Дата публикации: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_21
УДК 612.821.8; 612.833.8

Publication date: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_21
UDC 612.821.8; 612.833.8

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БОС-ТРЕНИНГА ПО β-РИТМУ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ПОСЛЕПОЛЕТНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ КОСМОНАВТОВ

Н.В. Лунина[1,2], Ю.В. Корягина[2]

[1]Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, г. Москва, Россия

[2]Северо-кавказский федеральный научно-клинический центр ФМБА России, г. Ессентуки, Россия

Аннотация. В статье представлены перспективы и обоснование применения БОС-тренинга по β-ритму головного мозга при коррекции отклонений психофизиологических показателей (или психофизиологического состояния) в послеполетной реабилитации космонавтов. Анализ мета-данных по изучению негативного влияния на организм факторов, связанных с космическими полетами, и изучение эффектов, полученных от применения БОС-тренингов у спортсменов, профессиональная деятельность которых, наряду с космонавтами, относится к разряду экстремальных, позволяют обосновать целесообразность применения технологии нейробиоуправления по β-ритму головного мозга для коррекции психофизиологического состояния в послеполетной реабилитации космонавтов.

Ключевые слова: космонавты, психофизиологическое состояние, нейробиоуправление, БОС-тренинг, β-ритм головного мозга, послеполетная реабилитация.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF BIOFEEDBACK TRAINING ON THE BETA RHYTHM OF THE BRAIN IN THE POST-FLIGHT REHABILITATION OF ASTRONAUTS

N.V. Lunina[1,2], Yu.V. Koryagina[2]

[1]Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

[2]FSBI "North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, Russia

Annotation. The article presents the prospects and rationale for the use of biofeedback training on the beta rhythm of the brain in the correction of deviations of psychophysiological parameters (or psychophysiological state) in the post-flight rehabilitation of astronauts. Analysis of metadata on the study of the negative impact on the body of factors associated with space flights and the study of the effects obtained from the use of biofeedback training in athletes whose professional activities, along with astronauts, belong to the category of extreme ones, make it possible to substantiate the expediency of applying neurobiofeedback technology for beta rhythm of the brain for the correction of the psychophysiological state during the post-flight rehabilitation of astronauts.

Keywords: astronauts, psychophysiological state, neurofeedback, biofeedback training, beta rhythm of the brain, post-flight rehabilitation.

Введение. Аналитический обзор и систематизация данных перспективных исследований, выполняемых в ведущих российских и зарубежных научных центрах по направлениям, связанным с изучением психофизического состояния, технологий послеполетного восстановления и реабилитации космонавтов, показал, что особенности функционального состояния, процессов реадаптации, а следовательно, и послеполетной медицинской реабилитации определяются длительностью и условиями полета, индивидуальными функциональными особенностями и психофизическим состоянием космонавтов до полета, физиологическими закономерностями протекания общих реадаптационных процессов [1-2].

Исследования воздействия факторов космического полета на нервную систему

космонавтов свидетельствуют о многообразии функционально-морфологических изменений головного мозга при осуществлении космических миссий.

При осуществлении космических миссий воздействие факторов космического полёта на нервную систему космонавтов представлено многообразием функционально-морфологических изменений головного мозга. Степень выраженности изменений связана с кумулятивным воздействием факторов космического полета, к которым относят микрогравитацию, космическое излучение, длительность полета. Наибольшие изменения происходят в областях мозга, ассоциированных с когнитивно-поведенческими и вербально-логическими функциями, с принятием решений, с зрительно-вестибулярными реакциями [3-4], сопровождающимися изменениями со стороны церебральной и центральной гемодинамики.

Гемодинамические нарушения церебрального и центрального характера наблюдаются как в условиях относительного покоя, так и при функциональных пробах с дозированной физической нагрузкой [5-6]. В ходе космического полета отмечается гипертонический тип кровообращения (ГТК), что является высоким фактором риска развития артериальной гипертензии. Расстраивается общее и удельное периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, УПСС), что неблагоприятно сказывается на состоянии сосудов нижних конечностей, преимущественно вен голени, ухудшая венозный возврат, наиболее выраженный при физической нагрузке. Отмечается детренированность сердечно-сосудистой системы (ССС) в целом, отражающаяся в снижении ортостатической устойчивости (один из значимых критериев оценки функционального состояния космонавтов), и на состоянии сосудов, в частности, выражающейся в увеличении их емкости и растяжимости сосудов, что связано с условиями невесомости и гравитационными нагрузками в ходе космического полета.

