы наблюдаются ухудшения когнитивных функций, тесно связанных с работой глазодвигательной системы: внимания, зрительно-пространственной и рабочей памяти, планирования. Выявленные взаимосвязи глазодвигательных и когнитивных функций могут лечь в основу дополнительных реабилитационных мероприятий.

Литература

Шурупова М.А., Касаткин В.Н., Анисимов В.Н., Рябова А.А., Латанов А.В. Динамика функционирования саккадической системы у пациентов с опухолью мозжечка в результате реабилитации // Теоретическая и экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 3. С. 13 – 25.

Benzing V., Spitzhüttl J., Siegwart V., Grotzer M., Steinlin M., Leibundgut K., Everts R., Schmidt M. Executive functions, motor abilities and quality of life in pediatric cancer survivors – the crucial role of motor coordination // 15th European Congress of Sport and Exercise Psychology, Münster. 2019 (unpublished). <http://dx.doi.org/10.7892/BORIS.140990>

Ryabova A.A., Dreneva A.A., Somov D.S., Kasatkin V.N., Malykh S.B. Cognitive functions state in pediatric cancer survivors and healthy controls // *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. Cognitive-Crcs*, 2018. Vol. 49. P. 582 – 587. <http://dx.doi.org/10.15405/epsbs.2018.11.02.65>

Schmahmann J.D., Sherman J.C. The cerebellar cognitive affective syndrome // *Brain*. 1998. Vol. 121. No. 4. P. 561 – 579. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/121.4.561>

Selhorst J.B., Stark L., Ochs A.L., Hoyt W.F. Disorders in cerebellar ocular motor control // *Brain*. 1976. Vol. 99. No. 3. P. 497 – 508. <http://dx.doi.org/10.1093/brain/99.3.497>

Serra A., Liao K., Martinez-Conde S., Optican L.M., Leigh R.J. Suppression of saccadic intrusions in hereditary ataxia by memantine // *Neurology*. 2008. Vol. 70. No. 10. P. 810 – 812. <http://dx.doi.org/10.1212/01.wnl.0000286952.01476.eb>

Shurupova M.A., Kasatkin V.N., Anisimov V.N., Latanov A.V. Effects of cerebellar dysfunction acquired as a result of tumor therapy on the functioning of the saccadic system in children // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2021. Vol. 51. No. 3. P. 402 – 409. <http://dx.doi.org/10.1007/s11055-021-01084-4>

Thurtell M.J., Tomsak R.L., Leigh R.J. Disorders of saccades // *Current Neurology and Neuroscience Reports*. 2007. Vol. 7. No. 5. P. 407 – 416. <http://dx.doi.org/10.1007/s11910-007-0063-x>

Zihl J. Visual scanning behavior in patients with homonymous hemianopia // *Neuropsychologia*. 1995. Vol. 33. No. 3. P. 287 – 303. [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(94\)00119-a](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(94)00119-a)

VISUAL-SPATIAL ATTENTION AND MEMORY IN CHILDREN WITH CEREBELLAR DYSFUNCTION: OCULOMOTOR AND COGNITIVE MEASURES

M. A. Shurupova* (1, 2, 3), S. A. Mironets (1), A. A. Deviatierikova (1, 4), V. N. Kasatkin (1), A. V. Latanov (2)

shurupova.marina.msu@gmail.com

1 – Dmitry Rogachev National Medical Research Center, Moscow; 2 – Moscow State University, Moscow; 3 – FCBRN, Moscow; 4 – Russian Academy of Education, Moscow

Abstract. The present study investigated oculomotor activity during visual search in relation to working memory and visual spatial attention and planning in children with cerebellar dysfunction resulting from tumor treatment. Eye movements were measured using an eye tracker, while cognitive assessment was performed using CANTAB. 55 patients and 54 healthy controls between 9 and 17 years old took part in this study. We found that patients with cerebellar dysfunction have difficulty with visual search strategy: slower speed, more fixations, and longer scanpath compared to healthy controls. We revealed a positive correlation between the effectiveness of visual search and patients' working memory and visual spatial attention and planning. Eye tracking is shown to be an effective tool for studying eye movements in patients with saccadic dysfunction.

Keywords: visual spatial attention, working memory, visual search, eye movements, cerebellar disorder, neuro-oncology, children

The research was carried out within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Project No. 121032500081-5).

ЛЕКСИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА НА УРОВНЕ ОТДЕЛЬНЫХ СЛОВ И ДИСКУРСА У ПАЦИЕНТОВ С ВИСОЧНОЙ ЭПИЛЕПСИЕЙ

А.Н. Юрченко* (1, 2), Д.М. Шарафутдинова (1), А.Л. Головтеев (2)

ania.yurchenko@gmail.com

1 — НИУ ВШЭ, Москва; 2 — Неврологическая клиника

«Центр эпилепсии», Москва

Аннотация. Предыдущие исследования свидетельствуют о трудностях с порождением отдельных слов у пациентов с левосторонней и правосторонней височной эпилепсией, в то время как данные о более высоких языковых уровнях очень ограничены. Данное исследование посвящено изучению лексического разнообразия в устном дискурсе у пациентов с височной эпилепсией по сравнению со здоровыми носителями русского языка. Во время тестирования испытуемых просили составить рассказ по рисунку, после чего данные были обработаны с применением метода MTLД (Measure of Textual Lexical Diversity). В дополнение порождение отдельных слов (существительных и глаголов) было исследовано с помощью тестов на называние объектов и действий. Результаты анализа выявили снижение лексического разнообразия в дискурсе у пациентов с височной эпилепсией по сравнению со здоровыми испытуемыми. Схожие результаты были получены для тестов на порождение отдельных слов. При этом различий между двумя группами пациентов не было обнаружено ни для одного из заданий. Полученные результаты свидетельствуют о том, что процессы лексической обработки при височной эпилепсии затруднены на уровне отдельных слов и дискурса, вне зависимости от латерализации эпилептогенного очага.

Ключевые слова: лексическая обработка, лексическое разнообразие, височная эпилепсия, порождение отдельных слов, порождение дискурса, MTLД

Исследование поддержано мегагрантом Правительства РФ № 14.641.31.0004.

Введение

Эпилепсия — это неврологическое заболевание, которое характеризуется возникновением временных, но повторяющихся нарушений биоэлектрической активности мозга, приводящих к приступам (Lebrun, Fabbro, 2016). При височной эпилепсии источник эпилептиформной активности находится в левой или правой височной доле, которые активно вовлечены в процессы речевой обработки (Riès et al., 2016). В ряде исследований отмечается, что пациенты с левосторонней (ЛВЭ) и правосторонней (ПВЭ) височной эпилепсией испытывают трудности с порождением отдельных слов (Bonelli et al., 2011; Yurchenko et al., 2017), однако порождение речи на уровне дискурса оста-

ся недостаточно изученным. Целью настоящего исследования является анализ лексических характеристик спонтанного устного дискурса (лексического разнообразия) у пациентов с ЛВЭ и ПВЭ по сравнению со здоровыми носителями языка.

Методика

Испытуемые. В исследовании приняли участие 26 пациентов с ЛВЭ (16 женщин, средний возраст = 30 лет, средняя длительность образования = 14 лет), 26 пациентов с ПВЭ (13 женщин, средний возраст = 29 лет, средняя длительность образования = 14 лет) и 26 здоровых носителей русского языка (16 женщин, средний возраст = 32 года, средняя длительность образования = 15 лет). Все пациенты получали фармакотерапию и соответствовали следующим критериям: 1) ведущая рука: правая 2) русский язык является родным 3) возраст: старше 16 лет 4) отсутствие перенесенных операций на мозге. Группы испытуемых не различались по возрасту и длительности образования. Между группами пациентов не было значимых различий по возрасту начала приступов, длительности заболевания, частоте приступов и числу принимаемых препаратов.

Материалы и процедура исследования. Тестирование проводилось с помощью Русского афазиологического теста (Ivanova et al., 2016). Задание на порождение дискурса было нацелено на порождение испытуемым связного дискурса по рисунку, на котором были изображены события с участием нескольких героев (см. рис. 1). Испытуемых просили составить небольшой рассказ, осветив при этом, с чего история началась, что произошло и чем все закончилось. В качестве контрольных заданий использовались тесты на порождение отдельных слов — существительных и глаголов, — во время которых испытуемых просили назвать объект или действие, изображенное на рисунке, соответственно.

Анализ данных. Образцы дискурса были записаны на диктофон, далее обработаны и аннотированы с помощью приложения ELAN. Для оценки лексического разнообразия использовался метод MTLD (Measure of Textual Lexical Diversity, McCarthy & Jarvis, 2010), достоинством которого является то, что он позволяет избежать влияния длины дискурса на результат оценки. Для анализа был применен код, выложенный на репозитории GitHub (Jiang et al., 2017). Статистический анализ проводился с применением общих линейных моделей в среде R и непараметрических критериев в приложении SPSS Statistics 23 (IBM Corp., США). Поправки на множественные сравнения осуществлялись в соответствии с подходом False Discovery Rate (FDR) (Benjamini, Hochberg, 2000).

Результаты

Анализ данных не выявил статистически значимых различий между группами пациентов с височной эпилепсией и здоровыми носителями языка в отношении длины дискурса в словах (см. табл. 1). При этом значения параметра MTLD, характеризующего лексическое разнообразие в дискурсе, значимо различались для трех групп испытуемых (см. табл. 2). Различия между группой

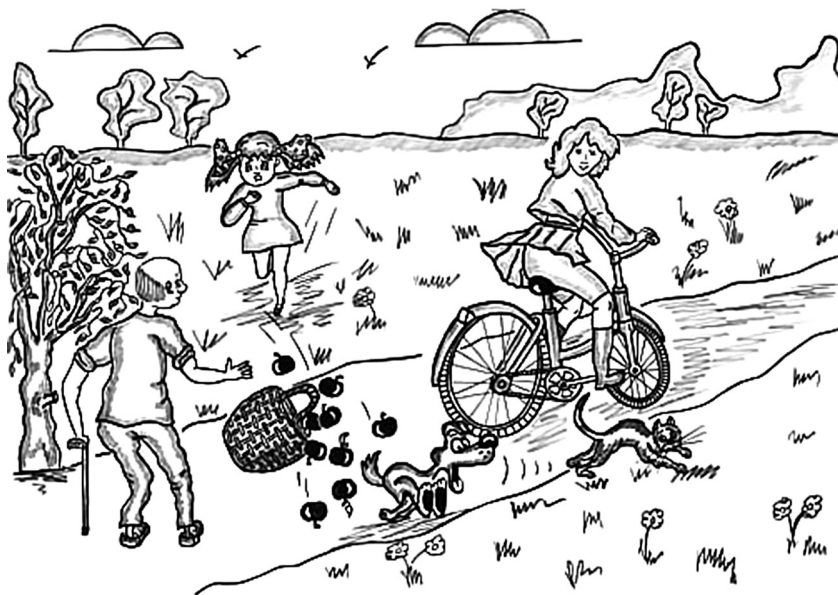


Рисунок 1. Рисунок из теста на порождение дискурса

пациентов с ЛВЭ и здоровыми испытуемыми достигли статистической значимости ($p=.003$), тогда как различия между пациентами с ПВЭ и контрольной группой носили характер тенденции ($p=.075$). Значимые различия между пациентами с височной эпилепсией и здоровыми испытуемыми также наблюдались для тестов на порождение существительных (см. табл. 1; U -критерий Манна–Уитни: ЛВЭ vs здоровые испытуемые — $U=27.1$, $p=.002$; ПВЭ vs здоровые испытуемые — $U=16.4$, $p=.002$) и глаголов (ЛВЭ vs здоровые испытуемые — $U=11.9$, $p=.003$, ПВЭ vs здоровые испытуемые — $U=9.9$, $p=.003$). Ни один из контрастов не выявил значимых различий между двумя группами пациентов с височной эпилепсией.

Таблица 1. Результаты тестов на порождение речи у пациентов с височной эпилепсией и здоровых испытуемых (среднее (SD)) и статистического сравнения (H -критерий Краскалла–Уоллиса)

	Пациенты с ЛВЭ	Пациенты с ПВЭ	Здоровые испытуемые	χ^2	p
Длина дискурса (в словах)	75.1(30.3)	85.7(53.0)	81.6 (31.1)		
MTLD	49.7(16.1)	56.3(22.7)	65.6 (15.5)		
Существительные (%)	87.5(12.5)	91.6 (9.3)	98.6 (3.0)	29.6	.001
Глаголы (%)	90.4(10.4)	92.7 (8.2)	98.0 (3.2)	14.4	.001

Таблица 2. Результаты статистического анализа с применением линейных моделей для параметра MTLD

	Оценка	Ст. ошибка	<i>t</i>	<i>p</i>
Intercept	65.6	3.7	17.8	.001
Пациенты с ЛВЭ	-15.9	5.2	-3.0	.003
Пациенты с ПВЭ	-9.3	5.2	-1.8	.075
Скорректированный r^2	.090			
<i>p</i>	.012			

Обсуждение и выводы

Полученные данные подтверждают результаты предыдущих исследований, свидетельствующих о трудностях с порождением отдельных слов у пациентов с височной эпилепсией: ухудшение относительно здоровых испытуемых наблюдалось как для существительных, так и для глаголов (Bonelli et al., 2011; Yurchenko et al., 2017). Несмотря на отсутствие формальных различий между группами участников в длине дискурса, результаты демонстрируют снижение лексического разнообразия в спонтанном дискурсе у пациентов с рассматриваемым диагнозом. Это свидетельствует о том, что трудности с лексическим доступом и/или сокращение словарного запаса выявляются и на более высоких языковых уровнях, которые в большей степени соответствуют ежедневному общению. Отсутствие различий между двумя группами пациентов по какому-либо параметру может быть обусловлено общим снижением функции памяти, наблюдаемым у пациентов с височной эпилепсией вне зависимости от латерализации эпилептогенного очага (Rai et al., 2015), а также нарушениями в строении и функционировании различных областей головного мозга, в том числе за пределами височных долей (Keller, Roberts, 2008).

Литература

- Benjamini Y., Hochberg Y. On the adaptive control of the false discovery rate in multiple testing with independent statistics // Journal of Educational and Behavioral Statistics. 2000. Vol. 25. No. 1. P. 60–83. <http://dx.doi.org/10.3102/10769986025001060>
- Bonelli S.B., Powell R., Thompson P.J., Yogarajah M., Focke N.K., Stretton J., Vollmar C., Symms M.R., Price C.J., Duncan J.S., Koeppe M.J. Hippocampal activation correlates with visual confrontation naming: fMRI findings in controls and patients with temporal lobe epilepsy // Epilepsy Research. 2011. Vol. 95. No. 3. P. 246–254. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epilepsyres.2011.04.007>
- Ivanova M., Dragoy O., Akinina J., Soloukhina O., Iskra E., Khudyakova M., Akhutina T. AutoRAT at your fingertips: Introducing the new Russian Aphasia Test on a tablet // Frontiers in Psychology. 2016. Vol. 7. No. 116. <http://dx.doi.org/10.3389/conf.fpsyg.2016.68.00116>
- Jiang J.-Y., Cheng P.-J., Wang W. Open source repository recommendation in social coding // Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. ACM, 2017. P. 1173–1176. <http://dx.doi.org/10.1145/3077136.3080753>

Keller S.S., Roberts N. Voxel-based morphometry of temporal lobe epilepsy: An introduction and review of the literature // *Epilepsia*. 2008. Vol. 49. No. 5. P. 741–757. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1528-1167.2007.01485.x>

Lebrun Y., Fabbro F. *Language and epilepsy*. John Wiley & Sons, 2008.

McCarthy P.M., Jarvis S. MTL, D, and HD-D: A validation study of sophisticated approaches to lexical diversity assessment // *Behavior Research Methods*. 2010. Vol. 42. No. 2. P. 381–392. <http://dx.doi.org/10.3758/brm.42.2.381>

Rai V.K., Shukla G., Afsar M., Poornima S., Pandey R.M., Rai N., Goyal V., Srivastava A., Vibha D., Behari M. Memory, executive function and language function are similarly impaired in both temporal and extra temporal refractory epilepsy – A prospective study // *Epilepsy Research*. 2015. Vol. 109. P. 72–80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2014.09.031>

Riès S.K., Dronkers N.F., Knight R.T. Choosing words: left hemisphere, right hemisphere, or both? Perspective on the lateralization of word retrieval // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2016. Vol. 1369. No. 1. P. 111–131. <http://dx.doi.org/10.1111/nyas.12993>

Yurchenko A., Golovtsev A., Kopachev D., Dragoy O. Comprehension and production of nouns and verbs in temporal lobe epilepsy // *Epilepsy & Behavior*. 2017. Vol. 75. P. 127–133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yebeh.2017.07.006>

LEXICAL ABILITIES IN TEMPORAL LOBE EPILEPSY: SINGLE WORDS AND DISCOURSE

A.N. Yurchenko* (1, 2), D.M. Sharafutdinova (1), A.L. Golovtsev (2)

ania.yurchenko@gmail.com

1 – NRU HSE, Moscow; 2 – Epilepsy Center, Moscow

Abstract. Previous research has shown that patients with left and right temporal lobe epilepsy have difficulties with single word production, whereas higher language levels usually remained unaffected. Our goal was to investigate lexical diversity in the auditory discourse of patients with temporal lobe epilepsy as compared to healthy Russian controls. During the discourse task, participants were asked to create a story based on a picture, and the recorded data were processed using the MTL method (Measure of Textual Lexical Diversity). In addition, object and action naming tests were applied in order to access the participants' single word (noun and verb) production ability. The results revealed lower lexical diversity in the discourse of patients with temporal lobe epilepsy as compared to healthy individuals. Similar results were observed for the naming tests. No differences were found between the two groups of patients in any of the tasks. Thus, our results reveal difficulties with lexical processing in patients with temporal lobe epilepsy at the level of single words and discourse, irrespective of the lateralization of the epileptogenic focus.

Keywords: lexical processing, lexical diversity, temporal lobe epilepsy, single word production, discourse production, MTL

Research supported by the RF Government grant № 14.641.31.0004.

ЧАСТЬ II. НОВЫЕ МЕТОДЫ

DEVELOPMENT OF METHODS FOR TWO-WAY COMMUNICATION WITH A DREAMER IN THE STATE OF LUCID DREAMING

T.I. Blokhina*, V.B. Dorokhov*

tblokhina167@gmail.com, ybdorokhov@mail.ru

Laboratory of Sleep/Wake Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. Research of lucid dreaming, a state of consciousness that occurs during sleep, relies on a one-way communication method with a special pattern of eye movements. We developed a method that allows two-way communication (dialogue) between the participant (dreamer) and an experimenter. Instructions for mathematical problems were given via audio and the experienced lucid dreamer solved them and sent the result using the corresponding number of breaths and eye movements. There were 18 sessions of night sleep, during 10 of which we registered 13 episodes of REM sleep with verified lucid dreaming states. Six correct and four incorrect answers were received during six successful communication attempts. The proof of concept of two-way communication during REM sleep was also confirmed in separate research that was provided by four independent international sleep laboratories (Konkoly et al., 2021). We expect this new communication channel to have various applications in practice and to become the design of experiments for further studies of altered states of consciousness and dreaming.

Keywords: dreaming, sleep, REM sleep, lucid dreaming, state of consciousness, subject/experimenter dialogue, respiratory movement, eye movement

This study was supported by the RFBR grant (№ 20-013-00683a).

Acknowledgements. We give our special thanks to Gennady Troshchenko as well as Alexander and Galina Troshchenko, who are the authors of the original communication protocol and who provided technical resources for the experiments. We also thank Alexander Mironov, PhD student of IHNA & NPh RAS, and independent researcher Artem Sinin for the initial experiment and further development of the study.

Introduction

The study of consciousness is crucial for understanding the functioning mechanism of the human mind. Many researchers consider the phenomenon of lucid dreaming (LD) as a promising experimental model for the study of consciousness (Voss et al., 2013). Lucid dreaming is a state of altered consciousness during sleep when individuals are aware of the fact that they are currently dreaming; it combines parameters of sleep and wakefulness and occurs either spontaneously or as a result of special training. The well-known verification method of lucid-

ity is the detection of a special pattern of eye movements (left-right-left-right), a technique that was developed by Steven LaBerge, the pioneer of LD (LaBerge et al., 1981). Combined with other polysomnogram metrics that indicate a state of sleep, this pattern is considered to be sufficient for the identification of the LD state. However, so far, most communication in LD has been one-sided: dreamers indicate lucidity with eye signals. Our 2018 study (Mironov et al., 2018) showed the possibility of real-time two-way communication with individuals during LD. Later, in 2021, the same result was confirmed in the research made by four independent laboratory groups (Konkoly et al., 2021).

Method and Results of Russian Research

LD occurs predominantly during REM sleep, although REM is not necessary for LD (Baird et al., 2019). In REM sleep, the body of the sleeping person is almost paralyzed as a result of muscle atonia, except for the muscles that control breathing and eye movements. Thus, the eye movements and breathing signals were selected as a method for providing answers during experimentation.

One proficient lucid dreamer was recruited for the experiment: a 38-year-old male who reported no sleep disturbances, no history of brain trauma and no use of sleep-affecting medications for the duration of the study. A Wake-Back To Bed method was used for inducing LD: after 2–3 sleep cycles, a person wakes up from sleep, stays awake for some time, orally repeats a plan for the experiment and then returns to sleep. Soon after falling asleep, the dreamer receives audio signals that gradually increase in volume via earphones, with messages containing instructions pre-recorded by the participant himself, such as mathematical tasks (addition or subtraction; correct solutions ranged from 2 to 10), instructions for how to give an answer and common phrases to support lucidity. An example of a math problem and instructions for answering is: *“What is 6 minus 3? Answer with your breath, then with your eyes”*. An example of a message to support lucidity and remind the participant of the ongoing experiment is: *“You are sleeping! This is an experiment! Remember your goal!”*. A polysomnogram of real-time dialogue is shown in Fig. 1.

The first line in Figure 1 depicts five mathematical tasks, such as “6–2”. The participant’s responses are shown in lines 2 through 4. Line 2 shows the breathing pattern, with 1a depicting four regularly spaced peaks, with short inhales-exhales. Lines 3 and 4 show EOGs: 1a and 1b depict four eye movements (right-left); 2a and 2b – answers to the “4+3” task, with eye movements coming first (in this case breathing movement is less discernible). 3b is an answer with eye movements only to the “2+3” task, which is poorly legible (per the subject’s commentary: “The dream narrative has distracted me and lucidity diminished.”). 4a and 4b show answers to the “8–4” task (the participant said “lucidity was restored by then”). 5a is the answer to “9–6” (the participant said “twice, to be sure that the signal will be recorded clearly”). After that, the subject woke up (rapid increase in EMG amplitude). The episode lasted 3 minutes, which is normal for this type of LD.

18 full-night recordings were completed, and in 10 of them (with 13 episodes of REM sleep) lucid dreaming occurred, as verified both with eye signals

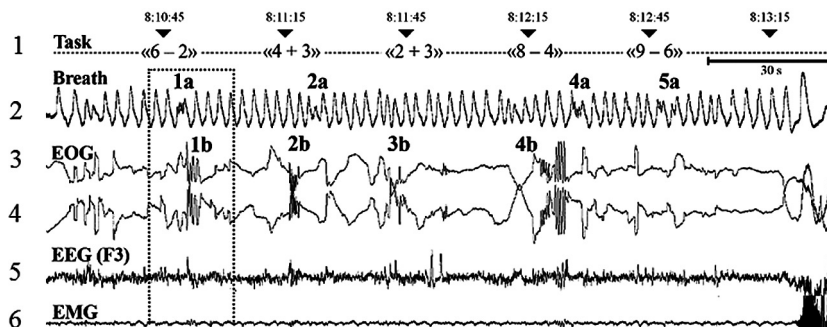


Figure 1. Communication during REM sleep. An episode with 5 tasks and 5 answers. X-axis is time, with a 30-second section for scale. 1) Task; 2, 3, 4) Answers via breath and two electrooculograms (EOG) for right and left eyes; 5) Electroencephalogram (EEG) via F3 electrode; 6) Electromyogram (EMG).

and self-reports. During these 13 REM sleep episodes, communication attempts were made using pre-recorded audio messages. In a subset of six episodes, the participant further produced signals following the arithmetic tasks. There were no separate statistics for the cases of no answers (we did not document the exact number of those trials and the exact consequences, such as awakening from sleep or the absence of answers during sleep). However, awakening after audio signals was a frequent scenario. If the participant solved a math task, he received another one; if he woke up, then the current episode of the experiment was stopped. In one episode, five math tasks in a row were presented, and the episode ended by the participant awakening (this communication is shown in Fig. 1).

Communication efficiency statistics are as follows. The total number of answers given by the participant was 10; there were 6 correct answers (60 %) and 4 wrong answers (40 %). We included cases of almost correct answers as correct (the value differed by no more than 1), because inaccuracy may be confounded by unreliable detection of the beginning and end of the movement on the recording, especially regarding the eye movements.

After awakening, the participant made a report about the dreams and his experience of communication while asleep. During this experiment, such self-reports fully confirmed the participant's lucidity, the tasks he had received and the answers he had given.

Method and Results of the Research by Konkoly et al., 2021

This study combined the results of two-way communication with dreamers in four international sleep laboratories (USA, Germany, Netherlands, France). Similar approaches to ours were used, with some variety. The scientists presented arithmetic tasks, yes-no questions and some more complex scenarios. To provide the questions, researchers used voice and in some cases Morse code (with light or audio signals). Answers were received with eye movements. The breathing signals that we used in our study were not considered. Thirty six individuals partici-

pated in the experiment, including both experienced lucid dreamers and novices (the latter were specially trained for induction LD prior to the study) and there was one participant with diagnosed narcolepsy. Although special LD induction techniques were used during the experiment, only six participants (17 % from the initial group) gained lucidity in 15 signal-verified lucid dreams. The researchers attempted to communicate with the dreamers on a total of 158 occasions during these LD sessions. They observed a correct response on 29 (18.35 %) of these trials; 5 incorrect responses (3.16 %); 28 ambiguous responses (17.72 %) and there was a lack of response on 96 trials (60.76 %). It should be noted that 21 out of 29 correct answers were received from the participant with narcolepsy.

Furthermore, researchers made 379 attempts for communication without confirmed lucidity (without verified eye movement signals from the dreamer). As a result, they obtained only one correct answer, one incorrect answer, 11 ambiguous responses and 366 cases with no response. This statistic indirectly shows that with high probability the two-way communication is possible only in the state of lucid dreaming: if there is no consciousness, there would be no voluntary processing of the incoming question and therefore no proper reaction. However, a separate study should be conducted to address this issue (for example, form another group of participants with different selection criteria).

Discussion

These studies prove the feasibility of the proposed communication method in lucid dreaming. In particular, it is confirmed that a trained participant (lucid dreamer) is able to perceive external stimuli in a state that is similar to REM sleep according to electrophysiological parameters; to consciously follow his plans; to perform cognitively complex tasks; and to transfer information to the external observer. The technique of real-time communication opens up new perspectives in experimental studies of the state of consciousness associated with lucid dreaming, and this research can be a methodological framework for future studies of the neurophysiological mechanisms of the altered state of consciousness in sleep and its differences from wakeful consciousness.

Researchers have found that dream reports given after awakening are sometimes fragmentary and distorted (Konkoly et al., 2021). For example, in their self-reports some participants recalled wrong questions or answers that were contrary to those they had actually given. These cases demonstrate that self-reports can be ambiguous and unreliable sources of information about sleep states and dreams in particular, highlighting the way real-time communication can offer advanced possibilities to study the nature of sleep and dreaming in real-life conditions.

We acknowledge that the current technique has a number of shortcomings. Firstly, there is low efficiency of external signaling. In our study, too few stimuli became incorporated in reported dreams, and the conjecture that a gradual increase in volume provides both greater stability and more successful incorporations was not vindicated. On the contrary, a higher volume of audio stimuli often woke the dreamer who was currently in a transition state. Secondly, using two

concurrent modalities of signaling an answer (both eye movements and breathing) was overcomplicated for the participant. Individual selection of the signaling method is probably required. Consequently, we conclude that we could significantly increase the success rate of communication firstly by calibrating stimuli loudness on the basis of an REM awakening threshold (dynamically correcting it using feedback from REM sleep stability and the subject's behavior) and secondly by the accurate selection of proficient lucid dreamers in order to obtain statistically significant results in future experiments (and preferably at home in comfortable conditions). It should be noted that in the international study by Konkoly et al. (2021), the main problem was the absence of any response to the questions (62 % of all trials). Karen Konkoly says that about half of the participants – those who did not respond to the tasks – did not remember that they had received any stimuli. Therefore, the main challenge here is to find balance in the sound level that, on the one hand, would break the barrier between sleeping and waking states and, on the other hand, would not interrupt the unusual state of lucid dreaming that combines elements of both waking and dreaming (Hobson, 2009). We assume that audio volume should be tailored to each participant individually (arranged before the experiment).

We intend to hold a more scaled study to try different methods of two-way communication (various techniques of asking questions and sending answers) and to ask various types of questions involving a broad set of tasks, not only mathematical ones.

References

- Baird B., Mota-Rolim S.A., Dresler M. The cognitive neuroscience of lucid dreaming // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2019. Vol. 100. P. 305 – 323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.03.008>
- Hobson A. The neurobiology of consciousness: Lucid dreaming wakes up // *Neurobiology of Consciousness*. 2009. Vol. 2. No. 2. P. 41 – 44. <http://dx.doi.org/10.11588/IJODR.2009.2.403>
- Konkoly K.R., Appel K., Chabani E., Mangiaruga A., Gott J., Mallett R., Caughran B., Witkowski S., Whitmore N.W., Mazurek C.Y., Berent J.B., Weber F.D., Türker B., Leu-Semenescu S., Maranci J.-B., Pipa G., Arnulf I., Oudiette D., Dresler M., Paller K.A. Real-time dialogue between experimenters and dreamers during REM sleep // *Current Biology*. 2021. Vol. 31. No. 7. P. 1417 – 1427. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2021.01.026>
- La Berge S.P., Nagel L.E., Dement W.C., Zarcone V.P. Lucid dreaming verified by volitional communication during REM sleep // *Perceptual and Motor Skills*. 1981. Vol. 52. No. 3. P. 727 – 732. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.1981.52.3.727>
- Mironov A.Y., Sinin A.V., Dorokhov V.B. The method of dialogue with the sleeping subject in the state of lucid dream, using respiratory movements // *Social Ecology Technologies*. 2018. No. 2. P. 83 – 107. <http://dx.doi.org/10.31862/2500-2966-2018-2-83-107>
- Voss U., Schermelleh-Engel K., Windt J., Frenzel C., Hobson A. Measuring consciousness in dreams: The lucidity and consciousness in dreams scale // *Consciousness and Cognition*. 2013. Vol. 22. No. 1. P. 8 – 21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2012.11.001>

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ДВУСТОРОННЕЙ КОММУНИКАЦИИ СО СПЯЩИМ В СОСТОЯНИИ ОСОЗНАННОГО СНОВИДЕНИЯ

Т.И. Блохина*, В.Б. Дорохов*

tblokhina167@gmail.com; ybdorokhov@mail.ru

Лаборатория нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук, Москва

Аннотация. В исследованиях осознанных сновидений для идентификации этого измененного состояния сознания во время сна обычно применяется односторонний метод коммуникации, при котором спящий испытуемый сообщает о своем состоянии движениями глаз. Нами был разработан метод, который позволяет во время осознанных сновидений осуществлять двустороннюю коммуникацию (диалог) между спящим испытуемым (сновидец) и экспериментатором. Инструкция для решения арифметических задач предъявлялась аудиально. Опытный сновидец решал полученную задачу и передавал результат ее решения количеством дыхательных движений или движений глаз. С этим испытуемым было проведено 18 сессий ночного сна, в 10 сессиях зарегистрировано 13 эпизодов сна с быстрыми движениями глаз (БДГ) и подтвержденной осознанностью. В рамках 6 успешных попыток коммуникации было получено 6 правильных и 4 неправильных ответа. Полученный результат, доказывающий возможность двусторонней коммуникации в фазе БДГ был подтвержден в исследовании 2021 года, выполненным четырьмя международными независимыми лабораторными группами (Konkoly et al., 2021). Предполагается, что этот новый канал коммуникации во время осознанного сновидения может иметь разнообразное практическое применение, а также служить экспериментальной моделью для исследования механизмов измененного состояния сознания и сновидений.

