



Психофизиологические технологии с применением метода биологической обратной связи: аналитический обзор

Костенко Е.В.^{1,2}, Котельникова А.В.^{1,*}, Погонченкова И.В.¹, Петрова Л.В.¹,
 Хаустова А.В.¹, Филиппов М.С.¹, Каверина Е.В.¹

¹ ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

² ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Распространенность постинсультных двигательных и нейропсихологических расстройств велика, однако эти виды нарушений обычно рассматриваются без взаимосвязи друг с другом, также и методы реабилитации рассматриваются в контексте монодоменного влияния на отдельные функции.

ЦЕЛЬ. Провести анализ имеющихся научных данных о роли психофизиологических технологий с биологической обратной связью (БОС) в области клинической медицины и медицинской реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ. Проанализировано 50 источников, 25 из которых — статьи высокого уровня доказательности (рандомизированные контролируемые исследования, метаанализы, систематические обзоры), опубликованные в базах данных Elibrary.ru, Medline, Web of Science, PubMed и Scopus за период 2009–2024 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Изучены комплексное действие метода БОС на физические симптомы и психологическое состояние пациентов, а также возможность использования физиологических показателей для адаптивного биоуправления. Наибольшее количество доказательств имеется о положительном влиянии технологии с использованием БОС на психоэмоциональное состояние пациентов и состояние сердечно-сосудистой системы. Значимые результаты получены при использовании БОС-электромиографического тренинга в комплексной терапии головной боли и связанных с ней эмоциональных расстройств. Все исследования имеют высокий уровень достоверности доказательств и убедительности рекомендаций. Большой прогресс достигнут в области разработки инновационных психофизиологических технологий, включая использование аппаратно-программных комплексов, электроэнцефалографии и нейроинтерфейсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Психофизиологические технологии с БОС демонстрируют эффективность в реабилитации пациентов с психосоматическими расстройствами, пограничными состояниями и рядом неврологических заболеваний (головная боль, эпилепсия, спинальная травма, инсульт). Необходимы дальнейшие исследования для формирования доказательной базы, уточнения механизмов действия и алгоритмов назначений с учетом физиологической и психологической составляющей лечебного или реабилитационного процесса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: психофизиологические технологии, биологическая обратная связь, медицинская реабилитация, нейроинтерфейс, виртуальная реальность, инсульт.

Для цитирования / For citation: Костенко Е.В., Котельникова А.В., Погонченкова И.В., Петрова Л.В., Хаустова А.В., Филиппов М.С., Каверина Е.В. Психофизиологические технологии с применением метода биологической обратной связи: аналитический обзор. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(3):77-91. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-77-91> [Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Petrova L.V., Khaustova A.V., Filippov M.S., Kaverina E.V. Psychophysiological Technologies Using the Biofeedback Method: an Analytical Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(3):77-91. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-77-91> (In Russ.)]

* **Для корреспонденции:** Котельникова Анастасия Владимировна, E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru; nauka-org@mail.ru; mnpdsm@zdrav.mos.ru.

Статья получена: 29.03.2024
Статья принята к печати: 31.05.2024
Статья опубликована: 17.06.2024

Psychophysiological Technologies Using the Biofeedback Method: an Analytical Review

 Elena V. Kostenko^{1,2},  Anastasia V. Kotelnikova^{1,*},  Irena V. Pogonchenkova¹,
 Liudmila V. Petrova¹,  Anna V. Khaustova¹,  Maksim S. Filippov¹,  Elena V. Kaverina¹

¹ Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. There is high prevalence of post-stroke motor and neuropsychological disorders. However, they are usually considered without interrelation with each other, and rehabilitation methods are also considered in the context of a monodomain effect on specific functions.

AIM. To analyze the available scientific evidence on the role of psychophysiological technologies with biofeedback in clinical medicine and medical rehabilitation.

MATERIALS. 50 sources were analyzed, 25 of which are high-level evidence-based articles (randomized controlled trials, meta-analyses, systematic reviews) published in databases Elibrary.ru, Medline, Web of Science, PubMed and Scopus for the period of 2009–2024.

RESULTS. The complex effect of the BFB method on the physical symptoms and psychological state of patients, as well as the possibility of using physiological indicators for adaptive biofeedback, has been studied. The greatest amount of evidence is available about the positive effect of technology using BFB on the psychoemotional state of patients and the state of the cardiovascular system. Significant results were obtained when using BFB-electromyographic-training in the complex therapy of headache and related emotional disorders. All studies have a high level of reliability of evidence and credibility of recommendations. Great progress has been made in the development of innovative psychophysiological technologies, including the use of hardware and software complexes, electroencephalography and neurointerfaces.

CONCLUSION. Psychophysiological technologies with BFB demonstrate effectiveness in the rehabilitation of patients with psychosomatic disorders, borderline conditions and a number of neurological diseases (headache, epilepsy, spinal injury, stroke). Further research is needed to form an evidence base, clarify the mechanisms of action and algorithms of prescriptions, taking into account the physiological and psychological component of the therapeutic or rehabilitation process.

KEYWORDS: psychophysical technologies, biofeedback, medical rehabilitation, neurointerface, virtual reality, stroke.

For citation: Kostenko E.V., Kotelnikova A.V., Pogonchenkova I.V., Petrova L.V., Khaustova A.V., Filippov M.S., Kaverina E.V. Psychophysiological Technologies Using the Biofeedback Method: an Analytical Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(3):77-91. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-3-77-91> (In Russ.).