Мониторинг функционального состояния в ходе космического полета посредством метода оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР) позволяет спрогнозировать вероятность перехода из состояния физиологической нормы в донозологическое или преморбидное состояния [7], при учете индивидуального типа вегетативной регуляции и исходных функциональных резервов организма космонавтов.

Кроме того, малоизученными остаются вопросы изменения функционального состояния дыхательной системы под влиянием факторов космического полета [8], малочисленны сведения о механизмах реадаптации дыхательной и кислородтранспортных систем в послеполетный период при имеющихся сведениях [9-11] негативного влияния факторов космического полета на систему крови и иммунитет, что требует дальнейшего изучения данных вопросов.

Воздействие факторов космического полета, преимущественно микрогравитации, вызывая системные изменения в центральной нервной системе, нервно-мышечном и опорно-двигательном аппаратах, в кислородтранспортной, энергетической, метаболической и прочих системах, снижая их функции, оказывает неблагоприятное влияние на работоспособность космонавтов [12-16].

Анализ системного влияния факторов космического полета, преимущественно микрогравитации и гиподинамии на организм космонавтов, является базой для разработки и применения инновационных и традиционных комплексных реабилитационных мероприятий, направленных на нивелирование отклонений в системах организма космонавтов в послеполетный период.

Цель исследования. Обосновать целесообразность применения технологии нейробиоуправления по β-ритму головного мозга для коррекции психофизиологического состояния в послеполетной реабилитации космонавтов.

Методы и материалы исследования. В работе применялся метод контент-анализа научно-исследовательских работ отечественных и зарубежных авторов, представленные в рецензируемых научных изданиях, российских и зарубежных базах данных. Всего проанализировано 215 источников, отобрано 34.

Результаты исследований и их обсуждение. Технология нейробиоуправления, без применения инвазивных и фармакологических средств, воздействуя по параметрам электроэнцефалограммы (ЭЭГ) посредством направленного изменения нейромодуляторного влияния ствола мозга и церебральной гемодинамики, оказывает влияние на фундаментальные ритмические механизмы головного мозга, способствуя формированию новых нейронных ансамблей, повышению пластичности нейронных сетей [18, 19, 20], способствуя системным изменениям в функционировании организма человека в зависимости от регулируемого параметра и продолжительности воздействия. Эффективность клинического применения нейробиоуправления доказана в различных отраслях медицины [20-23], использованием в коррекционной [19, 20] и педагогической [20, 22, 23] практике, в спортивной деятельности [18, 20, 21, 22, 24, 25, 30, 31, 32, 33, 34].

Овладение навыками управления центральными механизмами регуляции приводит к стабильному функционированию центральной нервной системы в целом [20, 21, 22, 23], что благоприятно сказывается на эффективности и продуктивности любого рода деятельности [19, 20,21, 22, 23, 26], в том числе и у профессиональных спортсменов [18, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34], деятельность которых, наряду с космонавтами по числу и интенсивности воздействий факторов среды, относят к разряду экстремальной.

Нейробиоуправление, способствуя направленному изменению биоэлектрической активности головного мозга, нормализует механизмы ее активации, улучшает кортикальную стабильность, способствуя нормализации в функционировании систем организма [27].

Под влиянием нейробиоуправления по β-ритму головного мозга происходит восполнение психофизиологических ресурсов [28], улучшение когнитивных процессов (памяти, внимания, мышления и пр.) [28], снижается тревожность [29], стабилизируется эмоционально-волевая сфера, совершенствуются эндогенные хронобиологические процессы [30], устраняя явления десинхронозов.

Нейробиоуправление, оптимизируя взаимодействия различных отделов в регуляции деятельности сердечного ритма, оказывает положительное влияние на его функционирование в зависимости от исходного вегетативного статуса, продолжительности курса тренинговых воздействий, применяемых вариантов представления (графический, игровой) регулируемого параметра [31].