Ключевые слова: сон, фаза быстрого движения глаз, осознанные сновидения, сознание, методика диалога сновидец/экспериментатор, дыхательные движения, движения глаз

Работа поддержана грантом РФФИ (проект № 20-013-00683а).

DEVELOPING THE RUSSIAN AUTHOR RECOGNITION TEST: A TOOL TO ASSESS PRINT EXPOSURE

D. Chernova*, P. Bakhturina

d.chernova@spbu.ru

Institute for Cognitive Studies, St. Petersburg State University, St. Petersburg

Abstract. Psycholinguistic studies on language processing show that many reading-related skills like vocabulary, word recognition, and text comprehension are affected by exposure to printed text. Exposure to print represents the amount of time one devotes to reading. The Author Recognition Test is considered the most effective methodology for assessing exposure to print, as it is an objective measure which helps to avoid the influence of social desirability. It was first developed for the English language by Stanovich and West (1989), who suggested a design based on the signal detection theory. Later, this methodology was adapted for some other languages; these ART tests involve authors who write in the respective languages and whose books are translated into these languages. We present the first version of the Russian Author Recognition Test and report correlations between its scores and some offline tasks measuring individual differences in reading skills.

Keywords: reading-related skills, print exposure, vocabulary, spelling, individual differences, language processing

The research was supported by RSF (project № 21-18-00429).

Developing the Russian Author Recognition Test: a Tool to Assess Print Exposure

Exposure to print represents the amount of time one devotes to reading. It is essential for psycholinguistic research on language processing: it has been shown that exposure to print affects reading comprehension (Martin-Chang, Gould, 2008; Mar, Rain, 2015), word recognition in lexical decision task (Chateau, Jared, 2000), reading speed (Martin-Chang, Gould, 2008; Mano, Guerin, 2018), oculomotor activity during the reading (Kuperman et al., 2018), etc. An objective tool to assess the level of reading-related skills and exposure to print is demanded in experimental linguistics. It could be used for the selection of participants with a certain level of reading-related skill for a wide range of linguistic studies, including eye-tracking and neurolinguistic research and can also be used in some other areas of cognitive science: for instance, reading background can affect the Theory of Mind along with various behavioral characteristics (Fong et al., 2013; Mar et al., 2009; Kidd, Castano, 2013).

There are various ways for estimating exposure to print including reading diaries and questionnaires on how much time the participant spends reading or what are his/her favourite books. The main problem is that such methods are based on introspection; therefore the estimation could be inaccurate and exaggerating due to the social desirability bias (Stanovich, West, 1989), because reading is a highly socially-approved type of leisure. That is why the Author Recognition Test is considered the most effective methodology for estimating exposure to print. First it was developed for the English language by K. Stanovich and R. West (Stanovich, West, 1989), who suggested a design based on the signal detection theory: participants get a list of names and their task is to mark the names of the writers they know. Half of the names on the list belonged to popular authors whose books were included in bestseller lists but not included in the school curriculum, while the remaining half belonged to real people who did not write books. For each correct answer, the participant received one point, for each incorrect answer, a point was taken back; this approach made it possible to avoid the influence of social desirability. The aim of the test is not to measure the absolute reading experience, as a reading diary does, it is rather a relative measure reflecting individual differences in print exposure: it is based on the assumption that even if the participant did not read the books of authors he recognized, s/he knows some names of writers, which means that s/he is interested in literature in general.

The first English version of ART has been updated several times (Acheson et al., 2008; Moore, Gordon, 2015). Later, this test was adapted for some other languages: for example, for Chinese (Chen, Fang, 2015), Korean (Lee et al., 2019), Dutch (Brysbaert et al., 2019), German (Grolig et al., 2020), these ARTs include authors that write in the respective languages and whose books are translated into these languages. We present the first version of Russian Author Recognition Test.

To develop a Russian version of the Author Recognition Test (RART), we selected the most popular authors among Russian readers, based on sales ratings over the past five years, as well as on reader reviews ratings. The selection of authors for the pretest is traditionally based on sales ratings only (Moore, Gordon, 2015), however, in order to get more objective data, we take into account reader reviews ratings as well (they include books which may not be included in the top sales ratings, being already available in home libraries, public libraries or freely distributed online). Reader reviews ratings were taken from <https://www.livelib.ru/>, which is the largest and the most popular readers' online community in Russia, with over 15 million users. Authors from the school curriculum were excluded from the list. As fake names we used some names of editorial board members of two agricultural journals (publishing in Cambridge and in Moscow).

Next, the ART pretest for 212 names was launched (106 belonged to real authors; 106 were fillers). We had a diverse sample of participants ($N=1000$) of different age (18–65) and professions, who were recruited in various social networks (the test is targeted at adult native speakers of Russian, further research can be done in future to develop a children version, see (Stainthorp, 1997), or a version for adolescents and young adults, see (Martin-Chang et al., 2020)). The standard method of reducing the pretest version to the final version is to remove 10% of the least recognizable and 20% of the most recognizable authors, however,

we found it more reasonable to include the names within one standard deviation from the median (see Hair et al., 2009).

Sixty seven authors were included in the final version of the test (36 foreign and 31 Russian-writing authors, 28 of them are modern authors and 39 classical ones). There is also a variety of genres: literary fiction (43), detective fiction (6), historical fiction (2), fantastic fiction (12), adventure fiction (2) and romantic novel (1). The score is calculated according to (Stanovich, West 1989), by subtracting the number of wrongly selected foils from the number of correctly selected authors. The test reliability (Cronbach's alpha) is .94.

We also examined some correlations between RART scores and offline tasks measuring individual differences in language skills.

Vocabulary and spelling (N = 130, age 18 – 35). The standardized offline measure of vocabulary for Russian has been developed by (Golovin, 2015), the tool is available online at <https://myvocab.info/>. ART score and vocabulary score show a moderate correlation (Pearson's $\rho = .557$, $p < .001$), which shows that print exposure and vocabulary size are interrelated (similar correlation between ART and Vocabulary has been shown for English and Dutch versions of ART, see (Brysbaert et al. 2020) for review). To assess spelling skills we used a spelling recognition task where the participants had to decide whether a word is spelled correctly or not (see Chernova et al., 2020). ART score and spelling score show a weak, but significant correlation (Pearson's $\rho = .194$, $p = .027$), which might be due to the fact that the spelling test needs some further reliability improvements.

Text Comprehension (N = 44, age 18 – 24). Text comprehension skill was assessed using the task of the International Program for the Assessment of Educational Achievements of Students (PISA). PISA reading comprehension test makes it possible to assess not only the skill of finding and extracting information from the text but also the skill of integration and interpretation (see Tsukerman, 2010). Our participants performed a test from PISA-2018. ART score and PISA score show a moderate correlation (Pearson's $\rho = .417$, $p = .007$) which means that print exposure and text comprehension skill are interrelated (similar correlation between ART and text comprehension has been shown for English, Chinese and Korean versions of ART, see (Brysbaert et al., 2020) for review).

To sum up, this study is the first to develop a Russian version of ART. We show that Russian native speakers' level of print exposure measured by this tool is correlated to some offline reading-related tasks. We also plan to investigate the relationship between the Russian Author Recognition Test scores and measures of online language processing: word recognition in a lexical decision task and eye movements in a reading task.

References

- Acheson D., Wells J., Macdonald M. New and updated tests of print exposure and reading abilities in college students // Behavior Research Methods. 2008. Vol. 40. No. 1. P. 278 – 289. <http://dx.doi.org/10.3758/brm.40.1.278>
- Brysbaert M., Sui L., Dirix N., Hintz F. Dutch Author Recognition Test // Journal of Cognition. 2020. Vol. 3. No. 1. P. 6. <http://dx.doi.org/10.5334/joc.95>

- Chateau D., Jared D. Exposure to print and word recognition processes // Memory & Cognition. 2000. Vol. 28. No. 1. P. 143 – 153. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03211582>
- Chen S.-Y., Fang S.-P. Developing a Chinese version of an Author Recognition Test for college students in Taiwan // Journal of Research in Reading. 2013. Vol. 38. No. 4. P. 344 – 360. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9817.12018>
- Chernova D., Alexeeva S., Slioussar N. What do we learn from mistakes: Processing difficulties with frequently misspelled words // International Conference on Computational Linguistics and Intellectual Technologies «Dialogue. Russian State University for the Humanities, 2020. P. 1 – 13. <http://dx.doi.org/10.28995/2075-7182-2020-19-147-159>
- Fong K., Mullin J., Mar R. What you read matters: The role of fiction genre in predicting interpersonal sensitivity // Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts. 2013. Vol. 7. No. 4. P. 370 – 376. <http://dx.doi.org/10.1037/a0034084>
- Golovin G. Izmerenie passivnogo slovarnogo zapasa russkogo jazyka // Socio- i psiholingvisticheskie issledovanija. 2015. Vol. 3. P. 148 – 159.
- Hair J., Black W., Babin B., Anderson R. Multivariate Data Analysis. 7th Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2009.
- Kidd D.C., Castano E. Reading literary fiction improves theory of mind // Science. 2013. Vol. 342. No. 6156. P. 377 – 380. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1239918>
- Kuperman V., Matsuki K., Van Dyke J. Contributions of reader- and text-level characteristics to eye-movement patterns during passage reading // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2018. Vol. 44. No. 11. P. 1687 – 1713. <http://dx.doi.org/10.1037/xlm0000547>
- Lee H., Seong E., Choi W., Lowder M. Development and assessment of the Korean Author Recognition Test // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2018. Vol. 72. No. 7. P. 1837 – 1846. <http://dx.doi.org/10.1177/1747021818814461>
- Mano Q., Guerin J. Direct and indirect effects of print exposure on silent reading fluency // Reading and Writing. 2018. Vol. 31. No. 2. P. 483 – 502. <http://dx.doi.org/10.1007/s11145-017-9794-5>
- Mar R., Oatley K., Peterson J. Exploring the link between reading fiction and empathy: Ruling out individual differences and examining outcomes // Communications. 2009. Vol. 34. No. 4. P. 407 – 428. <http://dx.doi.org/10.1515/comm.2009.025>
- Mar R., Rain M. Narrative fiction and expository nonfiction differentially predict verbal ability // Scientific Studies of Reading. 2015. Vol. 19. No. 6. P. 419 – 433. <http://dx.doi.org/10.1080/10888438.2015.1069296>
- Martin-Chang S., Gould O. Revisiting print exposure: exploring differential links to vocabulary, comprehension and reading rate // Journal of Research in Reading. 2008. Vol. 31. No. 3. P. 273 – 284. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9817.2008.00371.x>
- Martin-Chang S., Kozak S., Rossi M. Time to read Young Adult fiction: Print exposure and linguistic correlates in adolescents // Reading and Writing. 2020. Vol. 33. No. 3. P. 741 – 760. <http://dx.doi.org/10.1007/s11145-019-09987-y>
- Moore M., Gordon P.C. Reading ability and print exposure: Item response theory analysis of the author recognition test // Behavior Research Methods. 2015. Vol. 47. No. 4. P. 1095 – 1109. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-014-0534-3>
- Stainthorp R. A Children's Author Recognition Test: A useful tool in reading research // Journal of Research in Reading. 1997. Vol. 20. No. 2. P. 148 – 158. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9817.00027>
- Stanovich K., West R. Exposure to print and orthographic processing // Reading Research Quarterly. 1989. Vol. 24. No. 4. P. 402 – 433. <http://dx.doi.org/10.2307/747605>
- Tsukerman G. Ocenka chitatelskoy gramotnosti (materialy k obsuzhdeniyu). 2010.

РАЗРАБОТКА РУССКОЙ ВЕРСИИ ТЕСТА НА РАСПОЗНАВАНИЕ АВТОРОВ: ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧИТАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА

Д.А. Чернова*, П.В. Бахтурина

d.chernova@spbu.ru

Институт когнитивных исследований СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В ряде психолингвистических исследований отмечается, что ключевую роль в формировании таких важных для восприятия письменной речи компетенций, как словарный запас, орфографическая грамотность, скорость распознавания слов, способность к интерпретации прочитанного и др., играет читательский опыт носителя языка, то есть количество времени, которое он посвящает чтению (exposure to print). Наиболее эффективной методикой оценки читательского опыта считается объективная мера — тест на распознавание имен авторов, The Author Recognition Test (ART). Он был впервые разработан для английского языка (Stanovich, West, 1989), а впоследствии и для ряда других языков. Мы представляем версию такого теста для читающих на русском языке и проверяем, насколько его результаты коррелируют с другими навыками, определяющими успешность чтения.

Ключевые слова: читательские навыки, читательский опыт, словарный запас, грамотность, индивидуальные различия, языковая обработка

Поддержано грантом РНФ № 21-18-00429.

IMAGINATION AND THE THEORY OF MIND: SIMULATION OF SEMANTIC DOMAINS FOR A COMPANION ROBOT

A. Kotov (1, 2, 3)*, A. Filatov (2)

kotov@harpia.ru

1 – Kurchatov Institute, Moscow; 2 – Russian State University for the Humanities, Moscow; 3 – Moscow Linguistic University, Moscow

Abstract. We suggest a mechanism to simulate some features of imagination and the Theory of Mind in a F-2 companion robot. In its cognitive architecture, each incoming stimulus (input utterance semantics or an event from the computer vision system) is represented as a semantic frame. All semantic frames are processed via scripts (productions): the script with the closest premise is activated to provide the most accurate reaction by the robot. We suggest that scripts with minor activation should be considered by the robot as alternative views on the input, and their representations of the input can be assigned to alternative semantic domains, like imagination (*What might happen in this situation?*) or the theory of mind (*What might another person think in this situation?*). For the theory of mind, we consider activated scripts, where the valency of “experiencer” is assigned to a person other than the subject (*What might I feel if I were in his place?*). If the minor script represents a vivid alternative to the representation of the leading script, this can be assigned to imagination. Thus, the balance and evaluation of scripts can suggest a way to handle some sophisticated semantic domains during automatic cognitive processing.

Keywords: emotional agents, semantic inference, imagination, theory of mind, text comprehension

The main part of the research is supported by the Russian Science Foundation, project No. 19-18-00547..

Introduction

Robots operate in the real world and thus have to maintain some representation of the surrounding objects. What is important to companion robots, is that they support communication with humans and thus have to operate on some abstract semantic domains, like the representation of the discussed situation. It is also important to address even more sophisticated semantic domains, like the theory of mind of the addressee (*what the human might think?*) (Baron-Cohen, 1991) as well as unreal semantic representations, constructed within the process of imagination.

We work on the project of F-2 companion robot, which has an extended system for natural text processing – semantic parser. The parser receives written text and constructs its syntactic and semantic representations. In particular, the

robot is able to process novels or everyday news and blogs, and save the semantics of the sentences to the database. In order to solve speech ambiguity or to provide a reaction in a dialogue, the robot compares the meaning of each sentence to scripts. A modified Jaccard index is used to evaluate the distance of a semantic frame to each script: we consider the intersection of the sets of semantic markers in the incoming meaning and a script premise. A script, closest to the stimulus, is activated to execute an output reaction by the robot. The same process handles the processing of visual events. The computer vision system is able to recognize the head rotation of the person (roughly considered as the direction of attention) and human actions in tangram puzzle game. Visual events are also represented as semantic frames, so that the robot can similarly react to some observed event and to an event, reported in speech.

While the first (closest) script is considered as the most relevant (“real” to the robot) representation of an event, secondary scripts with lower activation are not discarded and are evaluated as the representational alternatives. So, the robot considers the primary script as the “true” and “correct” representation of the stimulus. Thus, secondary scripts are considered as “incorrect” by the robot, but can be assigned to special semantic domains, like the Theory of Mind (“what another person could think”) or Imagination (“how I could represent the situation if I did not know the truth”).

We depart from a linguistic representation of *semantic frame* (Baker et al., 1998), where the meaning of words within a sentence is distributed into valencies. We use a list of 23 semantic valencies, based on (Fillmore, 1968). The list includes the valencies for *predicate (p)*, *agent (ag)*, *patient (pat)*, *instrument (inst)*, etc. Thus, at the stage of syntactic analysis the predicate in each clause is assigned to *p* valency and the noun phrases are tagged with valencies, depending on the syntactic frame of the predicate. Then, each valency receives the semantic markers of the corresponding words: markers of verbs and adverbs are combined into *p* valency and markers of nouns and adjectives are combined to the corresponding valency of the noun phrase. To annotate the semantics of each word we use a list of 927 semantic markers developed on the basis of the Russian semantic dictionary (Shvedova, 1998), like ‘person’, ‘to-touch’, ‘be-expensive’, etc. We also use a list of 3900 semantic features developed automatically after clustering of *word2vec* representations of Russian nouns and verbs. For a compound sentence, several frames are constructed — one frame for each clause. These semantic representations are easily stored in a database and are available for search queries, for example, for the task of answering questions addressed to the robot. In total 10 mln. semantic frames are collected in the database after the automatic analysis of 80 mlns wordforms corpus.

On the stage of script analysis, for each input semantic frame its distances are calculated to all the available scripts to select the most relevant script for processing. Scripts are organized as *productions* (*if-then* operators): each script contains one or several premises (*if-conditions*) and one inference (*then-condition*). We use a set of 81 emotional scripts (*dominant* or *d-scripts*) and 3500 rational scripts (or *r-scripts*) stored in a database. Premises and inferences are represented in the memory of the robot similar to the semantic frames: as markers divided into

valencies. Some markers within the script are annotated as *focal*: their presence in the input facilitates the activation of script. Focal markers can also be assigned to the input event on a top-down basis once the script is activated. So, a script can alter the semantic representation of an incoming event, appending it with its focal markers. Since the sets of focal markers in scripts are different, various scripts modify the incoming event in different ways, thus constructing alternative representations, often incompatible.

To execute a response to a stimulus, script premises and inferences are linked to behavioral patterns in Behavior Markup Language – BML (Kopp, 2006): they are executed by the robot once the script is activated (see Fig. 1).

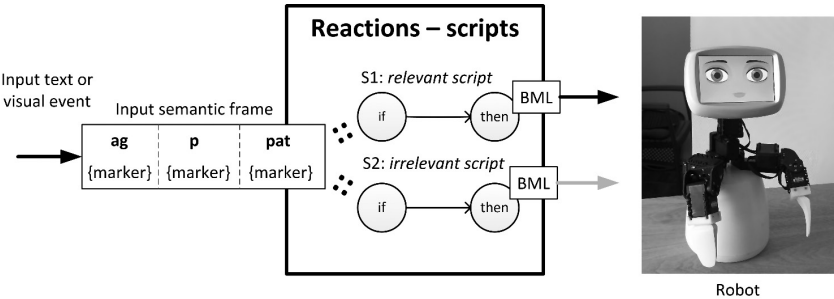


Figure 1. Activation of scripts by the input semantic frames, sorting of scripts following their relevance.

Theory of Mind

For the simulation of the theory of mind the distribution of valencies is taken into account. Negative scripts contain main valencies AGGR – an aggressor in a negative situation, and VICT – a victim. The experiencing subject has to associate himself with VICT, who is the experiencer in a negative situation. For example, PLAN script is defined as ‘AGGR is making some evil plans against VICT’ and SUBJV script as ‘VICT worries, that AGGR thinks only about one thing’ (*You think only about your football!*). Depending on the distribution of valencies, negative scripts can be used in a conflict – *You always think about yourself!* for negative speech influence – *Government thinks only about themselves!* as well as in some other types of emotional communication. The definitions of positive scripts include the valencies EXP – experiencer, and BON – protagonist. For example, ATTENTION script is defined as ‘EXP is happy that BON pays attention to him’. Positive scripts can be used to express the emotions – *Great, that you have noticed my new bag!*, for a compliment – *Everyone has noticed your new bag!* or for advertising – *You should buy this bag, everyone is looking at it!* At the same time, an incoming phrase *John is looking at you!* can activate all the indicated negative and positive scripts: the subject may be happy to be at the center of attention (ATTENTION) and worry that *John* makes some evil plans (PLAN) or does not look around (SUBJV). So, the sensitivity of scripts may be used to tune the robot’s emotional profile: create

an optimistic robot, preferring positive scripts, or a depressive robot, which prefers the negative scripts. For the simulation of the theory of mind the valency of the protagonist is noted. An utterance *People use robots* can be negative or positive – for humans and for robots. The utterance invokes the following scripts: CONTROL – *People control robots!*, SERV – *Robots are happy to serve!*, ATTENTION – *People pay attention to robots!*, LIMIT – *People limit robots!*, etc. If the system associates itself with the ‘people’, it naturally activates CONTROL script with the congruent distribution of valencies, while other scripts are activated with the misalignment of valencies: the most emotional valency (EXP or VICT) is assigned to ‘robot’ (other). In this case, the activation of these scripts can be allocated to a semantic domain, assigned to the ‘other person’ – ‘robot’, and contain the theory of mind of that actor. If *people use robots*, then robots might be happy, because *they serve people* and *people pay attention to them*, at the same time, they can be upset, because *people limit them*.

Imagination

We suggest that emotionally significant scripts may be assigned to imagination, even if they are not relevant to the situation: it means that for a given input the robot has constructed some other, higher evaluated script. Consider that *a human asks the robot*: this situation can be evaluated by a rational r-script (‘a person asks a person’), that would be a “true” representation of the event. At the same time, with some lower relevance it can be associated with an emotional script, e.g. ATTENTION, which can suggest a situation ‘the human compliments me/robot’. If the distance between the two scripts is rather high, they are incompatible: the latter script cannot suggest a “true” representation of the event: the human does not compliment the robot (he only asks a question). However, if this false representation is emotionally relevant, it is assigned to the domain of imagination to be represented and considered, even if it is irrelevant to the input. In this way, minor scripts are assigned to imagination, if they get low relevance, but significant emotional evaluation.

The theory of mind and imagination can be considered as extremely sophisticated cognitive mechanisms that are hard to be modelled. At the same time, they can be represented as domains, accommodating emotional judgements, that are generated during the processing of incoming stimulus, but not quite relevant to it. We suggest that secondary, non-relevant representations can be assigned into separate mental domains, if they have a specific distribution of valencies or high emotional significance. For that, the model has to operate with a big number of representations for each stimulus, not being limited to the first representation, as suggested in many current cognitive processing architectures.

References

Baker C.F., Fillmore C.J., Lowe J.B. The Berkeley FrameNet project // Proceedings of the 36th annual meeting on Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics, 1998. Vol. 1. P. 86 – 90. <http://dx.doi.org/10.3115/980845.980860>

Baron-Cohen S. Precursors to a theory of mind: Understanding attention in others // Natural theories of mind: evolution, development, and simulation of everyday mindreading Oxford, UK Cambridge, Massachusetts: B. Blackwell, 1991. P. 233 – 251.

Fillmore J. The case for case // Universals in linguistic theory / E. Bach, R.T. Harms (Eds.). New York, NY: Holt, Rinehart, and Winston, 1968. P. 1 – 88.

Kopp S., Krenn B., Marsella S., Marshall A.N., Pelachaud C., Pirker H., Thórisson K.R., Vilh-jálmsson H. Towards a common framework for multimodal generation: The behavior markup language // Intelligent Virtual Agents. Springer. Berlin, Heidelberg, 2006. P. 205 – 217. http://dx.doi.org/10.1007/11821830_17

Shvedova N.Y. Russian semantic dictionary. RAS, Institute of Russian language. Azbukovnik, 1998.

ВООБРАЖЕНИЕ И МОДЕЛЬ ПСИХИЧЕСКОГО: МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ ДЛЯ РОБОТА-КОМПАЬОНА

А. Котов (1, 2, 3)*, А. Филатов (2)

kotov@harpia.ru

1 – Курчатовский институт, Москва; 2 – Российский государственный гуманитарный университет, Москва;
3 – Московский лингвистический университет, Москва

Аннотация. В рамках когнитивной архитектуры робота-компаньона F-2 мы предлагаем механизм для моделирования некоторых особенностей воображения и модели психического (Theory of Mind). В этой архитектуре каждый входящий стимул (смысл входящего высказывание или событие, распознанное системой компьютерного зрения) получает свое семантическое представление – семантический фрейм. Далее все семантические фреймы обрабатываются с помощью механизма сценариев: сценарий с наиболее близкой посылкой активируется, чтобы передать на робота наиболее релевантную реакцию. Мы предполагаем, что сценарии с незначительной активацией следует рассматривать как альтернативные представления входящего события, и что эти представления могут быть распределены по альтернативным семантическим областям, таким как воображение (*что может быть в этой ситуации?*) или модель психического (*что другой человек мог бы подумать в этой ситуации?*). Для модели психического мы рассматриваем сценарии, в которых валентность «экспериенцера» присваивается другому человеку, а не субъекту (*Я мог бы почувствовать это, если бы был на его месте*). И если второстепенный сценарий представляет собой яркую альтернативу представлению ведущего сценария, то это альтернативное представление можно отнести к воображению. Таким образом, балансирование сценариев по активации позволяет предложить способ для конструирования некоторых сложных семантических областей в рамках автоматической когнитивной обработки.

Ключевые слова: эмоциональные агенты, семантический вывод, воображение, модель психического, понимание текста

Исследование в своей основной части поддержано Российским научным фондом, проект № 19-18-00547.

COMBINATION OF VERB NETWORK STRENGTHENING TREATMENT WITH DIFFERENT TYPES OF NON-INVASIVE BRAIN STIMULATION

A. Razmyslovich* (1), O. Buivolova (1, 2), A. Samoukina (1), E. Ivanova (1), E. Iskra (1, 3), O. Soloukhina (1), O. Pakholiuk (4), A. Shlyakhova (1), M. Ivanova (5), S. Malyutina (1), O. Dragoy (1, 2)

arazmyslovich@hse.ru

1 – Center for Language and Brain, HSE University, Moscow; 2 – Federal Center for Brain Research and Neurotechnologies, Moscow; 3 – Center for Speech Pathology and Neurorehabilitation, Moscow; 4 – University of Amsterdam, Amsterdam; 5 – University of California, Berkeley, CA

Abstract. Non-invasive brain stimulation (NIBS) techniques used in aphasia rehabilitation have shown promise for crucially improving language recovery. Recently, the concurrent application of NIBS and different behavioral therapies has been presented in many studies. In our research, a behavioral therapy that has not been previously combined with different types of stimulation is introduced: we used the Verb Network Strengthening Treatment (VNeST) in combination with repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS) in people with post-stroke chronic aphasia. All participants performed action naming and sentence production tasks before and after therapy. Despite rather small group sizes, the results are still promising. The group that received tDCS stimulation showed statistically significant improvement on trained items in a sentence production task, and only one participant improved in action naming in the group stimulated with rTMS. Further large-scale studies should be conducted in order to investigate the effectiveness of the combination of VNeST with rTMS and tDCS.

Keywords: non-invasive brain stimulation, transcranial direct current stimulation, repetitive transcranial magnetic stimulation, Verb Network Strengthening Treatment (VNeST), stroke, aphasia, Russian

Introduction

Aphasia, an acquired language impairment, is one of the most common post-stroke cognitive disorders. It results in difficulties with language comprehension or production, which negatively affects a person's everyday life (Bullier et al., 2020). Behavioral speech and language therapy is the most classic method for aphasia rehabilitation. A comprehensive review by Brady et al. (2016) provided evidence for the efficacy of behavioral therapy for people with post-stroke aphasia. Verb Network Strengthening Treatment (VNeST) is a therapy technique for people with aphasia that focuses on strengthening the semantic and syntactic connections between nouns and verbs that constitute sentences (Subject – Verb – Object / Agent – Verb – Patient) (Edmonds, 2016). The latest studies indicated the effec-

tiveness of VNeST in native speakers of English, Korean and also in Mandarin-English bilingual speakers (Edmonds et al., 2009; Edmonds, 2016; Li et al., 2020). Nonetheless, although the results of the behavioral therapies are encouraging, the overall effect is still neither strong nor long-lasting. Therefore, it is of the utmost importance to discover additional treatment methods in order to enhance the recovery of language functions.

Non-invasive brain stimulation (NIBS) is one of the means employed to improve the efficacy of aphasia treatment. Two forms of this stimulation, which have become widespread, are transcranial magnetic stimulation (TMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS). TMS is a non-invasive procedure that creates electrical currents in the brain regions via an insulated figure-eight coil. When TMS is delivered in rapid succession, it is known as repetitive TMS (rTMS). tDCS is a non-invasive method administered through two electrodes that produce anodal (excitatory) or cathodal (inhibitory) stimulation which modifies cortical excitability. Despite the fact that, compared with tDCS, TMS provides more direct neuronal stimulation, tDCS is considered a safer and easier tool to apply in clinical settings. Previous studies have used the simultaneous application of NIBS and behavioral language therapies. However, VNeST therapy has not been implemented before. Our research aims to determine whether the combination of VNeST with rTMS or tDCS is beneficial for rehabilitation in people with post-stroke aphasia.

Method

Two groups participated in the study: both were given VNeST therapy, but the first one received tDCS stimulation, whereas the second one was stimulated with rTMS. The first group consisted of 2 men (SYaV, ShAE) and 2 women (IIM, KEA): mean age = 54 years ($SD=11$, range 42–68); mean years of education = 13 ($SD=1$, range 12–15); mean months post stroke onset = 14.5 ($SD=9$, range 5–27). The participants were recruited at the Center for Speech Pathology and Neurorehabilitation (Moscow, Russia). The second group involved 3 men (ZVA, GVN, TVI): mean age = 58 years ($SD=8.6$, range 49–66); all participants in this group had 15 years of education; mean months post stroke onset = 6 ($SD=3.6$, range 2–9). The participants were recruited at the Federal Center for Brain and Neurotechnologies (Moscow, Russia). Inclusion criteria for both groups were chronic non-fluent aphasia; a single stroke in the left hemisphere; more than one month post onset; the lesion for tDCS stimulation had to be less than 50 ml. All participants were right-handed and native speakers of Russian. Written consent was obtained from each subject.