* **For correspondence:** Anastasiya V. Kotelnikova, E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru, nauka-org@mail.ru, mnpcsm@zdrav.mos.ru.

Received: 29.03.2024

Accepted: 31.05.2024

Published: 17.06.2024

ВВЕДЕНИЕ

Психофизиологические технологии с использованием метода биологической обратной связи (БОС) являются эффективным современным подходом, позволяющим без инвазивных вмешательств улучшить функционирование организма путем инструментального обучения навыкам самоконтроля и саморегуляции. Теоретическими основами для разработки концепции метода БОС послужили исследования классического обусловливания И.П. Павлова, оперантного научения Б.Ф. Скиннера, теории функциональных систем П.К. Анохина и мозговой организации психической деятельности Н.П. Бехтерева, научные работы Н.Е. Миллера и ряда других авторов [1]. Метод БОС начал формироваться в конце 50-х годов XX в. в рамках клинической нейрофизиологии и первые работы были посвящены изучению возможностей управления альфа-ритмом [2]. Оспоренное впоследствии предположение, что произвольное управление альфа-ритмом позволит снижать интенсивность стресса, послужило началом ряда исследований в области регуляции мозговой активности для лечения эпилепсии, алкоголизма, синдрома дефицита

внимания и гиперактивности (СДВГ), а также других заболеваний [3–5].

Объектом регуляции методом БОС может стать любой параметр оценки жизнедеятельности организма: кожно-гальваническая реакция (КГР), кожная проводимость, электроэнцефалограмма (ЭЭГ), температура кожи, частота дыхательных движений (ЧДД), электрокардиограмма (ЭКГ), электромиограмма (ЭМГ), фотоплетизмограмма (ФПГ). Метод уникален своей универсальностью и неспецифичностью, поскольку оказывает воздействие на все системы организма, вовлеченные в регуляцию функционального состояния. На сегодняшний день БОС является одним из наиболее научно обоснованных методов биоуправления [6]. Количество исследований с использованием данной технологии неуклонно растет, что определяет потребность в систематизации имеющихся научных данных, в частности — типологизации БОС-инструментария, определения границ применимости различных устройств, алгоритмов назначений, показаний и противопоказаний с учетом физиологической и психологической составляющей лечебного или реабилитационного процесса.

ЦЕЛЬ

Провести анализ имеющихся научных данных о роли психофизиологических технологий с БОС в области клинической медицины и медицинской реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск источников проводился в базах данных Elibrary.ru, Medline, Web of Science, PubMed и Scopus и выявил первоначально 50 записей, из них 25 статей были включены в анализ, критериями которого явилось соответствие фундаментальным принципам доказательной медицины и временная отнесенность публикаций за период 2009–2024 гг. Использовались следующие ключевые слова: «психофизиологические технологии» (psychophysical technologies), «биологическая обратная связь» и «биоуправление» (biofeedback), «медицинская реабилитация» (medical rehabilitation), «нейроинтерфейс» (neurointerface), «виртуальная реальность» (virtual reality).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Психофизиологическая основа метода биоуправления состоит в организации на принципе БОС дополнительного сенсорного контроля над физиологическим процессом с возможностью последующей выработки ассоциативного (условно-рефлекторного) регулирования с целью направленного изменения выбранного параметра.

Концепции эффективности метода биоуправления

Регистрация и передача пациенту информации о его собственном функциональном состоянии, получаемой через различные датчики в режиме реального времени, позволяет обучить его коррекции нарушенной физиологической функции с участием произвольных и непроизвольных механизмов саморегуляции [7]. При проведении занятий происходит фиксация физиологических параметров организма (КГР, ЭЭГ, температура кожи, ЧДД, ЭКГ, ЭМГ, ФПГ и т. д.) и компьютерное преобразование их в сигналы обратной связи, воспринимаемые человеком в виде звукового или зрительного ряда. Поступление информации о физиологических параметрах в режиме реального времени дает возможность центральным анализаторам мозга мгновенно оценивать взаимосвязь телесных ощущений с целевыми изменениями и обучаться произвольному их воспроизведению.

Существует ряд предположений о механизмах, в соответствии с которыми достигается эффективность БОС. Первоначальная концепция ориентирована преимущественно на изменение двигательных стратегий и предполагает возможность для пациента при помощи аппаратных комплексов с БОС наблюдать за непроизвольными и неосознаваемыми процессами. При этом фокусировка внимания на симптомах и ощущениях, им предшествующих, с возможностью мониторинга физиологических коррелятов позволяет сформировать поведение, уменьшающее выраженность симптоматики [8].

Согласно когнитивной концепции, смещающей локус внимания на мысли пациента, тренировки с БОС меняют представление пациента о болезни, повышают ожидания положительных эффектов и мотивированность [9]. Обе концепции основаны на влиянии БОС-тренинга на преобразование изначально «неправильного» действия человека в новое, помогающее улучшить качество жизни.

Третья концепция полагает, что каждый человек обладает глубоким пониманием своего физического состояния и его функций, однако эти сведения скрыты по множеству причин. В таком случае БОС служит стимулирующим фактором, позволяющим «высвободить» собственные знания и вывести их на уровень сознания [10].