Изменения церебральной гемодинамики под влиянием нейробиоуправления отражается на функционировании центральной и периферической систем кровообращения [32], с модификацией механизмов адаптации срочного реагирования [32] и кумулятивных эффектов [33] в зависимости от продолжительности курса тренинговых воздействий. Получены данные о корригирующем влиянии нейробиоуправления по β-ритму на состояние напряжённого функционирования ССС, выраженное в гипертоническом типе кровообращения с формированием оптимального функционирования ССС и переходом на нормотонический и гипотонический типы кровообращения под воздействием БОС-тренингов по β-ритму [32, 33].

Исследования о тесном взаимодействии ритмов мозга как управляющего аппарата с реагирующей способностью нейромышечной системы как исполнительного аппарата у спортсменов [34] доказывает влияние состояния биоэлектрической активности мозга на работоспособность спортсменов и возможность ее направленного моделирования с помощью нейробиоуправления по β-ритму.

Результаты применения нейробиоуправления по β-ритму головного мозга у спортсменов, вид деятельности которых, наряду с космонавтами, относят к разряду экстремальных, убедительно доказывают обоснованность применения БОС-тренингов по β-ритму для нивелирования негативного воздействия факторов космического полета на организм космонавтов в послеполетной реабилитации.

В связи с вышеизложенным на базе ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (в Центре медико-биологических технологий г. Кисловодска) была разработана и апробирована у спортсменов методика игрового БОС-тренинга по β-ритму головного мозга.

Проводимые исследования осуществлялись с предварительного информирования и с добровольного согласия участников, одобренных локальным этическим комитетом ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России (протокол №1 от 10.02.2022 г.).

Игровой БОС-тренинг по β-ритму головного мозга проводили на системе БОС «Колибри» комплексной (компании «Нейротех») с одноканальной ЭЭГ-регистрацией и монополярным прикреплением беспроводного ЭЭГ-датчика на специальной ленте с электродной системой в левой височной области в отведении F-3 (по Международной системе «10-20»).

Продолжительность тренинга составляла 10 минут. Применялась игра «Полет», в которой подбиралась индивидуальная стратегия сосредоточения внимания (продуцирования β-ритма головного мозга) на фоне произвольного мышечного расслабления. Успешность выполнения заданных параметров подкреплялась биологической обратной связью в виде ускорения продвижения (полета) «сказочного дракона с пассажирами», с которыми себя ассоциировали участники БОС-тренинга (рис. 1). Оптимальность или эффективность выполнения задания определялась автоматически выставляемым коридором в горизонтальной траектории экрана, по которому было необходимо «провести» игровой объект. Число предпринимаемых попыток регламентировалось стандартизацией времени в 10 минут.

Протокол тренинга формировался автоматически с графическим представлением динамики β-ритма головного мозга (рис. 2) и оценкой эффективности предпринимаемых спортсменом попыток в текущем сеансе БОС-тренинга (рис. 3).

Представлялось максимальное (рис. 4) и среднее (рис. 5) время предпринятых игровых попыток спортсменом в ходе сеанса БОС-тренинга по β-ритму.



Рис. 1. Игровой сеанс БОС-тренинга по β-ритму головного мозга

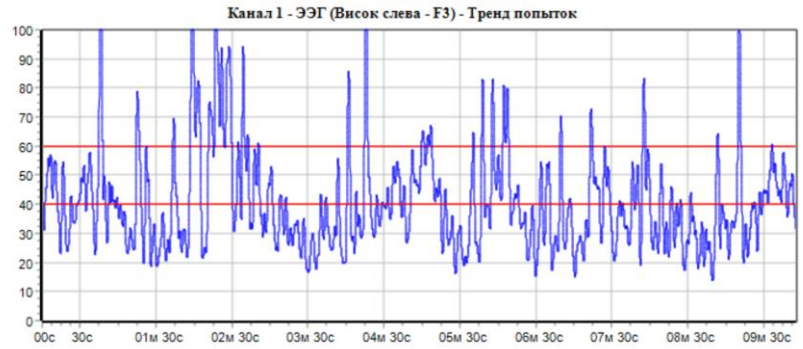


Рис. 2. Графическое представление динамики β-ритма головного мозга в ходе сеанса БОС-тренинга