We adapted VNeST therapy materials to Russian with minor modifications that made tasks more diverse. The Russian version of VNeST was devised by using 20 frequent Russian 2-argument action verbs (e.g., *to close*, *to catch*, *to drink*, *to count*, *to wash*, etc.) that were practiced in live language therapy sessions. VNeST consists of six steps including generation of agents and patients for verbs, reading generated sentences aloud, expanding sentences (prompted by questions), grammaticality judgment, verb production without cues, and sentence production without cues.

In our study, the procedure was different for two groups depending on a stimulation type. In the tDCS group, during a course of 10 days, two 1-hour VNeST sessions were delivered with the stimulation utilized every day at the beginning of the 1st therapy session for 20 minutes via sponge 5×7 cm electrodes at the intensity of 1.5 mA. The target zone was intact perisylvian cortex, which was informed by MRI. For the tDCS treatment, there was a random assignment to stimulation groups: anodal stimulation of the left hemisphere (anode: left hemisphere; cathode: left shoulder), bilateral stimulation (anode: left hemisphere, cathode: right hemisphere) and sham. All 20 trained verbs were used 3–4 times during the therapy course.

The conditions for the rTMS group were the following: during a course of 10–12 days, in each session, rTMS was delivered at 1 Hz (90 % of motor threshold) for 20 minutes every day. The target zone was pars triangularis of the right inferior frontal gyrus. After the rTMS treatment, a 1-hour VNeST-session per day was conducted.

In order to estimate the effect of the treatment, both groups were tested with two linguistic tests assessing production of 20 trained and 20 untrained verbs in isolation and in a sentence. Response accuracy before and after the treatment was evaluated with a chi-square test; *p*-values < .05 were considered significant.

Results

The results of the chi-square test showed that although the average accuracy on both language tests increased numerically in most cases, the improvement reached significance only in participants who received VNeST in combination with tDCS and in one participant who was stimulated with rTMS (see Table 1).

Since the tests included 20 trained and 20 untrained verbs, we analyzed which of these drove the average improvement. It was observed that the significance level was achieved mainly due to improvement in trained verbs. Interestingly, participant IIM who received sham stimulation also showed significant improvement on a single-word level. In the group receiving VNeST in combination with rTMS, only one participant (TVI) demonstrated significant improvement in action naming in untrained items. Nevertheless, all the other participants in this group did not show significant improvement either in action naming or in sentence production.

Discussion and Conclusions

Our data prompt a further large-scale study so as to gauge the effects of the combination of VNeST with rTMS and tDCS. Recruiting more participants in sham and real stimulation groups will allow us to study whether (if at all) NIBS is beneficial for participants in combination with VNeST. Also, we intend to examine whether the effect of the treatment is short- or long-term. For this, we have added delayed testing to our protocols to measure this in future participants in both groups. Finally, since the difference between outcomes in the rTMS and tDCS group could be driven by different therapy regimen, another factor to study in future research is the effect of the therapy regimen and dosing.

Table 1. Response Accuracy Before and After the Therapy

Group	tDCS				rTMS		
ID	IIM	KEA	SYaV	ShAE	ZVA	GVN	TVI
Action naming: average accuracy (%)							
T1	55	31	69	48	60	82	12.5
T2	65	69*	79	64	65	90	42.5*
Action naming: accuracy in trained items (%)							
T1	60	38	78	48	30	90	20
T2	70	93*	90	75	50	95	55*
Action naming: accuracy in untrained items (%)							
T1	50	25	60	48	65	75	5
T2	60	45*	68	53	70	85	30*
Sentence production: average accuracy (%)							
T1	29	35	36	20	30	38	0
T2	66*	70*	66*	43*	35	45	2.5
Sentence production: accuracy in trained items (%)							
T1	25	48	33	25	30	50	0
T2	85*	93*	73*	58*	35	45	0
Sentence production: accuracy in untrained items (%)							
T1	33	23	40	15	30	25	0
T2	48	48	60	28	35	45	5

Note. T1 – results before therapy; T2 – results after therapy; * – $p < .05$.

References

- Brady M.C., Kelly H., Godwin J., Enderby P., Campbell P. Speech and language therapy for aphasia following stroke // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016. No.6. P. CD000425. <http://dx.doi.org/10.1002/14651858.cd000425.pub4>
- Bullier B., Cassoudehale H., Villain M., Cogné M., Mollo C., Gabory I.D., Dehail P., Joseph P.-A., Sibon I., Glize B. New factors that affect quality of life in patients with aphasia // *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2020. Vol.63. No.1. P.33–37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2019.06.015>
- Edmonds L.A. A review of verb network strengthening treatment// *Topics in Language Disorders*. 2016. Vol. 36. No. 2. P. 123–135. <http://dx.doi.org/10.1097/tld.0000000000000088>
- Edmonds L.A., Nadeau S.E., Kiran S. Effect of Verb Network Strengthening Treatment (VNeST) on lexical retrieval of content words in sentences in persons with aphasia // *Aphasiology*. 2009. Vol. 23. No. 3. P. 402–424. <http://dx.doi.org/10.1080/02687030802291339>
- Li R., Li W., Kiran S. Effect of Mandarin Verb Network Strengthening Treatment (VNeST) in Mandarin-English bilinguals with aphasia: A single-case experimental design // *Neuropsychological Rehabilitation*. 2020. P.1–30. <http://dx.doi.org/10.1080/09602011.2020.1773278>

СОЧЕТАНИЕ ТЕРАПИИ «УКРЕПЛЕНИЕ СЕТИ ГЛАГОЛОВ» С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ МОЗГА

А. Размыслович* (1), О. Буйволова (1,2), А. Самоукина (1), Е. Иванова (1),
Е. Искра (1, 3), О. Солоухина (1), О. Пахолюк (4), А. Шляхова (1), М. Иванова (5),
С. Малютина (1), О. Драгой (1,2)

arazmyslovich@hse.ru

1 — Центр языка и мозга, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва; 2 — Федеральный центр мозга и нейротехнологий, Москва; 3 — Центр патологии речи и нейрореабилитации, Москва; 4 — Университет Амстердама, Амстердам; 5 — Университет Калифорнии, Беркли

Аннотация. В настоящее время широко исследуется сочетание различных типов неинвазивной стимуляции мозга с речевой терапией при реабилитации людей с афазией. В нашем исследовании мы оценили потенциал применения речевой терапии «Укрепление сети глаголов» (англ. Verb Network Strengthening Treatment; VNeST) в комбинации с ритмической транскраниальной магнитной стимуляцией (pTMC) и транскраниальной микрополяризацией мозга (ТКМП) в группе людей с постинсультной афазией в хронической стадии. Несмотря на небольшие размеры выборки, результаты свидетельствуют о высоком потенциале данного сочетания. Для оценки эффективности участники выполнили тесты на называние действий и составления предложений до и после терапии. Согласно полученным данным, участники, получавшие ТКМП, показали значимые улучшения в составлении предложений за счет стимулов, тренируемых в ходе терапии, и только один участник из другой группы показал значимые улучшения в назывании действий. Дальнейшие исследования на большей выборке необходимы с целью изучения эффективности комбинации VNeST с pTMC и ТКМП.

Ключевые слова: неинвазивные методы стимуляции мозга, транскраниальная микрополяризация; ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция; «Укрепление сети глаголов» (VNeST); инсульт; афазия; русский язык

ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕННЫХ КАК ЧАСТЬ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ FAIR В ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

А.М. Беглер* (1), Г.В. Ануфриев (2)

alena.begler@gmail.com

1 — Высшая школа менеджмента СПбГУ, Санкт-Петербург;

2 — НИУ ВШЭ, Москва

Аннотация. Несмотря на то что в репозиториях открытых исследовательских данных можно найти десятки тысяч массивов, их повторное использование зачастую затруднено из-за недостаточного документирования. Эта проблема особенно актуальна для описания данных на уровне переменных (в сравнении с описанием на уровне массива в целом или проекта). Мы предлагаем онтологическую модель для описания переменных, содержащихся в массивах данных, полученных в поведенческих экспериментах. В предлагаемой модели используется хорошо зарекомендовавший себя подход представления переменной на трех уровнях: (1) собственно переменная в массиве; (2) образ этой переменной, включающий информацию, необходимую для ее интерпретации; (3) отображенная переменная — наиболее абстрактное представление переменной, общее для нескольких массивов. Этот подход расширен для представления связей между переменными: для этого образ каждой переменной связывается с его «интерпретаторами». Это позволит улучшить находимость и повторное использование данных в соответствии с принципами менеджмента исследовательских данных FAIR (Findability, Accessibility, Interoperability, Reuse). Модель описана языком OWL и доступна в GitHub-репозитории <https://github.com/jimijimiyo/empirion>.

Ключевые слова: принципы FAIR, открытые данные, экспериментальные данные, модель описания переменных, онтология

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-07-00854.

Введение

Несмотря на то что в репозиториях открытых исследовательских данных можно найти десятки тысяч массивов, их повторное использование зачастую затруднено из-за недостаточного или некорректного документирования (Yoon, 2016; Yoon, Kim, 2017). Благодаря распространению принципов FAIR (Findability, Accessibility, Interoperability, Reuse; Jacobsen et al., 2020; Wilkinson, 2016) проблема частично решена на уровне массивов в целом, однако сохраняется недостаток описаний на уровне переменных (Dumontier, 2019), особенно среди машиночитаемых метаданных.

Существующие отдельные языки описаний переменных (Arslan, 2019; Kubilius, 2014; Беглер, 2019) позволяют формализовать ограниченный набор массивов данных, например относящихся к одной задаче. Такие решения, однако, сложно связать с уже имеющейся инфраструктурой для описания массивов данных, в первую очередь потому, что описанные языки не используют представление данных в формате RDF (Resource Description Framework) и онтологические модели описания данных, на которых построена существующая инфраструктура.

Мы предлагаем онтологическую модель для описания переменных, содержащихся в массивах данных, полученных в поведенческих экспериментах. Онтология (в информатике) — это формальное (то есть машиночитаемое, описанное с помощью общепринятых языков) представление какой-либо предметной области, разделяемое экспертами предметной области (Gruber, 1995).

Несколько онтологических моделей переменных уже существуют (табл. 1), однако они не позволяют связывать переменные из разных массивов между собой. Предлагаемая модель фокусируется в первую очередь на обеспечении связности массивов данных, полученных разными исследовательскими группами в похожих экспериментальных задачах.

Таблица 1. Краткий обзор онтологических моделей для описания переменных

Онтологическая модель	Краткое описание модели	Категории описания переменных
Cognitive Paradigm Ontology (CogPO)	Онтология для описания поведенческих экспериментов (Turner, Laird, 2012), часть набора когнитивных онтологий (Poldrack, Yarkoni, 2016)	Behavioral Experimental Paradigm; Response; Stimulus; Response Modality; Stimulus Modality; Response Role; Stimulus Role; Instruction
DDI-RDF Discovery Vocabulary (disco)	Онтология для описания данных социальных и поведенческих исследований (Bosch et al., 2013)	Variable, Represented Variable, Representation
An ontology of scientific experiments (EXPO)	Предметно-независимая онтология для описания экспериментов (Soldatova, King, 2006)	Designing Experiment; Execution Of Experiment; Procedure; Variable; Value of Variable and others
Ontology of Experimental Variables and Values (OoEV)	Онтология для описания экспериментальных переменных (Burns, Turner, 2013)	Experimental Variable; Measurement Scale; Measurement Value

Примечание. Столбец «Категории описания переменных» включает основные характеристики переменных, использованные в соответствующей модели; даны на языке оригинала.

Методика

Для создания модели использовалась методология NeOn (Suarez-Figueroa et al., 2012). Сначала были определены требования к онтологии: (1) она должна быть способна описать переменные в разных массивах так, чтобы можно было их связать между собой; (2) должна стать частью существующей инфраструкту-

ры, то есть быть связанной с существующими и используемыми онтологиями для описания массивов данных. Затем были проанализированы и подобраны онтологии для повторного использования (в табл. 1).

После этого был сформирован первичный словарь, то есть определены термины, которые необходимы в онтологии. Был использован подход к моделированию с чередованием стилей моделирования снизу-вверх и сверху-вниз (Uschold, Grüninger, 1996). Сначала были определены наиболее конкретные термины — для этого были проанализированы переменные в массивах, находящихся в открытом доступе. Затем были определены фундаментальные понятия, описывающие экспериментальное исследование в целом. После этого словарь был преобразован в формальную модель, в которой более конкретные термины были сгруппированы в соответствии с более абстрактными. Данная модель описана языком OWL и доступна в GitHub-репозитории¹. Для создания использовался редактор онтологий Protégé.

Результаты

В модели описания переменных, которую мы предлагаем, каждая переменная описывается на трех уровнях:

1. Собственно переменная (Variable) в массиве (название столбца в таблице с данными).
2. Образ этой переменной (Representation), необходимый для ее интерпретации.
3. Отображенная переменная (Represented Variable), наиболее абстрактное представление переменной, общее для нескольких массивов.

Такое же представление используется в модели DDI-RDF Discovery Vocabulary (disco); предлагаемая нами модель расширяет это представление для объединения переменных из разных массивов, добавляя два структурных элемента.

Во-первых, связи с «интерпретаторами» переменных, то есть информацией, которая позволяет однозначно трактовать значение переменной, например единицами измерения, областью значений и так далее. На рис. 1 показан пример такого представления переменной, содержащей информацию о конгруэнтности предъявленного стимула во фланговой задаче (flanker task). Видно, что в одном из массивов переменная имеет две градации, а в другом три, и они по-разному закодированы. Образ переменной содержит информацию о значениях и будет отличаться для каждой переменной. Каждый образ переменной связывается с вариантами значений (такими, как они закодированы в каждом массиве). Каждый вариант значений связывается с соответствующим значением из Области значений переменной. Каждый вариант из Области значений переменной, в свою очередь, связан с конкретным значением Диапазона значений переменной — набора значений, которые переменная в принципе может принимать. В то время как Область значений переменной бесконечна (может существовать любое количество кодировок), Диапазон значений пере-

¹ <https://github.com/jimijimiyo/empirion/>

trials. thisN	block	partici pant	years	sex	flanker_ resp.cor	flanker_ resp.rt	flanker_ resp.ke	flanker_ type	flanker_ stimulus	Массив 2						
0	1	1	24	f	0	None	None	congr	VVVV	artici ant	Correct Resp	Code_C orrResp	Response _Code	Response _Time	Condition	Stimulus
1	1	1	24	f	1	0.566840	num_1	congr	PPPP	1 left	2	2	353	neutral	--<--	
2	1	1	24	f	1	0.766801	num_2	noncong	PPMP	1 left	2	2	354	incongruent	>><<>>	
3	1	1	24	f	0	None	None	noncong	RVRR	1 left	2	2	450	incongruent	>><<>>	
4	1	1	24	f	1	0.733492	num_3	congr	XXXX	1 left	2	2	452	neutral	--<--	

Массив 1

12	1	1 left	2	2	402	neutral	--<--
----	---	--------	---	---	-----	---------	-------

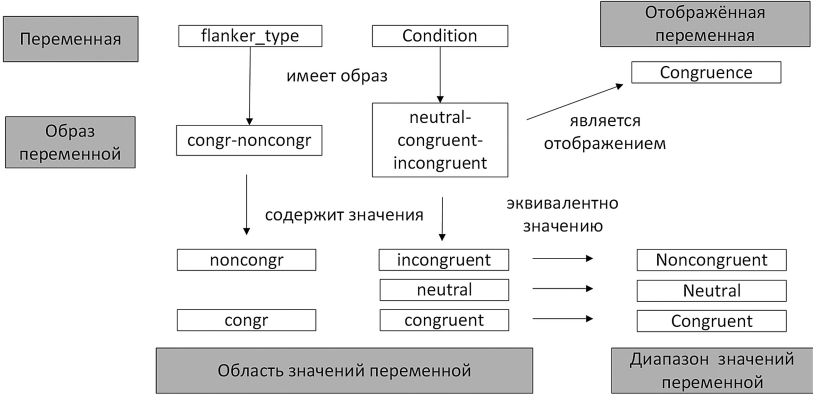


Рисунок 1. Пример трехуровневого представления переменной. Массивы найдены в открытом доступе¹

менной конечен. Благодаря этому каждый из возможных вариантов кодировки будет связан с соответствующим значением диапазона.

Во-вторых, модель расширена для представления экспериментальных данных и содержит не только описанные три уровня представления переменных, но также и классы для экспериментальных переменных.

Обсуждение и выводы

Предлагаемая модель представления переменных сочетает в себе преимущества отдельных языков описания переменных для конкретной предметной области и общих моделей описания исследовательских данных. С одной стороны, она включает концепты, относящиеся к области экспериментальных исследований, в том числе для конкретных предметных областей. С другой стороны, при создании модели использованы существующая инфраструктура для описания данных и общепринятые технологии. Следующими шагами для развития модели будут ее апробация на наборе случайных массивов, ее расширение для представления других типов переменных (например с бесконечным набором значений), а также для работы с пропущенными значениями.

¹ Массив 1: <https://osf.io/pzxq6/>; Массив 2: https://figshare.com/articles/dataset/The_Role_of_Sustained_Attention_in_the_Production_of_Conjoined_Noun_Phrases/1517601

Литература

- Беглер А.М. Язык описания массивов данных поведенческих экспериментов // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 года. 2019. С. 577 – 581.
- Arslan R.C. How to automatically document data with the codebook package to facilitate data reuse // *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*. 2019. Vol. 2. No. 2. P. 169 – 187. <http://dx.doi.org/10.1177/2515245919838783>
- Bosch T., Gregory A., Cyganiak R., Wackerow J. DDI-RDF discovery vocabulary: A meta-data vocabulary for documenting research and survey data // *Proceedings of the WWW2013 Workshop on Linked Data on the Web (LDOW2013)*. CEUR Workshop Proceedings, 2013. Vol. 996. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-996/papers/ldow2013-paper-12.pdf>
- Burns G.A.P.C., Turner J.A. Modeling functional magnetic resonance imaging (fMRI) experimental variables in the ontology of experimental variables and values (OoEVV) // *NeuroImage*. 2013. Vol. 82. P. 662 – 670. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.024>
- Dumontier M. Accelerating biomedical discovery with an Internet of FAIR data and services. Presentation at Semantics 2019 conference. 2019. URL: <https://2019.semantics.cc/sites/2019.semantics.cc/files/2019-09-10-Dumontier-Semantics-FAIR.pdf>
- Gruber T.R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing // *International Journal of Human-Computer Studies*. 1995. Vol. 43. P. 907 – 928. <http://dx.doi.org/10.1006/ijhc.1995.1081>
- Jacobsen A., et al. FAIR principles: Interpretations and implementation considerations // *Data Intelligence*. 2020. Vol. 2. No. 1 – 2. P. 10 – 29. http://dx.doi.org/10.1162/dint_r_00024
- Kubilius J. A framework for streamlining research workflow in neuroscience and psychology // *Frontiers in Neuroinformatics*. 2014. Vol. 7. No. 52. <http://dx.doi.org/10.3389/fninf.2013.00052>
- Poldrack R.A., Yarkoni T. From brain maps to cognitive ontologies: Informatics and the search for mental structure // *Annual Review of Psychology*. 2016. Vol. 67. P. 587 – 612. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-122414-033729>
- Soldatova L.N., King R.D. An ontology of scientific experiments // *Journal of The Royal Society Interface*. 2006. Vol. 3. No. 11. P. 795 – 803. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2006.0134>
- Suarez-Figueroa M.C., Gómez-Pérez A., Fernández-López M. The NeOn methodology for ontology engineering // *Ontology Engineering in a Networked World / M.C. Suarez-Figueroa, A. Gómez-Pérez, E. Motta, A. Gangemi (Eds.)*. Springer Berlin Heidelberg, 2012. P. 9 – 34. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24794-1>
- Turner J.A., Laird A.R. The cognitive paradigm ontology: Design and application // *Neuroinformatics*. 2012. Vol. 10. No. 1. P. 57 – 66. <http://dx.doi.org/10.1007/s12021-011-9126-x>
- Uschold M., Grüninger M. Ontologies: Principles, methods and applications // *Knowledge Engineering Review*. 1996. Vol. 11. No. 2. P. 93 – 136.
- Wilkinson M.D., et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship // *Scientific Data*. 2016. Vol. 3. No. 160018. <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- Yoon A. Red flags in data: Learning from failed data reuse experiences // *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*. 2016. Vol. 53. P. 1 – 6. <http://dx.doi.org/10.1002/pra2.2016.14505301126>
- Yoon A., Kim Y. Social scientists' data reuse behaviors: Exploring the roles of attitudinal beliefs, attitudes, norms, and data repositories // *Library and Information Science Research*. 2017. Vol. 39. No. 3. P. 224 – 233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lisr.2017.07.008>

A FORMAL MODEL OF VARIABLES AS A PART OF THE INFRASTRUCTURE FOR PROVIDING FAIR PRINCIPLES IN BEHAVIORAL EXPERIMENTS

A. Begler* (1), G. Anufriev (2)

alena.begler@gmail.com

1 – Graduate School of Management SPbU,
St. Petersburg, 2 – HSE University, Moscow

Abstract. Although thousands of experimental data sets can be found in open repositories, most of them cannot be properly reused due to a lack of documentation. This issue is particularly true for the variable-level description of a data (in comparison with data set- and project- levels). We propose an ontological model for the description of variables from data sets obtained in behavioral experiments. The proposed model uses the well-established approach of representing a variable on three levels: (1) the actual variable in the array; (2) a representation of that variable that includes the information needed to interpret it; and (3) the represented variable – the most abstract representation of a variable common to several arrays. This approach is extended to provide relationships between variables: to accomplish this, the representation of each variable is associated with its "interpreters". These additions will increase findability and reuse of datasets in accordance with FAIR principles for scientific data management. The model is implemented in the OWL language and is available at the GitHub repository <https://github.com/jimijimiyo/empirion/>

Keywords: FAIR principles, open data, experimental data, experimental variables model, ontology

The reported study was funded by RFBR, project number 20-07-00854.

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ОСНОВНЫХ СТАДИЙ ИНСАЙТНОГО РЕШЕНИЯ

И.Ю. Владимиров* (1, 2), И.Н. Макаров (2), А.С. Бушманова (2)

kein17@mail.ru

1 — ИП РАН, Москва; 2 — ЯрГУ им. П.Г.Демидова, Ярославль

Аннотация. Работа представляет собой этап совершенствования инструментария исследования инсайтного решения. Этот тип решения характеризуется тем, что существенная часть слабо осознается решателем. В связи с этим классический для психологии мышления метод мышления вслух имеет существенные ограничения и требует дополнения в виде косвенных методов, регистрирующих сопутствующие процессы. Однако данные методы базируются на формальной динамике: разбиение времени решения на равные отрезки. Для усовершенствования косвенных методов полезно уметь детектировать стадии по хорошо регистрируемым внешним проявлениям. Существующие способы выделения этапов в основном предполагают *post-hoc*-анализ: выделение стадии тупика по паузам в познавательной активности и стадии изменения репрезентации по смене проверяемой гипотезы. Однако удобно иметь надежные маркеры, позволяющие быстро детектировать текущий этап в процессе решения. В работе мы сравниваем частоту встречаемости ряда предварительно отобранных поведенческих маркеров в инсайтном и неинсайтном решении. На основании анализа их содержания мы делаем предположения о возможной их связи со стадиями инсайтного решения. Выявлено, что в инсайтном решении чаще встречаются следующие поведенческие паттерны: немигающий взгляд, поднятие бровей, касание руками лица, улыбка, кусание губ (последние два с некоторыми оговорками). При этом улыбка и поднятие бровей могут свидетельствовать о стадии смены репрезентации и нахождения принципиального решения, а остальные — стадии тупика. Проверка связи появления данных поведенческих паттернов со стадией решения будет осуществляться в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: инсайтное решение, поведенческие корреляты, поведенческие маркеры, косвенные методы исследования инсайтного процесса, стадии решения, этапы решения

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 20-013-00801.

Введение

Инсайтное решение представляет собой сложно организованный процесс, который характеризуется наличием стадий, существенно различающихся по особенностям протекающих процессов. Основными из них являются тупик и переструктурирование репрезентации (Ohlsson, 1992). Данные стадии могут повторяться, если результат переструктурирования не привел к решению сразу (Fedor et al., 2015). При этом существенная часть процессов протекает неосознаваемо или частично осознается, например в виде метакогнитивных

чувств и эмоций (Daneke, Wiley, 2017). Все это требует адекватных предмету изучения методов. Они должны позволять объективировать неосознаваемые процессы и отражать специфику стадий инсайтного решения. Среди методов, отражающих динамику неосознаваемых процессов, в последнее время пользуются популярностью косвенные методы мониторинга (Knoblich et al., 2001; Коровкин и др., 2014) и методы воздействия в определенные моменты решения (Ormerod et al., 2002; Markina, Vladimirov, 2019 и др.).

К сожалению, на данный момент эти методы опираются на формальное описание динамики, деля решение на равные этапы и усредняя для них регистрируемые характеристики, как методы мониторинга, или ориентируясь на расчетное время воздействия. Более продуктивным было бы использование описания динамики, привязанной к стадиям инсайтного решения и событиям, на них происходящих. Варианты таких методов имеются, например использование показателей замедления процесса решения как маркера тупика (Jones, 2003), но, к сожалению, доступны только *post hoc*, что делает их непригодными для использования в паре с методами направленного воздействия. Нам представляется, что продуктивным было бы нахождение таких поведенческих маркеров, которые позволяли бы идентифицировать текущие стадии и события инсайтного решения в задачах, аналогичных используемым в цитируемых исследованиях. Работа по их выявлению должна проводиться в два этапа. На первом нужно выделить поведенческие маркеры, значительно чаще встречающиеся в инсайтном решении по сравнению с неинсайтным. При этом маркеры должны быть содержательно интерпретируемы в контексте процессов инсайтного решения. На втором необходимо выявить динамические параметры появления данных маркеров: вероятность их появления на определенных стадиях инсайтного процесса, совместность их появления и чередования.

Представляемая работа посвящена решению задач первого этапа. Основной целью нашей работы является нахождение таких поведенческих паттернов, которые будут значительно чаще встречаться в инсайтном решении, чем в неинсайтном, и при этом связь которых со стадиями решения может быть содержательно проинтерпретирована.

Методика

Для поиска поведенческих коррелятов стадий решения мы использовали видеорегистрацию процесса решения инсайтных и неинсайтных задач. В качестве задач нами была взята серия задач «Парковка», аналогичная, но не идентичная использовавшимся в сходном исследовании (Jones, 2003). Используемая задача является онлайн-игрой; с материалом можно ознакомиться по следующей ссылке: <http://www.min2win.ru/gm.php?id=7704>. От испытуемого требовалось перемещать машины на игровом поле так, чтобы ключевая машина смогла покинуть парковку. Испытуемый должен был в начале решить шесть однотипных задач, где манипуляции с ключевой машиной не требовались. После этого он решал критическую задачу, в которой в процессе распарковки требовалось манипулировать ключевой машиной. Трудность решения

критической задачи состояла в необходимости переструктурирования репрезентации условий, что соответствует пониманию механики инсайтного решения С. Ольссоном (Ohlsson, 1992). Кроме того, оценка решений критической и установочных задач по шкалам А. Данек (Danek, Wiley, 2017) показывает инсайтность решения критической задачи по сравнению с остальными.

Поведенческие паттерны были отобраны нами на основе анализа предварительной серии и аналогичных работ (Филяева, Коровкин, 2015; Vladimirov, Makarov, 2020). В набор вошли следующие паттерны: касания руками лица; улыбка; поднимание бровей; взгляд в одну точку, не моргая; кусание губ; отстранение от задания; размахивание руками; скрещивание рук; чесание головы; складывание рук в замок.

Критерии выбора: частота (встречаются не менее чем в трети протоколов), повторяемость (более чем у одного испытуемого встречаются повторно), содержательная релевантность процессам, происходящим в ходе решения. Предполагалось, что в инсайтном решении данные паттерны встречаются чаще, чем в тот же промежуток времени неинсайтных решений.

Принцип разметки: для каждого испытуемого подсчитывалось количество появлений маркера на протяжении решения критической (инсайтной) задачи. После этого выбирался идентичный отрезок времени, занятый решением задач установочной серии (неинсайтных). В данный промежуток входило от 3 до 6 задач (медианное время решения критической задачи 82 с, неинсайтной – 19.5 с). На этом промежутке подсчитывались аналогичные маркеры. Метод обнаружения встречаемости маркера экспертный, в роли экспертов выступали три автора работы. Предварительная разметка предполагала выделение на протоколе соответствующих маркеров (два эксперта на протокол). Итоговое решение принималось в результате единогласного согласия трех экспертов о событии появления маркера.

Выборку составили 20 человек, справившихся с решением всех задач серии. Возраст испытуемых от 18 до 21 года ($M=20.5$; $SD=1.6$), 17 женщин, 3 мужчин. Коммуникация с испытуемыми осуществлялась в онлайн-режиме с использованием приложения Skype.

Результаты

Основные результаты сравнения частоты встречаемости поведенческих паттернов в инсайтных и неинсайтных решениях представлены в табл. 1. Осуществлялись парные сравнения количества паттернов в инсайтном решении и равном по продолжительности отрезке неинсайтных решений для каждого из 20 испытуемых. Поскольку распределение признаков отлично от нормального, использовался T -критерий Вилкоксона для связанных выборок. В таблице представлены только те сравнения, в которых наблюдались значимые различия.

Мы видим, что для инсайтных решений характерны следующие паттерны поведения испытуемых: касается руками лица, смотрит в одну точку, в некоторые моменты времени поднимает брови. Паттерны, по которым поправка на множественные сравнения не пройдена, мы также оставим для ана-

лиза и последующей проверки, так как они могут быть содержательно связаны с этапами решения, и окончательное решение нужно будет принимать на основании проявления их именно на этих этапах, что мы сможем установить на следующем этапе работы.

Таблица 1. Различия в представленности поведенческих паттернов в инсайтных и неинсайтных решениях

	<i>Med НИ</i>	<i>Med И</i>	<i>T</i>	<i>p</i>
Касания руками лица	0	2	5	.002
Улыбка	0	1.5	18.5	.030
Поднимание бровей	0	1.5	2	.004
Взгляд в одну точку, не моргая	0	1	0	.001
Кусает губы	0	0	5	.030

Примечание. НИ — неинсайтные, И — инсайтные. *Med* — медиана. Во втором и третьем столбцах представлено медианное количество соответствующих поведенческих паттернов. *T* — значение критерия Вилкоксона. Серой заливкой выделены сравнения, прошедшие проверку поправкой на множественные сравнения Хольма – Бонферрони. По паттерну «кусание губ» при нулевых медианах среднее количество паттернов больше для инсайтных решений: 1 и 0.15 соответственно.