Доказательная база эффективности технологий БОС

За период 2020–2024 гг. наблюдается значительное увеличение числа научных публикаций по использованию технологий БОС в базе данных научной медицинской периодики PubMed. Разные авторы объясняют это недостаточной эффективностью традиционных методов фармакологического лечения [6, 11–17], наличием в настоящий момент углубленного понимания механизмов нейропластичности и необходимостью совершенствования имеющихся методов медицинской реабилитации (МР) [11, 18–21], а также стремительным развитием вычислительной техники, робототехники, методов записи мозговых сигналов и математических алгоритмов для их декодирования [21–22]. Таким образом, внедрение психофизиологических технологий с БОС в клиническую практику является своевременным и нуждается в дальнейшем изучении для формирования доказательной базы, уточнения механизмов действия и методологическом обосновании. Имеющиеся к настоящему моменту исследования с позиции доказательной медицины демонстрируют преимущественно средний уровень убедительности рекомендаций (УУР) и достоверности доказательств (УДД).

В табл. 1 представлен обзор исследований по использованию различных психофизиологических тренингов с БОС. Данные относительно УУР и УДД присвоены в соответствии с Приложением № 2 к Приказу Министерства здравоохранения РФ от 28 февраля 2019 г. № 103н «Об утверждении порядка и сроков разработки клинических рекомендаций, их пересмотра, типовой формы клинических рекомендаций и требований к их структуре, составу и научной обоснованности включаемой в клинические рекомендации информации».

Наибольшая доказательная база существует для клинического использования кардиотренинга с БОС. Высокий уровень достоверности доказательств (1, 2) при высоком уровне убедительности рекомендаций (А) имеют 24,0 % проанализированных работ (6 из 25), посвященных использованию кардиотренинга с БОС. БОС-кардиотренинг является наиболее изученным: условная рекомендация (не все рассматриваемые критерии эффективности являются важными, не все исследования имеют высокое или удовлетворительное методологическое качество и/или их выводы по интересующим исходам не являются согласованными), представленная классом В с различными уровнями достоверности доказательств (2, 3, 4), встречается в 59,1 % случаев, из которых более половины (8 из 13 исследований) посвящены кардиотренингу. Исследователи отмечают положительное влияние данной технологии не только на состояние сердечно-сосудистой системы, но и на текущее психоэмоциональное состояние пациентов: симптомы тревоги, паники, депрессии, астении, ПСТР. Важный аспект применения данного вида БОС — отсроченная эффективность процедуры, проявляющаяся в устойчивом и длительном сохранении навыка эмоциональной саморегуляции [43].

Таблица 1. Научные исследования по использованию психофизиологических тренингов с биологической обратной связью
Table 1. Scientific researches of psychophysiological training with biofeedback

Тип БОС (регистраемые параметры) / Type of BFB (registered parameters)	Тип исследования / Type of research	Объем / Volume	Выводы / Conclusions	УДД / COR	УУР / LOE
1. Эффективность психофизиологических тренингов с биологической обратной связью при разных особенностях личности [23] / The effectiveness of psychophysiological training with biofeedback in different personality traits [23]					
Тета-тренинг		16 чел.	Тренинги электроволновой активности, а также медитация и гипноз больше подходят для эмоционально лабильных лиц	3	B
Термический тренинг, мышечный тренинг	КГ	21 чел.	Больше подходит для общительных, открытых, сангвиников или холериков		
Тренинг кардиореспираторной системы (ЧСС, ЧДД)		6 чел.	Больше подходит для нейротичных и меланхоличных, неуверенных в себе, лабильных		
КГР		6 чел.	Не подходит при депрессии, хорош для лабильных		
2. Двойной позно-моторный и позно-идеомоторный прием: предполагаемый маркер психомоторной заторможенности и депрессивных переживаний у пациентов с тяжелым депрессивным расстройством [24] / Posture-Motor and Posture-Ideomotor Dual-Tasking: A Putative Marker of Psychomotor Retardation and Depressive Rumination in Patients With Major Depressive Disorder [24]					
Стабилометрия	КГ	50 чел.	Пациентам с депрессией рекомендуется выполнять простые когнитивные непространственные задачи с целью переключения внимания	3	B
3. Биологическая обратная связь с вариабельностью сердечного ритма улучшает эмоциональное и физическое здоровье и работоспособность: систематический обзор и метаанализ [25] / Heart Rate Variability Biofeedback Improves Emotional and Physical Health and Performance: A Systematic Review and Meta Analysis [25]					
Кардиотренинг (ЧСС)	МА	58 РКИ	Максимально эффективен в отношении тревоги, депрессии, гнева; минимально — в отношении посттравматического стрессового расстройства (ПТСР) и сна. Рекомендован как вспомогательное средство для реабилитационных программ	1	A
4. Нейрофизиологический подход к самоконтролю вегетативной нервной системы, связанной со стрессом, у пациентов с депрессией, стрессом и тревогой [26] / Neurophysiological Approach by Self-Control of Your Stress-Related Autonomic Nervous System with Depression, Stress and Anxiety Patients [26]					