Рис. 3. Оценка эффективности игровых попыток в ходе сеанса БОС-тренинга

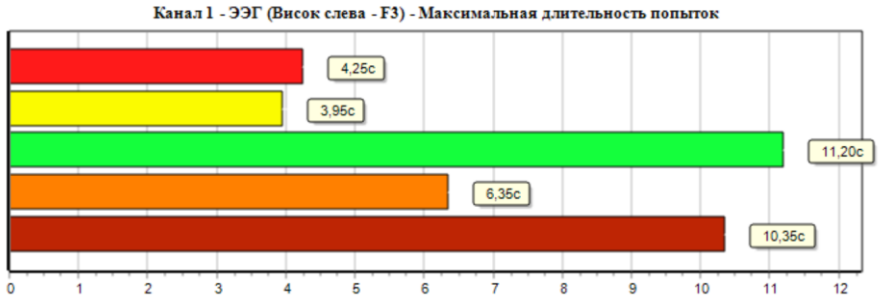


Рис. 4. Оценка максимальной продолжительности игровых попыток в ходе сеанса БОС-тренинга

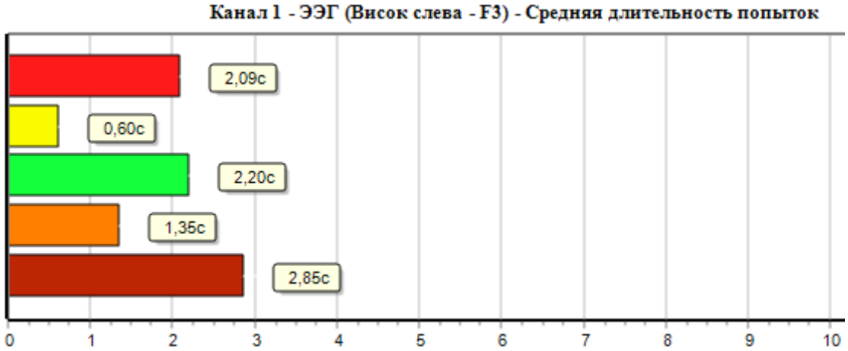


Рис. 5. Оценка средней продолжительности игровых попыток в ходе сеанса БОС-тренинга

Заключение. Контент-анализ научно-исследовательских работ отечественных и зарубежных авторов, представленных в рецензируемых научных изданиях, российских и зарубежных базах данных по изучению вопросов негативного влияния факторов космического полета на организм космонавтов и экспериментальных данных по применению нейробиоуправления по β-ритму головного мозга у спортсменов, деятельность которых, наряду с космонавтами, относится к разряду экстремальных, позволил обосновать применение БОС-тренинга по β-ритму головного мозга в послеполетной реабилитации космонавтов. Была разработана и апробирована на контингенте, аналогичном по виду деятельности, методика БОС-тренинга по β-ритму головного мозга, направленная на нивелирование негативного воздействия факторов космического полета в функционировании систем организма космонавтов на этапе послеполетной реабилитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костюк, Е. В. Методика оптимизации нейромышечного баланса мышечного корсета позвоночника у спортсменов на роботизированной системе «Кентавр» / Е. В. Костюк, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2017. – Т. 1. – №1 (1). – С.23-30.

2. Лебедева-Георгиевская, К. Б. Изменение функций ЦНС мелких лабораторных животных при моделировании радиационных и гравитационных факторов: автореферат дисс. ... канд. биол. наук. // Ксения Борисовна Лебедева-Георгиевская. – М, 2019. – 24 с.

3. Basner, M. Continuous and Intermittent Artificial Gravity as a Countermeasure to the Cognitive Effects of 60 Days of Head-Down Tilt Bed Rest / M. Basner, D. F. Dinges, K. Howard // Front. Physiol. – March 17, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2021.643854.

4. Roberts, D. R. Prolonged Microgravity Affects Human Brain Structure and Function / D. R. Roberts, D. Asemani, P. J. Nietert // AJNR Am J Neuroradiol. – Nov, 2019. – Vol. 40(11). – pp. 1878-1885. DOI: 10.3174/ajnr.A6249/ajnr.A6249.

5. Usui, N. Cortical areas related to performance of WAIS Digit Symbol Test: A functional imaging study / N. Usui, T. Haji, M. Maruyama // Neuroscience Letters. –September 29, 2009. – Vol. 463. – Issue 1. — pp. 1-5 DOI: https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.07.048.