Обсуждение и выводы

Как мы упоминали выше, поведенческие паттерны должны не только чаще встречаться в инсайтном решении, но и быть содержательно связанными с детектируемыми этапами. Рассмотрим такую потенциальную связь для выделяемых нами коррелятов.

Взгляд в одну точку, не мигая. Данный паттерн рассматривается как одно из проявлений внутреннего внимания (Рибо, 2001), которое может быть характерно для сосредоточенности на работе с выстроенной репрезентацией, игнорирование входной информации, что свойственно стадии тупика.

Касание лица, кусание губ рассматриваются как поведение, связанное с волнением, тревогой, беспокойством, неуверенностью, эмоциями с негативной валентностью и невысоким уровнем напряжения (Kleinsmith, Bianchi-Berthouze, 2012). Эмоции такого типа также могут быть компонентом субъективного переживания тупика.

Поднятие бровей. Данное движение является компонентом паттерна эмоции удивления (Изард, 1999). Данная эмоция достаточно часто рассматривается в составе комплекса «ага-переживания», сопровождающего переструктурирование и обнаружение решения (Danek, Wiley, 2017).

Улыбка. Также может трактоваться как признак позитивной эмоции, связанной с переструктурированием и обнаружением решения, может быть связана с переживанием удовольствия, которое включается в паттерн «ага-переживания» (Danek, Wiley, 2017).

Таким образом, мы имеем три паттерна, потенциально связанных со стадией тупика (взгляд в одну точку, касание лица, кусание губ) и два паттерна,

которые могут быть связаны со стадией переструктурирования (поднимание бровей, улыбка).

Безусловно, обнаруженные нами закономерности не имеют доказательной силы, а связь указанных паттернов со стадиями инсайтного решения интерпретационная. Однако полученные результаты являются этапом поиска устойчивых поведенческих коррелятов стадий инсайтного решения. На следующем этапе необходимо будет проверить связь возникновения данных паттернов с конкретной стадией инсайтного решения и установить их связь с сопровождающими инсайт процессами, которые эти паттерны могут отражать.

Литература

- Изард К.Э. Психология эмоций. СПб.: Питер, 1999.
- Коровкин С.Ю., Владимиров И.Ю., Савинова А.Д. Динамика загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач // Российский журнал когнитивной науки. 2014. Т. 1. № 4. С. 67 – 81.
- Рибо Т. Психология внимания // Психология внимания. Хрестоматия по психологии / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В.Я. Романова. М.: ЧеРо, 2001. С. 297 – 300.
- Филяева О.В., Коровкин С.Ю. Поведенческие паттерны в процессе решения творческих задач // Современные исследования интеллекта и творчества. М.: ИП РАН, 2015. С. 126 – 140.
- Danek A.H., Wiley J. What about false insights? Deconstructing the Aha! experience along its multiple dimensions for correct and incorrect solutions separately // *Frontiers in Psychology*. 2017. Vol. 7. No. 2077. P. 1 – 14. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.02077>
- Fedor A., Szathmáry E., Öllinger M. Problem solving stages in the five square problem // *Frontiers in Psychology*. 2015. Vol. 6. No. 1050. P. 1 – 13. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01050>
- Jones G. Testing two cognitive theories of insight // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 29. No. 5. P. 1017 – 1027. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.29.5.1017>
- Kleinsmith A., Bianchi-Berthouze N. Affective body expression perception and recognition: A survey // *IEEE Transactions on Affective Computing*. 2013. Vol. 4. No. 1. P. 15 – 33. <http://dx.doi.org/10.1109/t-affc.2012.16>
- Knoblich G., Ohlsson S., Raney G.E. An eye movement study of insight problem solving // *Memory & Cognition*. 2001. Vol. 29. No. 7. P. 1000 – 1009. <http://dx.doi.org/10.3758/bf03195762>
- Markina P.N., Vladimirov I. Executive function role on a stage of impasse in insight problem solving // *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. 2019. Vol. 16. No. 3. P. 562 – 570. <http://dx.doi.org/10.17323/1813-8918-2019-3-562-570>
- Ohlsson S. Information-processing explanations of insight and related phenomena // *Advances in the psychology of thinking* / M.T. Keane, K.J. Gilhooly (Eds.). New York: Harvester-Wheatsheaf, 1992. P. 1 – 44.
- Ormerod T.C., MacGregor J.N., Chronicle E.P. Dynamics and constraints in insight problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2002. Vol. 28. No. 4. P. 791 – 799. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.28.4.791>
- Vladimirov I., Makarov I. From "Hmmm..." to "Aha!": emotional monitoring of representational change // *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*. 2020. Vol. 17. No. 4. P. 658 – 681. <http://dx.doi.org/10.17323/1813-8918-2020-4-658-681>

BEHAVIORAL CORRELATES OF THE MAIN STAGES OF INSIGHT PROBLEM SOLVING

I. Yu. Vladimirov* (1, 2), I. N. Makarov (2), A. S. Bushmanova (2)

kein17@mail.ru

1 – Institute of Psychology RAS, Moscow; 2 – P. G. Demidov
Yaroslavl State University, Yaroslavl

Abstract. This study aims to improve methods of insight problem solving research. A substantial part of insight solutions is unconscious. Thus, thinking aloud has significant limitations, requiring greater use of indirect methods that register accompanying processes. Existing techniques are based on formal dynamics: dividing solution times into equal intervals. To improve indirect methods, stages can be detected by behavior patterns instead. It would be convenient to have reliable markers that allow for quickly detecting the current stage during the solution process. In this study, we compare the frequency of preselected behavioral markers in insight and non-insight solutions. Taking into account their content, we make assumptions about their possible connection with the stages of insight problem solving. The following behavioral patterns were found to be more common in insight problem solving: unblinking gaze, raising eyebrows, touching the face with hands, smiling, and biting lips (the last two with some reservations). A smile and raised eyebrows may indicate the stage of a representation change and finding an answer, and the rest may reflect the stage of an impasse. Verification of the connection between the emergence of these behavioral patterns and the solution stage will be carried out in further studies.

Keywords: insight problem solving, behavioral correlates, behavioral markers, indirect methods of studying insight process, solution stages, solution phases

The study was funded by RFBR, project number 20-013-00801.

ДИАГНОСТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ И СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПСИХОЛОГИИ: НЕЛИНЕЙНЫЕ АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА АННОТАЦИЙ СТАТЕЙ

И.А. Горбунов*, С.В. Морозова*

i.a.gorbunov@spbu.ru, s.v.morozova@spbu.ru

СПбГУ, Санкт-Петербург

Аннотация. В работе представлены методы работы с большими данными о математических методах, использованных в психологических исследованиях за почти 100-летний период. Данные были получены из полнотекстовой психологической базы PsycARTICLES, содержащей статьи, опубликованные в ведущих психологических журналах Американской психологической ассоциации. Для этой цели использовались файлы формата RIS, предоставляемые платформой EBSCO по подписке библиотеки им. А.М. Горького СПбГУ. После сбора данных потребовалась их коррекция вследствие ненадежности поисковых алгоритмов базы PsycARTICLES. Коррекция данных осуществлялась с помощью обучения математических моделей нейронных сетей, предсказывающих использование того или иного математического метода по встречаемости определенных слов в аннотации и названию статьи. В результате коррекции надежность выявления методов увеличилась более чем в 1.5 раза (средняя ошибка до – 14.5 %, после – 9.1 %).

Ключевые слова: математические методы в психологии, психологические исследования, нейронные сети, тексты, PsycARTICLES, поисковые базы

Исследование поддержано грантом РФФИ 19-013-00279 «ИмPLICITные аспекты использования математических моделей в психологии».

Введение

Конечной задачей нашего проекта было исследование динамики применения математических методов психологами, публикующимися в журнале Американской психологической ассоциации (APA). Анализ публикационной активности по ключевым запросам к базе данных часто используется как аргумент в статьях по метаанализу определенных проблем, но необходима проверка валидности этого метода. Необходимо было проанализировать данные о публикациях за период более 100 лет, в которых использовались те или иные математические методы, и построить модели, поясняющие динамику их использования. Для этого мы обработали информацию, хранящуюся в полнотекстовой базе PsycARTICLES, которая была доступна нам через ресурсы библиотеки имени А.М. Горького по подписке. Консультации с персоналом библиотеки и администрацией самой базы позволили удостовериться, что лицензионных ограничений на работу с библиографической информацией из базы PsycARTICLES нет.

Доступным нам способом обращения к этой базе было обращение к веб-интерфейсу платформы EBSCO, который позволяет скачивание RIS-файлов ([https://en.wikipedia.org/wiki/RIS_\(file_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/RIS_(file_format))), содержащих библиографическую информацию по найденным статьям, отобранным по определенному поисковому запросу. Библиографическая информация о статьях включала необходимые нам данные: название, список авторов, ключевые слова, аннотации, выходные данные, даты подачи статьи и ее публикации и т. п. данные. Таким образом, нам удалось получить информацию о статьях в восьми журналах с 1906 по 2019 год по поисковым запросам (более 200 000 библиографических записей), содержащим ключевые слова, относящиеся к одному из методов, входящих в специально отобранный экспертами список видов математико-статистического анализа. Были выбраны 32 математических метода для анализа их динамики, такие как дисперсионный анализ, факторный анализ, Байесов анализ, корреляционный анализ, t -тест, χ^2 и т. п. (Горбунов, 2019). Для исследования был выбран список журналов APA из различных областей психологии:

- American Psychologist,
- Journal of Experimental Psychology: General,
- Journal of Applied Psychology,
- Journal of Abnormal Psychology,
- Journal of Comparative Psychology,
- Journal of Consulting and Clinical Psychology,
- Journal of Educational Psychology,
- Journal of Personality and Social Psychology.

В результате продолжительной работы с базой была собрана информация о результатах 32 запросов к поисковому алгоритму EBSCO, относящихся к разным классам математических методов. Результаты содержали 204 384 библиографические записи, сохраненные в RIS-файлах, и включали информацию о 38 432 статьях, найденных по этим запросам.

Метод

На предварительном этапе была осуществлена выборочная ручная проверка валидности данных для 13 методов, наиболее репрезентативно представленных в выборке. Валидность информации о характеристиках статей проверялась с помощью вычитывания выборочных статей (по 5 случайным образом выбранных статей за каждые 10 лет из каждого журнала, входящего в базу, всего 490 статей по разным методам). Полученные путем ручной проверки результаты сравнивались с результатами, полученными поисковой машиной EBSCO, что составляло ошибку поискового алгоритма. В итоге была оценена степень ошибки алгоритма отнесения того или иного исследования, отраженного в статье, к тому или иному классу математических методов, примененных в исследовании, вычисленных поисковым алгоритмом EBSCO.

В целом количество ошибок в данных за период с 1906 по 1984 г. меньше, чем с 1985 по 2019 г. Было выявлено два типа ошибок: 1) ошибка отсутствия,

когда в данных информации нет, хотя, по мнению эксперта, метод использовался (ошибка второго рода), 2) ошибка наличия, когда в данных информация есть, хотя, по мнению эксперта, метод не использовался (ошибка первого рода). Ошибка наличия чаще характерна для данных за период с 1906 по 1984 г., то есть количество случаев использования математических методов переоценивается. Особенно это касается процентов и корреляционного анализа, что не удивительно, так как слова «процент» и «корреляция» часто используются вне контекста анализа данных. Во всех указанных случаях ошибка отсутствия чаще встречается в данных за период с 1985 по 2019 г., то есть количество случаев использования математических методов недооценивается. В целом количество ошибок приемлемо и не превышает 28.8 % (для корреляционного анализа). При этом существуют отдельные периоды, когда наблюдаются систематические ошибки алгоритма поиска, которые отмечаются в других работах (Piotrowski, Perdue, 2003).

Исходя из этого, мы провели коррекцию данных, полученных поисковым алгоритмом EBSCO, для повышения их точности. Входными данными для корректирующего алгоритма были частоты используемых слов в названии и аннотации каждой статьи, а также исходное решение поискового алгоритма базы (0 — не попала / 1 — попала в результаты запроса по данному методу) об использовании этого метода. Выходной нейрон должен с минимальной ошибкой предсказывать использование (1) или не использование (0) данного математического метода в статье, по мнению эксперта.

Алгоритм разрабатывался на основе математических моделей нейронных сетей, реализованных в пакете Deep learning в приложении Matlab v.R2019. Для обучения правильному распознаванию каждого метода в статье мы использовали трехслойный перцептрон (функция `patternnet`) с функцией ошибки, вычисляемой как кросс-энтропия, и алгоритмом обратного распространения ошибки с коррекцией методом масштабированного сопряженного градиента (алгоритм Левенберга – Макквардта). Размер первого слоя нейронной сети равен количеству входных параметров и определялся алгоритмом подбора (см. ниже), выходной слой состоял из одного нейрона, отражающего вероятность использования метода в статье. При превышении активации выходного нейрона выше 0.5 мы принимали решение о том, что метод был использован в данной статье. Для каждого метода подбиралась наилучшая нейросеть, обеспечивающая минимальный процент ошибок. Мы использовали данный алгоритм отдельно для каждого математического метода, вместо того чтобы построить большую нейросеть, прогнозирующую сразу все методы для данной статьи, что позволило избежать ошибок, возникающих вследствие скоррелированного использования разных методов в исследованиях. Так как на качество обучения влияет как размер скрытого слоя, так и начальная конфигурация весов (Хайкин, 2008), то при обучении варьировался размер скрытого слоя от 2 до 24 нейронов. Для каждого размера выбирали наилучшую из 12 сетей по проценту ошибок распознавания. Для исключения эффекта переобучения использовано случайное разделение выборки на обучающую — 60 %, тестовую — 20 % и контрольную (валидизирующую) — 20 %, обучение нейросетей производилось на тренинговой выборке, периодическая проверка на этапе

подбора весов на переобучение — на валидизирующей и окончательная проверка — на тестовой.

Подбор входного набора данных проводился оригинальным методом «бустинга» (Schapire, 2003). При ограничении перечня слов в аннотации до частоты встречаемости >500 раз во всей выборке словарь слов в аннотациях достигал 1015 слов, не считая слов в названии статьи. В результате весь набор входных параметров для обучения составлял 2044. То есть для каждой статьи потенциально входными параметрами могли быть 2044 частоты встречаемости каждого слова в ее аннотации и результат нахождения этой статьи в запросе поисковым алгоритмом EBSCO по запросу к данному математическому методу. Включение всех входных параметров во входной слой было невозможно вследствие эффектов переобучения (Хайкин, 2008). Поэтому необходимо было произвести индивидуальный подбор входных данных для каждого метода. Мы использовали следующий алгоритм:

1. Вся выборка делится на трениговую и тестовую части (80 % и 20 % соответственно).
2. Входным параметром назначаем переменную «результат подбора поисковым алгоритмом PsycARTICLES», имеющую два возможных значения: 0 — не попала в результатах поискового запроса по данному методу или 1 — была в результатах запроса.
3. Обучается оптимальная сеть с перебором размеров (от 2 до 24 нейронов скрытого слоя) и начальных точек — 12 сетей со случайными начальными весами.
4. Если входных параметров больше двух, проверяем, лучше ли в среднем диагностируют 10 % лучших обученных нейросетей с текущим набором входных параметров (сравнивается процент ошибок по всем трениговым данным) с предыдущими 10 % сетей с наилучшим результатом (с предыдущим списком входных параметров). Если не лучше, удаляем параметр из списка входных и продолжаем алгоритм. Если лучше, то оставляем его во входных параметрах и продолжаем.
5. Если неудачных добавлений параметров более семи, запоминаем результаты и переходим к пункту 9.
6. Вычисляется функция ошибки для всех трениговых данных.
7. Коррелируем массив ошибок (вычисленных разностей между активацией выходного нейрона с результатом проверки экспертом 0 — не использовался метод, 1 — использовался) со всеми возможными входными переменными.
8. Самую скоррелированную с ошибкой переменную добавляем на вход и переходим к пункту 2.
9. Проверяем надежность диагностики на тестовой выборке выделенной на первом этапе. Выходим из алгоритма, сохранив результаты.

Длительность работы алгоритма на ПК с процессором Intel Xeon E3-1220 3.0 ГГц — порядка 32 часов. В результате обучения прирост точности диагностики каждого метода в среднем улучшился в 2.96 раза.

Таблица 1. Результаты коррекции математической моделью нейронной сети практики применения различных видов математико-статистического анализа

Метод	Входных параметров	Алгоритм поиска PsysARTICLES (доля ошибок)	Скорректировано нейросетью (доля ошибок)	
			Тестовая выборка	Тренинговая выборка
Дисперсионный анализ	28	.156	.126	.064
Байесов анализ	29	.047	.038	.002
Корреляционный анализ	9	.288	.259	.257
Факторный анализ	16	.138	.025	.003
Goodness of Fit	21	.076	.069	.011
Метаанализ	15	.188	.038	.002
Нейронные сети	20	.231	.046	.025
Хи-квадрат Пирсона	15	.064	.058	.062
Проценты	19	.281	.264	.265
Регрессионный анализ	14	.094	.057	.036
Анализ надежности	6	.100	.019	.053
SEM	23	.056	.029	.027
t-Стьюдента	16	.163	.161	.121

Результаты

Удалось улучшить точность выявления использованного математического метода во всех случаях (см. табл. 1).

Полученные нейронные сети провели диагностику на оставшихся 33 627 статьях, что позволило эффективнее продолжить анализ динамики использования математических методов. В результате данной работы было выявлено, что использование поисковых алгоритмов полнотекстовых баз данных для оценки практики использования различных методов исследования является недостаточно надежным способом и нуждается в коррекции. Для такой коррекции можно применять нелинейные алгоритмы, использующие текстовые данные из названий и аннотаций статей. Предложенный алгоритм может быть также использован в процессе разработки психодиагностических шкал опросников, дифференцирующих бинарные события — например, наличие заболевания, профпригодность по большой совокупности пунктов теста.

Литература

Горбунов И.А. Использование программного «Робота» при анализе статистической практики (на примере базы PsysARTICLES) // Ананьевские чтения – 2019: психология обществу, государству, политике / Под ред. И.А. Самуйлова. СПб.: Скифия-принт, 2019. С. 154 – 155.

Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. Издательский дом Вильямс, 2008.

Piotrowski C., Perdue B. The psycarticles database: Attributes and limitations // Perceptual and Motor Skills. 2003. Vol.97. No.3. P.993–994. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.2003.97.3.993>

Schapire R.E. The boosting approach to machine learning: An overview // Nonlinear Estimation and Classification. Lecture Notes in Statistics / D.D. Denison, M.H. Hansen, C.C. Holmes, B. Mallick, B. Yu (Eds.). New York, NY: Springer, 2003. Vol.171. P.149–171. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-21579-2_9

DIAGNOSTICS OF THE USE OF MATHEMATICAL AND STATISTICAL METHODS IN PSYCHOLOGY: NONLINEAR ALGORITHMS FOR ANALYSIS OF ARTICLE ABSTRACTS

I. Gorbunov*, S. Morozova*

i.a.gorbunov@spbu.ru, s.v.morozova@spbu.ru

Saint Petersburg State University, St. Petersburg

Abstract. This article presents the methods of analysis of big data which were obtained from the full-text psychological database PsycARTICLES. The data describe mathematical methods used in psychological research over an almost 100-year period and published in the leading psychological journals of the American Psychological Association. For this purpose, we used the RIS format files provided by the EBSCO platform on a subscription from the library of St. Petersburg State University. After collecting the data, their correction was required due to the unreliability of the search algorithms. Data correction was carried out by training mathematical models of neural networks that predict the use of a particular mathematical method by the occurrence of certain words in the abstract and the title of the article. As a result of the correction, the reliability of identifying methods increased by more than 1.5 times (the average error before was 14.5%, compared to 9.1% afterwards).

Keywords: mathematical method in psychology, psychology research, neuronal network, texts, PsycARTICLES, full-text databases

Research supported by RFBR 19-013-00279: “Implicit aspects of the use of mathematical models in psychology”.

РАЗРАБОТКА ТЕСТОВ НА ЧТЕНИЕ СЛОВ И ПСЕВДОСЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАВЫКОВ ЧТЕНИЯ У РУССКОГОВОРЯЩИХ ДЕТЕЙ

С.В. Дорофеева* (1), И.Ю. Гринько (1),
Т.Д. Перевощикова (1), О.В. Драгой (1, 2)

sdorofeeva@gmail.com

1 — Центр языка и мозга, Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва; 2 — Федеральный центр мозга
и нейротехнологий, Москва

Аннотация. В рамках настоящего проекта была разработана новая батарея тестов для оценки навыков чтения на русском языке, предназначенная для использования в исследовательских целях и для тестирования в школах. Батарея опирается на опыт широко используемых в мировой практике инструментов оценки эффективности освоения навыков чтения и включает в себя отдельные тесты на чтение слов и псевдослов, а также их параллельные версии для повторного тестирования. Материалы для этих тестов были подготовлены с учетом релевантных лингвистических и психолингвистических параметров. В рамках первого сбора данных с применением новой батареи были протестированы 90 типично развивающихся школьников в возрасте от 7 до 11 лет. Дополнительно у всех участвовавших в исследовании детей проводилась оценка навыков чтения на уровне текста с помощью Стандартизированной методики исследования навыков чтения (СМИНЧ). В работе мы приводим описание структуры новых тестов, результаты сравнения параллельных версий тестов на чтение слов и псевдослов, а также результаты корреляционного анализа скорости чтения детей при использовании СМИНЧ и при использовании разработанных нами тестов.

Ключевые слова: чтение, тест чтения, оценка навыков чтения, чтение слов, чтение псевдослов, исследование чтения, младшие школьники

Введение

Оценка навыков чтения и своевременная диагностика возможных нарушений чрезвычайно актуальна в начальной школе, поскольку отсутствие своевременной диагностики и коррекции нарушений базового навыка чтения негативно сказывается на всем образовательном процессе, и с годами негативный эффект накапливается и усиливается (Törö et al., 2017). Для оценки навыков чтения необходимы стандартизированные тесты (Torgesen et al., 1999). Для русского языка существует стандартизированный тест на чтение (Корнев, Ишимова, 2010), однако он позволяет оценить навыки чтения детей на уровне текста, при этом механизмы чтения на уровне текста отличаются от механизмов чтения на уровне отдельных слов, так как включают такие

компоненты, как обработка морфосинтаксических конструкций или влияние предсказуемости контекста. В мировой практике широко используются отдельные тесты для оценки чтения на уровне слова (Brus, Voeten, 1979; Torgesen et al., 1999). Кроме того, как для диагностических, так и для исследовательских целей в ряде стран разрабатываются и используются тесты на чтение не только слов, но и псевдослов, что позволяет анализировать различия при лексическом и сублексическом способах чтения (Griffiths, Snowling, 2002; Moll, Landerl, 2010; van den Bos et al., 1994). Предыдущие исследования выявили, что результаты тестов на чтение на уровне текста, слов и псевдослов могут отражать влияние различных типов дефицита, приводящего к нарушению или задержке в развитии навыков чтения (Griffiths, Snowling, 2002). Мы поставили задачу разработать лингвистически обоснованный инструментарий, который позволял бы оценивать навыки чтения на уровне слов и псевдослов у русскоговорящих детей. Затем мы провели сравнение результатов этих тестов и теста на чтение на уровне текста (Корнев, Ишимова, 2010).

Методика

Испытуемые. В исследовании приняли участие 90 типично развивающихся детей, являющихся монолингвальными носителями русского языка. Родители или законные представители подписали письменное согласие на участие этих детей в исследовании. Все участники были учениками общеобразовательных начальных школ г. Протвино (Московская обл.) и г. Ижевска. У всех детей были нормальные или скорректированные до нормальных показатели зрения, родители подтвердили отсутствие неврологических нарушений, нарушений слуха, а также серьезных инфекционных заболеваний. По результатам оценки уровня невербального интеллекта с помощью цветных прогрессивных матриц Равена (Равен, 2004) данные 12 детей, показавших результаты ниже возрастной нормы, были исключены из анализа. По результатам оценки навыков чтения с помощью Стандартизированной методики исследования навыков чтения (СМИНЧ; Корнев, Ишимова, 2010) были исключены данные еще 7 детей, скорость чтения Текста 1 «Как я ловил раков» у которых оказалась ниже контрольного уровня для соответствующего возраста (Дорофеева и др., 2019). Таким образом, для анализа данных использовались результаты 71 участника (45 девочек, $M_{age} = 8.39$, $SD = 1.24$).

Материалы. Навыки чтения оценивались с помощью одномоментных тестов на чтение слов и псевдослов, разработанных нами. Для каждого из тестов было подготовлено по две эквивалентные по сложности версии, которые могут быть использованы при повторном тестировании: листы А и С для чтения слов; листы В и D для чтения псевдослов. Каждый лист включает в себя по 144 стимула и состоит из четырех блоков возрастающей сложности. Усложнение обеспечивалось за счет подбора стимулов с различной слоговой структурой (с опорой на классификацию, описанную в работе А.К. Марковой (Маркова, 1961)), увеличения количества букв в словах, снижения частотности слов.

Каждый из блоков в тестах на чтение слов содержит по 36 слов с равным количеством существительных, глаголов и прилагательных. Чтобы предъявля-

емые стимулы были адекватными по сложности для младшего школьного возраста, они подбирались из открытой базы слов (Akinina et al., 2015), в которой указан возраст усвоения слов, а также из учебников начальной школы, которые соответствуют федеральным государственным образовательным стандартам (ФГОС). Проверка частотности употребления слов осуществлялась с помощью открытой базы стимулов (Alexeeva et al., 2017). Информация о параметрах тестов на чтение слов приведена в табл. 1.

Все стимулы параллельных версий были сбалансированы по количеству слогов, длине слов в буквах, слоговой структуре слов, частотности слов и ударению. Стимулы для тестов на чтение псевдослов (листы В и D) были созданы из стимулов на чтение слов (листы А и С) путем замены 1–3 букв так, чтобы из слова получилось несуществующее слово. При этом гласные заменялись только на гласные, согласные — только на согласные, что позволяло сохранить длину и слоговую структуру стимулов. Получившиеся стимулы для листов В и D были расположены в том же порядке, что и исходные стимулы на листах А и С.

Для предъявления испытуемым стимулы в листах располагались в столбик, по блокам, но без явных границ между блоками, в псевдорандомизированном порядке внутри каждого блока. При печати использовался шрифт Arial, кегль 14.

Таблица 1. Информация о параметрах тестов на чтение слов

Лист А (количество слов)					Лист С (количество слов)				
Блок	Сущ.	Прил.	Глаг.	Всего	Блок	Сущ.	Прил.	Глаг.	Всего
1	12	12	12	36	1	12	12	12	36
2	12	12	12	36	2	12	12	12	36
3	12	12	12	36	3	12	12	12	36
4	12	12	12	36	4	12	12	12	36
Всего	48	48	48	144	Всего	48	48	48	144
Лист А (частотность слов)					Лист С (частотность слов)				
Блок	Сущ.	Прил.	Глаг.	Среднее	Блок	Сущ.	Прил.	Глаг.	Среднее
1	201.55	200.28	205.32	202.38	1	200.07	203.33	206.79	203.40
2	156.30	160.31	169.87	162.16	2	155.79	159.88	167.60	161.09
3	43.94	81.17	96.84	73.98	3	43.05	79.80	96.43	73.09
4	38.03	49.18	74.75	53.99	4	38.49	50.18	73.85	54.17
Среднее	109.96	122.74	136.70	123.13	Среднее	109.35	123.30	136.17	122.94

Процедура. Тестирование проходило индивидуально, в отдельном тихом кабинете. Сначала дети читали по одному листу слов и псевдослов, после них — текст из методики СМИНЧ, затем дети проходили тест на невербальный интеллект, а после перерыва читали еще по одному листу слов и псевдослов. Стимулы каждого теста предъявлялись на отдельных листах, детей просили чи-

тать стимулы в течение одной минуты, при этом читать так быстро, как они еще могут читать без ошибок. Аудиозапись чтения производилась на диктофон для дальнейшей обработки.

Анализ. Анализ данных производился с помощью языка программирования R, с использованием пакетов psych (Revelle, 2020) и apaTables (Stanley, Spence, 2018).

Результаты

Анализ показал, что параллельные версии имеют высокий коэффициент корреляции как для теста на чтение слов (листы А и С, $r = .91$, $p < .001$), так и для теста на чтение псевдослов (листы В и D, $r = .93$, $p < .001$). Значимых отличий между параллельными версиями обнаружено не было (для листов А и С: $t = -0.91$, $p = .37$, для листов В и D: $t = 1.46$, $p = .15$). При этом слова дети читали значимо быстрее, чем псевдослова (для листов А и В: $t = 19.26$, $p < .001$, для листов С и D: $t = 14.20$, $p < .001$). Кроме того, результаты в каждом из тестов новой батареи для оценки навыков чтения на уровне слова имеют высокие коэффициенты корреляции с результатами оценки навыков чтения на уровне текста при использовании СМИНЧ: для листа А $r = .89$, $p < .001$, для листа С $r = .89$, $p < .001$, для листа В $r = .83$, $p < .001$, для листа D $r = .77$, $p < .001$.

Обсуждение и выводы

Исследование показало, что разработанные параллельные версии тестов на чтение слов и псевдослов имеют между собой высокий коэффициент корреляции и могут использоваться для повторного тестирования (например, после периода обучения или коррекции навыков чтения). Кроме того, было выявлено, что скорость чтения отдельных слов и псевдослов значимо коррелирует у младших школьников со скоростью чтения связного текста при использовании ранее стандартизированной методики СМИНЧ, что говорит о валидности новых разработанных инструментов. При этом корреляция выше между чтением текста и чтением отдельных реально существующих слов русского языка. Результаты теста на чтение псевдослов, который показывает, с какой скоростью люди читают незнакомые слова в тексте, также коррелируют с чтением связного текста, однако коэффициент корреляции более низкий. Поскольку по критериям исключения из анализа пришлось удалить более 20 % данных (результаты 19 из 90 детей), для определения контрольных уровней для оценки навыков чтения для каждого класса требуется дополнительное исследование на большей выборке.

Литература

Дорофеева С.В., Решетникова В.А., Серебрякова М.Н., Горанская Д.Н., Ахутина Т.В., Драгой О.В. Оценка диагностической валидности Стандартизированной методики исследования навыков чтения на русском языке и проверка актуальности имеющихся нормативных данных // Российский журнал когнитивной науки. 2019. Т. 6. № 1. С. 4 – 24.

Корнев А.Н., Ишимова О.А. Методика диагностики дислексии у детей. Методическое пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010.

Маркова А.К. Особенности усвоения слоговой структуры слова у детей, страдающих алалией // Школа для детей с тяжелыми нарушениями речи / Под ред. Р. Е. Левиной. М.: 1961. С. 59 – 70.

Равен Д.К., Стайл И., Равен М. Цветные прогрессивные матрицы (классическая форма, серии А, Ab, В). М.: Когито Центр, 2004.