Тип БОС (регистрируемые параметры) / Type of BFB (registered parameters)	Тип исследования / Type of research	Объем / Volume	Выводы / Conclusions	УДА / COR	УУР / LOE
Кардиотренинг (ЧСС)	МА	9 РКИ	Эффективен при расстройствах, связанных со стрессом (ПТСР, депрессия и паническое расстройство), особенно в сочетании с когнитивно-поведенческой терапией. Эффект был замечен после 4 недель тренировок, клиническая практика при ежедневном самолечении в течение 8 недель является более многообещающей	1	A
5. Лечение симптомов у выживших после рака: рандомизированное пилотное исследование биологической обратной связи по вариабельности сердечного ритма [27] / Symptom Management Among Cancer Survivors: Randomized Trial of Heart Rate Variability Biofeedback [27]					
Кардиотренинг (ЧСС)	РКИ	34 чел.	Выявлена тенденция к улучшению состояния при стрессе, дистрессе, усталости, ПТСР и депрессии, уменьшает нарушения сна	2	B
6. Технология повышения психической стрессоустойчивости на основе БОС-тренинга [28] / Technology of increasing mental stress tolerance based on BFB-training [28]					
КГР	Описание программы, экспертное мнение	—	Достигается повышение эмоциональной устойчивости, стойкое снижение личностной тревожности, повышение резистентности организма к различным психическим, биологическим и физическим факторам среды обитания и деятельности	5	C
7. Инновационные здоровьесберегающие технологии в образовательном процессе (на примере использования метода биологической обратной связи) [29] / Innovative health-saving technologies in the educational process (using the biofeedback method) [29]					
Термический тренинг	КГ	Нет данных	У 31 % студентов сформировался навык управления периферической температурой	4	C
Мышечный	КГ		У 53 % студентов улучшились результаты по формированию навыка мышечной релаксации		
8. Развитие и совершенствование навыков саморегуляции в процессе игрового биоуправления: психологический анализ [30] / Development and improvement of self-regulation skills in the process of game biofeedback: psychological analysis [30]					
Кардиотренинг (ЧСС)	РКИ	121 чел.	10 сессий по 20–30 минут. Тестирование через год выявило 97%-ное сохранение навыка саморегуляции, лучше справляются люди с высоким интеллектом и толерантностью к неопределенности	2	A
9. Подход, основанный на методах Бобата и Войты, при церебральном параличе: пилотное исследование. Дети (Базель) [31] / Approach by Bobath and Vojta Methods in Cerebral Palsy: A Pilot Study. Children (Basel) [31]					
Стабилометрия	КГ	12 чел.	Стабилометрия в сочетании с физическими упражнениями помогает уменьшить дисбаланс право-лево, улучшить координацию	4	C

Тип БОС (регистраемые параметры) / Type of BFB (registered parameters)	Тип исследования / Type of research	Объем / Volume	Выводы / Conclusions	УДД / COR	УУР / LOE
10. Влияние представлений чувственно-ориентированных образов на параметры вертикальной позы и биоэлектрической активности головного мозга у актеров в процессе перевоплощения (пилотное исследование) [32] / Impact of perceiving sense-oriented images on the parameters of the vertical posture and brain activity in actors during method acting (pilot study) [32]					
Стабилометрия и ЭЭГ	КГ	12 чел.	Стабилометрический тренинг может дополняться образным представлением — более устойчивые образы улучшают эффективность стабилотренинга	4	B
11. Биологическая обратная связь как метод оптимизации функционального состояния при психоэмоциональном стрессе [33] / Biofeedback as a method of optimizing the functional state under psychoemotional stress [33]					
КГР и ФПГ	КГ	44 чел.	Использование психофизиологического тренинга с использованием аппаратных комплексов на основе БОС помогает оптимизировать функциональное состояние и повысить адаптационные механизмы личности при психоэмоциональных стрессах	4	C
12. Игровое биоуправление — помощь в адаптации к школьному стрессу [34] / Game bio-management as help-technology in adapting to school stress [34]					
Кардиотренинг (ЧСС)	КГ	Нет данных	Курс — 8–10 сеансов, 20–30 минут, 1–2 раза в неделю. Все школьники, прошедшие курс игрового компьютерного биоуправления, продемонстрировали способности к эффективному освоению способов саморегуляции и контроля эмоционального состояния в ситуации, имитирующей стресс	4	C
13. Перспективы использования комбинации дыхательных упражнений с психологическим тренингом с биологической обратной связью при реабилитации пациентов с патологией кардиореспираторной системы [35] / Prospects of using a combination of breathing exercises with psychophysiological training with biofeedback in the rehabilitation of patients with pathology of the cardiorespiratory system [35]					
Дыхательный тренинг, ФПГ, кардиотренинг (ЧСС)	КГ	26 чел.	Применение БОС-тренинга с использованием дыхательных упражнений перспективно для реабилитации лиц, страдающих заболеваниями сердечно-сосудистой и дыхательной систем	4	B
14. Применение краткосрочного дыхательного БОС-тренинга для развития навыков саморегуляции у спортсменов-единоборцев [36] / The use of short-term breathing biofeedback training for the development of self-regulation skills in combat athletes [36]					
Дыхательный тренинг, ФПГ, кардиотренинг (ЧСС)	РКИ	20 чел.	5 сеансов дыхательного БОС-тренинга оказали положительное влияние на функциональное состояние и регуляторные процессы в вегетативной и сердечно-сосудистой системе у спортсменов, исходно находившихся в более благоприятном состоянии	2	B