6. The NASA Twins Study: A multidimensional analysis of a year-long human spaceflight / F. Garrett-Bakelman, M. Darshi, J. Stefan, S. Green // Science. – Apr 12, 2019. – Vol. 364, – Issue 6436. – P. eaau8650 DOI: 10.1126/science.aau8650

7. Экспериментальные исследования по оценке выполнения космонавтами сложной операторской деятельности после длительного космического полёта на МКС в интересах осуществления полётов в дальний космос / Крикалёв С. К., Крючков Б. И., Харламов М. М. [и др.] // Пилотируемые полёты в космос. – 2013. – №4(9). – С. 24-36.

8. Mark, S.The Impact of Sex and Gender on Adaptation to Space: Executive Summary A NASA Decadal Review / S. Mark, G. B. I. Scott, D. B. Donoviel // Journal of Women's Health. – 2014. – Vol. 23. – № 11. DOI: https://doi.org/10.1089/jwh.2014.4914.

9. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы космонавтов в покое в длительных космических полетах / И.В. Алферова, В.Ф. Турчанинова, З.А. Голубчикова, В.Р. Лямин // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2002. – Т. 36. – №. 4. – С. 20-25.

10.Реакция гемодинамических показателей на пробу с дозированной физической нагрузкой в зависимости от типа кровообращения / Турчанинова В. Ф., Алферова И. В., Криволапов В. В. [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2017. – С. 94-103.

11.Анализ и оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы космонавтов в длительных космических полетах / И.В. Алферова, В.Ф. Турчанинова, З.А. Голубчикова, В.Р. Лямин // Физиология человека. – 2003. – Т. 29. – №. 6. – С. 5-11.

12.Котовская, А. Р. Особенности адаптации и дезадаптации сердечно-сосудистой системы человека в условиях космического полета / А. Р. Котовская, Г. А. Фомина // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 2. – С. 78-86.

13.Котовская, А. Р. Прогнозирование ортостатической устойчивости человека по изменениям артериальной и венозной гемодинамики в условиях невесомости / А. Р. Котовская,

Г. А. Фомина // Физиология человека. – 2013. – Т. 39. – №. 5. – С. 25-25.

14.Связь гемодинамических расстройств у космонавтов в условиях кратковременных космических полетов с ортостатической устойчивостью/Г.А. Фомина, А.Р. Котовская, А.Ф. Жернавков, В.И. Почуев // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2005. – Т. 39. – № 3. – С.14-20.

15.Котовская, А. Р. Изменение состояния вен нижних конечностей космонавтов в длительных космических полетах / А. Р. Котовская, Г. А. Фомина, А. В. Сальников // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2015. – Т. 49. – №. 5. – С. 5-10.

16.Фомина, Г. А. Изменения венозной гемодинамики человека в длительных космических полетах / Г. А. Фомина, А. Р. Котовская // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2005. – Т. 39. – №. 4. – С. 25-30.

17.Котовская, А. Р. Изменения основных показателей состояния вен нижних конечностей космонавтов в ходе годовых космических полетов / А. Р. Котовская, Г. А. Фомина // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2016. – Т. 50. – №. 6. – С. 5-10.

18.Лунина, Н. В. Взаимосвязи ритмологической активности головного мозга с психомоторными характеристиками у подростков, специализирующихся в водном поло / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_29.

19. Джос, Ю. С. Возможности применения нейробиоуправления для повышения функциональных способностей головного мозга (обзор) / Ю. С. Джос, И. А. Меньшикова // Журн. мед.-биол. исследований. – 2019. – Т. 7. – № 3. – С. 338-348. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338.

20.Джос, Ю. С. Изменение полной мощности бета- и тета-диапазонов при использовании ЭЭГ-биоуправления у младших школьников с трудностями произвольной регуляции / Ю. С. Джос, И. А. Меньшикова // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 331-340. DOI: 10.37482/2687-1491-Z025.

21.Штарк, М. Б. Применение электроэнцефалографического биоуправления в клинической практике (литературный обзор) / М. Б. Штарк, А. Б. Скок // Биоуправление – 3: Теория и практика. Новосибирск, 1998. – С. 131-139.

22.Долецкий, А. Н. Нейрофизиологические механизмы адаптивного биоуправления и пути повышения его эффективности: автореферат дисс. ... д-ра. мед. наук / Алексей Николаевич Долецкий. – Волгоград, 2012. – 50 с.

