

ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ В ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ И СПОРТА

Исайчев Сергей Александрович,

кандидат психологических наук, доцент, кафедра психофизиологии, факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, e-mail: Isaychev@mail.ru

Исайчев Евгений Сергеевич,

специалист, инженер, кафедра психофизиологии, факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, инженер,
e-mail: isaychev@bk.ru

Черноризов Александр Михайлович,

доктор психологических наук, заведующий кафедрой, профессор, факультет психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра психофизиологии, e-mail: amchern53@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждаются методологические и методические вопросы применения технологий нейробиоуправления (НБУ) в коррекционной практике эмоциональных нарушений, психологической подготовке специалистов экстремального профиля и в спорте. Излагаются результаты сравнительного анализа использования НБУ при формировании навыков саморегуляции в разных экспериментальных группах. Показано, что на эффективность НБУ в процессе формирования навыков стрессоустойчивости и релаксации значительное влияние оказывают индивидуальные особенности человека, которые определяются степенью адаптивности его функциональных систем, сформированных в процессе онтогенеза под влиянием специфики физиологических, физических и социальных факторов.

Ключевые слова: биологическая обратная связь; нейробиоуправление (НБУ); функциональные состояния; профессионально важные качества; развитие специфических качеств; оценка эффективности НБУ.

Введение. Проблема психологической подготовки сотрудников силовых структур и лиц, чья деятельность часто протекает в экстремальных условиях, является актуальной проблемой современной военной практической психологии и психофизиологии. Одной из основных задач психологической подготовки является формирование специфических профессионально важных качеств (ПВК), комплекс которых реализует эффективное поведение военнослужащего при выполнении им должностных обязанностей.

В настоящее время для решения этой задачи используется широкий набор аппаратно-программных комплексов и тренажеров. Формирование ПВК осуществляется в процессе моделирования стрессогенных ситуаций и экстремальных условий выполнения деятельности различными средствами и способами. Одним из важных критериев успешности формирования ПВК, специальных умений, навыков и их устойчивости к действию различных типов

стрессоров является контроль психофизиологических индикаторов функционального состояния (ФС) человека в процессе реализации его профессиональной деятельности. Известно, что существует индивидуально устойчивый оптимум активации центральной и периферической НС, при котором деятельность конкретного человека максимально эффективна [4]. Но одинаковая эффективность деятельности двух индивидов может сопровождаться различными энергетическими и психофизиологическими затратами, т.е. «физиологическая цена» за одинаковую эффективность будет различна. Принимая во внимание эти факты, при оценке степени сформированности отдельных ПВК и поведения в целом необходимо учитывать как эффективность деятельности, так и динамические изменения ФС в процессе ее реализации. Умение контролировать ФС и находить его оптимум — наиболее важное качество человека, чья деятельность протекает в экстремальных условиях. Поиск новых способов управления своим ФС, разработка методов формирования и развития специфических профессионально важных качеств (ПВК) — новое направление в современной психологической подготовке.

Перспективным в этом плане видится применение технологий, в основе которых лежит использование системы биологических обратных связей (БОС). Эти технологии в значительной степени связаны с применением современных компьютерных аппаратно-программных комплексов, которые позволяют в онлайн-режиме регистрировать различные психофизиологические параметры центральной и периферической НС. Динамические изменения этих параметров затем используются в качестве сигналов обратной связи при коррекции различных нарушений или для развития отдельных ПВК и функциональных состояний.

Согласно определению, сформулированному в структурах Американской ассоциации прикладной психофизиологии и биологической обратной связи (The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, AAPB) и Американского сертификационного института биологической обратной связи (The Biofeedback Certification Institute of America), БОС является нефармакологическим методом лечения с использованием специальной аппаратуры для регистрации, усиления и «обратного возврата» пациенту физиологической информации. Основной задачей метода является обучение саморегуляции. Оборудование делает доступной для пациента информацию, в обычных условиях им не воспринимаемую.

В отечественной литературе используется несколько синонимов для обозначения технологий или методов с использованием БОС: нейробиоуправление (НБУ), БОС-метод, функциональное биоуправление с БОС, биорегуляция, адаптивное биоуправление. Различия в терминологии связаны с традиционными теоретическими подходами и определениями, принятыми в организациях, занимающихся разработкой этих технологий или приборов для их реализации.