Тип БОС (регистрабельные параметры) / Type of BFB (registered parameters)	Тип исследования / Type of research	Объем / Volume	Выводы / Conclusions	УДД / COR	УУР / LOE
15. Влияние индивидуального вегетативного статуса на адаптацию студентов к учебному процессу и результаты ДАС-БОС-тренинга [37] / The impact of students' individual vegetative status on their psychophysiological adaptation to the learning environment: the effectiveness of RSA-BFB therapy [37]					
Дыхательный тренинг, кардиотренинг (ЧСС)	КГ	15 чел.	Результатом проведения сеансов БОС-тренинга явилось смещение вегетативного равновесия в экспериментальной группе к сбалансированному типу вегетативной регуляции	4	B
16. Воздействие БОС-тренинга на когнитивные функции спортсменов [38] / Impact of biofeedback training on cognitive functions of athletes [38]					
ЭЭГ	КГ	1020 чел.	10 сеансов по 26 минут. БОС-тренинг по бета-ритму головного мозга способствовал улучшению когнитивных функций спортсменов	4	B
17. Эффекты когнитивной реабилитации с применением двойной задачи у пациентов в раннем послеоперационном периоде прямой реваскуляризации миокарда [39] / Effects of dual-task rehabilitative training in the early postoperative period after direct myocardial revascularization [39]					
Стабилометрия	РКИ	48 чел.	Краткий курс (5–7 тренировок по 15–20 минут) когнитивной реабилитации с использованием двойной задачи благоприятно влияет на когнитивные показатели	2	B
18. Изменение полной мощности бета- и тета-диапазонов при использовании ЭЭГ-биоуправления у младших школьников с трудностями произвольной регуляции [40] / Changes in the full power of the beta and theta ranges when using EEG biofeedback in younger schoolchildren with difficulties of arbitrary regulation [40]					
ЭЭГ	КГ	30 чел.	ЭЭГ-биоуправление — один из эффективных неинвазивных способов коррекции трудностей произвольной регуляции у детей младшего школьного возраста (20 сеансов по 10 минут)	4	C
19. Влияние ненагруженных вестибулярных тренировок на изменение чувствительности отдельных участков периферического отдела вестибулярного анализатора у лиц, склонных к укачиванию [41] / Effect of nonexercise vestibular training on changes in sensitivity of certain areas of peripheral part of vestibular analyzer of persons prone to motion sickness [41]					
Стабилометрия	КГ	38 чел.	После 5 тренировок по 5 минут изменяется возбудимость лабиринта и относительно изменяется внутрилабиринтная чувствительность ампулярных рецепторов	4	B
20. Тренинг на основе БОС по управлению стрессом в повседневной жизни: интервенционное исследование [42] / Biofeedback-based training for stress management in daily hassles: an intervention study [42]					
Кардиотренинг (ЧСС)	РКИ	30 чел.	Тренинг эффективен для восстановления структуры головного мозга, уязвимых к воздействию стресса	2	B

Тип БОС (реги-стрируемые па-раметры) / Type of BFB (registered parameters)	Тип исследования / Type of research	Объем / Volume	Выводы / Conclusions	УДД / COR	УУР / LOE
21. Биологическая обратная связь в лечении заболеваний сердца [43] / Biofeedback in the treatment of heart disease [43]					
Кардиотренинг (ЧСС)	КГ	25 чел.	Тренинг положительно влияет на депрессию в дополнение к влиянию на сердечно-сосудистое заболевание	4	B
22. Психфизиологические реакции на роботизированные реабилитационные задачи при инсульте [44] / Psychophysiological responses to robotic rehabilitation tasks in stroke [44]					
Кардиотренинг (ЧСС), дыхание, КГР, термический тренинг	РКИ	Нет данных	Проводимость кожи имеет наибольший потенциал в качестве индикатора психологического состояния при использовании БОС	2	B
23. Эффективность биологической обратной связи при мигрени: метаанализ [45] / Efficacy of biofeedback for migraine: a meta-analysis [45]					
Кардиотренинг (ЧСС), плезимо-графия, термиче-ский тренинг, ЭМГ-тренинг	РКИ	55 РКИ	Стабильное снижение частоты и интенсивности головной боли и связанной с ней инвалидности, уменьшение межприступных симптомов, таких как раздражение и тревога, на протяжении 17 месяцев. БОС по ЧСС и объему крови оказывают более продолжительный эффект. Высокая эффективность домашних тренировок	1	A
24. Лечение головной боли с помощью БОС: комплексный обзор эффективности [46] / Biofeedback treatment for headache disorders: a comprehensive efficacy review [46]					
ЭМГ-тренинг в сочетании с мето-дикой прогресси-вой релаксации	МА	94 РКИ	Снижение мышечного напряжения в областях, связанных с болью, наблюдалось при ЭМГ-тренинге при головной боли напряжения (ГБН). Эффект стабилен 14 месяцев. БОС была более эффективной, чем условия мониторинга головной боли во всех случаях; ЭМГ-БОС при ГБН показала дополнительные значительные эффекты по сравнению с плацебо и релаксационной терапией	1	A
25. Практический параметр: научно обоснованные рекомендации по лечению мигрени (обзор, основанный на фактических данных): отчет Подкомитета по стандартам качества Американской академии неврологии [47] / Practice parameter: evidence-based guidelines for migraine headache (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology [47]					
Термический тре-нинг, ЭМГ-тренинг	МА	25 РКИ	Снижение мышечного напряжения в областях, связанных с болью при ЭМГ-БОС при ГБН	1	A

Примечания: БОС — биологическая обратная связь; КГ — когортное исследование; МА — системный метаанализ; РКИ — рандомизированное клиническое исследование; УДД — уровень достоверности доказательств; УУР — уровень убедительности рекомендаций; ДАС — дыхательная аритмия сердца.

