

**СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ -
ИНСТИТУТА МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК/COUNCIL OF THE YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS OF THE STATE
SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN FEDERATION INSTITUTE FOR BIOMEDICAL
PROBLEMS OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES**



**XVII Конференция молодых учёных, специалистов и студентов,
посвящённая 100-летию со дня рождения академика О.Г. Газенко/
«XVII Conference of Young Scientists, Specialists and Students»
dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician
O.G. Gzenko**



17 апреля 2018, Москва/April 17 2018, Moscow.

In conclusion, 8-wk training-induced increase in the content of OXPHOS proteins is not associated with changes in their gene expression at rest and after a single exercise. On the contrary, the training-induced increase in the content of some transcriptional regulators is associated with the activation of their mRNA expression after a single exercise.

This work was supported by the Russian Science Foundation (grant no. 14-15-00768).

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ГОЛЕНИ У ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ХОДЬБЫ И БЕГА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Брыков В.И., Семенов Ю.С., Рукавишников И.В., Савеко А.А., Осецкий Н.Ю., Китов В.В.

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Организм человека при пребывании в космическом полёте подвергается ряду изменений, среди которых наиболее выраженными являются изменения в сенсомоторной системе, в частности – мышечной периферии и системе управления движениями (Григорьева Л.С. с соавт. 1983; Козловская И.Б. 1983-2008). После завершения как коротких, так и длительных космических полетов (КП), непосредственно после приземления обнаруживаются изменения кинематики локомоций (Киренская А.В., Козловская И.Б., Сирота М.Г. 1986; Козловская И. Б. и др. 1979), регистрируются нарушения локомоторных функций у космонавтов (Мельник К.А. с соавт. 2003; Шпаков А.В. с соавт. 2008). Для установления вклада факторов космического полета в формирование локомоторных нарушений и возможности их коррекции представлялось рациональным исследовать характеристики локомоций, выполняемых в невесомости на бегущей дорожке.

Исследование проведено в рамках космического эксперимента «Мотокард», выполняющегося при участии российских членов экипажей на борту Международной космической станции (МКС). В эксперименте приняли участие 17 членов экипажей МКС, длительность полетов которых составляла от 5 до 12 месяцев. До начала КП и после его завершения проводилось по две сессии эксперимента. В ходе КП исследования проводились в конце каждого месяца полета. В каждом исследовании выполнялся ступенчатый локомоторный тест в двух режимах работы беговой дорожки: в пассивном, при котором полотно проталкивалось силой ног космонавта, и активном режиме, при котором полотно приводилось в движение электроприводами. Осуществляемая космонавтами локомоторная тренировка состояла из 5 этапов: разминочной ходьбы, медленного, среднего и быстрого бега и заминочной ходьбы. Скорость ходьбы/бега космонавты выбирали самостоятельно, по самочувствию, циклограмма содержала только ориентировочные значения. Аксиальная нагрузка при беге в условиях невесомости обеспечивается специальным тренировочно-нагрузочным костюмом, подсоединенным карабинами к системе притяга, который обеспечивает контакт с беговой дорожкой и создает нагрузку на теле оператора равную, как правило, 50-70% от наземного веса космонавта.

При выполнении теста регистрировали скорость ходьбы и бега, пройденную дистанцию, частоту сердечных сокращений и электромиографическую активность латеральной головки четырёхглавой мышцы бедра и 3-х мышц голени: медиальной головки икроножной мышцы, камбаловидной и передней большеберцовой мышц. Рассчитывается интегральная миограмма: по исходным записям с удаленной постоянной составляющей вычисляется временной ряд абсолютных значений напряжения, затем производится сглаживание с помощью скользящего среднего с окном 15 мс. С помощью найденных границ пачек по интегрированной миограмме для каждой пачки вычисляется: максимальное значение напряжения – амплитуда; площадь под кривой абсолютных значений напряжения от времени – площадь пачки; длительность пачки; период следования пачек для каждой пары найденных пачек, по нему вычисляется обратная величина - частота следования пачек.

Анализ электромиографической активности мышц голени показал, что как в земных условиях, так и в ходе полетных сессий эксперимента при выполнении локомоций в пассивном режиме бегущей дорожки амплитуда электромиографической пачечной активности была выше, чем при локомоциях в режиме активном для всех исследуемых мышц, кроме *m. Tibialis*. Рассмотрение нормированной амплитуды ЭМГ (внесение поправки на величину весовой нагрузки – притяг) показало, что ЭМГ-стоимость локомоций в ходе полета по сравнению с фоновыми исследованиями существенно увеличивается во всех исследуемых мышцах. Дальнейший анализ данных представляется значимым для корректировки режимов локомоторных тренировок в продолжительных космических экспедициях и улучшения реабилитационных подходов к нарушениям опорно-двигательного аппарата после КП.

Исследование поддержано государственной корпорацией «Роскосмос».

ELECTROMYOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF HUMAN MUSCLES ACTIVITY DURING WALKING AND RUNNING UNDER CONDITIONS OF SPACE FLIGHT

Brykov V.I., Semenov Yu.S., Rukavishnikov I.V., Saveko A.A., Osetskiy N.Yu., Kitov V.V.
RF SSC – Institute of Biomedical Problems of the RAS, Moscow

The human body undergoes a number of changes while staying in space flight, among which the most pronounced are changes in the sensorimotor system, in particular - the muscular periphery and the system of movement control (Grigorieva LS, co-author 1983, Kozlovskaya IB 1983-2008) . After completion of both short and long space flights (SF), immediately after landing, changes in the kinematics of locomotion are detected (Kirenskaya AV, Kozlovskaya IB, Sirota MG 1986 Kozlovskaya IB et al 1979), alterations of locomotor functions in cosmonauts were revealed (Melnik KA, et al., 2003; Shpakov AV, et al., 2008). To establish the contribution of space flight factors to the formation of locomotor disorders and the possibility of their correction, it seemed rational to investigate the characteristics of locomotions performed in weightlessness on a treadmill.