В англоязычной литературе выделяют два основных направления:

Нейрофидбэк (Neurofeedback) — регуляция состояния мозга по параметрам электроэнцефалограммы (ЭЭГ), когда в качестве сигналов обратной связи (или управляемых параметров) выступают параметры различных ритмов ЭЭГ (дельта, тета, альфа и бета диапазонов) и их различные соотношения.

Биофидбэк (Biofeedback) — регуляция параметров периферической НС по сигналам и параметрам электрокардиограммы (ЭКГ), кожно-гальванической реакции (КГР), фотоплетизмограммы (ФПГ), электромиограммы (ЭМГ), реоэнцефалографии (РЕГ), температуре (Т), дыханию (Д).

Такая дифференциация обусловлена различными методами регистрации тех или иных параметров центральной или периферической НС, которые используются в качестве сигналов обратной связи в реабилитационных процедурах. Так как обучение произвольному управлению любым психофизиологическим процессом обязательно подразумевает участие в нем различных центральных и периферических механизмов, объединенных некоторой определенной целью, т.е. процесс обучения это процесс формирования определенной функциональной системы. Поэтому мы считаем, что для обозначения технологий с использованием БОС в контексте обучения, более адекватно использование термина нейробиоуправление (НБУ).

В последние годы коррекционные методы с использованием НБУ интенсивно используются для нефармакологического лечения целого ряда хронических заболеваний в восстановительной и превентивной медицине [7]. Эффективность метода показана и в психологической области, особенно при коррекции психологических и психосоматических заболеваний, вызываемых хроническим или эпизодическим стрессом [8; 11]. Основное внимание исследователей обращено на модификацию традиционных методик НБУ, в основе которых лежат методики, разработанные в конце прошлого века. Также активно внедряются в практику игровые методы саморегуляции с помощью НБУ. В ряде исследований используется технология виртуальной реальности, которая позволяет более адекватно перейти от лабораторных тренингов по формированию ПВК к модификации параметров поведения в реальных условиях деятельности [3; 5; 9].

Интенсивное развитие НБУ, миниатюризация компьютерной техники, разработка компактных устройств регистрации отдельных параметров и реакций центральной и периферической НС позволили внедрить эти технологии в область спортивной психологии [6], и использовать НБУ для формирования и развития профессионально важных качеств (ПВК) в профессиях, связанных с экстремальными видами деятельности [10].

Это новые сферы применения НБУ весьма своеобразны по сравнению с клинической практикой. Использование НБУ для развития ПВК и специфических функциональных состояний требует разработки и создания нового методологического и методического обеспечения для научных исследований и решения практических задач в этих областях.

В настоящей работе мы анализируем наш опыт работы по этой тематике и проводим сравнительный анализ применения технологий НБУ в коррекционной

практике и в процессе формирования ПВК и психофизиологических состояний у специалистов экстремального профиля и в спорте.

Методология и экспериментальный дизайн подхода. В качестве методологической базы для разработки новых технологий НБУ нами были использованы основные положения теории функциональных систем (ТФС) П.К.Анохина [1], где обратная связь является основным принципом формирования и коррекции функциональных систем, обеспечивающих поведение человека и его адаптацию к физической или социальной среде.

Оценка параметров достигнутых результатов в каждой функциональной системе постоянно осуществляется с помощью обратной афферентации. Адаптивные результаты, отражающие активность различных функциональных систем, могут проявляться на молекулярном, клеточном, гомеостатическом, поведенческом и психическом уровнях. Таким образом, целостный организм на основе нервных, гуморальных и информационных механизмов объединяет множество слаженно взаимодействующих функциональных систем, часто принадлежащих к разным структурным образованиям и обеспечивающих своей деятельностью гомеостазис и адаптацию к окружающей среде [2].

С позиций теории функциональных систем НБУ можно рассматривать как одну из специфических форм обучения, а обучение — это процесс системогенеза, в ходе которого формируется новая функциональная система, обеспечивающая организацию и исполнение различных поведенческих актов. В психологической практике выработка необходимых для успешной адаптации специфических навыков, психологических и физиологических состояний, также может рассматриваться как процесс формирования отдельных управляющих или исполнительных звеньев частных подсистем или генерализованной функциональной системы, регулирующей целостное поведение человека.