Notes: BFB — biofeedback; COR — class of recommendations; CS — cohort study; LOE — level of evidence; MA — systemic meta-analysis; RCT — randomized clinical trial; RSA — respiratory sinus arrhythmia.

Следующим по наличию доказательной базы является ЭМГ-тренинг. В аналитическом обзоре работы, посвященные изучению эффективности БОС с использованием электромиографии, представлены в трех случаях (12,0 %). Важно отметить, что все имеют высокий уровень достоверности доказательств и убедительности рекомендаций. Наиболее существенные результаты получены в отношении комплексной терапии ГБН, а также сопряженных с данной патологией эмоциональных расстройств [45–47].

В отношении таких видов БОС-терапии, как стабилотренинг, дыхательный тренинг, термический и тренинг с использованием КГР, фиксируются средний и низкий уровни доказательности (B, C). Тем не менее исследователи отмечают комплексное действие технологии не только на физические симптомы, но и на психологическое состояние обследуемых. Работы с использованием плетизмографии, ЭЭГ и ФПГ встречаются редко.

Иновационные технологии адаптивного биоуправления

Анализируя состояние проблемы типологизации технических устройств, работающих по принципу БОС, необходимо отметить, что на сегодняшний день психофизиологические технологии представлены специальными аппаратно-программными комплексами (АПК). Именно благодаря АПК можно точно откорректировать любой измеряемый параметр функционирования организма: пульс, ЧДД, АД, периферическое сосудистое сопротивление, электропроводимость кожи, а также характеристики ЭКГ и ЭЭГ [6, 48–49]. Появление метода ЭЭГ как возможности наиболее точно наблюдать активность головного мозга положило начало созданию технологии, продолжающей и развивающей концепцию БОС — нейроинтерфейс «мозг-компьютер» (НМК). На данный момент существует множество вариантов реализации НМК, в основе которого лежит установление связи мозга человека с компьютером. Примером интерфейса могут служить нейропротезы, в которых особое устройство считывает указания из мозга, обрабатывает их и передает на контроллер, ответственный за выполнение конкретных движений искусственной конечностью [50]. На принципы БОС опираются активно используемые в МР пациенты с параличами устройства: человек получает возможность передвигаться самостоятельно с помощью команд, передаваемых на электронное устройство.

Принцип работы всех устройств с НМК схож: электроды считывают сигналы мозга, которые поступают на микроконтроллер, проводящий очистку сигналов от артефактов (движения мышц, сердечная деятельность, помехи, создаваемые электроникой и т. д.). Затем на внешнем устройстве при помощи искусственных нейронных систем сигналы обрабатываются с целью идентификации команды, которой они соответствуют и которая впоследствии передается на управляемое устройство [51]. Главная цель исследования заключалась в определении наиболее достоверных показателей психофизиологического состояния пациентов во время проведения терапии. Анализировались изменения в показателях ЧСС, проводимости кожи, ЧДД и температуры кожи у пациентов с инсультом и контрольной группы. Участникам проводили когнитивно-двигательный тренинг

с заданиями разной сложности в виртуальной среде, используя тактильного робота и одновременно регистрируя психофизиологические показатели. Все четыре параметра показали значительные изменения, которые коррелировали с результатами самоотчетов испытуемых. Проводимость кожи различалась в зависимости от сложности заданий и коррелировала с самоотчетами у обеих групп пациентов. Температура кожи различалась в контрольной группе в зависимости от сложности заданий, но показала неудовлетворительные результаты в группе инсульта. ЧСС и ЧДД увеличивались во время выполнения заданий, однако их связь с психологическим состоянием неясна. Установлено, что проводимость кожи обладает наибольшим потенциалом в качестве индикатора психологического состояния, а другие показатели предоставляют дополнительную информацию. Таким образом, психофизиологические измерения могут быть использованы в системах биологической обратной связи для определения психологического состояния пользователя и коррекции курса терапии [52].

Tamantini С. и соавт. выделили следующие особенности психофизиологически обоснованной стратегии контроля роботизированной ортопедической реабилитации верхних конечностей: 1) возможность генерации траекторий «точка-точка» внутри адаптируемого рабочего пространства; 2) возможность оказания помощи в управлении конечностями пациентам при выполнении поставленной задачи, позволяющими им свободно перемещаться с определенной степенью пространственной и временной автономии; 3) возможность настройки параметров управления в соответствии с кинематическими показателями и психофизиологическим состоянием пациента. Авторы провели валидацию реализованной стратегии контроля на 8 пациентах, которые прошли 20 сеансов роботизированной реабилитации. Использование психофизиологического управления положительно влияло на участников, их мотивацию и клиническую результативность в контроле двигательных функций по сравнению с пациентами, не принимавшими участие в программе психофизиологической адаптации. [44].

Одной из новых и эффективных технологий психофизиологической реабилитации является виртуальная реальность (VR). Специальные программы, разработанные для восстановления навыков и улучшения когнитивных функций, позволяют пациентам тренироваться в комфортной среде, что помогает преодолеть психологические барьеры и повысить мотивацию для восстановления. Клинические исследования подтверждают эффективность VR в сочетании с физической терапией для улучшения когнитивных и моторных функций у пациентов с постинсультными нарушениями. Технологии VR также помогают справляться с тревожными ситуациями и болевыми ощущениями, отвлекают от дискомфорта и помогают расслабиться [53–55]. Новым направлением в разработке нейроинтерфейсов является симбиоз технологий НМК и VR. Имеются данные о создании системы адаптивной VR с использованием нейроинтерфейса для восстановления моторных функций в виде сочетания шлема виртуальной реальности HTC VIVE Pro Eye и комплекса NeuroPlay-8Cap, с помощью которого измеряется биоэлектрическая активность головного мозга [56].