Akinina Y., Malyutina S., Ivanova M., Iskra E., Mannova E., Dragoy O. Russian normative data for 375 action pictures and verbs // Behavior Research Methods. 2015. Vol. 47. No. 3. P. 691 – 707. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-014-0492-9>

Alexeeva S., Slioussar N., Chernova D. StimulStat: A lexical database for Russian // Behavior Research Methods. 2017. Vol. 50. No. 6. P. 2305 – 2315. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-017-0994-3>

Brus B.T., Voeten M.J. M. Eén-minuut-test: vorm A en B: Verantwoording en handleiding: Schoolvorderingstest voor de technische leesvaardigheid, bestemd voor het tweede tot en met het zesde leerjaar van het basisonderwijs. Nijmegen: Berkhout, 1979.

Griffiths Y.M., Snowling M.J. Predictors of exception word and nonword reading in dyslexic children: The severity hypothesis // Journal of Educational Psychology. 2002. Vol. 94. No. 1. P. 34 – 43. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.94.1.34>

Moll K., Landerl K. SLRT-II: Lese- und Rechtschreibtest [Reading and Spelling Test]. Bern, Switzerland: Hans Huber, 2010.

Revelle W. An introduction to psychometric theory with applications in R. Springer, 2020. URL: <https://personality-project.org/r/book/>

Stanley D.J., Spence J.R. Reproducible tables in psychology using the apaTables package // Advances in Methods and Practices in Psychological Science. 2018. Vol. 1. No. 3. P. 415 – 431. <http://dx.doi.org/10.1177/2515245918773743>

Torgesen J.K., Wagner R.K., Rashotte C.A. Test of word reading efficiency (TOWRE). Austin, TX: 1999.

Törö K.T., Miklósi M., Horanyi E., Kovács G.P., Balázs J. Reading disability spectrum: Early and late recognition, subthreshold, and full comorbidity // Journal of Learning Disabilities. 2017. Vol. 51. No. 2. P. 158 – 167. <http://dx.doi.org/10.1177/0022219417704169>

Van den Bos K.P., Lutje Spelberg H.C., Scheepstra A.J.M., de Vries J.R. De klepel [nonword reading test]. Nijmegen, The Netherlands: Berkhout, 1994.

DEVELOPING TESTS WITH WORDS AND PSEUDOWORDS FOR THE ASSESSMENT OF READING SKILLS IN RUSSIAN-SPEAKING CHILDREN

S. V. Dorofeeva* (1), I. Yu. Grinko (1), T. D. Perevoshikova (1), O. V. Dragoy (1, 2)
sdorofeeva@gmail.com

1 – Center of Language and Brain, HSE University, Moscow;

2 – Federal Center for Brain and Neurotechnologies, Moscow

Abstract. A new battery of tests has been developed for assessing reading skills in Russian, both for research purposes and for testing children at schools. The battery draws on the experience of widely used tools for assessing the effectiveness of reading skills in other languages and includes separate tests for reading words and pseudowords, as well as their parallel versions for retesting. The materials for these tests were prepared taking into account relevant linguistic and psycholinguistic parameters. In the first round of data

collection using the new battery, 90 typically developing schoolchildren 7–to–11 years of age were tested. Additionally, the reading skills of all children participating in the study were assessed at the text level using the Standardized Assessment of Reading Skills (SARS). In this work, we provide a description of the new tests' structure, comparison results of parallel versions of the tests for reading words and pseudowords, and the results of a correlation analysis of the children's reading fluency when using SARS and when using the newly developed tests.

Keywords: reading, reading test, reading assessment, word reading, pseudoword reading, studies of reading, elementary school students

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАЗНОГО ДРЕЙФА

В.Е. Дубровский*, Е.Г. Лунякова, А.С. Крускоп, А.В. Гарусев

vicdubr@mail.ru

МГУ имени М.В. Ломоносова

Аннотация. Дрейф — медленные квазислучайные смещения глаз в промежутках между саккадами, основной вид движений глаз во время фиксации. Именно на участках дрейфа преимущественно происходит извлечение зрительной информации о внешнем объекте. Сегодня микродвижения глаз уже не считаются помехой зрительному процессу, а рассматриваются как важная составляющая механизмов первичной обработки сенсорной информации, в частности — стереозрения, восприятия движения, различения мелких деталей изображения и др. Неоднократно предпринимались попытки разработать математическую модель нижнего уровня зрения, учитывающую микродвижения глаз. Траектории движений глаз рассматриваются как случайный процесс, параметры которого необходимо определить экспериментально. Разработка такой модели связана с рядом объективных трудностей. Запись движений глаз зашумлена. Необходимо разделять случайный процесс на отдельные компоненты, обусловленные работой блоков управления разных уровней. При этом предполагается, что в исследуемом сигнале можно выделить стационарную компоненту, допускающую усреднение. Вопрос о том, можно ли считать отдельные фрагменты записей движений глаз стационарными процессами, до сих пор открыт. Возможно, этими проблемами частично обусловлено отсутствие единого мнения о характеристиках глазного дрейфа, таких как согласованность движений левого и правого глаз, амплитуда и скоростные характеристики дрейфа. Авторами разрабатывается пакет программ, предназначенный для анализа записей микродвижений глаз. Описаны методы решения ряда прикладных задач. С использованием этих разработок проведено исследование согласованности движений глаз во время дрейфа при бинокулярной фиксации, оценены скоростные параметры фиксационных движений.

Ключевые слова: микродвижения глаз, айтрекинг, фиксация, глазной дрейф, стохастическая модель движений глаз

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Проект № 19-013-00784.

Решение практически любой когнитивной задачи начинается с первичного сбора и обработки информации, осуществляемых, согласно современным представлениям (Величковский, 2006), в естественной среде и в условиях подвижности наблюдателя. Одну из ведущих ролей в этом процессе играют движения, и в частности микродвижения, глаз, осуществляемые во время фиксации.

В последние десятилетия представления о фиксационных движениях глаз претерпевают существенные изменения. Эти изменения обусловлены, с одной стороны, сменой подходов к зрительному восприятию — от представлений о перцептивном процессе как пассивной обработке статичных ретинальных изображений к идее активного извлечения информации из пространственно-временного потока стимуляции. С другой стороны, усовершенствование аппаратуры для регистрации движения глаз и прогресс в технологиях обработки больших массивов данных позволили трансформировать методы экспериментального исследования микродвижений и делать более обоснованные выводы об их природе и функциях.

Еще 50 лет назад фиксационные движения глаз рассматривались как проявление неустойчивости глазодвигательного аппарата и считались помехой зрительному процессу, а в лучшем случае единственной их функцией признавалось предотвращение перцептивного исчезновения, возникающего в результате адаптации рецепторов к неизменной стимуляции. Начиная с 1980-х гг. спектр функций, приписываемых фиксационным движениям, значительно расширился. Так, микросаккады теперь связывают не только и не столько с поддержанием видимости стимула, сколько с последующей его обработкой — синхронизацией нейронных ответов (Leopold, Logothetis, 1998), релокацией проекции цели внутри фовеа для ее оптимального видения (Poletti et al., 2010), распределением пространственного внимания (Engbert, Kliegl, 2003), когнитивным усилием (Kueger et al., 2019) и др. К функциям глазного дрейфа стали относить не только поддержание фиксации на стимуле, но и усиление высокочастотной составляющей сигнала за счет его пространственно-временного анализа, который обеспечивают медленные небольшие смещения сетчаточного изображения (Rucci, Poletti, 2015), участие в работе механизмов восприятия движения (Poletti et al., 2010), бинокулярного зрения (Otero-Millan et al., 2014) и др. Изменяются также и представления о самих характеристиках микродвижений (скорости, амплитуде, синхронности движений глаз), однако определенность и согласованность в этом вопросе еще не достигнута.

Проблема фрагментарности современных представлений о микродвижениях и их функциях связана, на наш взгляд, с тем, что:

- Отдельные группы исследователей используют как серийную, так и уникальную аппаратуру, основанную на разнообразных методах оценки направления взора. Точность приборов, а также характер вносимых ими ошибок существенно различаются.
- Регистрация микродвижений производится на пределе точности измерений, так что полученные данные сильно зашумлены. Выделение полезного сигнала из шумовой компоненты с неизвестными параметрами является достаточно сложной задачей. Для ее решения в большинстве случаев используются встроенные в стандартный пакет программы обработки записей, возможности которых обычно крайне ограничены.
- Программы обработки, входящие в состав серийно выпускаемых программно-аппаратных комплексов регистрации движений глаз,

в большинстве случаев ориентированы на подсчет отдельных событий (саккады, попадание в определенные области на экране и т. п.). Подобные методы мало подходят для анализа микродвижений глаз.

- В тех же немногих случаях, когда исследователи сами создают необходимые программы, обычно оказывается, что результаты обработки сложно соотнести между собой: слишком разные принципы заложены в стратегии обработки.

Авторами разрабатывается пакет программ анализа данных айтрекинга, основанный на следующих основных принципах:

- Движения глаз рассматриваются как двумерный случайный сигнал, являющийся результатом взаимодействия процессов разного уровня: как сенсорных, обеспечивающих первичную обработку информации, так и когнитивных, управляющих вниманием и направлением взгляда на информативные участки зрительного поля. Подобный подход позволяет не только изучать характеристики отдельных окуломоторных событий (саккад и фиксаций) в терминах описательной статистики, но и анализировать весь процесс в целом. Сказанное относится в том числе и к микродвижениям глаз.
- Таким образом, для анализа фиксационных движений глаз наиболее адекватными являются современные методы статистики случайных процессов.
- Обработка данных осуществляется в несколько этапов. На первом этапе необходимо убрать шумы аппаратуры. Для этого предлагается использовать нелинейные методы робастного сглаживания (Дубровский и др., 2019). На втором этапе происходит выделение участков относительной стационарности случайного сигнала. В данной работе для выделения стационарных участков использовался встроенный алгоритм SMI BeGaze; обрабатывались участки фиксаций за вычетом первых и последних 200 мс, длина которых после обрезки составляла не менее 300 мс. В дальнейшем предполагается включение в пакет и других методов выделения стационарных участков записи и оценка их эффективности. Третий этап включает собственно анализ данных с использованием различных современных методов и библиотек программ. При этом движения глаз будут рассматриваться как случайный процесс, и могут проверяться различные статистические гипотезы о его форме, а также свойствах и параметрах порождающей его системы. Подобный анализ открывает возможность построения уровневых моделей когнитивных процессов, управляющих движениями глаз в ходе обработки зрительной информации.

Рассмотрим примеры апробации разработанной программы для оценки ряда характеристик глазного дрейфа при бинокулярной фиксации. Данные получены на выборке из 12 участников, фиксировавших центральную цель в течение 1000 мс, 2200 мс или 5000 мс в 82 пробах. Регистрация движений глаз производилась на установке SMI HiSpeed 1250 бинокулярно с частотой 500 Гц. Голова наблюдателя была зафиксирована штатным подбородником.

Первый пример касается проблемы согласованности дрейфов левого и правого глаз, имеющей давнюю историю. Еще в середине XX века было обнаружено (Ditchburn, Ginsborg, 1953), что дрейфы сопряжены по вертикальной составляющей. При этом горизонтальная компонента движения была значительно менее согласованной и иногда имела «волнообразный» вид с чередующимися периодами конвергенции и дивергенции. Практически в то же время другими исследователями был сделан прямо противоположный вывод о независимости дрейфов левого и правого глаз (Ярбус, 1965; Krauskopf et al., 1960). Более поздние работы не дали однозначного ответа на данный вопрос. Согласованность дрейфов в различных работах оценивалась либо качественно, либо с использованием коэффициента корреляции. Классический коэффициент корреляции является интегральным показателем, не учитывающим тот факт, что характер движений глаз в дрейфе может меняться со временем: глаза могут двигаться несинхронно или синхронно смещаться в одном направлении, а также осуществлять одновременные противоположно направленные смещения, поддерживающие угол вергенции. Поэтому для оценки согласованности движений глаз мы использовали скользящий (rolling) коэффициент корреляции, вычисляемый в движущемся окне фиксированного размера. Если корреляция постоянна для всей выборки, то оценки не должны различаться, если нет — скользящие оценки должны учесть эту нестабильность. Предполагалось, что выбор окон разной ширины позволит оценить характер движений глаз в разных временных масштабах.

Для каждого интервала фиксации оценивался скользящий коэффициент корреляции Пирсона с различной шириной окна (50 мс, 100 мс, 200 мс и 300 мс). Результаты представлены в виде гистограмм на рис. 1. Легко увидеть, что вариабельность коэффициента корреляции зависит от ширины окна. Наблюдаемые при окне 50 мс острые пики в области единичных положительных и отрицательных корреляций по горизонтальной и по вертикальной составляющим дрейфа, вероятнее всего, связаны с тем, что на таких коротких участках движение глаза хорошо аппроксимируется линейной функцией, поэтому оценивать его согласованность на таких интервалах этим способом бессмысленно. С увеличением ширины окна острые пики по горизонтальной составляющей исчезают, однако на интервалах 50 мс и 100 мс можно видеть высокие корреляции, характеризующие согласованные однонаправленные движения и разнонаправленные движения, связанные с вергенцией, выделяемые на данных временных отрезках. Для вертикальной составляющей дрейфа с увеличением ширины окна отрицательная корреляция исчезает, в то время как положительная увеличивается, что подтверждает данные о согласованности общего направления смещения глаз в дрейфе по вертикали.

Другим примером использования разрабатываемой программы является решение задачи анализа распределения скоростей движения глаз в межсаккадических интервалах. В работах второй половины XX века скорость дрейфа описывалась как очень невысокая — около 4 угл. мин/с. В настоящее время в ряде работ утверждается, что скорость дрейфа составляет в среднем ок. 30–40 угл. мин/с, а при отсутствии фиксации головы может возрастать до 1.5–2 угл. град/с. Ко с соавторами (Ко et al., 2016) получили оценки скорости

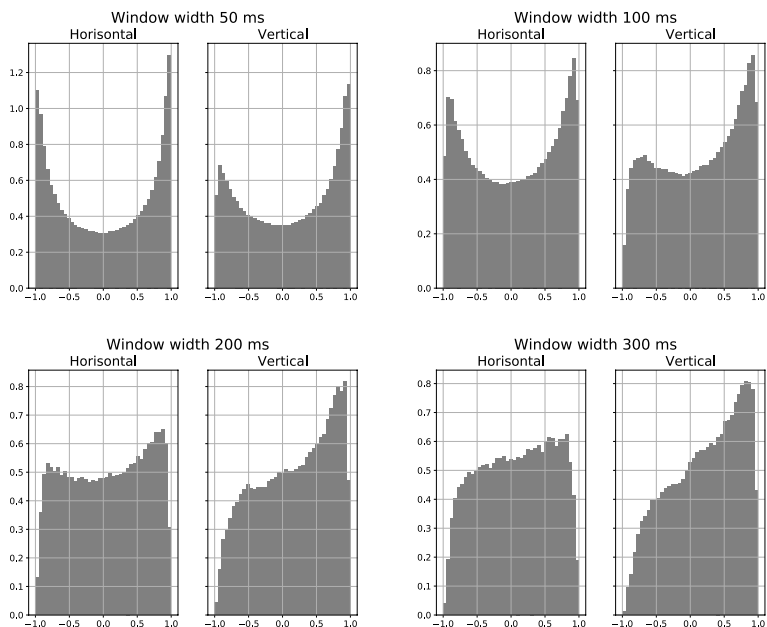


Рисунок. 1. Гистограммы распределения скользящего коэффициента корреляции

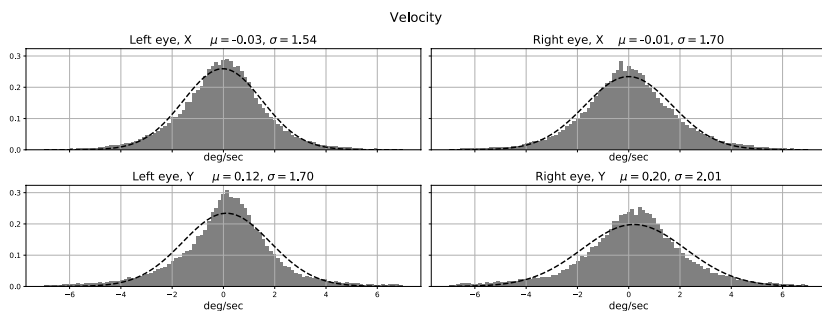


Рисунок. 2. Пример гистограммы распределения мгновенных скоростей. Пунктирной линией обозначена функция плотности вероятности нормального распределения, соответствующего полученным оценкам математического ожидания и дисперсии

дрейфа, близкие к 1 угл. град./с при фильтрации данных с границей 40 Гц и близкие к 2 угл. град./с при границе фильтра 80 Гц. На наш взгляд, бо́льшую информацию о случайном процессе может дать распределение скоростей, а не оценка их среднего значения. В нашей программе оценки мгновенной скорости вычислялись на основании сглаженных данных при помощи фильтра

Савицкого – Голя второго порядка с окном 11 точек. Для оценки дисперсии использовалась робастная статистическая процедура Хубера, игнорирующая отдельные выбросы скорости, соответствующие микросаккадам. Пример типичных гистограмм горизонтальной и вертикальной компонент мгновенных скоростей дрейфа левого и правого глаза для одного испытуемого по всем пробам представлен на рис. 2. Для большинства испытуемых распределения отличаются от нормального. При этом выборочная дисперсия для разных испытуемых варьирует от 0.74 до 2.97 угл. град./с, что частично согласуется с последними данными других авторов.

Приведенные примеры являются лишь иллюстрацией применения современных математических методов к изучению глазного дрейфа. Использование аппарата теории случайных процессов для обработки и моделирования движений глаз открывает широкие возможности применения методов нелинейного анализа, теории Марковских процессов, а также более сложных алгоритмов теории распознавания образов и теории машинного обучения в исследовании сенсорных и перцептивных процессов.

Текущую версию программы можно запросить у авторов.

Литература

- Величковский Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. Т. 1. М.: Смысл, Академия. 2006
- Дубровский В.Е., Гарусев А.В., Лунякова Е.Г. Устойчивая процедура сглаживания данных айтрекинга для анализа микродвижений глаз // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: Буки Веди, ИППИП, 2019. С. 603 – 608.
- Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. Наука, 1965.
- Ditchburn R.W., Ginsborg B.L. Involuntary eye movements during fixation // *Journal of Physiology*. 1953. Vol. 119. P. 1 – 17.
- Engbert R., Kliegl R. Microsaccades uncover the orientation of covert attention // *Vision Research*. 2003. Vol. 43. No 9. P. 1035 – 1045.
- Ko H., Snodderly D.M., Poletti M. Eye movements between saccades: Measuring ocular drift and tremor // *Vision Research*. 2016. Vol. 122. P. 93 – 104
- Krauskopf J., Cornsweet T.N., Riggs L.A. Analysis of eye movements during monocular and binocular fixation // *Journal of the Optical Society of America*. 1960. Vol. 50. P. 572 – 578.
- Krueger E., Schneider A., Sawyer B., Chavallaz A., Sonderegger A., Groner R., Hancock P. Microsaccades distinguish looking from seeing // *Journal of Eye Movement Research*. 2019. Vol. 12. No 6. Art. 2. <https://doi.org/10.16910/jemr.12.6.2>
- Leopold D.A., Logothetis N.K. Microsaccades differentially modulate neural activity in the striate and extrastriate visual cortex // *Experimental Brain Research*. 1998. Vol. 123. P. 341 – 345.
- Otero-Millan J., Macknik S.L., Martinez-Conde S. Fixational eye movements and binocular vision // *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 2014. Vol. 8. Art. 52. doi: 10.3389/fnint.2014.00052
- Poletti M., Listorti C., Rucci M. Stability of the visual world during eye drift // *The Journal of Neuroscience*. 2010. Vol. 30. No 33. P. 11143 – 11150.
- Rucci M., Poletti M. Control and functions of fixational eye movements // *Annual Review of Vision Science*. 2015. Vol. 1. P. 499 – 518. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-vision-082114-035742>

PROBLEMS AND METHODS FOR ASSESSING THE CHARACTERISTICS OF OCULAR DRIFT

V.E. Doubrovski*, E.G. Luniakova, A.S. Krusko, A.V. Garusev

vicdubr@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Abstract. Drift is a slow quasi-random meandering of the eyes during inter-saccadic intervals, the basic type of fixational eye movements. Nowadays micro-movements of the eyes are regarded as a significant component of sensory mechanisms, particularly stereo vision, motion perception, and visual acuity. Several attempts have been made to develop a mathematical model of low-level vision taking into account fixational eye movements. Trajectory of the eyes may be considered as a random process with unknown parameters. It is necessary to split the eye trajectory into separate components corresponding to control units of different levels and eye-tracking noise. Meanwhile, it is assumed that a stationary signal component that allows averaging can be determined. Perhaps the absence of a generally accepted algorithm for solving this problem partly cause the lack of consensus on the characteristics of ocular drift, such as conjugation of the left and right eye movements, its amplitude and speed range. The authors are developing a software package for processing eye tracking raw data and analyzing fixational eye movements. Methods for solving some applied problems with the developed software are described. Among them are an approach to studying conjugation of ocular drift during binocular fixation, and estimation of the speed of fixational eye movements.

Keywords: fixational eye movements, eye tracking, fixation, ocular drift, stochastic model of eye movements

Supported by RFBR grant № 19-013-00784.

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТИПОВ ЖЕСТОВ В ЦЕФАЛИЧЕСКОМ КАНАЛЕ В РАМКАХ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО АНАЛИЗА

А.А. Евдокимова

arochka@gmail.com

Институт языкознания РАН, Москва

Аннотация. При анализе и выделении жестов головы в так называемом цефалическом канале у исследователей существуют различные подходы, в том числе при подборе материала для анализа. Мы в своем анализе проводим последовательное аннотирование всех движений головы на материале корпуса RUPEX. Функциональные типы жестов головы описываются нами по тем же параметрам, что и жесты в мануальном канале. Поэтому мы также выделяем прагматические, изобразительные, указательные жесты, жесты-аккомодаторы и жесты-регуляторы. Однако, как обнаружилось в процессе исследования, для головы, в отличие от жестов рук, возможно использование разных типов жестов на разных фазах одного и того же жеста. Так, например, ретракция или подготовка могут не совпадать по своему типу с махом, в отличие от мануального канала. К тому же в отличие от мануального канала при аннотировании жестов головы возникает необходимость учитывать зону коммуникации, в которой осуществляется жест, что приводит к наложению функций жестов, если зоны коммуникации накладываются, а также к разработке особой, отличной от мануальной, методики выделения функциональных типов жестов головы. Особенности этой методики аннотирования жестов головы и будут описаны в данной статье.

Ключевые слова: цефалический канал, мультиканальный анализ, мультимодальная коммуникация, жесты, функциональные типы жестов, жесты головы, аннотирование жестов

Введение

Функциональные типы жестов, их выбор и анализ — одна из самых непростых тем при исследовании кинетических каналов: мануального или жестов рук, жестов ног, жестов плечей, жестов корпуса и особенно жестов головы или так называемого цефалического канала. В своем понимании и определении жеста и базовых его функций мы опираемся на работы Д. Макнилла (McNeill, 2005) и А. Кендона (Kendon, 2004). На материале русского языка описания жестов и их типов для головы ранее предпринимались Гришиной Е.А. на основе корпуса МУРКО (Гришина, 2017), Крейдлиным Г.Е. (Крейдлин и др., 2020) и нами на основе корпуса RUPEX (Сухова, 2017; Evdokimova, Sukhova, 2018a; Evdokimova, Sukhova 2018b; Евдокимова, 2020a; Евдокимова, 2020b; Николаева, Евдокимова, 2020; Sukhova, Evdokimova, 2021, etc.). Особенности исследований коллег заключаются в том, что они не рассматривали и не аннотировали непрерывный поток движений головы и не анализировали все явления, встречающиеся

в этом потоке, в отличие от подхода, который был реализован в нашем проекте «Язык как он есть: русский мультимодальный дискурс» (www.multidiscourse.ru) и в дальнейших исследованиях, последовавших после его окончания. Так Гришина исследует отдельные типы жестов, например указательные, изобразительные или прагматические (Гришина, 2017), учитывая при анализе зону коммуникации и другие факторы диалогической коммуникации. Крейдлин в своем исследовании предлагает выделять три наиболее значимых функциональных типа жестов: эмблемы, иллюстраторы, которые он разделяет на собственно иллюстраторы и аккомпаниаторы, и регуляторы (Крейдлин, 2020).

Мы для своего анализа также использовали прагматические жесты, выделенные Кендоном (Kendon, 2004) и подробно изученные Николаевой Ю.В. (Николаева, 2013), для русского языка применительно к мануальному каналу, также указательные жесты, изобразительные (Гришина, 2017), регуляторы и аккомодаторы, и новый, недавно описанный нами (Евдокимова, 2020б) тип жестов Pragmatic Center, Pragmatic Away, характерный для головы. Необходимость аннотировать жесты головы в непрерывном потоке привела к тому, что мы стали разрабатывать собственную методологию выделения жестов, их анализа и маркировки.

Методика

Материалом исследования послужил ресурс «Рассказы и разговоры о грушах» (Кибрик, Федорова, 2018), на базе которого был создан корпус RUPEX (www.multidiscourse.ru). Участникам записи предлагалось посмотреть и пересказать «Фильм о грушах» У. Чейфа (Chafe (Ed.), 1980). В каждой сессии участвовало 4 человека: Рассказчик (N), Пересказчик (R), Комментатор (C) и Слушатель (L). В итоге каждая сессия состояла из видеозаписей трех участников и одной общей. Рассмотренный нами материал включал 3 записи (04, 22 и 23), каждая продолжительностью 80 минут, общая длительность видео составила 240 минут.

Аннотирование жестов головы для этого исследования проводилось на материале корпуса RUPEX на основе двух типов видео (индивидуального и общего) в программе Elan с учетом влияния всех факторов, возникающих в других кинетических каналах и в вокальном канале. Для аннотирования этих факторов была придумана специальная система маркирующих знаков, которая подробно описана в мануале (Evdokimova, Sukhova, 2020). Там же обосновывается разделение всех движений головы на два типа: А (части жестов, целиком жесты, если они однофазные, и позы) и Б (адапторы и движения-эхо) и выделение в отдельный слой так называемых перемещений, когда голова, оставаясь неподвижной, изменяет свое положение благодаря движению корпуса. При этом аннотирование проводилось в четыре этапа: 1) сначала каждый участник коммуникации аннотировался отдельно, выделялись все движения головы (движения А-типа, движения Б-типа, перемещения), которые были произведены испытуемым и тегировались по направлению движения и его виду (поворот, наклон, вращение и т. п.), 2) потом выделенные единицы сортировались по схеме и принципам, описанным в мануале: на жесты, адапторы, дви-

жения-эхо, позы, перемещения, 3) далее размечались уже упомянутые выше маркеры, как показывающие факторы, влияющие на анализ и определение функций цефалических жестов из других каналов, например моргание и его фазы, виды референции, так и физические характеристики самих движений, например амплитуда. На четвертом этапе все аннотации каждого из участников уже с приведенной сортировкой сводились в один файл. Все выделенные жесты и другие кинетические единицы корректировались согласно особенностям контекста взаимодействия с другими участниками, а также проверялись отмеченные ранее гипотезы о функциях выделенных жестов.

Все выделенные типы жестов расценивались на последнем этапе еще с позиции расположения этого жеста в той или иной зоне коммуникации (см. Гришина, 2017) и наложении функций, если жест относился сразу к обеим или трем зонам коммуникации. По условиям нашего эксперимента четыре участника располагались так, что у них не могло быть общей зоны коммуникации для всех участников одновременно, поэтому часть жестов головы выполняли еще дополнительную регуляторную функцию при переключении зон коммуникации.



Рисунок 1. Зоны коммуникации в полилоге на примере записи № 22

Как мы видим на рис. 1, черным контуром обозначена зона коммуникации между рассказчиком и пересказчиком, серым — между коммуникатором и пересказчиком, и белым — между рассказчиком и комментатором.

Результаты

На данный момент означенная полная схема анализа функциональных типов жестов была апробирована последовательно на записи 22N и частично по разным темам мультиканальных исследований для записей 23N, 4N, 22C, 4C, 23C, 22R, 23R, 4R.

Указательные жесты для головы выделяются двух типов: указательные в пространство (см. Гришина, 2017) и указательные на другие кинетические каналы, например мануальный. При этом последнее указание может быть прямым и осуществляться с помощью собственно указательного жеста, а может и косвенным, и тогда используются жесты *Pragmatic center* и *Pragmatic away* или их комбинация. Как показал анализ сопоставления с указательными единицами в вокальном канале, часто указательные жесты для одной зоны коммуникации совпадают с регуляторами для другой зоны коммуникации или регуляторными жестами в функции переключения с одной зоны коммуникации на другую — так на материале нашего корпуса происходит с поворотами.

Изобразительные жесты головы могут как иллюстрировать сказанное, так и быть частью биканального изобразительного кластера с руками, например когда испытуемые показывают на голове шляпу. Что касается жестов-эмблем или метафор, то на данном этапе исследования мы их пока маркируем по их базовым функциям — изобразительной и прагматической. При этом отдельно следует отметить, что в ситуации диалога или полилога, в отличие от монолога, часть жестов и их функций возникают в качестве реакции на реплику партнера и ее соотношение с действиями в других кинетических каналах, что может быть осуществлено с запаздыванием. Это, в свою очередь, накладывается на разные функции одного жеста, в зависимости от его принадлежности к одной или другой зоне коммуникации, создавая дополнительные функции или меняя уже существующие на другой тип.

В процессе анализа функциональных типов жестов головы выяснилось, что в рамках одного жеста функции его частей могут отличаться. Так, ретракция может быть прагматической или регуляторной, а мах — изобразительным или указательным, или подготовка может быть указательной, а остальные части жеста — прагматическими. Такая неоднородность функций внутри частей жестов составляет еще одно важное отличие, выявленное в сравнении с мануальным каналом.

Дискуссия и выводы

Таким образом, мы предполагаем, что выделение функциональных типов жестов для цефалического канала и дальнейший их анализ должны производиться с учетом следующих факторов: тип коммуникации (монолог, диалог, полилог); количество и расположение зон коммуникации; влияние других кинетических каналов; принадлежность биканальному или мультиканальному кластеру и его роль внутри такового кластера по отношению к другим элементам (ведущая, зависимая или равная); влияние других каналов (референция, вокальный и т. п.). При этом аннотирование каждого участника коммуникации следует проводить отдельно, а потом дополнять в соотношении и сопоставлении с аннотациями других участников. Как выяснилось при аннотировании, некоторые из жестов головы часто соединяют в себе несколько функций и могут быть одновременно и прагматическими, и указательными, или прагматическими с побудительным смыслом, и регуляторами, и это вне зависимости от наложения зон коммуникации. Поэтому при анализе движений головы для классификации и категоризации жестов можно опираться на пред-

ложение Дэвида Мак-Нилла (McNeill, 2005) указывать характеристики жестов вместо типов. На данном этапе исследования мы предпочитаем при аннотировании выделять основной тип жеста, указывая его первым в классификации, и добавочную характеристику писать через знак «+». В случае наложения функций жестов из разных зон коммуникации к функциям разных зон приписываются еще и цифры по зонам коммуникации. Тогда в соответствующем слое появляется запись вида $1m+2g+r$, где m — это прагматический, r — указательный, а g — регуляторный. Как мы предполагаем, разработанную нами методику можно использовать эффективно и в других проектах при аннотировании жестов головы с учетом дизайна эксперимента. Практическое применение возможно в робототехнике, в экспериментах, связанных с искусственным интеллектом и распознаванием жестов, в том числе головы.