Такой методологический подход позволяет любое физиологическое или психологическое нарушение интерпретировать как патологическую трансформацию в структуре ФС, реализующей тот или иной процесс, состояние или поведенческий акт. В ходе проведения тренингов с НБУ, обратная связь выполняет корректирующую функцию в процессе перенастройки регуляторных систем. Под ее влиянием происходит ряд модификаций в различных звеньях пораженной психосоматической функции и формируется новая более адаптивная система.

Реабилитационные эффекты тренингов с использованием НБУ, а также успешность формирования и развития ПВК или систем управления состоянием человека в экстремальных условиях, также построены на использовании принципов саморегуляции и самоорганизации функциональных систем различного уровня. Обратная связь от динамических изменений физиологических механизмов, включенных в работу тренируемой функциональной системы, активирует процессы системной самоорганизации, которые формируют оптимальную структуру данной функциональной системы. Именно эти системные процессы являются психофизиологической основой

изменений поведенческих актов и их совершенствования в процессе тренингов с НБУ.

Методика. Спецификой проведения коррекционных процедур с НБУ в наших исследованиях является одновременная регистрация контролируемых и сопутствующих психофизиологических показателей и параметров. В качестве контролируемых показателей выступали показатели, которые испытуемый учился регулировать в процессе тренинга, и информация об этих изменениях использовались в виде основного параметра обратной связи. В качестве сопутствующих показателей использовались показатели, не задействованные в процессе саморегуляции, но отражающие изменения других подсистем и функций организма. Такая организация экспериментальной процедуры позволяет осуществлять контроль положительных изменений исходного функционального состояния по динамике контролируемого параметра. С другой стороны, регистрация комплекса сопутствующих показателей давала возможность параллельно анализировать совокупные изменения различных параметров центральной и периферической нервной системы пациентов, которые вызываются серией последовательных тренингов.

Для проведения основных тренинговых процедур по формированию стрессоустойчивости и релаксации использовалось психофизиологическое телеметрическое устройство «Реакор» фирмы МЕДИКОМ МТД. Для контроля за изменениями биоэлектрической активности мозга в процессе формирования навыков стрессоустойчивости и релаксации использовался стационарный электроэнцефалограф-анализатор ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03».

Испытуемые и объем исследования. В сравнительном исследовании участвовало три экспериментальных группы: 1 группа состояла из 23 профессиональных спортсменов различной специализации; 2 группа включала 28 человек, являющиеся сотрудниками МЧС России, деятельность которых часто протекает в экстремальных условиях; 3 группа — лица с тревожно-аффективными расстройствами. Несмотря на качественные и количественные различия в исходном психофизиологическом состоянии представителей каждой группы все испытуемые проходили сходные по цели процедуры и тренинги с НБУ. При проведении исследования в каждой из групп наряду с некоторыми специфическими этапами тренинга обязательно присутствовали этапы регистрации фоновой активности психофизиологических показателей в начале и конце всей процедуры, а также этапы по формированию и развитию навыков произвольной релаксации и повышения стрессоустойчивости.

Кроме этого проводилась промежуточная диагностика ФС испытуемых, которая позволяла отслеживать изменения в комплексе регистрируемых параметров, возникающих в ходе проведения тренингов. Данная процедура повторялась на протяжении всей тренинговой серии через 5 тренингов. А также проводился комплексный анализ всех регистрируемых психофизиологических показателей, отражающих динамические изменения функциональных состояний в процессе проведения НБУ. Результаты тренинговых серий и диагностических