23.Фокина, Ю. О. Возможные механизмы действия биологической обратной связи по электроэнцефалограмме / Ю. О. Фокина, В. Б. Павленко, А. М. Куличенко // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. – 2008. – Т. 21(60). – № 1. – С. 107-116.

24.Использование технологий биологической обратной связи в тренировочном процессе боксеров высокой квалификации / Р.М. Муфтахина, А.Л. Линтварев, С.Т. Аслаев, Э.Ш. Шаяхметова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1.

25.Психофизиологические закономерности адаптации боксеров высокой квалификации к физическим нагрузкам: монография / Э.Ш. Шаяхметова, Э.Р. Румянцева, Р.М. Муфтахина, А.Л. Линтварев. – Санкт-Петербург: НПЦ ПСИ, 2014. – 176 с.

26.Карданов, А. Х. Сравнительная характеристика проявления свойств внимания у спортсменов различных специализаций / А. Х. Карданов, Е. В. Карданова // Вестник магистратуры. – 2016. – Т. II. – № 6(57). – С. 84-86.

27.Лунина, Н. В. Биоуправление как инновационный метод немедикаментозной коррекции функционального состояния спортсменов / Н. В. Лунина / Спортивные студенческие события: Инновации для наследия и устойчивого развития. Всемирная конференция Международной федерации университетского спорта «Инновации – Образование – Спорт»: тезисы докладов. Красноярск: ООО РПК «АртСтиль», 2019. – С. 241-244.

28. Лунина, Н. В. Психофизиологические эффекты применения бета-стимулирующего тренинга у спортсменов с различным вегетативным обеспечением кардиоритма / Н. В. Лунина / Физическая культура и спорт в жизни студенческой молодежи: сборник статей научно-практической конференции с Международным участием, посвященная 70-летию Победы в Великой Отечественной Войне. – Омск: ОГИС, 2015. – 3 с.

29.Лунина, Н. В. Изменения теплового гомеостаза и уровня тревожности спортсменов в процессе нейробиоуправления по бета-ритму / Н. В. Лунина // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 4. – С. 106-107.

30.Лунина, Н. В. Оптимизация психофизиологического состояния спортсменов влиянием бетастимулирующего тренинга на организм /

Н. В. Лунина, И. Н. Калинина. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2012. – 150 с.
31.Лунина, Н. В. Применение различных вариантов бета-стимулирующего тренинга у студентов физкультурного вуза с учетом исходного вегетативного тонуса / Н. В. Лунина, И. Н. Калинина // Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия образование, здравоохранение, физическая культура. – 2006. – Том 1. – Выпуск 7. – № 3(58). – С. 48-51.
32.Лунина, Н. В. Особенности срочной адаптации системы кровообращения спортсменов с различным вегетативным статусом в процессе нейробиоуправления / Н. В. Лунина // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 4. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_19
33.Лунина, Н. В. Кумулятивное влияние курса нейробиоуправления по бета-ритму на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы спортсменов / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_28/
34.Лунина, Н. В. Взаимосвязи регулирующего и исполнительного аппарата нервно-мышечной системы спортсменов при изучении реагирующей способности / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_13.