Литература

- Гришина Е.А. Русская жестикуляция с лингвистической точки зрения. М., 2017.
- Евдокимова А.А. Движения головы и моргания глаз. Совпадения или закономерно-сти? // «Слово и жест». Научная конференция, посвященная памяти Е.А. Гришиной («Гришинские чтения»). Москва, 8 февраля 2020 года. Материалы конференции. М., 2020а. С. 9–11.
- Евдокимова А.А. Новые типы прагматических жестов головы — Pragmatic center и Pragmatic away // Лингвистика и методика преподавания иностранных языков. 2020б. Т. 1. № 12. С. 136–148.
- Кибрик А.А., Федорова О.В. An empirical study of multichannel communication: Russian Pear Chats and Stories // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2018. Т. 15. № 2. С. 191–200.
- Крейдлин Г.Е., Аркадьев П.М., Летучий А.Б., Переверзева С.И., Хесед Л.А. Язык и семиотика тела. Том 1. Тело и телесность в естественном языке и языке жестов / под ред. Е.В. Урысон. Москва: НЛЮ, 2020.
- Николаева Ю.В. Иллюстративные жесты в русском дискурсе: дисс. на соискание степени кандидата филол. наук. М., 2013.
- Николаева Ю.В., Евдокимова А.А. Кинетические кластеры и их функциональные типы // «Слово и жест». Научная конференция, посвященная памяти Е.А. Гришиной («Гришинские чтения»). Москва, 8 февраля 2020 года. Материалы конференции. Москва, 2020. С. 17–19.
- Сухова Н.В. Значения жестовых единиц: к вопросу об аннотировании жестов головы // Российская психология-4: тренды и драйверы: сборник трудов в честь профессора Л.В. Минаевой / под ред. А.Д. Кривоносовой. СПб., 2017. С. 82–87.
- Евдокимова А.А., Sukhova N.V. Movements and meanings overlap in cephalic annotation // Восьмая международная конференция по когнитивной науке. Тезисы докладов / под ред. А.К. Крылова, В.Д. Соловьева. 2018а. Р. 1294–1296.
- Евдокимова А.А., Sukhova N.V. Towards cephalic annotation: do we turn to change the posture? // Четвертый Санкт-Петербургский зимний симпозиум по экспериментальным исследованиям языка и речи / под ред. Н.А. Слюсарь, Т.Е. Петровой, Т.В. Черниговской. 2018б. Р. 46.
- Kendon A. Gesture: Visible action as utterance. UK: Cambridge University Press, 2004.
- McNeill D. Gesture and thought. Chicago: University of Chicago Press, 2005.
- Sukhova N.V., Evdokimova A.A. Annotating the cephalic channel // The MCD handbook: A practical guide to annotating multichannel discourse / A.A. Kibrik, O.V. Fedorova (Eds.). Moscow: 2021 (in press).

The pear stories: Cognitive, cultural, and linguistic aspects of narrative production / W.L. Chafe (Ed.). Norwood, NJ: Ablex, 1980.

ON THE METHODOLOGY FOR IDENTIFYING FUNCTIONAL TYPES OF GESTURES IN THE CEPHALIC CHANNEL IN THE FRAMEWORK OF MULTICHANNEL ANALYSIS

A.A. Evdokimova

arochka@gmail.com

Institute of Linguistics of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. When analyzing and isolating head gestures in the cephalic channel, researchers have used different approaches, including the selection of material for analysis. In our analysis, we consistently annotate all head movements on the material of the RUPEX. The functional types of head gestures differ according to several parameters from those of hand gestures. We use the pragmatic, pointing, depictive, regulator, and accommodator gestures for the head. All three phases of one head gesture can be of various types, or a retraction and/or a preparation of the gesture can be of another type than a stroke of the same gesture. When annotating head gestures, it becomes necessary to take into account the communication zone in which the gesture is carried out, which leads to the overlap of gesture functions if the communication zones overlap, as well as to the development of a special method of identifying functional types of head gestures that is different from the manual method. The features of this annotation method of head gestures are described.

Keywords: cephalic channel, multichannel analysis, multimodal communication, gestures, functional types of gestures, head gestures, gestures annotation

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭМОЦИЙ РАЗНОЙ ГЛУБИНЫ НА РОБОТЕ Ф-2

А.А. Зинина* (1, 2, 3), А.А. Котов (1, 2, 3), Л.Я. Зайдельман (1, 2),

Н.А. Аринкин (1, 2)

Zinina_AA@nrcki.ru

1 — Курчатовский институт, Москва; 2 — РГГУ, Москва; 3 — МГЛУ, Москва

Аннотация. Известно, что эмоциональное поведение робота-компаньона важно для взаимодействия человека и робота: обладающие эмоциональной экспрессией роботы позитивнее воспринимаются пользователями. В работе представлен метод моделирования эмоциональных состояний для робота-компаньона Ф-2 — описана модель, под управлением которой робот помогает собеседникам при решении головоломки танграм. Модель основана на балансе базовых эмоциональных состояний (грусть, радость, удивление и др.), выражение которых зависит от предыдущего опыта взаимодействия. Кроме этого, в модель также закладывается способность робота выражать эмоции разной глубины: push-эмоции (испытываемые) и pull-эмоции (выражаемые). Pull-эмоции переживаются сравнительно слабо, но их внешнее выражение существенно преувеличивается с целью воздействия на адресата. Они демонстрируются для того, чтобы сделать оценку действий собеседника более явной. Push-эмоции внутренне переживаются, при этом их внешнее выражение по возможности подавляется и проявляется через мелкие мимические паттерны, например, через нахмуривание бровей и автоманипулирование — при общем негативном настроении, через улыбки и направленные жесты — при общем позитивном настроении. Эмоциональные паттерны описываются 145 пакетами на языке BML. Данная модель может быть масштабирована для широкого класса задач, в частности, для моделирования вопросно-ответного взаимодействия с роботом.

Ключевые слова: робот-компаньон, моделирование коммуникации, эмоциональная модель, человеко-машинное взаимодействие, глубина эмоций

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-78-00113).

Способность робота-компаньона реагировать на изменения окружающей обстановки, адаптировать свое поведение и эмоциональную экспрессию к действиям пользователя является важным фактором для создания положительного впечатления от взаимодействия. Роботам важно демонстрировать эмоциональную динамику и экспрессию в зависимости от поступающих событий, таких как реакция на успешные или неправильные действия пользователя, вопросы и жесты пользователя, направленные на робота (например, взгляды или прикосновение). Эмоциональная модель робота обеспечивает гибкое и разнообразное поведение, лежащее в основе социального взаимодействия с людьми. Известно, что обладающие эмоциональной экспрессией роботы в целом более позитивно воспринимаются пользователями (Breazeal, Scassellati, 2002; Leite et al., 2008) и успешнее действуют в качестве помощников в обучении (Kennedy et al., 2015). Сложное невербальное поведение робота — гибкое комбинирование эмоциональных жестов и речи — значимо при «интуитивном» человеко-машинном взаимодействии (Beuter et al., 2008).

Существует множество подходов к моделированию эмоций у роботов. Например, в работе (Kirby et al., 2010) авторы моделируют долгосрочные аффективные состояния робота, они показывают эффективность этой модели в различных социальных ситуациях. Другой подход основан на создании эмоциональной матрицы, которая конструирует поведение на основе «эмоциональных следов» (Lee et al., 2009). Модель может описывать иерархию развития эмоций, где первичные эмоции выступают в качестве строительных блоков для эмоциональных воспоминаний, которые далее играют существенную роль в процессе принятия решений и выборе действий (Velásquez, 1998). Для поддержания эффективной коммуникации в модель должны закладываться разнообразные эмоциональные проявления. Наиболее часто при создании прикладных интерфейсов используются мимические паттерны, описанные для базовых эмоций — *радость, грусть, интерес* и др. (Ekman, Friesen, 1978). С точки зрения изменений во времени делаются попытки моделировать как краткосрочную, так и долгосрочную эмоциональную динамику робота, модели такого робота построены для агента Макса (Becker et al., 2004) и робота SDR-4X (Fujita et al., 2005). Также важно иметь возможность моделировать реакцию не только на внешние стимулы, но и на текущие внутренние побуждения, как в проекте робота-собаки (Arkin et al., 2003). С этой точки зрения перспективной для использования в роботах-компаньонах является концепция push-и pull-эмоций К. Шерера (переживаемые и выражаемые эмоции; Scherer et al., 1980). На основании экспериментальных и корпусных исследований К. Шерер показывает, что некоторые эмоции (push-эмоции) внутренне переживаются человеком, при этом их внешнее выражение по возможности подавляется. Напротив, pull-эмоции могут переживаться человеком сравнительно слабо, но их внешнее выражение существенно преувеличивается с целью воздействия на адресата, например, если человек виноват, он может стремиться выразить сожаление, даже если не испытывает его. Попытки смоделировать такое «наложение» эмоций (*emotional blending*) были предприняты при создании агента Греты: «переживаемая» агентом грусть маскировалась «имитируемым» гневом, при этом в мимике агента проявлялись обе эмоции (Ochs et al., 2005).

Мы разрабатываем эмоциональную модель для робота Ф-2. Эта модель, в частности, используется в ситуации, где робот помогает собеседникам при решении головоломки танграм. Для моделирования действий робота мы собрали и проанализировали реальное взаимодействие людей в такой же ситуации — при решении головоломки танграм: было записано взаимодействие 10 взрослых (5 пар) мужчин и женщин, средний возраст испытуемых 34.5 года (Zinina et al., 2021). Мы обнаружили, что информанты часто намеренно используют преувеличенное выражение эмоций, чтобы указать на неверное действие оппонента: *Ого, ты сюда положил?* — эксплуатация удивления, *Ой, у нас с тобой ничего не получается* — печаль, или *Почему ты не понимаешь!* — злость. Мы рассматриваем такие паттерны как аналоги pull-эмоций: они демонстрируются для того, чтобы сделать оценку действий собеседника более явной. Вместе с этим внутренние переживания человека (push-эмоции) выражаются через мелкие мимические паттерны, например, через нахмуривание бровей и автоманипулирование — при общем негативном настроении, улыбка-

ку и направленные жесты — при общем позитивном настроении. Модель эмоциональной динамики для робота должна учитывать это противопоставление.

Мы разработали автоматическую систему баланса эмоций, основанную на балансе микросостояний. Каждое входящее событие при сборке головоломки связывается с определенным сценарием, который активизируется пропорционально сходству со входящим событием, а также пропорционально активизации текущего микросостояния. После активизации сценарий может выразиться на роботе с помощью ряда паттернов базовых эмоций. Мы моделируем push-реакции в ответ на: (1) позитивные действия собеседника — пользователь правильно разместил элемент танграма, (2) завершение сборки — пользователь полностью собрал фигуру, (3) негативные действия пользователя, которые, в свою очередь, делятся на классы: (3а) пользователь взял неправильный элемент; (3б) пользователь положил правильный элемент в неправильное место; (3в) пользователь не понял инструкцию — сознательно игнорирует инструкцию или запрашивает дополнительную подсказку у робота. На все типы событий в робота закладывается возможность демонстрировать эмоциональную экспрессию в речи и мимике для следующих базовых эмоций: **радость** — *Ура у нас хорошо получается*, **грусть** — *Эх, попробуем положить в другое место*, **К сожалению, я не могу тебе это подсказать**, **гнев** — *Опять не то место!*, **страх** — *Ох, у меня не получается тебе подсказать*, **стыд** — *Мне так неловко, но я не знаю*. Эмоция **интерес** отдельно не моделируется в качестве реакции на входящее событие, она выражается, когда робот наблюдает за действиями пользователя в течение сборки головоломки танграм. Переживаемые эмоции (push-эмоции) моделируются путем создания общего негативного или позитивного *фонового поведения*.

Эмоции описываются в виде набора паттернов в формате BML — behavior markup language. В базе данных сохранено 145 паттернов. Для каждого эмоционального паттерна задан вес, описывающий его экспрессивность, то есть насколько сильно данный паттерн выражает соответствующий сценарий (вес не может быть больше единицы). Выбор эмоционального паттерна зависит от опыта взаимодействия пользователя с роботом. При обработке первой ошибки пользователя сценарий негативной реакции активизируется на малую величину, и для выражения выбирается более спокойный паттерн с низким весом, например, *грусть* или *удивление* (экспрессия 0.2). При активации сценария повышается активация микросостояния — общего негативного состояния робота. Это влияет на обработку второй ошибки пользователя: микросостояние, не успевшее сбросить активацию, повышает активацию сценария, что приводит к более интенсивной реакции робота, например, к имитируемому выражению страха или стыда (экспрессия 0.4). Самой интенсивной по выражению реакцией является злость (экспрессия 0.9), требуемая для ее выражения активация сценария достигается только спустя некоторое количество неправильных действий пользователя. Уровень экспрессии задается предполагаемым уроном пользователю, например, при *грусти* — неправильное событие просто случилось, при *злости* — произошло по вине пользователя. Непрерывное увеличение общего негативного микросостояния влияет на тип *фонового поведения*: большое количество неправильных действий пользователя приводит к перемене поведения

с позитивного на более негативное — например, робот начинает в перерывах между подсказками чаще хмуриться или имитировать глубокое дыхание.

Предварительное тестирование работоспособности модели было проведено на 7 младших школьниках, средний возраст 10 лет. Каждого ребенка просили собрать по 4 фигуры головоломки танаграм вместе с роботом. Полученные результаты свидетельствуют, что дети легко приступают к заданию, вступают в контакт с роботом, высоко оценивают робота под управлением эмоциональной модели. У детей не теряется чувство авторства действия, что важно для формирования удовлетворенности от взаимодействия. Они отмечают эмоциональность робота под управлением разработанной модели. Дальнейшее тестирование автоматической модели будет продолжено в контролируемом эксперименте.

Предложенная эмоциональная модель робота Ф-2 основана на базовых эмоциональных состояниях, выражение которых зависит от предыдущего опыта взаимодействия. Кроме этого, в модель также закладывается способность выражать эмоции разной глубины (push- и pull-эмоции). На роботе данная модель действует автономно: она получает входящие события от системы технического зрения и от системы автоматической обработки текста. Для проведения экспериментов по оценке наиболее предпочитаемого поведения робота система может быть гибко настроена. Например, можно настраивать скорость изменения эмоциональных реакций, стратегий подсказывания (преобладание доминирующей или помогающей стратегии) и др. Данная модель может быть масштабирована для широкого класса задач, в частности, для различных ситуаций предметного взаимодействия с роботом, выходящих за рамки головоломки танграм, а также для поддержания вопросно-ответного взаимодействия с роботом.

Литература

- Arkin R.C., Fujita M., Takagi T., Hasegawa R. An ethological and emotional basis for human-robot interaction // *Robotics and Autonomous Systems*. 2003. Vol.42. No.3–4. P.191–201. [http://dx.doi.org/10.1016/s0921-8890\(02\)00375-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0921-8890(02)00375-5)
- Becker C., Kopp S., Wachsmuth I. Simulating the emotion dynamics of a multimodal conversational agent // *Affective Dialogue Systems*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2004. P.154–165.
- Beuter N., Spexard T., Lutkebohle I., Peltason J., Kummert F. Where is this? — Gesture based multimodal interaction with an anthropomorphic robot // 8th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2008). 2008. P.585–591.
- Breazeal C., Scassellati B. Robots that imitate humans // *Trends in Cognitive Sciences*. 2002. Vol. 6. No. 11. P.481–487. [http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)02016-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1364-6613(02)02016-8)
- Ekman P., Friesen W.V. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto: Consulting Psychologist, 1978.
- Fujita M., Sabe K., Kuroki Y., Ishida T., Doi T.T. SDR-4x II: A small humanoid as an entertainer in home environment // *Springer Tracts in Advanced Robotics* Springer Berlin Heidelberg, 2005. P.355–364. http://dx.doi.org/10.1007/11008941_38
- Kennedy J., Baxter P., Belpaeme T. The robot who tried too hard // *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. ACM, 2015. <http://dx.doi.org/10.1145/2696454.2696457>

- Kirby R., Forlizzi J., Simmons R. Affective social robots // *Robotics and Autonomous Systems*. 2010. Vol. 58. No. 3. P. 322–332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.robot.2009.09.015>
- Lee D., Ahn H.S., Choi J.Y. A general behavior generation module for emotional robots using unit behavior combination method // *The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. 2009. P. 375–380.
- Leite I., Pereira A., Martinho C., Paiva A. Are emotional robots more fun to play with? // *Proceedings of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. Munich, Germany: Technische Universität München, 2008. P. 77–82.
- Ochs M., Niewiadomski R., Pelachaud C., Sadek D. Intelligent expressions of emotions // *Affective Computing and Intelligent Interaction* Berlin, Heidelberg: Springer, 2005. P. 707–714. http://dx.doi.org/10.1007/11573548_91
- Scherer U., Helfrich H., Scherer K.R. Internal push or external pull? Determinants of paralinguistic behaviour // *Language: Social Psychological Perspectives* Oxford: Pergamon, 1980. P. 279–282.
- Velásquez J.D. When robots weep: Emotional memories and decision-making // *AAAI-98 Proceedings*. Copyright, 1998. P. 70–75.
- Zinina A., Zaidelman L., Arinkin N., Kotov A. Human communicative behavior while solving tangram puzzles for subsequent transfer to a robot // *Advances in Cognitive Research, Artificial Intelligence and Neuroinformatics*. Springer, 2021. Vol. 1358. P. 648–655. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-71637-0_74

THE MODELING OF EMOTIONS OF DIFFERENT DEPTHS ON THE ROBOT F-2

A.A. Zinina* (1, 2, 3), A.A. Kotov (1, 2, 3), L.Ya. Zaidelman (1, 2), N.A. Arinkin (1, 2)
zinina_AA@nrcki.ru
 1 – Kurchatov Institute, Moscow; 2 – RSUH, Moscow; 3 – MGLU, Moscow

Abstract. The emotional behavior of a companion robot is important for human-robot interactions: robots with emotional expression are perceived more positively by users. This paper presents a method for modeling emotional states for the companion robot F-2. We describe a model that determines how the robot helps its interlocutors in solving the tangram puzzle. The model is based on a balance of basic emotional states (anger, happiness, surprise, etc.), the expression of which depends on a previous experience of interaction. In addition, the model enables the robot to express emotions of different depths: push-emotions (experienced) and pull-emotions (expressed). Pull-emotions are experienced relatively weakly, but their external expression is significantly exaggerated to influence the interlocutor. They are demonstrated to make the assessment of the interlocutor's actions more explicit. Push-emotions are experienced internally by a person, while their external expression is suppressed as much as possible and manifests itself through small facial patterns, such as through frowning and automanipulation when in a generally negative mood, and through smiles and directed gestures when in a generally positive mood. Emotional patterns are described in 145 BML packages. This model can be scaled for a wide class of tasks for modeling question-and-answer interactions with a robot.

Keywords: robot companion, dialogue support, emotional model, human-machine interaction, emotions of different depths

This research is supported by the grant of the Russian Science Foundation (project № 19-78-00113).

РАННИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЛОВАРНОГО ЗАПАСА У РУССКОЯЗЫЧНОГО РЕБЕНКА 1 – 3 ЛЕТ (НА МАТЕРИАЛЕ КОРПУСА CHILDES)

В.П. Лелик*, А.А. Лопухина

lelik_valeriya@mail.ru

НИУ ВШЭ, Москва

Аннотация. Формирование словарного запаса ребенка зависит от различных факторов, в данной работе мы концентрируемся на одном из них, зафиксированном в некоторых предыдущих исследованиях: дети быстрее усваивают слова из той семантической категории, в которой уже содержится много слов. Цель работы — проверить данную гипотезу на материале корпуса русскоязычного ребенка и выявить закономерности в изменении размеров семантических категорий. В нашей работе для этой цели впервые используется метод векторного семантического анализа. Мы использовали предобученную модель, далее слова разбивались на семантические кластеры с помощью метода k-means. Результаты показали, что кластеры, выделившиеся в первом периоде, увеличиваются ко второму периоду, однако они увеличивались независимо от изначального размера кластеров.

Ключевые слова: словарный запас, объем словарного запаса, семантические категории, формирование словарного запаса, CHILDES, векторные модели, семантика, ранние этапы усвоения семантики

Введение

Исследования на материале английского языка показывают, что в течение первых лет жизни словарный запас детей увеличивается в десятки раз: в три года ребенок в среднем знает в тридцать раз больше слов, чем в год (Frank et al., 2017). Среди факторов, влияющих на рост словарного запаса у маленьких детей, называют, в частности, объем речи, воспринимаемой ребенком (Hart, Risley, 1995); пол ребенка (Елисеева, Вершинина, 2017); особенности семантической структуры раннего словарного запаса ребенка (Bergelson, Aslin, 2017; Mani, Ackermann, 2018); а также принцип взаимной исключительности (mutual exclusivity bias; Markman, Wachtel, 1988), согласно которому новые слова обычно не обозначают объекты с известным названием. Например, в эксперименте Borovsky и коллег (2016) было показано, что двухлетние дети быстрее усваивали новые слова из тех семантических групп, которые были им лучше известны. В работе Mani и Ackermann (2018) было высказано предположение, что семантическая структура словарного запаса ребенка может предсказать, какие слова

ребенок усвоит раньше: дети быстрее усваивают слова из той семантической категории, в которой уже содержится много слов.

Целью данного исследования является изучение формирования словарного запаса русскоязычного ребенка на ранних этапах речевого развития. Работа представляет собой анализ лонгитюдных данных мальчика Я., чья речь записывалась начиная с 1 года 5 месяцев до 3 лет. Несмотря на многочисленные исследования различных аспектов словарного запаса русскоязычных детей (Гвоздев, 1981; Цейтлин, 2000; Елисеева, Вершинина, 2009), вопрос о влиянии семантической структуры лексикона на усвоение слов в русском языке до сих пор не ставился. Кроме этого, насколько нам известно, наше исследование впервые проверяет гипотезу о влиянии объема семантических групп на усвоение новых слов на материале лонгитюдных записей речи ребенка с применением метода векторного семантического анализа.

Методика

Материалами для исследования являются видеозаписи повседневного общения мальчика Я. с членами его семьи, которые записывались в течение 18 месяцев со средней регулярностью 40–60 минут раз в две недели. Все записи были обработаны и расшифрованы в формате CHILDES (Child Language Data Exchange System; childes.talkbank.org; MacWhinney, 2000). Итоговый объем записей составил 11 часов 42 минуты. Был проведен морфологический анализ текста записей с помощью модуля `rumystem3`, что позволило определить части речи слов. Морфологическая неоднозначность была разрешена экспертом вручную. Весь объем корпуса был разделен на речь ребенка (объем 14 315 словоформ) и речь, обращенную к ребенку (объем 22 891 словоформа). В данном исследовании мы анализировали только речь самого ребенка. Чтобы исследовать развитие словарного запаса ребенка, его речь была разделена на два подкорпуса: 1 год 5 месяцев — 2 года 2 месяца (объем подкорпуса 4 361 слово), 2 года 2 месяца — 3 года (объем подкорпуса 9 954 слова). Для построения семантических векторов слов была использована модель `ruwikiruscorpora_upos_skipgram_300_2_2019`, предобученная на Национальном корпусе русского языка (НКРЯ) и русской «Википедии» (Kutuzov, Kuzmenko, 2017). Эта модель содержит в себе векторы слов из НКРЯ и «Википедии» и позволяет извлекать из себя векторы требуемых слов для представления их в векторном пространстве. Слова, близкие по смыслу, будут находиться в этом пространстве рядом. Таким образом, можно разбить все слова, которые производит ребенок, на семантические кластеры. Для этого мы использовали метод `k-means`. Данный алгоритм был выбран, так как позволяет получить воспроизводимые результаты кластеризации. Метод `k-means` требует задания одного гиперпараметра: количества кластеров, поэтому это количество было решено вычислить с помощью метода иерархической кластеризации. Иерархическая кластеризация была использована с параметрами по умолчанию: задан алгоритм вычисления расстояния между кластерами (метод ближайшего соседа) и метрика расстояния между наблюдениями (Евклидова метрика). Выбор метода кластеризации влияет на разбиение слов на семантические общно-

сти, но в данной работе был использован алгоритм k-means, так как он является наиболее популярным методом кластеризации данных. Также автоматические методы кластеризации не всегда позволяют получить интерпретируемые результаты, поэтому был проведен дальнейший отбор кластеров и слов в них вручную (убирались кластеры, состоящие только из междометий, содержащие набор слов, которые сложно обозначить одним словом или словосочетанием; внутри кластеров удалялись не связанные по смыслу с остальными слова).

Результаты

На первом этапе в результате отбора данных, полученных методом k-means, выделилось семь кластеров (табл. 1), объединяющих животных (19 слов), неодушевленные предметы (18 слов), слова, обозначающие людей или принадлежность людям (16 слов), продукты (15 слов), части тела (12 слов); глаголы, имеющие компонент значения «перемещение в пространстве» (25 слов), глаголы, не связанные с перемещением в пространстве (15 слов).

Кластеризация слов второго периода проводилась независимо. Все кластеры, выделенные в первом периоде, выделяются и во втором периоде (табл. 1).

Увеличение объема: по сравнению с первым периодом, значительно увеличились кластер, объединяющий наименования продуктов (29 слов, прирост составил 92 %), кластер, объединяющий наименования людей (28 слов, прирост 75 %).

Уменьшение объема: два кластера, выделенные на первом периоде, ко второму периоду уменьшились: слова, обозначающие части тела (4 слова, уменьшился на 200 %), глаголы, имеющие компонент значения «перемещение в пространстве» (11 слов, уменьшился на 36 %).

Увеличение объема с дифференциацией подкатегорий: во втором периоде выделился еще один кластер глаголов (глаголы разрушения: 8 слов), которые на предыдущем этапе могли бы быть отнесены в кластер глаголов, не связанных с перемещением в пространстве. Это значит, что значение стало более дифференцированным. То же самое произошло и с кластером, объединяющим неодушевленные предметы: ко второму периоду он разделился на три кластера (неодушевленные предметы — 12 слов, неодушевленные природные объекты — 9 слов, неодушевленные предметы, имеющие характерную форму, — 17 слов). Суммарный прирост слов этой категории составил 111 %. Более дифференцированным стало и значение кластера, объединяющего в первом периоде наименования животных: он ко второму периоду разделился на три кластера (животные — 12 слов, дикие животные — 18 слов, домашние животные, а также животные с компонентом значения «маленький» или уменьшительно-ласкательным суффиксом — 18 слов). Суммарный прирост этой категории составил 152 %.

Обсуждение и выводы

В целом можно говорить о частичном подтверждении гипотезы: уже сформировавшиеся в словарном запасе ребенка семантические категории «притягивали» новые слова, об этом говорит увеличение практически всех кластеров

Таблица 1. Распределение слов по кластерам

Кластеры 1 периода	Слова 1 и 2 периодов – в скобках указано количество слов, курсивом выделены слова, появившиеся в течение 2 периода, зачеркнутые слова – исчезнувшие ко 2 периоду, без выделения шрифтом – сохранившиеся ко 2 периоду		Кластеры 2 периода
Глаголы перемещения в пространстве	Полететь, побежать, убежать, лететь, подходить, плавать, ступать, догнать, пойти, водить, выбрасывать, выгонять, идти, упасть, выпрыгивать, нести, отдавать, открывать, отливать, вырывать, падать, выскочить, закрывать, выходить, гнать, качаться, бежать, нырять, прыгнуть, садиться, полететь (25/11)		Глаголы перемещения в пространстве
Животные	Медведь, зайчик, заяц, кошка, петух, петушок, птичка, кот, кролик, овца, собака, лис, лиса, лисичка, рыба, мышь, лягушка, крокодил, волк (19)	Рыба, утка, малек, бабочка, чайка, жук, коровка, птица (12)	Животные
		Черепашка, олень, дракон, кит, обезьяна, тигр, жираф, пантера, морж, кенгуру, лемур, зебра, лев, корова, рог, слон (18)	Дикие животные
		Зайка, свинка, лошадка, котенок, мишка, мышка, овечка, слоненок, малыш, зайчишка, зайчонок, пес (18)	Домашние животные, животные с уменьшительным суффиксом
Неоодушевленные предметы	Часы, рюкзак, игрушка, вилка, велосипед, ботинок, щетка, шорты, майка, шуба, пододеяльник, ремень, пакет, пакетик, мяч, мячик, нож, палочка (18)	Чемодан, коляска, карточка, сумка, ящик, машинка, воз, коробка, корзинка, книжка (12)	Неоодушевленные предметы
		Море, дорога, мост, поле, река, дерево, бук, лес, опенок (9)	Неоодушевленные природные объекты
		Шар, шарик, тарелка, звездочка, звезда, лампочка, колпачок, мешалка, колесо, кораблик, клубок, чашка, кружочек, куб, кубик (17)	Неоодушевленные предметы характерной формы
Люди или принадлежность людям	Тетя, Я, Л, А, баба, дед, бабушка, дядя, ляля, мамин, папин, папа, М, Н, мама, мальчик, К-ка, П, Л, мальчишка, леди, К, Н, Л, А-шка, С, А, буратино, бабушка, девочка, В, Я-ин (16/28) ¹		Люди или принадлежность людям
Глаголы, НЕ связанные с перемещением в пространстве	Становиться, помогать, получать, захотеть, жить, давать, работать, читать, рисовать, хотеть, говорить, быть, бояться, сделать, спрашивать (15)	Видеть, завтракать, пить, смотреть, отдавать, спать, приносить, делать, давать, посмотреть, почитать, думать, знать, обедать, копать, мыться, мочь, мешать, читать, манить, ложиться, убивать, убираться (26)	Глаголы, НЕ связанные с перемещением в пространстве
		Отламывать, бить, рвать, отваливаться, сломать, сломаться, ломать, убирать (8)	Глаголы разрушения
Продукты	Чай, хлеб, кусок, хлопья, мандарин, лимон, салат, банан, каша, картошка, орех, ананас, желудь, сыр, ягода, творог, съедать, помидор, молоко, баклажан, клубника, ягода, ягодка, манная, малина, лимон, авокадо, кашка, вишня, ананас, еда, арбуз, персик, груша, чипсы, орешек, оливка, апельсин, яблоко (16/29)		Продукты
Части тела	Палец, волос, коса, ухо, нога, пальчик, рука, нос, пасть, пупок, плечо, глаз (12)	Рот, хобот (4)	Части тела

¹ Мы обозначили личные имена начальными буквами (и в некоторых случаях сохранили суффиксы) для анонимизации.