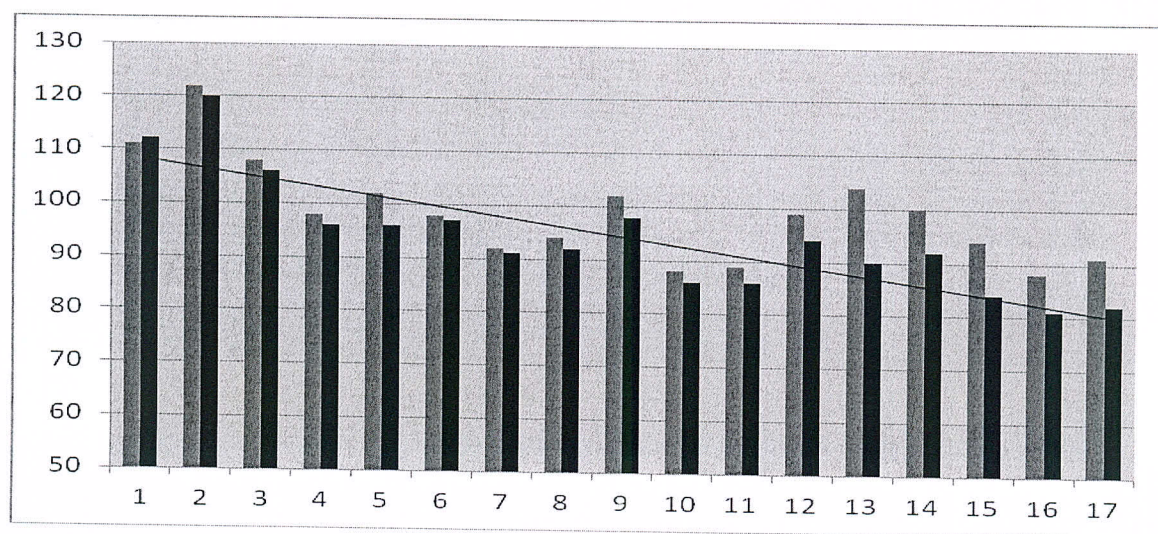
процедур заносились в таблицы MS Excel и проводился их статистический анализ.

Результаты исследования. Для проверки статистической значимости влияний тренингов с биоуправлением на формирование навыков стрессоустойчивости и произвольной релаксации использовался непараметрический W критерий Уилкоксона. В качестве сравниваемых параметров для оценки повышения стрессоустойчивости использовался показатель ЧСС до проведения и после проведения серии тренингов. Для оценки выработки навыка произвольной релаксации использовался индекс активации мозга (отношение индексов Тета+Альфа/Бета) — ИАМ, также измеренный до и после проведения тренингов. В каждой из трех групп различия в этих параметрах до и после проведения тренингов были статистически достоверны, что подтверждает эффективность НБУ для формирования и развития навыков стрессоустойчивости и произвольной релаксации независимо от индивидуальных и групповых различий. Изменения в численных значениях контролируемых в БОС-тренингах показателей сопровождаются изменениями и в сопутствующих показателях. Отметим, что информация об изменениях этих показателей не использовалась в виде обратной связи. Но эти изменения свидетельствуют о том, что НБУ — важный фактор процесса саморегуляции, который меняет физиологические параметры функциональных систем, контролирующих процессы произвольной релаксации или обеспечивающих устойчивость к воздействию различных стрессоров.

В нашем случае, различия в динамических изменениях контролируемых параметров между группами были весьма велики. Наиболее сильно выражены различия между группой спортсменов (1 группа) и группой с аффективно тревожными расстройствами (3 группа). Группа сотрудников МЧС (2 группа) занимает промежуточное положение. Максимальный эффект влияния серий тренингов с НБУ отражается на изменениях значений контролируемых показателей в группе 3. Здесь в качестве сигнала обратной связи использовались показатели ЭКГ (частота сердечных сокращений — ЧСС), ФПГ (АСВ), индекс активации ЭЭГ (индексы альфа ритма и бета ритмов, соотношение их мощности). В качестве примера, можно привести результаты сравнения изменения ЧСС в процессе прохождения серии тренингов на повышение стрессоустойчивости у пациентки с авиафобией (гистограмма 1) и этого же показателя — у профессионального спортсмена (гистограмма 2). Различия между представителями 1 и 3 групп отражаются в абсолютных величинах снижения ЧСС в процессе проведения серии тренингов на повышение стрессоустойчивости. На гистограмме 1 проявляется тенденция к снижению ЧСС в зависимости от количества проведенных процедур. По сравнению с величиной ЧСС, зарегистрированной в фоне в начале тренингов и величиной ЧСС в последнем тренинге с предъявлением авersiveного стимула (тренинг стрессоустойчивости), этот показатель снизился на 25%. Еще одним важным показателем успешности НБУ является некоторое снижение ЧСС в каждом тренинге. Это систематическое снижение свидетельствует о формировании