REFERENCES

1. Kostyuk E.V., Koryagina Yu.V. The method of optimization of the neuro-muscular balance of the spine muscular corset in athletes on the “Centaur” system. *Modern Issues of Biomedicine*, 2017, vol. 1, no. 1 (1), pp .23-30. (in Russ.)
2. Lebedeva-Georgievskaya K.B. Changes in the functions of the central nervous system of small laboratory animals in the modeling of radiation and gravitational factors: an author’s abstract. Moscow, 2019. 24 p. (in Russ.)
3. Basner M., Dinges D.F., Howard K. Continuous and Intermittent Artificial Gravity as a Countermeasure to the Cognitive Effects of 60 Days of Head-Down Tilt Bed Rest. *Front. Physiol*, March 17th, 2021. DOI: https://doi.org/10.3389/fphys.2021.643854.
4. Roberts D.R., Asemani D., Nietert P.J. Prolonged Microgravity Affects Human Brain Structure and Function. *AJNR Am J Neuroradiol*, Nov 2019, vol. 40(11), pp. 1878-1885. DOI: 10.3174/ajnr.A6249/ajnr.A6249.
5. Usui N., Haji T., Maruyama M. Cortical areas related to performance of WAIS Digit Symbol Test: A functional imaging study. *Neuroscience Letters*, vol. 463, issue 1, September 29th, 2009, pp. 1-5 DOI: https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.07.048
6. Garrett-Bakelman F.E., Darshi M., Stefan J., Green S.J. The NASA Twins Study: A multidimensional analysis of a year-long human spaceflight. *Scienc*e, Apr 12th, 2019, vol. 364, issue 6436, p. eaau8650 DOI: 10.1126/science.aau8650.
7. Krikalev S.K., Kryuchkov B.I., Kharlamov M.M., Novitskij O.V., Tarelkin E.I., Kuritsyn A.A., Dolgov P.P., Pochuev V.I., Sokhin I.G., Oreshkin G.D. Experimental assessment of carrying out complex operator activity by cosmonauts after long-duration mission aboard the ISS in the interests of human space exploration beyond low-earth orbit. *Pilotiruemye polyoty v kosmos*, 2013, no. 4 (9), pp. 24-36. (in Russ.)
8. Mark S., Scott G.B.I, Donoviel D.B. The Impact of Sex and Gender on Adaptation to Space: Executive Summary A NASA Decadal Review. *Journal of Women's Health*, 2014, vol. 23, no. 11. DOI: https://doi.org/10.1089/jwh.2014.4914
9. Alferova I.V., Turchaninova V.F., Golubchikova Z.A., Lyamin V.R. Functional state of the cardiovascular system of astronauts at rest during long-term space flights. *Aerospace and Environmental Medicine*, 2002, vol. 36, no. 4, pp. 20-25. (in Russ.)
10.Turchaninova V.F., Alferova I.V., Krivolapov V.V., Khorosheva E.G., Shushunova T.G., Monastyrev A.A., Frost S.N. Response of hemodynamic parameters to a test with dosed physical activity depending on the type of blood circulation. *Pilotiruemye polyoty v kosmos*, 2017, pp. 94-103. (in Russ.)
11.Alferova I.V., Turchaninova V.F., Golubchikova Z.A., Lyamin V.R. Analysis and assessment of the functional state of the cardiovascular system of astronauts in long-term space flights. *Human Physiology*, 2003, vol. 29, no. 6, pp. 5-11. (in Russ.)
12.Kotovskaya A.R., Fomina G.A. Characteristics of adaptation and maladaptation of human cardiovascular system under space flight conditions. *Human Physiology*, 2010, vol. 36, no. 2, pp. 78-86. (in Russ.)
13.Kotovskaya A.R., Fomina G.A. Prediction of human orthostatic tolerance by changes in arterial and venous hemodynamics in the microgravity environment. *Human Physiology*, 2013, vol. 39, no. 5, pp. 25-25. (in Russ.)