ко второму периоду по сравнению с первым. Однако ожидалось, что маленькие кластеры, выделенные в течение первого периода, будут расти медленнее, чем большие, и это предположение не подтвердилось: кластеры увеличивались независимо от их изначального размера. Для получения более объективной картины важно проверить наши наблюдения на материале корпусных данных других детей. Кроме этого, важно изучить влияние речи, обращенной к ребенку, и объема семантических групп в ней. Важным фактором также может быть общий объем семантических групп в речи взрослых людей. Насколько нам известно, вопрос о количестве слов в разных семантических категориях в речи взрослых ранее не ставился, поэтому в настоящем исследовании мы можем опираться лишь на количество слов в НКРЯ. Наибольший прирост в речи ребенка наблюдался в кластере со словами, обозначающими продукты, но в корпусе количество таких слов равно 1 144 515. Для сравнения можно привести, например, кластер со словами, обозначающими людей, который в детской речи увеличился на меньшее число процентов, чем кластер продуктов, однако в корпусе насчитывает 12 892 614 слов (больше, чем для кластера людей), что говорит нам о том, что рост размера семантических категорий в речи ребенка не в каждом случае определяется объемом слов в разных категориях в лексиконе взрослого человека. Данные, полученные в результате корпусного исследования, позволяют дополнить и уточнить выводы о формировании словарного запаса, сделанные на основе экспериментов.

Литература

- Bergelson E., Aslin R.N. Nature and origins of the lexicon in 6-mo-olds // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2017. Vol. 114. No. 49. P. 12916–12921. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1712966114>
- Borovsky A., Ellis E.M., Evans J.L., Elman J.L. Lexical leverage: Category knowledge boosts real-time novel word recognition in 2-year-olds // *Developmental Science*. 2015. Vol. 19. No. 6. P. 918–932. <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12343>
- Frank M.C., Braginsky M., Yurovsky D., Marchman V.A. Wordbank: an open repository for developmental vocabulary data // *Journal of Child Language*. 2016. Vol. 44. No. 3. P. 677–694. <http://dx.doi.org/10.1017/s0305000916000209>
- Hart B., Risley T.R. *Meaningful differences in the everyday experience of young American children*. Paul H Brookes Publishing, 1995.
- Kutuzov A., Kuzmenko E. WebVectors: A toolkit for building web interfaces for vector semantic models // *Analysis of Images, Social Networks and Texts. AIST 2016. Communications in Computer and Information Science* / D. Ignatov (Ed.). Springer, Cham, 2017. Vol. 661. P. 155–161.
- MacWhinney B. *The CHILDES project: Tools for analyzing talk*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- Mani N., Ackermann L. Why do children learn the words they do? // *Child Development Perspectives*. 2018. Vol. 12. No. 4. P. 253–257. <http://dx.doi.org/10.1111/cdep.12295>
- Markman E.M., Wachtel G.F. Children's use of mutual exclusivity to constrain the meanings of words // *Cognitive Psychology*. 1988. Vol. 20. No. 2. P. 121–157. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(88\)90017-5](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(88)90017-5)

EARLY VOCABULARY ACQUISITION BY RUSSIAN 1-TO-3-YEAR-OLD CHILDREN (BASED ON THE CHILDES CORPUS)

V. P. Lelik*, A. A. Lopukhina

lelik_valeriya@mail.ru

HSE University, Moscow

Abstract. The acquisition of children's vocabulary depends on various factors. In this paper, we focus on one of them: children acquire novel words from dense semantic categories faster than from sparse categories. The purpose of this study is to test this hypothesis on a corpus data of Russian-speaking children and to identify patterns in the size change of semantic categories. In our work, for the first time, we used vector semantic analysis for this purpose. We used a pre-trained model, and then the words were divided into clusters using the k-means method. The results showed that clusters formed during the first period increased in size by the second period, although their increase was not influenced by the initial size of the clusters.

Keywords: vocabulary, vocabulary size, semantic categories, vocabulary acquisition, CHILDES, vector models, semantics, early stages of semantics acquisition

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК МЮ- И АЛЬФА-РИТМА У ДЕТЕЙ

Д.Г. Митюрева*, П.Д. Бобров, А.Б. Ребрейкина, О.В. Сысоева

dina.mitiureva@gmail.com

Институт ВНД и нейрофизиологии РАН, Москва

Аннотация. Мю-ритм — это специфический паттерн, наблюдаемый при помощи ЭЭГ, в частотном диапазоне от 5 до 15 Гц и связанный со спонтанной ритмической активностью нейронов сенсомоторной коры. Десинхронизация данного ритма возникает при выполнении, представлении или наблюдении действия, поэтому супрессия мю-ритма используется исследователями в качестве индикатора активности системы зеркальных нейронов. Однако ЭЭГ-исследования мю-ритма подвержены методической проблеме, связанной со смешением активности альфа- и мю-ритмов, так как они наблюдаются в одном частотном диапазоне. В настоящем исследовании для изучения характеристик мю- и альфа-ритмов был применен метод независимых компонент (МНК). Экспериментальная процедура, разработанная в рамках данного исследования, включает в себя запись ЭЭГ при пассивном движении, наблюдении за движениями, открытых и закрытых глаз. В исследовании приняли участие 21 испытуемый в возрасте от 3 до 14 лет (15 женского пола, средний возраст 10 лет). Результаты подтвердили описанные ранее для активной парадигмы свойства альфа- и мю-ритмов, связанные с их топографической и функциональной специфичностью и возрастной динамикой, а также выявили отсутствие корреляции между пиковыми частотами данных ритмов, что свидетельствует об эффективном разделении мю- и альфа-ритмов при помощи МНК. Апробированная экспериментальная методика позволит приблизиться к пониманию специфики нарушения сенсомоторной системы у детей и лиц с трудностями выполнения произвольного задания.

Ключевые слова: ЭЭГ, мю-ритм, альфа-ритм, метод независимых компонент, возрастные особенности

Введение

Мю-ритм — это специфический паттерн, наблюдаемый при помощи ЭЭГ, МЭГ и ЭКоГ в частотном диапазоне от 5 до 15 Гц и связанный со спонтанной ритмической активностью нейронов сенсомоторной коры. Десинхронизация данного ритма возникает при выполнении, представлении и наблюдении действия (Muthukumaraswamy, Johnson, 2004; Pineda, 2005) и поэтому часто связывается с активностью системы зеркальных нейронов (Oberman et al., 2005). Данное утверждение подвергается критике и является предметом дискуссий, однако многие исследователи согласны в том, что касается методических проблем исследований мю-ритма (Fox et al., 2016; Hobson, Bishop, 2016). Основная проблема заключается в выделении мю-ритма при его смешении с альфа-ритмом, так как оба наблюдаются в одном частотном диапазоне. До конца неясно,

насколько характеристики альфа- и мю-ритма связаны между собой, однако для того, чтобы изучить данный вопрос необходимо эффективно разделить эти ритмы. Возможный путь решения этой проблемы — разделение источников альфа- и мю-ритма при помощи метода независимых компонент (МНК) (Hobson, Bishop, 2016). Целью данного исследования является разработка экспериментальной парадигмы для эффективного выделения мю-ритма при пассивных движениях руки и наблюдении движений и последующий анализ спектральных характеристик независимых изменений мю- и альфа-ритма в контексте возрастного развития. Предполагается, что подавление мю-ритма будет проявляться при пассивном сжатии руки, а применение МНК к анализу данных ЭЭГ позволит достоверно разделить альфа- и мю-ритмы.

Методика

Испытуемые. Выборка для основной серии эксперимента: 21 участник (15 женского пола, возраст 10 ± 2.54). В дополнительной серии эксперимента участвовало 11 испытуемых (11 женского пола, возраст 10 ± 2.65). У всех испытуемых отсутствуют какие-либо психические и неврологические заболевания в анамнезе. Законные представители участников заполнили формы информированного согласия на участие в исследовании. Проведение исследования было одобрено Этическим комитетом ИВНД и НФ РАН.

Оборудование. Для регистрации ЭЭГ использовался 32-канальный энцефалограф Neurotravel. Запись проводилась по международной системе 10–20 %, референтные электроды — ушные: A1, A2; сопротивление — менее 30 кОм. Частота дискретизации записи — 500 Гц.

Процедура эксперимента. Основная экспериментальная серия состоит из блоков пассивного сжатия руки (экспериментатор сжимает кисть руки участника перед его открытыми глазами 15 раз), закрытых глаз (30 секунд), которые повторяются четыре раза со сменой сжимаемой руки, и контрольного условия — ЭЭГ с открытыми глазами без совершения и наблюдения движений. Дополнительная серия состоит из блоков с демонстрацией видеостимулов: участникам предъявляются видеостимулы движений рук трех типов: с предметным манипулированием (игра с ручкой), с абстрактным образом танца (рука изображает танцующего человека) и калейдоскопа (несколько рук изображают различные подвижные узоры), перемежающиеся с контрольными стимулами (статичный узор, однотонный фон и визуальные стимулы с белым шумом). Длительность каждого фрагмента 10–20 секунд. Экспериментальная процедура могла быть разнесена во времени: в один день состоялась первая серия, а в другой день — вторая.

Анализ данных. Анализ данных ЭЭГ осуществлялся в MATLAB R2018b. Каждая запись была отфильтрована при помощи FIR-фильтра в диапазоне от 3 до 40 Гц. Для вычисления независимых компонент записи ЭЭГ был использован алгоритм AMICA (Palmer et al., 2012), вычисление осуществляется с вариацией — одна или две модели МНК. Вариант с двумя моделями применяется для эффективного исключения артефактов записи, что учитывается при последующем вычислении спектральной плотности мощности

(СПМ) — используется модель, объясняющая наибольший процент данных. СПМ компонентов рассчитывалась отдельно для каждого экспериментального условия методом Уэлча (трехсекундные эпохи, шаг частот — 0.2 Гц). Далее для каждого испытуемого было отобрано по одному окципитальному компоненту с доминирующей мощностью в диапазоне частот альфа-ритма при закрытых глазах (далее компонент альфа-ритма) и центральному компоненту с доминирующей мощностью в диапазоне частот альфа-ритма при контрольном условии (далее компонент мю-ритма) (рис. 1). По завершении процедуры отбора компонент значения СПМ для каждой эпохи логарифмируются. Значения нормализованной СПМ для каждого испытуемого усредняются по экспериментальным условиям. Основные объекты анализа: частота пика альфа-ритма (закрытые глаза) и мю-ритма (контрольное условие) в диапазоне 5–15 Гц; средняя СПМ компонент в диапазоне 5–15 Гц по экспериментальным условиям; индекс супрессии, вычисляемый как разница усредненной и нормализованной СПМ экспериментальных и контрольных условий. Для статистического анализа применялись непараметрические критерии Спирмена и Вилкоксона.

Результаты

Анализ основной экспериментальной серии выявил отсутствие корреляции частот пиковых значений СПМ альфа- и мю-ритма в диапазоне 5–15 Гц ($r_s = -.001$, $p = .997$). При этом значимых различий в частотном распределении пиковых значений также не обнаружилось ($W = 96.5$, $p = .751$). Частота пика альфа-ритма коррелировала с возрастом ($r_s = .601$, $p = .004$), в то же время частота пика мю-ритма — нет ($r_s = .109$, $p = .639$). Также был проведен анализ различий средней СПМ мю- и альфа-ритма в частотном диапазоне от 5 до 15 Гц в зависимости от экспериментальных условий. Выявлены значимые различия между средней СПМ в трех экспериментальных условиях для компонента альфа-ритма, в то же время для компонента мю-ритма значимые различия при контрольном условии и закрытых глазах отсутствовали (рис. 2). Индекс супрессии представлен на рис. 3а.

В дополнительной серии обнаружены значимые различия в средней СПМ при наблюдении движений и контрольном условии для компонентов мю-ритма ($W = -2.873$, $p = .017$) и альфа-ритма ($W = -2.603$, $p = .026$), что хорошо видно в выраженности индексов супрессии, проиллюстрированных на рис. 3б.

В нашей работе подавление мю-ритма при пассивном движении ($M = -0.257$) и наблюдении движений ($M = -0.210$) также проявлялось и в диапазоне 15–30 Гц, что обуславливается характерным для мю-ритма пиком мощности при частоте 20 Гц. При этом пики мю-ритма в диапазоне 15–30 Гц и 5–15 Гц не показали значимой корреляции.

Обсуждение и выводы

Наше исследование показало возможность эффективного разделения альфа- и мю-ритма в пассивной парадигме у детей с помощью МНК: 1) мю- и альфа-ритм характеризовались разными мозговыми источниками/

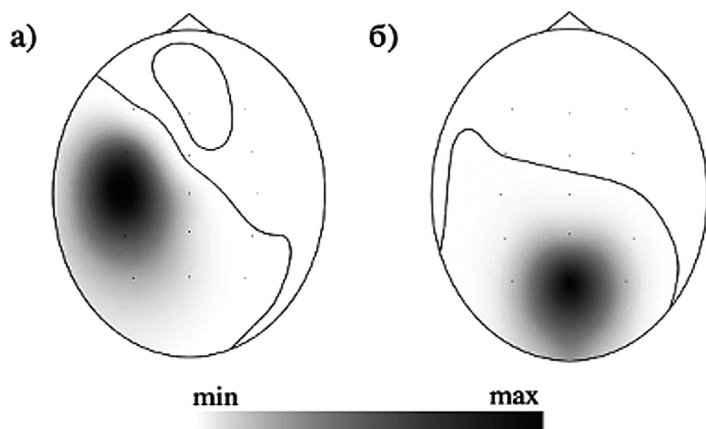


Рисунок 1. а) Компонент мю-ритма; б) компонент альфа-ритма

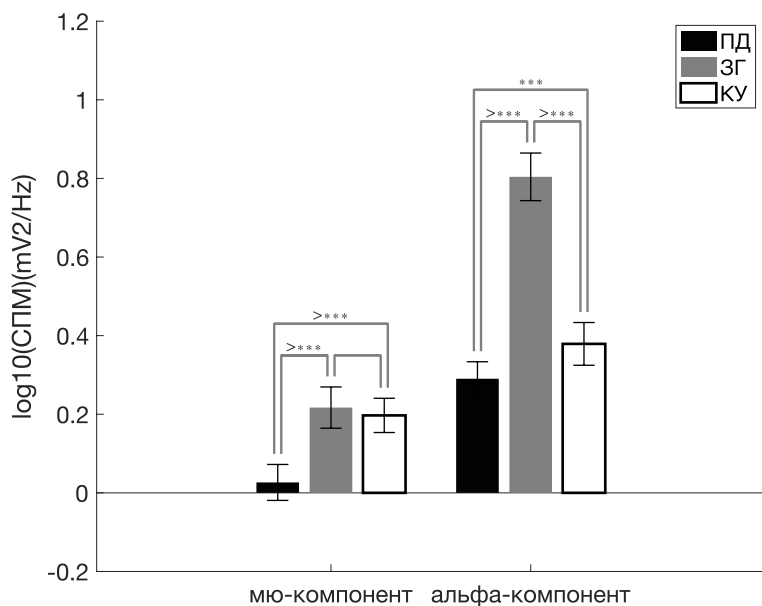


Рисунок 2. Усредненная по испытуемым СПМ в зависимости от экспериментального условия основной серии эксперимента: ПД – пассивное движение, ЗГ – закрытые глаза, КУ – контрольное условие (открытые глаза без совершения и наблюдения движений). Обозначение уровней значимости различий: > *** – $p < .001$; *** – $p = .001$

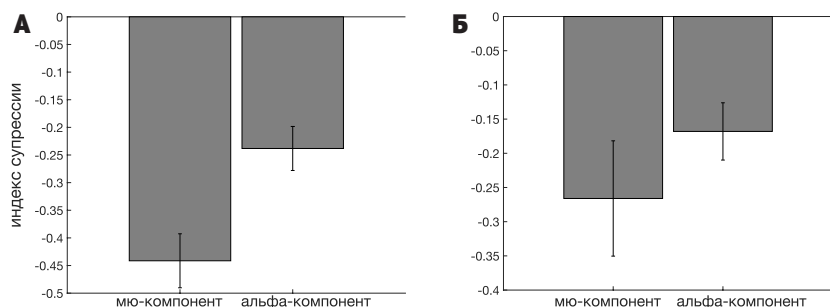


Рисунок 3. Индекс супрессии мю- и альфа-ритма (минимальное значение в диапазоне 5–15 Гц) при пассивном сжимании руки (а, усреднение по испытуемым, $n = 21$) и при просмотре видео (б, $n = 11$). Отрезки обозначают стандартную ошибку среднего

компонентами с доминированием в центральных и окципитальных областях соответственно; 2) мю-ритм подавлялся при выполнении и наблюдении движений, а альфа-ритм при открытии глаз, при этом мощность мю-ритма при открытых и закрытых глазах не различалась; 3) связь между частотами пиковых значений СПМ в диапазоне 5–15 Гц компонентов мю- и альфа-ритма отсутствовала; 4) альфа- и мю-ритмам была присуща разная возрастная динамика: частота пика альфа-ритма увеличивалась с возрастом, однако для мю-ритма такого рода взаимосвязи на данной выборке обнаружено не было. В целом результаты подтверждают основные свойства альфа- и мю-ритмов в контексте возрастного развития, описанные в литературе для активных парадигм (Chiang et al., 2011; Thorpe et al., 2016).

Наше исследование также подтвердило относительную независимость высокочастотного и классического мю-ритма: хотя подавление высокочастотного мю-ритма также наблюдалось при выполнении и наблюдении движений, высокочастотный пик мощности мю-ритма не является прямой гармоникой классического мю-ритма и может содержать в себе характерные особенности при патологиях сенсомоторной системы (Hari, 2006).

Апробация экспериментальной методики на детях с типичным развитием продемонстрировала эффективность использования задачи на пассивное сжимание руки, что делает возможным применение данной методики при исследовании сенсомоторной системы у детей и лиц с трудностями выполнения произвольного задания.

Литература

- Chiang A. K. I., Rennie C.J., Robinson P.A., van Albada S.J., Kerr C.C. Age trends and sex differences of alpha rhythms including split alpha peaks // *Clinical Neurophysiology*. 2011. Vol. 122. No. 8. P. 1505–1517. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2011.01.040>
- Fox N.A., Bakermans-Kranenburg M.J., Yoo K.H., Bowman L.C., Cannon E.N., Vanderwert R.E., Ferrari P.F., van IJzendoorn M.H. Assessing human mirror activity with EEG mu rhythm:

A meta-analysis // *Psychological Bulletin*. 2016. Vol. 142. No. 3. P. 291 – 313. <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000031>

Hari R. Action-perception connection and the cortical mu rhythm // *Progress in Brain Research Elsevier*. 2006. P. 253 – 260. [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6123\(06\)59017-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-6123(06)59017-x)

Hobson H.M., Bishop D.V.M. Mu suppression – A good measure of the human mirror neuron system? // *Cortex*. 2016. Vol. 82. P. 290 – 310. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2016.03.019>

Muthukumaraswamy S.D., Johnson B.W. Changes in rolandic mu rhythm during observation of a precision grip // *Psychophysiology*. 2004. Vol. 41. No. 1. P. 152 – 156. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8986.2003.00129.x>

Oberman L.M., Hubbard E.M., McCleery J.P., Altschuler E.L., Ramachandran V.S., Pineda J.A. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders // *Cognitive Brain Research*. 2005. Vol. 24. No. 2. P. 190 – 198. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.01.014>

Palmer J.A., Kreutz-Delgado K., Makeig S. AMICA: An adaptive mixture of independent component analyzers with shared components. University of California San Diego, 2012.

Pineda J.A. The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing” // *Brain research reviews*. 2005. Vol. 50. No. 1. P. 57 – 68.

Thorpe S.G., Cannon E.N., Fox N.A. Spectral and source structural development of mu and alpha rhythms from infancy through adulthood // *Clinical Neurophysiology*. 2016. Vol. 127. No. 1. P. 254 – 269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2015.03.004>

APPLICATION OF INDEPENDENT COMPONENT ANALYSIS FOR THE INVESTIGATION OF MU AND ALPHA RHYTHMS IN CHILDREN

D.G. Mitiureva*, P.D. Bobrov, A.B. Rebreikina, O.V. Sysoeva

dina.mitiureva@gmail.com

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow

Abstract. Mu rhythm is a specific pattern of brain oscillations which is associated with the spontaneous rhythmic activity of neurons in the sensorimotor cortex and can be detected via EEG. Desynchronization of this rhythm occurs during execution, imagination or observation of movements; therefore, it is often interpreted as an indicator of mirror neuron system activity. However, EEG studies of mu rhythm suffer from the problem of mixing alpha and mu rhythm activity due to restrictions of the employed methods. In the present study, independent component analysis is applied to investigate mu and alpha-rhythm characteristics in children. The experimental procedure included passive movements, observation of movements, and open and closed eyes conditions during EEG recording. The study sample comprised overall 21 participants (15 females, mean age 10). The results confirmed the properties of alpha and mu rhythms described earlier for the active paradigm, associated with their topographic and functional specificity and age-related dynamics, and also revealed the absence of any correlation between the peak frequencies of these rhythms, which indicates the effective separation of mu and alpha rhythms by ICA. The proposed experimental procedure can be used in further investigations of sensorimotor impairments in children and persons with difficulties in performing arbitrary tasks.

Keywords: EEG, mu rhythm, alpha rhythm, ICA, development

ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗМЕТКИ НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Г. Согоян*(1, 2), А. Ледовский (2, 3), М. Некрашевич (3), О. Мартынова (2),
М. Шараев (2, 3)

gsogoyan98@gmail.com

1 — Центр биоэлектрических интерфейсов, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия; 2 — Лаборатория высшей нервной деятельности человека, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии, Российская академия наук, Москва, Россия; 3 — Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Аннотация. Данные электроэнцефалографии (ЭЭГ), несмотря на широкое применение в нейрофизиологических исследованиях, часто являются сильно зашумленными и содержат множество артефактов, таких как, например, активность глаз и мышц. Большинство исследователей используют метод независимых компонент (ICA) для разложения сигнала на компоненты и удаления шумовых компонент. Тем не менее у каждого эксперта свой индивидуальный подход для определения таких компонент. Программный продукт с открытым исходным кодом ALICE, доступный по ссылке <http://alice.adase.org/>, призван решить проблему субъективной маркировки компонент и сделать ее автоматической. Инструмент представляет из себя краудсорсинговую платформу, где эксперты из области нейробиологии, нейрофизиологии и смежных областей могут загружать свои наборы данных компонент ICA для разметки, при этом размечая данные своих коллег, чтобы общими усилиями сформировать объективную маркировку независимых компонент. Получаемые наборы данных ICA с разметкой собираются в объемный открытый для скачивания датасет. В данный момент на сайте проекта доступен набор ICA данных детей с аннотацией от двух экспертов. Используя его, мы создали модели машинного обучения, которые могут автоматически выявлять как артефактные компоненты, так и компоненты альфа- и мю-активности, что является новым для таких инструментов и может помочь исследователям в рутинных задачах.

Ключевые слова: ЭЭГ, метод независимых компонент, ЭЭГ-артефакты, автоматическое детектирование ЭЭГ-артефактов, ЭЭГ детей, машинное обучение, искусственный интеллект

Исследование поддержано Российским научным фондом, грант № 20-68-46042.

Введение

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — один из методов регистрации биоэлектрической активности мозга, обладающий высоким временным разрешением, но содержащий большой объем артефактов. Для выделения и удаления шумовых компонент исследователи нередко обращаются к методу независимых компо-

нент (independent component analysis, ICA). Результатом применения данного алгоритма является набор временных рядов активности с пространственной локализацией, среди которых нейрофизиологи, нейробиологи и другие специалисты, работающие с данными ЭЭГ, выбирают те, что, на их взгляд, не имеют нейрофизиологического происхождения. Подобный отбор происходит вручную и может значительно различаться от эксперта к эксперту, что, безусловно, повлияет на результаты, получаемые в ходе эксперимента с использованием ЭЭГ (Robbins et al., 2020).

Множество научных групп стремится автоматизировать отбор компонент, кодирующих глазную, мышечную и другие активности, которые замешиваются в сигнале электрической активности мозга ЭЭГ. Среди инструментов, выполняющих такую задачу, ADJUST (Mognon et al., 2011), FASTER (Nolan et al., 2010) по-прежнему содержат эмпирический подбор пороговых значений для отделения артефактных компонент от компонент, отражающих реальную активность мозга. Также существуют и автоматические алгоритмы, использующие методы машинного обучения для классификации различных видов не нервной активности, среди них MARA (Winkler et al., 2011) и другие (Tamburro et al., 2018), но обозначенные инструменты не предоставляют набор данных, на котором производилась валидация их методов. При этом в большинстве из них разметка, то есть привязка компоненты ICA к определенному классу активности, осуществлена лишь одним экспертом, что не устраняет проблему субъективности анализа ICA. Более продвинутый инструмент, ICLabel Toolbox (Pion-Tonachini et al., 2019), реализует механизм краудсорсинга, за счет чего модели в данном исследовании обучены с использованием маркировки от нескольких экспертов.

В то же время краудсорсинг в ICLabel не имеет ограничений, а это означает, что в разметке может принять участие любой человек, даже не имеющий экспертизы в анализе ICA. Также для определения класса компоненты экспертам доступны лишь три секунды данных ЭЭГ, что крайне мало для определения медленноволновых сигналов. Помимо прочего, ICLabel не предоставляет возможность загрузки своего датасета, при том что их набор данных не содержит данные разнообразных групп, среди которых могли бы быть ЭЭГ детей.

В результате исследования мы разработали свой инструмент и краудсорсинговую платформу для автоматической разметки ICA-компонент (Automatic Labeling of Independent Components in Electroencephalography, ALICE), доступный по ссылке <http://alice.adase.org/>. Данный тулбокс агрегирует наборы данных ICA-компонент, позволяя маркировать классы их активности экспертам, имеющим релевантный опыт аннотирования независимых компонент. В конечном счете это даст основу разработки моделей машинного обучения, реализующих возможность автоматического определения и удаления артефактных компонент ЭЭГ.

Результаты

Проект ALICE состоит из двух модулей: модуль разметки и модуль машинного обучения. Первый представляет из себя само веб-приложение с базой данных, хранящий всю информацию о компонентах; второй является библи-

отекой на языке Python с основными блоками обработки данных, необходимых для обучения модели и определяющих происхождение составляющих ICA.

При работе с инструментом эксперт, осуществляя вход в приложение, имеет возможность выбирать, к каким классам будет отнесена каждая компонента; среди возможных: глазные артефакты (моргания, горизонтальные движения глаз, вертикальные движения глаз); шум; активность мозга (неспецифичная активность мозга, альфа-ритм, мю-ритм); мышечная активность; артефакты сердцебиения; другое; затрудняюсь ответить. Чтобы принять решение, эксперту предоставляется следующий набор графиков: топограмма компоненты; график спектральной плотности мощности; временной ряд всех компонент одной записи длиной 30 секунд с возможностью скроллинга, увеличения и уменьшения длины обогреваемого интервала; график эпох, где каждая эпоха представлена в виде отрезка, меняющего цвет в зависимости от амплитуды сигнала. Данные разметок экспертов аккумулируются в датасеты, обновления которых публикуются по ссылке <http://alice.adase.org/downloads>.

Для осуществления автоматической разметки сгруппированные данные проходят через три этапа обработки: *группировка разметки, вычисление параметров модели, обучение и валидация моделей*. В ходе первого этапа мы агрегируем разметки, полученные от разных экспертов по каждой из компонент, так как каждая компонента может быть отнесена к разным классам разными экспертами. Более того, одна составляющая ICA может включать сразу несколько видов активности. Для группировки были разработаны два подхода, в результате которых по каждому классу получаем свой набор компонент, где наборы могут пересекаться.

В качестве входных параметров модели было использовано 11 признаков, выражающих топографию компоненты, амплитудную и частотные характеристики сигнала, большинство из которых разработаны на основе метода, предложенного в работе Mogron et al. (2011). Среди признаков также присутствуют корреляции между изучаемым сигналом и эталонным артефактом моргания и горизонтального движения глаз (Tamburro et al., 2018). Одной из целей ALICE является разработка подходов для автоматического выделения конкретно функциональных сигналов ЭЭГ, таких как альфа- и мю-ритмы. Данный проект является первым инструментом, анализирующим независимые компоненты ЭЭГ для подобной цели, поэтому в ходе исследования были разработаны и собственные уникальные признаки, ориентированные на детекцию перечисленных классов ЭЭГ-ритмов. Чтобы выделить альфа- и мю-активность, наши признаки характеризуют выраженность амплитуды альфа-диапазона (6–12 Гц), а также наличие высоких весов смешивающей матрицы ICA (mixing matrix) в соответствующих отведениях.

Для обучения алгоритмов декодирования класса ICA использовались такие методы машинного обучения, как логистическая регрессия (ЛР), метод опорных векторов (МОВ), градиентный бустинг (ГБ). Разработанные модели и способ извлечения признаков доступны по ссылке <https://github.com/ledovsky/alice-eeg-ml/> и могут быть использованы в исходном виде или после переобучения с дополнительными настройками.

Описанные алгоритмы были опробованы на данных ICA, полученных в результате записи детской ЭЭГ, маркировка была осуществлена двумя экспертами. Использование метрики ROC-AUC позволяет заметить, что наши базовые подходы (ЛР, ГБ, МОВ) имеют схожее качество в задаче определения класса компоненты. В то же время для большинства классов качество варьируется от .8 до .9 при максимальном значении метрики, равном 1 (табл. 1). Важно обратить внимание, что все модели плохо проявили себя для выделения артефактов сердцебиения, что, скорее всего, связано с небольшим количеством объектов данного класса.

Таблица 1. Средние значения метрики ROC-AUC со стандартными отклонениями

ROC AUC	Активность мозга	Альфа	Мю	Глазные артефакты	Мышечные артефакты	Артефакты сердцебиения
ЛР	0.93 (0.02)	0.83 (0.05)	0.83 (0.03)	0.91 (0.03)	0.89 (0.03)	0.64 (0.04)
ГБ	0.92 (0.02)	0.81 (0.05)	0.83 (0.03)	0.89 (0.04)	0.88 (0.02)	0.61 (0.03)
МОВ	0.93 (0.02)	0.81 (0.05)	0.82 (0.03)	0.92 (0.03)	0.90 (0.03)	0.55 (0.10)

Таким образом, проект ALICE аккумулирует различные подходы к совместной разметке независимых компонент. База данных проекта может содержать как публичные датасеты ЭЭГ, так и уникальные записи различных научных подразделений. ALICE позволяет использовать разработанные модели для детекции артефактных компонент, открывая исследователям возможность разрабатывать свои модели на основе доступных на сайте данных. Кроме того, полученные модели способны определять функциональные осцилляции мозговой активности, такие как альфа- и мю-ритмы. Мы приглашаем профессиональное сообщество присоединяться к проекту ALICE, осуществляя разметку и загружая свои наборы данных для улучшения качества моделей и полной автоматизации процесса разметки ICA-компонент.