навыка произвольного контроля за своим состоянием, независимо от исходного состояния (фона). Процесс формирования навыка отражается в увеличении разницы между значениями ЧСС зарегистрированными в состоянии покоя (фон) и ЧСС — после проведения тренинга. Эта разница постепенно возрастает и в конце серии тренингов выходит на некоторое плато. Увеличение количества тренингов не отражается на дальнейшем росте разницы фон/тренинг. Это означает, что навык контроля своего ФС сформирован.

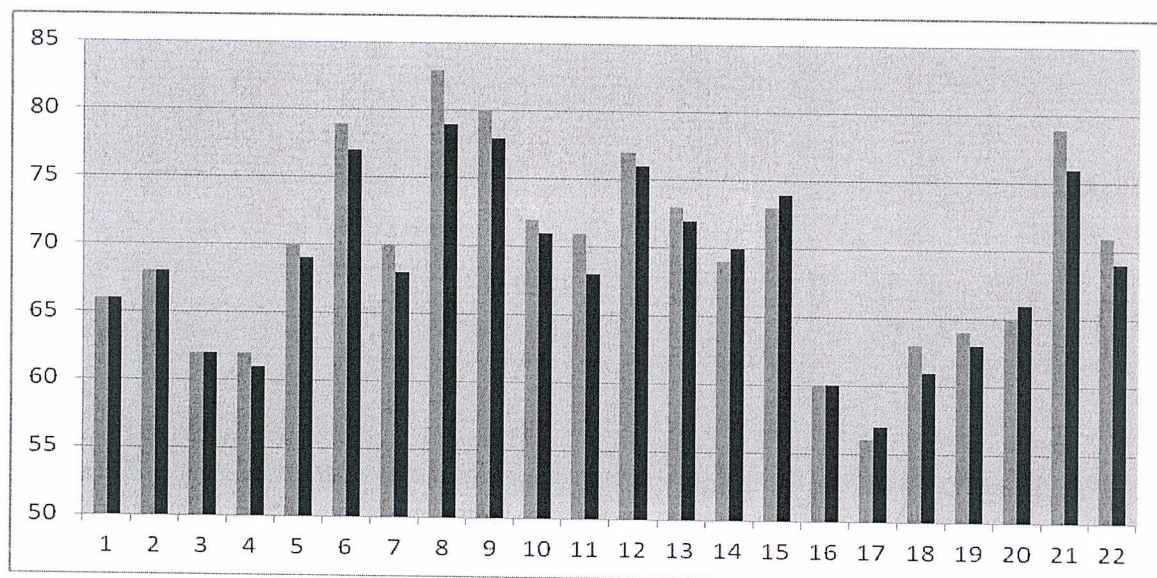
Гистограмма 1. Динамические изменения ЧСС в процессе прохождения тренингов с использованием НБУ у пациентки с авиафобией.



Обозначения: по оси абсцисс — количество проведенных тренингов НБУ;
по оси ординат — ЧСС (ударов/в мин.); серые столбцы — ЧСС в состоянии покоя (фон), черные столбцы — ЧСС после тренинга.

Другая динамика изменений психофизиологических показателей под воздействием тренингов с НБУ наблюдается у испытуемого из 1 группы. Известно, что спортсмены представляют особую выборку в общей популяции. Некоторые параметры, по которым оцениваются их ПВК, значительно отличаются от популяционной средней и часто находятся на краях нормального распределения. Эти различия определяются разными факторами: генотипическими особенностями, психофизиологическими качествами, степенью сформированности того или иного навыка или ПВК, параметрами целостной системы, регулирующей функциональное состояние, спецификой тренировочного процесса и режима соревнований и т.п. В качестве примера, приведем индивидуальные данные динамических изменений одного из контролируемых показателей — ЧСС (гистограмма 2) в процессе прохождения серии тренингов у профессионального хоккеиста.

Гистограмма 2. Динамические изменения ЧСС в процессе прохождения тренингов с использованием НБУ в зависимости от особенностей цикла жизнедеятельности спортсмена.