Психофизиологические технологии в медицинской реабилитации

Психофизиологические технологии с БОС активно применяются в клинике, особенно при лечении психосоматических расстройств, пограничных состояний и неврологических заболеваний. БОС-тренинг может использоваться как самостоятельная психотерапевтическая методика, а также эффективный инструмент помощи врачу для достижения более выраженного и долгосрочного терапевтического эффекта в рамках МР.

Наиболее часто используются следующие виды тренинга:

- ЭЭГ-альфа-тренинг: развивает навык психоэмоциональной релаксации, снижает возбуждение, психическое напряжение, общий дискомфорт, улучшает сон, снижает тревожность и страх;
- ЭЭГ-бета-тренинг: формирует и тренирует навык концентрации и удержания оптимального уровня внимания;
- кардиотренинг: развивает навык диафрагмального релаксационного дыхания, оптимизирует нагрузку на сердце и сосуды, нормализует вегетососудистый тонус, уменьшает спастическое мышечное напряжение, болевой синдром, улучшает периферическое кровообращение и стабилизирует АД;
- ЭМГ-тренинг: формирует навык мышечного расслабления спастической боли и ГБН;
- термический тренинг: улучшает сосудистую реактивность, нормализует вегетососудистый тонус, уменьшает мышечное напряжение, болевой синдром, улучшает периферическое кровообращение и стабилизирует АД, снижает возбуждение, тревожность и страх.

Доказано, что использование БОС положительно влияет на уровень тревоги и стресса, активируя альфаритм головного мозга. Это приводит к снижению АД, ЧСС и сосудистого сопротивления, а также нормализации уровня кортизола, ренина и катехоламинов. Одновременно усиливается выработка эндорфинов на уровне ЦНС, что способствует повышению подвижности опиоидной системы [42–43].

Эти эффекты нашли свое применение в психиатрической и психотерапевтической практике при терапии невротических, тревожных и аддитивных расстройств, при дефиците внимания и гиперактивности. В последних исследованиях было показано, что БОС-тренинг может быть эффективным при лечении зависимостей от алкоголя и наркотиков [49, 57–59].

Особое внимание уделяется применению БОС-тренинга при лечении ГБН, мигрени и головной боли при невротических, неврозоподобных и аффективных расстройствах [60]. Для более эффективной терапии мигрени используется температурный БОС-тренинг с охлаждением рук. Установлено, что под воздействием стресса происходит централизация кровообращения, что приводит к изменению АД и кровотока, а также спазмам периферических сосудов. Охлаждение рук сигнализирует о начале стресса, а приобретение навыков контроля за температурой рук позволяет расширить сосуды конечностей, уменьшить АД, увеличить периферическое сопротивление и предотвратить развитие

эмоционального напряжения или снизить его уровень. Таким образом, тренировка по увеличению температуры рук помогает предотвратить симпатическую активацию и прервать болевой приступ [47].

Было показано, что термическая БОС и тренировки релаксации с БОС по ЭМГ, при которой пациенты учатся расслаблять целевые группы скелетных мышц, значительно улучшают симптомы мигрени и ГБН. Метаанализ 25 исследований показал, что БОС сравнима с профилактической фармакотерапией [46]. В другом метаанализе, объединяющем 55 исследований, продемонстрировано уменьшение частоты приступов мигрени у пациентов, получающих технологии БОС [45]. В исследовании, сочетающем тепловую и ЭМГ-БОС, и тренировку по релаксации, у пациентов с мигренью наблюдалось значительное снижение частоты и интенсивности головной боли, межприступных симптомов, уменьшение инвалидности, связанной с головной болью [45–46]. Рядом исследований показано сокращение использования лекарств и обращения за медицинскими услугами как для пациентов с мигренью, так и для пациентов с ГБН при использовании методов БОС [61]. Таким образом, БОС может повысить эффективность превентивных и анальгетических препаратов для лечения мигрени. БОС может использоваться пациентами с непереносимостью лекарств для профилактики (например, бета-блокаторами), во время беременности, при условии регулярного применения данного метода [47, 62].

Метод БОС-тренинга находит применение в терапии эпилепсии. ЭЭГ-тренинги, используемые для регулирования биоэлектрической активности мозга, помогают снижать частоту и силу приступов, а также способствуют улучшению когнитивных функций у данной категории пациентов [63].

Исследования В. Брукера и Н. Булаевой показали возможность использования ЭМГ-БОС-тренинга в системе МР больных со спинальной травмой [64]. Технология БОС способна значительно увеличить волевой ЭМГ-ответ определенных мышечных групп ниже уровня повреждения спинного мозга. Метод доказал свою эффективность независимо от времени после травмы, начального мышечного напряжения и волевого контроля. Многие пациенты, у которых изначально отсутствовал ЭМГ-ответ, смогли его достичь с помощью БОС-тренинга, и увеличение ЭМГ-ответа составило от 20 до 40 % [65].

В клинике нервных болезней технология БОС показала эффективность при реабилитации пациентов с детским церебральным параличом, спастической кривошеей, невралгией лицевого нерва [66–67].