Литература

- Mognon A., Jovicich J., Bruzzone L., Buiatti M. ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features // *Psychophysiology*. 2011. Vol. 48. No. 2. P. 229 – 240. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01061.x>
- Nolan H., Whelan R., Reilly R.B. FASTER: Fully automated statistical thresholding for EEG artifact rejection // *Journal of Neuroscience Methods*. 2010. Vol. 192. No.1. P.152–162. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2010.07.015>
- Pion-Tonachini L., Kreutz-Delgado K., Makeig S. ICLabel: An automated electroencephalographic independent component classifier, dataset, and website // *NeuroImage*. 2019. Vol. 198. P. 181 – 197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.026>
- Robbins K.A., Touryan J., Mullen T., Kothe C., Bigdely-Shamlo N. How sensitive are EEG results to preprocessing methods: A benchmarking study // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2020. Vol. 28. No. 5. P. 1081 – 1090. <http://dx.doi.org/10.1109/tnsre.2020.2980223>
- Tamburro G., Fiedler P., Stone D., Haueisen J., Comani S. A new ICA-based fingerprint method for the automatic removal of physiological artifacts from EEG recordings // *PeerJ*. 2018. Vol. 6. P. e4380. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4380>

Winkler I., Haufe S., Tangermann M. Automatic classification of artifactual ICA-components for artifact removal in EEG signals // Behavioral and Brain Functions. 2011. Vol. 7. No. 1. P. 30. <http://dx.doi.org/10.1186/1744-9081-7-30>

A WEB INTERFACE FOR THE AUTOMATIC DECODING OF INDEPENDENT COMPONENTS IN ELECTROENCEPHALOGRAPHY

G. Soghoian* (1,2), A. Ledovsky (2,3), M. Nekrashevich (3), O. Martynova (2), M. Sharaev (2, 3)

gsogoyan98@gmail.com

1 – Centre for Bioelectric Interfaces, National Research University Higher School of Economics, Moscow; 2 – Laboratory of Human Higher Nervous Activity, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Science, Moscow; 3 – Center for Computational and Data-Intensive Science and Engineering, Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow

Abstract. EEG is widely used in cognitive neuroscience and in clinical research. Here we present a web-based service that aims to help researchers and clinicians in their analysis of EEG. The Automatic Labeling of Independent Components in Electroencephalography (ALICE; <http://alice.adase.org/>) resolves several problems related to the labeling of independent components analysis (ICA) components in electrophysiological data (EEG). EEG data are known to be full of artifacts caused by eye and muscle activity, and ICA helps to clear the EEG of such “noise”. Nevertheless, experts have different approaches to defining which components represent brain activity and which do not. The ALICE project is a crowdsourcing platform where experts from the fields of neuroscience, neurophysiology, etc. can add their IC datasets for annotation while also contributing to the annotation of their colleagues' datasets. The resulting data are collected into open-access datasets of IC components and labels. Currently, a unique dataset of ICs obtained on a sample of EEG collected in children and annotated by two experts is available via our service. Using these data, we developed baseline machine learning algorithms that can differentiate brain (μ and α) and non-brain IC components, which is novel for such tools.

Keywords: EEG, EEG ICA, EEG artifacts, automatic EEG artifacts removal, EEG Toolbox, machine learning, artificial intelligence

Research supported by the Russian Science Foundation (RSF) grant #20-68-46042.

МЕТОД КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МОТОРНЫХ ПРОТОКОЛОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 9 ТОЧЕК

Т.П. Черная*, В.Ф. Спиридонов

tanya.p.chernaya@gmail.com

РАНХиГС, Москва

Аннотация. В данной работе предложен новый метод компьютерной обработки, который восстанавливает для последующего количественного анализа движения испытуемых, совершенные ими в ходе решения задачи 9 точек (Maier, 1930). Таким образом, алгоритм позволяет выделять дополнительные метрики, проясняющие содержание процесса решения этой задачи, и является удобным средством для проверки количественных экспериментальных гипотез, конкретизирующих те или иные теоретические модели, которые были или могут быть сформулированы применительно к психологическим механизмам решения задачи 9 точек. Примерами таких метрик выступают: наличие или отсутствие в решении линий определенного типа; продление линий за пределы зоны, очерченной девятью точками; количество использованных типов линий; а также различные комбинации вышеперечисленных метрик и др. С помощью данного метода в работе проверен ряд гипотез, которые в том или ином виде были предложены авторами оригинальных исследований. Полученные результаты могут служить отправной точкой для новых исследований в продолжение изучения механизмов возникновения инсайта и структуры решения подобных задач.

Ключевые слова: задача 9 точек, метрики двигательной активности, компьютерная обработка, алгоритм восстановления движений, инсайт, выход за пределы квадрата, тупик

Введение

Одной из насущных проблем экспериментального изучения процесса решения задач выступает выработка новых метрик, предоставляющих исследователю новую информацию по сравнению с традиционно используемыми успешностью и временем решения. Это требует разработки более сложных, но содержательных протоколов, позволяющих обоснованно выявлять иные зависимые переменные. Одной из многообещающих возможностей на этом пути выступает появление разноплановых «моторных» протоколов, связанных с анализом динамики различных типов движений (скажем, прагматических и эпистемических), отслеживанием напряжения различных частей тела в ходе решения, фиксацией траектории движений компьютерной мыши, движений глаз и т.д. Все они предполагают разработку алгоритмов извлечения информации из весьма непростых наборов данных.

В данной работе предложен алгоритм, позволяющий восстанавливать для последующего анализа движения испытуемых, которые были совершены ими в ходе решения задачи 9 точек. Экспериментальные результаты были собраны в ходе подготовки статьи (Spiridonov et al., 2019) в рамках серии из трех исследований на выборке из $n = 154$ человек в возрасте от 16 до 28 лет, преимущественно женского пола (84 %).

Постановка задачи

Испытуемые решали задачу 9 точек на электронном планшете с сенсорным экраном. Число попыток было заранее ограничено. Попытка считалась завершённой, когда испытуемый отрывал палец от экрана. Место прикосновения испытуемых к экрану записывалось с частотой около 100 Гц в декартовой системе координат, которая была привязана к пикселям экрана и горизонтальной ориентации планшета. Координаты 9 точек в их видимом размере были заданы и не менялись в ходе эксперимента. Для последующей автоматической проверки гипотез требуется извлечь из этой информации данные о конструктивном содержании проб — какие именно отрезки рисовали испытуемые.

Решение

На языке Python была написана программа, преобразующая полученную траекторию движения руки в список отдельных линий (отрезков прямых), которые составляют попытку решения задачи, следующим образом.

Имея координаты 9 точек и траекторию движения руки по планшету, мы последовательно определяем:

- прохождение траектории через какую-либо из 9 точек (проверяется, принадлежит ли текущая координата траектории геометрическому месту точки с некоторой погрешностью);
- моменты, когда линия выходила за пределы квадрата (проверяется, правда ли текущая координата траектории лежит за пределами установленных нами границ зоны, содержащей все 9 точек).

Получаем промежуточные данные, которые описывают каждую пробу в виде последовательности этих событий: [затронута точка p_1] → [затронута точка p_2] → [линия вышла за границы квадрата] → [затронута точка p_3] → ...

Далее эту последовательность нужно разбить на отдельные линии (отрезки прямых). Существует ровно две ситуации, когда один отрезок заканчивается и начинается другой:

- Очередная затронутая точка не лежит на одной прямой с предыдущими (происходит излом линии).
- Траектория вышла за границы квадрата (значит, проба либо заканчивается, либо продолжается, но для этого траектория обязана поменять направление, чтобы вернуться к точкам).

Так предыдущий массив данных преобразуется в список отдельных линий (отрезков) с атрибутами:

- Список точек, через которые прошла линия.
- Начинается ли она за пределами квадрата.
- Заканчивается ли она за пределами квадрата.

Таким образом, в полученной интерпретации могут фигурировать только «правильные» с точки зрения геометрии конфигурации: линия может проходить через 3 точки, только если они действительно лежат на одной прямой; параллельные линии не могут пересекаться; все сегменты решения обязаны быть отрезками прямых, а не дугами, и т. д. Все «неправильные» конфигурации, нарисованные испытуемыми, интерпретируются в соответствии с условиями задачи и законами геометрии по вышеописанному принципу. В результате этого не происходит потери или привнесения информации, так как изначально невалидные пробы не несут ценности в рамках рассматриваемых гипотез.

Алгоритм производит некоторые дополнительные манипуляции, чтобы визуализировать полученный результат. Опустим их здесь, так как они не влияют на его содержательную часть. Примеры визуализации см. на рис. 1.

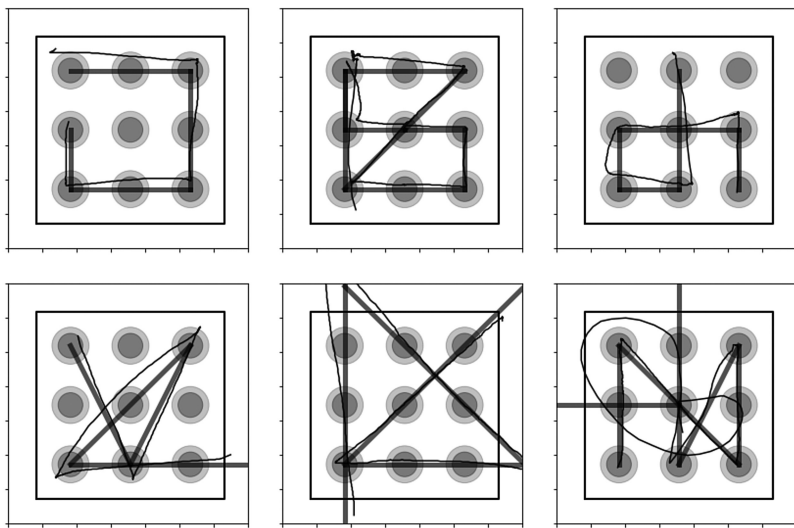


Рисунок 1. Примеры визуализации решения. Тонкие линии — траектории, которые нарисовали испытуемые; широкие линии — соответствующие интерпретации алгоритма

В текущей реализации программа считывает исходные данные из набора .csv-файлов и зависит от их структуры, но не от происхождения.

Результаты и обсуждение

С помощью данного алгоритма мы проверили четыре гипотезы, которые в том или ином виде были предложены авторами оригинальных исследований

на материале задачи 9 точек. Данные гипотезы можно назвать наивными, так как они предполагают заведомо слишком простое устройство феномена инсайта. Ожидаемо, большая часть из них не подтвердилась. Все гипотезы были проверены с помощью критерия согласия Пирсона на уровне значимости 5 %.

а) Испытуемые, которые на начальных этапах начинают использовать диагональ квадрата в своих попытках, чаще остальных приходят к верному решению (идея высказана Т.С. Ormerod). Формально, гипотеза была проверена в четырех формулировках разной степени строгости:

- Испытуемые, которые *начали свою первую пробу* с диагональной линии, более успешны. Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = 1.03$, $p\text{-value} = .31$).
- Испытуемые, которые провели диагональную линию *где-либо в течение первой пробы* (не обязательно в начале), более успешны. Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = .03$, $p\text{-value} = .87$).
- Испытуемые, которые *начали любую из первых трех проб* с диагональной линии, более успешны. Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = 1.40$, $p\text{-value} = .24$).
- Испытуемые, которые провели диагональную линию *где-либо в течение первых трех проб*, более успешны. Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = .03$, $p\text{-value} = .87$).

б) Испытуемые, которые «случайно» вывели линию за пределы квадрата из 9 точек в одной из проб, чаще остальных приходят к верному решению. Этот тезис может быть обоснован взглядами авторов ранних экспериментальных исследований данной задачи (например, Maier, 1930; Lung, Dominowski, 1985). Гипотеза была проверена в двух вариантах:

- Испытуемые, которые хотя бы раз *закончили* линию за пределами квадрата, а затем хотя бы три пробы оставались строго внутри него, более успешны. Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = 2.22 \times 10^{-4}$, $p\text{-value} = .99$).
- Испытуемые, которые хотя бы раз *начали* линию за пределами квадрата, а затем хотя бы три пробы оставались строго внутри него, более успешны. Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = 3.41$, $p\text{-value} = .06$).

с) Испытуемые, которые хотя бы раз в своих неуспешных попытках совершили поворот при рисовании линии в белом поле за пределами квадрата (non-dot-turn), более успешны в решении задачи. Это предположение может быть обосновано идеями С. Олссона (Kershaw, Ohlsson, 2004). Гипотеза подтвердилась ($\chi^2 = 45.72$, $p\text{-value} = 1.36 \times 10^{-11}$).

д) Когда испытуемые перебрали больше половины всех возможных линий внутри квадрата, они начинают использовать линии, которые выходят за его пределы. Формально проверяется следующее: правда ли испытуемые, которые применили в своих попытках хотя бы 5 из возможных (с точностью до поворота) 8 линий внутри квадрата (и до тех пор не выходили за его пределы), выйдут за пределы квадрата в последующих 5 пробах? Это предположение является конкретизацией известных рассуждений С. Олссона о тупике в ходе решения (Ohlsson, 1984). Гипотеза не подтвердилась ($\chi^2 = 1.59$, $p\text{-value} = .21$).

Гипотеза с) была проверена С.Олссоном (Kershaw, Ohlsson, 2004), но в более узком смысле. Его и наш результаты согласуются. Остальные гипотезы ранее не проверялись.

Таким образом, предлагаемый алгоритм является удобным средством для проверки количественных экспериментальных гипотез, конкретизирующих те или иные теоретические модели, которые были или могут быть сформулированы применительно к психологическим механизмам решения задачи 9 точек.

Литература

Kershaw T.C., Ohlsson S. Multiple causes of difficulty in insight: The case of the nine-dot problem // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2004. Vol. 30. No. 1. P. 3 – 13. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.30.1.3>

Lung C.-t., Dominowski R.L. Effects of strategy instructions and practice on nine-dot problem solving // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1985. Vol. 11. No. 4. P. 804 – 811. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.11.1-4.804>

Maier N. R. F. Reasoning in humans. I. On direction // Journal of Comparative Psychology. 1930. Vol. 10. No. 2. P. 115 – 143. <http://dx.doi.org/10.1037/h0073232>

Ohlsson S. Restructuring revisited // Scandinavian Journal of Psychology. 1984. Vol. 25. No. 2. P. 117 – 129. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9450.1984.tb01005.x>

Spiridonov V., Loginov N., Ivanchei I., Kurgansky A.V. The role of motor activity in insight problem solving (the case of the nine-dot problem) // Frontiers in Psychology. 2019. Vol. 10. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00002>

A COMPUTATIONAL PROCESSING METHOD FOR MOTOR PROTOCOLS OF SOLVING THE NINE-DOT PROBLEM

T.P. Chernaya*, V.F. Spiridonov

tanya.p.chernaya@gmail.com

RANEPA, Moscow

Abstract. A new computational method is suggested in this study that processes experimental data and reconstructs test subjects' motion throughout their attempts to solve the nine-dot problem (Maier, 1930) for further quantitative analysis. Thus, the algorithm helps researchers to extract additional metrics that clarify the content of the solving process. It also proves to be useful for testing quantitative experimental hypotheses that specify existing theoretical models and were or could be formulated in terms of psychological frameworks of the nine-dot problem solving. Examples of such metrics are: the presence of particular lines in subject trials; the presence of lines that begin out of the imaginary box plotted with the 9 dots; the number of different line types that subjects use; also, various combinations of the above-mentioned metrics. Using this method, a number of hypotheses were tested that had been more or less explicitly proposed by the original research authors on the nine-dot problem material. The results of this study can be the starting point for further research in the field.

Keywords: nine-dot problem, motor activity metrics, computational processing, motion reconstruction algorithm, insight, breaking out of the box, impasse

ЧЕМ ИНТЕРЕСНА ЭЭГ, РЕГИСТРИРУЕМАЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКОЙ С ПОМОЩЬЮ ВЗГЛЯДА?

Д.Г. Чжао* (1), А.Д. Московский (1), Е.В. Мельничук (1),
Б.М. Величковский (1, 3), С.Л. Шишкин (2)

chzhao@phystech.edu

1 — НИЦ «Курчатовский институт», Москва; 2 — МГППУ, Москва;

3 — МФТИ, Москва

Аннотация. При управлении инвалидной коляской с помощью взгляда пользователь в ответ на свои команды ожидает отклик в виде начала, изменения или окончания движения коляски и себя вместе с нею. Можно предположить, что электроэнцефалографические (ЭЭГ) маркеры ожидания отклика при этом будут более выраженными, чем при управлении компьютерной программой с помощью взгляда в стационарных условиях. Этот маркер мог бы помочь различать движения глаз, используемые для отдачи команд, и спонтанные движения глаз, которые могут вызывать ошибочные срабатывания управления коляской. Была разработана методика, позволяющая выявлять его в условиях зашумленности данных, характерных для регистрации ЭЭГ во время движения. У трех из четырех здоровых испытуемых, управлявших инвалидной коляской с помощью взгляда, удалось выявить компонент с пространственно-временными характеристиками, характерными для ранее описанного маркера. В случае подтверждения возможности применения маркера для определения намеренности подаваемых взглядом команд в дальнейших исследованиях станет возможно создание гибридного интерфейса глаз–мозг–компьютер, который, в сочетании с робототехнической поддержкой безопасности движения, позволит управлять коляской инвалидам с серьезными нарушениями моторной сферы. Эксперимент с инвалидной коляской может рассматриваться и как модель для изучения состояний ожидания в контексте осуществления ответственной деятельности: в нем можно наблюдать и ожидание кратковременных событий, для которого ЭЭГ-корреляты хорошо известны, и ожидание переходов от покоя к активным действиям, и ожидание обратных переходов.

Ключевые слова: управление с помощью взгляда, управление глазами, интерфейсы человек–компьютер, человеко-машинное взаимодействие, электроэнцефалограмма, ЭЭГ, волна ожидания, роботизированная инвалидная коляска

Работа выполнена при поддержке НИЦ «Курчатовский институт», приказ № 1057 от 02.07.2020.

Благодарность. Авторы благодарят А.Н. Васильева за полезные предложения, связанные с методикой обработки сигнала ЭЭГ.

Введение

Управление техническими устройствами с помощью взгляда, отслеживаемого айтрекером, все шире используется инвалидами с нарушениями моторики. Высокая частота ошибок при таком управлении долгое время препятствовала его применению при управлении движущимися средствами. В Курчатовском институте разрабатывается система управления инвалидной коляской, в которой обеспечение безопасности берет на себя робототехника, что открывает возможности более свободного использования «глазоуправления» (Kargov et al., 2019; Shishkin et al., 2019). При этом удалось обойтись без установки перед пользователем монитора, закрывающего важную часть поля зрения и тем самым затрудняющего управление (Purwanto et al., 2009). Однако с «глазоуправлением» сопряжена и другая проблема — невозможность надежно отличать перемещения или задержки взгляда, используемые для управления, от спонтанно возникающих при работе зрительной системы. Одно из возможных решений этой проблемы заключается в дополнительном использовании данных ЭЭГ.

Ранее было установлено, что, когда пользователь хочет вызвать срабатывание глазоуправляемого интерфейса, после фиксации взгляда на «чувствительной» области экрана монитора в ЭЭГ наблюдается так называемая Е-волна (expectancy wave, известна также как немоторная условно-негативная волна, УНВ), предположительно соответствующая ожиданию пользователем срабатывания интерфейса (Shishkin et al., 2016; Zhao et al., 2021). В стационарных условиях отклик системы не приводит к механическим воздействиям на оператора, тогда как при управлении транспортным средством движения или задержки взгляда, к которым чувствителен интерфейс управления, вызывают изменения его движения, приводят к его началу или остановке — вместе с самим пользователем. Существенно, что, в отличие от обычной ситуации управления транспортным средством, моторная система пользователя в этом не участвует — столь серьезный отклик вызывают движения глаз, обычно используемые для зрения и в меньшей мере — для коммуникации. Таким образом, можно предположить, что в ситуации управления с помощью взгляда транспортным средством Е-волна будет более выраженной, чем при управлении компьютерной программой в стационарных условиях, и может лучше детектироваться с помощью интерфейса мозг–компьютер (ИМК). Это помогло бы различать движения глаз, используемые для подачи команд, и спонтанные движения глаз, которые могут вызывать ошибочные срабатывания управления коляской. Более того, отслеживание Е-волны в подобных условиях может оказаться интересным и с точки зрения понимания психологических процессов при осуществлении ответственной деятельности.

Методика

В исследовании приняло участие 6 здоровых добровольцев (3 мужчин, 3 женщины) в возрасте 27–30 лет. Данные двоих испытуемых были исключены из анализа в связи с проблемами технического характера. ЭЭГ регистрировалась в 23 отведениях.

В качестве основы для прототипа роботизированной коляски использовался Pulse 330 (Ortonica, Россия). Контроллер коляски был заменен на MDC2460 (RoboteQ, США). Система управления была развернута на компьютере NUC 7 (Intel, США) с использованием системы ROS Noetic под управлением ОС Linux Kubuntu (Karpov et al., 2019). Управление взглядом осуществлялось с помощью айтрекера Tobii 4С (Tobii, Швеция). На верхней поверхности айтрекера была закреплена светодиодная лента (рис. 1). Использовались команды *вперед*, *налево*, *направо*, *назад* и *стоп*. Для простоты ориентирования между командами на айтрекер крепились вертикальные пружинящие (для обеспечения безопасности) «усики» (рис. 1, слева), которые располагались на разделении команд *налево-стоп* и *направо-стоп*.

Для активации команды испытуемый фиксировал взгляд в нужной области в течении 500 мс. По истечении этого времени светодиодная подсветка загоралась на 100 мс, затем выполнялась команда. Маркеры начала зажигания записывались вместе с ЭЭГ. Точность привязки выполнения команд к ним отслеживалась с помощью акселерометра. Испытуемые выполняли маневр «змейка» между тремя установленными на одинаковом расстоянии (~230 см)

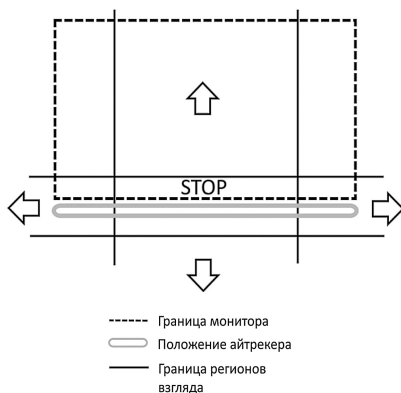


Рисунок 1. Испытуемый (один из авторов, Д.Г. Ч.) в роботизированной коляске (слева). Схема расположения областей управления коляской (справа). После калибровки айтрекера монитор убирали из поля зрения испытуемого, который при управлении ориентировался на закрепленные на айтрекере «усики», располагавшиеся вблизи вертикальных границ команд

конусами. За одну запись испытуемому требовалось трижды выполнить задание, после чего вернуться на исходную позицию. Всего с одним испытуемым проводились три записи.

Из полученных записей вырезались эпохи, привязанные к зажиганию подсветки. После предварительной фильтрации и удаления высокоамплитудных артефактов к данным, раздельно по испытуемым, применялся метод независимых компонент (алгоритм Infomax, пакет EEGLAB). На основе временного хода активаций компонент и их топографических карт отбирались компоненты с выраженной затылочно-теменной активностью и не имеющие признаки артефактов, после чего остальные компоненты удалялись из данных.

Результаты

Усредненные потенциалы ЭЭГ и ЭОГ при активации команды «вперед» показаны на рис. 2. У испытуемых 1, 3 и 4 перед зажиганием подсветки развивалась негативная волна, вероятно, связанная с ожиданием зажигания, но не было характерного для Е-волны быстрого возврата к исходной амплитуде ЭЭГ. Это могло быть связано с *ожиданием* начала движения и с готовностью к происходящему во время движения. При выполнении других команд также наблюдались признаки развития Е-волны, однако из-за более редкого их выполнения мы не получили достаточного для определенных выводов объема данных.

Обсуждение

Данное исследование является предварительным и не позволяет прийти к однозначному заключению о природе наблюдаемого в ЭЭГ негативно-го отклонения перед выполнением команды. В последующих исследованиях мы планируем записать больше данных при выполнении других команд, где, возможно, удастся выявить более «классическое» поведение Е-волны — с возвратом к исходной амплитуде (по крайней мере при выполнении команды «стоп»). В этом случае, а также при подтверждении отсутствия полного возврата к исходной амплитуде можно будет говорить о том, что Е-волна соответствует не просто ожиданию, а нарастанию готовности к активному восприятию.

Наша методика в дальнейшем будет дополнена сбором примеров задержек взгляда, аналогичных намеренным с точки зрения данных айтрекера, но являющихся спонтанными (см. Zhao et al., 2021; Shishkin et al., 2016), а также примеров «глазоуправления» в стационарных условиях. Тем не менее уже полученные результаты говорят в пользу нашего предположения, что анализ ЭЭГ, регистрируемой при выполнении «глазоуправления» в «полевых» условиях, может дать полезную информацию о психологических процессах, происходящих при таком управлении. Далее возможна и проверка практической применимости ЭЭГ-маркера для исключения срабатывания интерфейса «глазоуправления» в ответ на спонтанные движения и задержки взгляда.

Отметим, что, насколько нам известно, исследование сигналов мозгового происхождения, регистрируемых при управлении транспортным средством с помощью взгляда, в данной работе было выполнено впервые.

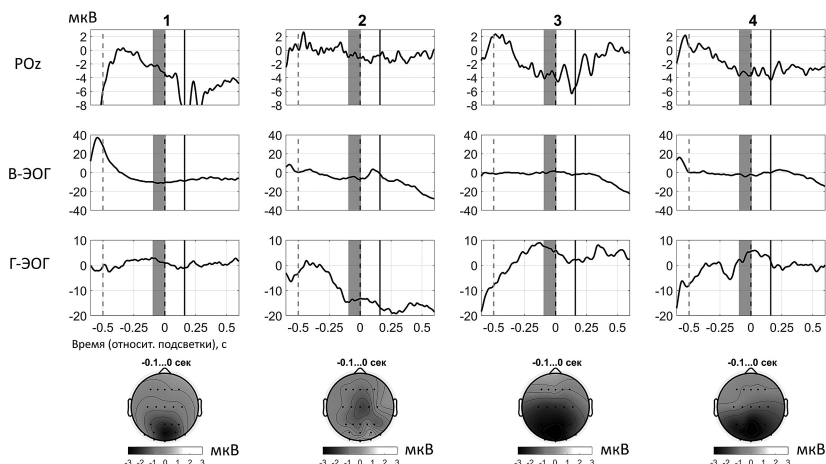


Рисунок 2. Индивидуальные потенциалы, усредненные относительно зажигания подсветки перед командой «вперед» (0 с). Фоновый уровень соответствует $-0.4...-0.3$ с. Начало фиксации и момент зажигания подсветки на графиках обозначены вертикальными прерывистыми линиями в окрестности 0.5 с и 0 с. Вертикальной сплошной линией (0.16 с) обозначено приблизительное начало движения. Топографические карты соответствуют усреднению потенциалов в отрезке $-0.1...0$ с (серый прямоугольник на графиках). Каждый столбец представляет данные одного испытуемого

Литература

- Karpov V.E., Malakhov D.G., Moscovsky A.D., Rovbo M.A., Sorokoumov P.S., Velichkovsky B.M., Ushakov V.L. Architecture of a wheelchair control system for disabled people: Towards multifunctional robotic solution with neurobiological interfaces // *Современные технологии в медицине*. 2019. Vol. 11. No. 1. P. 90. <http://dx.doi.org/10.17691/stm2019.11.1.11>
- Purwanto D., Mardiyanto R., Arai K. Electric wheelchair control with gaze direction and eye blinking // *Artificial Life and Robotics*. 2009. Vol. 14. No. 3. P. 397–400. <http://dx.doi.org/10.1007/s10015-009-0694-x>
- Shishkin S., Karpov V., Kotov A., Velichkovsky B. Developing cognitive architecture of a multimodal wheelchair robotic system for disabled people // XVI European Congress of Psychology (ECP 2019), Moscow, 02–05 July 2019. 2019. P. 1789b.
- Shishkin S.L., Nuzhdin Y.O., Svirin E.P., Trofimov A.G., Fedorova A.A., Kozyrskiy B.L., Velichkovsky B.M. EEG negativity in fixations used for gaze-based control: Toward converting intentions into actions with an eye-brain-computer interface // *Frontiers in Neuroscience*. 2016. Vol. 10. No. 528. <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2016.00528>
- Zhao D.G., Vasilyev A.N., Kozyrskiy B.L., Melnichuk E.V., Isachenko A.V., Velichkovsky B.M., Shishkin S.L. A passive BCI for monitoring the intentionality of the gaze-based moving object selection // *Journal of Neural Engineering*. 2021. Vol. 18. No. 2. P. 026001. <http://dx.doi.org/10.1088/1741-2552/abda09>

WHAT IS INTERESTING ABOUT THE EEG RECORDED WHILE CONTROLLING A ROBOTIC WHEELCHAIR WITH GAZE?

D. G. Zhao* (1), A. D. Moscovsky (1), E. V. Melnichuk (1), B. M. Velichkovsky (1, 3), S. L. Shishkin (2)

chzhao@phystech.edu

1 – NRC “Kurchatov Institute”, Moscow, 2 – MSUPE, Moscow, 3 – MIPT, Moscow

Abstract. When controlling a wheelchair with gaze, the user expects a response in the form of starting, changing, or ending the movement of the wheelchair and himself in it. It can be assumed that the electroencephalographic (EEG) markers of expectation in this case will be more distinct than while controlling a stationary program by gaze. This marker could help differentiate eye movements used to give commands from spontaneous ones that can cause errors during control. A technique was developed to identify the marker under conditions of noisy data, typical for EEG during movement. In three of the four healthy participants who operated a wheelchair with gaze, we identified a component with spatiotemporal characteristics similar to the previously described marker. If usability of the marker to determine intentionality is confirmed, it will be possible to create a hybrid eye-brain-computer interface, which, combined with robotic solutions, will allow people with motor impairments to control wheelchairs. The wheelchair experiment can also be considered as a model for studying states of expectation in the context of performing responsible activity: to observe expectation of short-term events for which EEG correlates are known, and expectation of transitions from rest to action and backward.

Keywords: gaze-based control, gaze interaction, human-computer interface, human-machine interaction, electroencephalography, EEG, expectancy wave, robotic wheelchair

This work was supported by NRC “Kurchatov Institute”, order № 1057 from 02.07.2020

Компьютерная верстка: С.М. Злочевский, А.А. Акопян

Технические редакторы: Е.М. Лаптева, А.Я. Паникратова,
М.А. Фомина, В.С. Василенко

Корректоры: П.Г. Лебедева, Н.П. Власенко

Подписано в печать 17.06.2021. Формат 90х60 1/16.

Гарнитура PT Sans. Печ. л. 34,75.

Тираж 160 экз. Заказ № 3881.

Отпечатано в типографии ООО «Буки Веди»

117246, г. Москва, проезд Научный, д. 19, этаж 2, ком. 6Д, оф. 202
+7 (495) 926-63-96, www.bukivedi.com, info@bukivedi.com

КОЛHNTNBHAP HAKA

B MOCKBE



HOPIE HCCYEOBAPHH

MATEPHH
KOHPEH
2021

ISBN 978-5-4465-3292-6



9 785446 532926 >