The study was carried out in the framework of the space experiment "Motocard", performed with the participation of Russian crew members aboard the International Space Station (ISS). 17 ISS crew members took part in the experiment, the duration of space flight was 5 to 12 months. Before the beginning of the (SF) and after its completion, two sessions of the experiment were conducted. During the (SF), investigations were conducted at the end of each month of the flight. In each study, a locomotor test was carried out in two modes of treadmill working: in the passive mode, where the treadmill surface was pushed by the strength of the cosmonauts feet, and the active mode in which the surface was driven by electric drives. The cosmonauts' locomotor training consisted of 5 stages: warm-up walking, slow, medium and fast running and final walking. The cosmonauts chose the walking / running speed independently, according to the state of health, the cyclogram contained only recommended values. The axial load during running in zero-gravity conditions is provided by a special training-loaded suit, attached to BD-2 system by special bungees, which provides contact with the treadmill and creates a load on the body of the operator, which is usually 50-70% of the terrestrial weight of the cosmonaut.

During the test, the walking and running speed, distance traveled, heart rate and electromyographic activity of the lateral head of *m. quadriceps femoris* and 3 muscles of the calf were recorded: the medial head of *gastrocnemius* muscle, *soleus* and *anterior tibialis* muscle. The integral myogram (EMG) is calculated: from the initial records with the remote constant component, the time series of the absolute values of the voltage is calculated, then the smoothing is performed using a moving average with a window of 15 ms. With the help of the found borders of the packets for the integrated myogram, the following is calculated for each burst: the peak amplitude; the area under the curve of the absolute values of the voltage versus time (the area of the burst); the duration and frequency of the burst.

The analysis of the shin and hip muscles electromyographic activity showed that, both under

terrestrial conditions and during flight experiment sessions, when carrying out locomotions in the passive mode of treadmill, the amplitude of electromyographic burst activity was higher than for locomotions in the active mode of treadmill in all the muscles under study except m. tibialis. Examination of the normalized EMG amplitude (taking into account the weight of the cosmonaut on Earth and the value of axial loading in SF) showed that the EMG cost of locomotion in flight compared with background studies increases significantly in all the muscles under study. Further analysis of data seems to be significant for correcting the regimes of locomotor training in long space expeditions and improving rehabilitation approaches to musculoskeletal disorders after SF.

The study is supported by the state corporation «Roscosmos».

ФАКТОРЫ, МОДУЛИРУЮЩИЕ ИММУНОСУПРЕССИВНУЮ АКТИВНОСТЬ МУЛЬТИПОТЕНТНЫХ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК *INVITRO*

Горностаева А.Н., Бобылева П.И.

ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва

МСК (мультипотентные мезенхимальные стволовые клетки) представляют большой интерес для исследователей благодаря таким уникальным свойствам как высокая паракринная и пролиферативная активность, способность к мультилинейной дифференцировке. Их низкая иммуногенность в сочетании с иммуномодуляторными свойствами делает возможным применение аллогенных МСК. Однако, несмотря на то, что иммуномодуляторный потенциал МСК активно изучается, имеющиеся данные достаточно разнородны. Анализ литературных данных показал, что исход взаимодействия МСК и иммунцитов в значительной степени зависит от экспериментальных условий, а также от состояния самих клеток.

МСК. К настоящему моменту убедительно показано, что иммуномодуляторные эффекты стромальных клеток из разных тканей могут отличаться (Carrade Holt D.D. et al., 2014). МСК способны модулировать ответ как аутологичных, так и аллогенных иммунцитов. В некоторых экспериментальных моделях аллогенные МСК более эффективно подавляют пролиферативную активность ЕК, чем аутологичные (Maccario R. et al., 2005). Существуют определенные различия в реализации эффектов в зависимости от видовой принадлежности стромальных клеток. Установлено, что у мышей супрессия реализуется посредством NO, в то время как для человека и всех изученных видов животных показан ИДО-зависимый механизм (Kim D.S. et al., 2014).

Иммуносупрессивный эффект МСК, находящихся в разных фазах роста, отличается: в состоянии монослоя они подавляют пролиферацию лимфоцитов эффективнее. Это связано с тем, что растущие МСК экспрессируют в основном гены отвечающие за пролиферацию, клеточный цикл и тд., а экспрессия белков, связанных с реализацией провоспалительных свойств, находится на высоком уровне у МСК достигших 90% монослоя (Kim D.S. et al., 2014).

Еще одним фактором, влияющим на супрессивные свойства МСК, является количество пассажей *in vitro*. Показано, что свежeweделенные стромальные предшественники не проявляют супрессивных свойств, в то время как МСК 1-4 пассажей обладают выраженным иммуномодуляторным эффектом, далее, с увеличением пассажа, иммуносупрессивный потенциал МСК снижается (McIntosh K. et al., 2006, Lin C.S. et al., 2012).

Важным фактором, способным влиять на иммуномодуляторные свойства МСК, является степень их коммитированности. Le Blanc с соавторами показали, что после индукции дифференцировки в остео-, адипо- и хондрогенном направлении МСК подавляют пролиферативный ответ лимфоцитов так же эффективно как и в недифференцированном состоянии (Le Blanc K. et al., 2003). Для эффективной иммуносупрессии необходима провоспалительная индукция МСК, которая происходит при «диалоге» с активированными