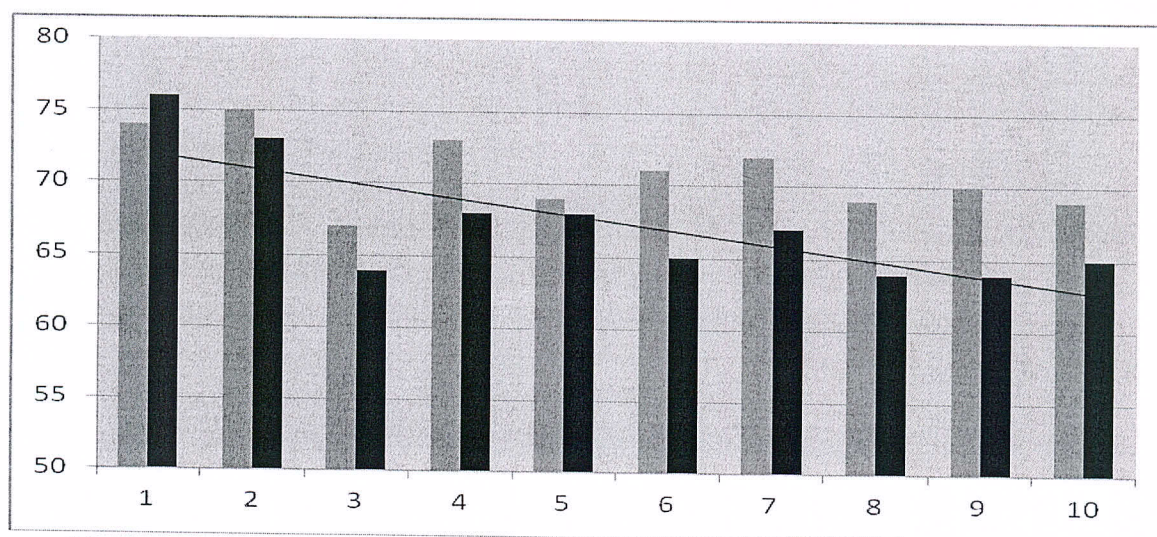
Обозначения: по оси абсцисс — количество проведенных тренингов НБУ;
по оси ординат — ЧСС (ударов/в мин.); серые столбцы — ЧСС в состоянии покоя (фон), черные столбцы — ЧСС после тренинга.

Основное отличие — это повышенная вариабельность ЧСС. Тренинги с этим испытуемым проходили с интервалом один-два дня и гистограмма, таким образом, отражает динамику ЧСС в течении двух месяцев. Опрос, проведенный перед началом тренингов показал, что в данном случае вариабельность ЧСС, отражает индивидуальные особенности и особенности цикла жизнедеятельности этого испытуемого. Максимумы ЧСС регистрировались в дни с интенсивными тренировками и ответственными играми. Минимальные значения ЧСС регистрировались в дни отдыха. В данном случае, эффективность тренингов с НБУ можно оценить не по среднему тренду значений ЧСС, который практически не выражен, а по значению отношения фон/тренинг.

Таким образом, сравнение эффективности НБУ в разных экспериментальных группах показывает, что наиболее выраженные изменения контролируемых показателей наблюдаются у представителей группы 3 (лица с эмоциональными расстройствами), затем следуют представители группы 2 (сотрудники МЧС) и группы 1 (спортсмены). С позиций ТФС эти результаты можно интерпретировать как различия в адаптивных возможностях функциональных систем, регулирующих параметры стрессоустойчивости представителей трех экспериментальных групп. Наиболее адаптивные системы (более совершенные) в группе 1 (спортсмены). Они позволяют переносить значительные стрессовые нагрузки. Попытки повысить показатели стрессоустойчивости, в данном случае, имеют физиологические ограничения. Поэтому мы наблюдаем слабый эффект влияния НБУ на системные качества этого ПВК — порядка 4–5%. В группе 2 (МЧС) навык формируется достаточно

быстро и эффект влияния НБУ в конце тренинговой серии составляет 12–15%. В данном случае можно сказать, что система контроля функционального состояния уже была достаточно адаптивна и позволяла справляться со высокими стрессовыми нагрузками. Но имелись резервы ее совершенствования, которые и были использованы в процессе тренинга с НБУ.