14.Fomina G.A., Kotovskaya A.R., Zhernavkov A.F., Pochuev V.I. Relation of hemodynamic disorders in astronauts during short-term space flights to the orthostatic stability. *Aerospace and Environmental Medicine*, 2005, vol. 39, no. 3, pp. 14-20. (in Russ.)
15.Kotovskaya A.R., Fomina G.A., Sal'nikov A.V. Changes in the state of the veins of the lower extremities of astronauts during long-term space flights. *Aerospace and Environmental Medicine*, 2015, vol. 49, no. 5, pp. 5-10. (in Russ.)
16.Fomina G.A., Kotovskaya A.R. Changes in human venous hemodynamics during long-term space flights. *Aerospace and Environmental Medicine*, 2005, vol. 39, no. 4, pp. 25-30. (in Russ.)
17.Kotovskaya A.R., Fomina G.A. Changes in the main indicators of the condition of the veins of the lower extremities of cosmonauts during annual space flights. *Aerospace and Environmental Medicine*, 2016, vol. 50, no. 6, pp. 5-10. (in Russ.)
18.Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Relations of the brain rhythmological activity with psychomotor characteristics in adolescent water polo players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_29. (in Russ.)
19.Dzhos Yu.S., Menshikova I.A. Possible use of neurofeedback to increase the functional capacity of the brain (review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 338-348. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338. (in Russ.)
20.Dzhos Yu.S., Menshikova I.A. Changes in the total power of the beta and theta ranges using EEG biofeedback in younger schoolchildren with voluntary regulation difficulties. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 331-340. DOI: 10.37482/2687-1491-Z025. (in Russ.)
21.Shtark M.B., Skok A.B. Application of electroencephalographic biofeedback in clinical practice (literature review). Biofeedback – 3: Theory and practice. Novosibirsk, 1998. p. 131-139. (in Russ.)
22.Doletskij A. N. Neurophysiological mechanisms of adaptive biofeedback and ways to improve its efficiency: an author's abstract. Volgograd, 2012. 50 p. (in Russ.)
23.Fokina Yu.O., Pavlenko V.B., Kulichenko A.M. The possible mechanisms of neurofeedback action. *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. I. Vernadskogo. Series "Biology, chemistry"*, 2008, vol. 21(60), no. 1, pp. 107-116. (in Russ.)
24.Muftakhina R.M., Lintvarev A.L., Aslaev S.T., Shayakhmetova E.Sh. The use of biofeedback technologies in the training process of elite boxers. *Modern problems of science and education*, 2015, no. 1-1. (in Russ.)
25.Shayakhmetova E.Sh. Rumyantsev E.R., Muftakhina R.M., Lintvarev A.L. Psychophysiological patterns of adaptation of highly qualified boxers to physical loads: a monograph. St. Petersburg: NPTs PSI, 2014. 176 p. (in Russ.)
26.Kardanov A.Kh., Kardanova E.V. Comparative description of the signs of the attention properties in athletes of various specialization. *Vestnik Magistratury*, 2016, vol. II, no. 6(57), pp. 84-86. (in Russ.)
27.Lunina N.V. Biofeedback as an innovative method of non-drug correction of the functional state of athletes. Student Sports Events: Innovations for Heritage and Sustainable Development. World Conference of the International University Sports Federation "Innovation – Education – Sport": abstracts. Krasnoyarsk: LLC "ArtStil", 2019, pp. 241-244. (in Russ.)
28.Lunina N.V. Psychophysiological effects of using the beta-stimulating training for athletes with different autonomic support of the heart rate. Physical Culture and Sport in the Life of Students: a collection of articles from the Scientific and Practical Conference with International Participation dedicated to the 70th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. Omsk: OGIS, 2015. 3 p. (in Russ.)
29.Lunina N.V. Changes in thermal homeostasis and the anxiety level in athletes during the process of neurofeedback on the beta rhythm. *Sports Medicine: Science and Practice*, 2015, no. 4, pp.106-107. (in Russ.)
30.Lunina N.V. Kalinina I.N. Optimizing the psychophysiological state of athletes with the beta-stimulating training: a monograph. Omsk: Publishing house of Omsk State University, 2012. 150 p. (in Russ.)
31.Lunina N.V. Kalinina I.N. The use of various options for beta-stimulating training among students of a sports university, taking into account the initial autonomic tone. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura*, 2006, vol. 1, issue 7, no. 3(58), pp. 48-51. (in Russ.)
32.Lunina N.V. Features of urgent adaptation of the blood circulation system to the neurofeedback session in athletes with various vegetative cardiac activities. *Modern Issues of Biomedicin*e, 2021, vol. 4, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_04_19. (in Russ.)
33.Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Cumulative effect of the beta rhythm neurobiofeedback course on the functional state of the cardiovascular system

of athletes. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_28. (in Russ.)
34.Lunina N.V. Koryagina Yu.V. Interrelations of the regulatory and executive apparatus of the neuromuscular system of athletes in the study of reactivity. *Modern Issues of Biomedicin*e, 2022, vol. 6, no. 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_01_13. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Владимировна Лунина – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры Физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини, «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», Москва; старший научный сотрудник центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Юлия Владиславовна Корягина – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: nauka@skfmba.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natal'ya Vladimirovna Lunina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Improving Physical Culture named after I.M. Sarkizov-Serazini, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow; Senior Researcher Center for Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Yulia Vladislavovna Koryagina – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: nauka@skfmba.ru.

Для цитирования: Лунина, Н. В. Перспективы применения БОС-тренинга по β-ритму головного мозга в послеполетной реабилитации космонавтов / Н. В. Лунина, Ю. В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_21

For citation: Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Prospects for the application of biofeedback training on the beta rhythm of the brain in the post-flight rehabilitation of astronauts. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_21