Гистограмма 3. Динамические изменения ЧСС в процессе прохождения тренингов с использованием НБУ у среднего представителя группы 2 (МЧС)



Обозначения: по оси абсцисс — количество проведенных тренингов НБУ; по оси ординат — ЧСС (ударов/в мин.); серые столбцы — ЧСС в состоянии покоя (фон), черные столбцы — ЧСС после тренинга.

Наиболее сильно выражен эффект влияния НБУ в группе 3. В среднем снижение ЧСС в процессе тренинговых серий с учетом тренда составляет 25–27%. Этот результат отражает степень влияния НБУ на процесс формирования новой более адаптивной системы контроля своего психоэмоционального состояния у представителей этой группы.

Полученные результаты сравнительного анализа эффективности НБУ в трех экспериментальных группах позволяют сделать следующие выводы.

На эффективность НБУ в процессе формирования навыков стрессоустойчивости и релаксации значительное влияние оказывают индивидуальные особенности человека, которые определяются степенью адаптивности его функциональных систем, сформированных в процессе онтогенеза под влиянием различных факторов.

Степень адаптивности функциональных систем можно оценить, исследуя динамику контролируемых и сопутствующих показателей в процессе прохождения серии тренингов с НБУ. Условно можно выделить три типа систем: адаптивные, средне адаптивные, дезадаптивные.

Дезадаптивные системы наиболее подвержены модификации, но требуют достаточно длительной коррекции (от 20 до 40 сеансов). Эффективность такой системы может быть увеличена на 25–27%. Адаптивные системы могут быть

модифицированы в процессе 10–20 тренировок на 4–5%. Эффект такой модификации ограничен физиологическими возможностями индивида. Средне адаптивные системы занимают промежуточное положение и могут быть модифицированы на 12–15% за небольшое количество сеансов (10–15).

Использование НБУ для формирования ПВК специалистов экстремального профиля и в спорте требует разработки новых протоколов тренировок по формированию и совершенствованию генерализованных и системных ПВК с учетом индивидуальных особенностей индивида и специфики его профессиональной или спортивной деятельности.

Исследование выполнено при поддержке гранта РГНФ (проект № 16-06-00924).

Литература

1. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. Москва: Медицина, 1968. 546 с.
2. Судаков К. В. Системное построение функций человека. <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-4-html/2.htm>
3. Тренажёры виртуальной реальности для армии РФ: тест-драйв ПМ. <https://www.porpmch.ru/weapon/338612-trenazhyery-virtualnoy-realnosti-dlya-armii-rf-test-drayv-pm/>
4. Фресс П., Пиаже Ж. Оптимум мотивации. Экспериментальная психология. Под ред. П.Фресса и Ж.Пиаже. Вып. 5, Прогресс, М., 1975, с. 119–125
5. Berger A.M., Davelaar E.J. Frontal alpha oscillations and attentional control: A virtual reality neurofeedback study // Neuroscience. 2017. pii: S0306-4522(17)30405-0.
6. Benjamin Strack, Michael Linden, Vietta Sue Wilson. Biofeedback & Neurofeedback Applications in Sport Psychology. Assoc. for Applied Psychophysiology and Biofeedback, 2011.
7. Evans, J. R. Handbook of neurofeedback: dynamics and clinical applications. 2007. New York: Haworth Medical Press.
8. Hammond D.C. Neurofeedback treatment of depression and anxiety // Journal of Adult Development. 2005. V.12. № 2–3. P.131–137
9. Lagos, L., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lehrer, P., Bates, M., and Pandina, R. Virtual reality assisted heart rate variability biofeedback as a strategy to improve performance: A case study. Biofeedback: A Clinical Journal, 2011, 39 (1), 15–20.
10. Tattenbaum, R. and Moss, D. Special issue: Advances in the application of biofeedback and neurofeedback for optimal performance. Biofeedback: A Clinical Journal, 2011, 39 (1), 1–3.
11. Thompson, M. and Thompson, L. Neurofeedback for stress management. In Principles and Practice of Stress Management, (P. M. Lehrer, R. L. Woolfolk and W. E. Sime, eds). New York: Guilford Publications. 2007. P. 249–287