Перспективным считается использование БОС-тренинга в МР пациентов, перенесших инсульт [68–70]. Постинсультные нейропсихологические нарушения играют важную роль в формировании двигательных расстройств и являются важным аспектом постинсультной реабилитации. Основой психофизиологической реабилитации служит нейропластичность, стимуляция которой достигается с помощью различных упражнений и тренировок, направленных на восстановление когнитивных и моторных навыков [71]. Важным элементом психофизиологической реабилитации является работа с психоэмоциональным состоянием пациента. Стресс,

депрессия и тревожность снижают возможности МР. Психотерапевтические методики, такие как когнитивно-поведенческая терапия, медитация и релаксация, позволяют пациентам улучшить свое психическое состояние и лучше справиться с эмоциональными трудностями, возникающими после инсульта [72]. Включение в индивидуальную программу МР психофизиологических технологий с БОС — важный аспект для повышения эффективности проводимых реабилитационных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на новизну и недостаточность данных исследований в области биоадаптивного управления с использованием технологии БОС, можно рассматривать разработки в данной области как перспективные. Результаты опубликованных исследований демонстрируют взаимосвязь психологических особенностей и физиологических возможностей индивидуумов в ходе повышения уровня произвольной саморегуляции. Комплексы с БОС отличает неинвазивность, отсутствие побочных эффектов при наличии положительных результатов от процедур, адаптивность в отношении пациента, выраженное влияние на психоэмоциональное состояние. Особо интересной представляется возможность применения технологий с БОС для модификации

психофизиологического состояния человека на основе индивидуального подхода в программах МР пациентов различных профилей.

Современные технологии адаптивного биоуправления продолжают развиваться в направлении выбора персонализированного сценария БОС-тренинга: широкий набор видов обратной связи, высокое качество регистрации физиологических сигналов, контроль успешности обучения в режиме реального времени, возможность менять параметры тренинга по каждому условию, не прерывая сеанса, мониторинг динамики обучения пациента, возможность создавать свои собственные программы тренировок индивидуально для каждого пациента, используя различные комбинации физиологических параметров. Разработаны новые портативные девайсы, носимые устройства с сенсорными датчиками и БОС, роль которых в возможности психофизиологической коррекции пока не ясна.

Необходимо дальнейшее изучение особенностей и возможностей применения психофизиологических технологий с БОС с целью формирования персонализированных программ биоуправления в зависимости от интеллектуального статуса, личностного и психологического профиля пациента, характера и выраженности нарушенного функционирования и применяемых реабилитационных технологий.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Костенко Елена Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», врач-невролог, профессор кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>

Котельникова Анастасия Владимировна, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы».

E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru; nauka-org@mail.ru; mnpcsm@zdrav.mos.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Погонченкова Ирэна Владимировна, доктор медицинских наук, доцент, директор, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

Петрова Людмила Владимировна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, врач-невролог, заведующая отделением медицинской реабилитации, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

Хаустова Анна Викторовна, медицинский психолог, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-235X>

Филиппов Максим Сергеевич, заведующий филиалом № 3, врач физической реабилитационной медицины, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы».

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-5082>

Каверина Елена Вячеславовна, врач-невролог, заведующая отделением неврологии филиала № 3, ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины им С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы».

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2881-9542>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Вклад распределен следующим образом: Костенко Е.В. — разработка концепции темы обзора и дизайна исследования, проверка критически важного содержания, редактирование рукописи; Котельникова А.В. — разработка концепции и дизайна исследования, написание текста; Погонченкова И.В. — разработка концепции исследования, научная редакция текста рукописи; Петрова Л.В. — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста

статьи, перевод на английский язык; Хаустова А.В.— обзор публикаций по теме статьи; Филиппов М.С. — сбор литературных источников; Каверина Е.В. — сбор литературных источников.

Источники финансирования. Грант Правительства г. Москвы № 1503-7/23 (Россия).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Elena V. Kostenko, Dr.Sci. (Med.), Chief Scientific Officer Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department; Neurologist; Professor of the Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Pirogov Russian National Research Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0902-348X>

Anastasia V. Kotelnikova, Ph.D. (Psychol.), Senior Researcher, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department.

E-mail: pav-kotelnikov@yandex.ru; nauka-org@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9605-557X>

Irena V. Pogonchenkova, Dr.Sci. (Med.), Director, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

Liudmila V. Petrova, Ph.D. (Med.), Senior Researcher, Neurologist, Head of Department of Medical Rehabilitation, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-553X>

Anna V. Khaustova, Medical Psychologist, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-235X>

Maksim S. Filippov, Head of Branch No. 3, Doctor of Physical Rehabilitation Medicine, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9522-5082>

Elena V. Kaverina, Head of Neurology Department of Branch No. 3, Neurologist, Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine named after S.I. Spasokukotsky of Moscow Healthcare Department.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2881-9542>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special Contributions: Kostenko E.V. — development of the review topic, verification of critical content, editing of the manuscript; Kotelnikova A.V. — development of the concept and design of the study, selection and clinical examination of patients, statistical processing, text writing; Pogonchenkova I.V. — oversaw the project; Petrova L.V. — text writing; Haustova A.V. — review of publications on the topic of the article, statistical data processing; Filippov M.S. — material analysis; Kaverina E.V. — collection and processing of material.

Funding. The study was supported by the Grant of the Government of Moscow No. 1503-7/23 (Russia).

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Датченко С.А. Предпосылки возникновения и история развития современной психофизиологической технологии БОС. Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии. 2015; 49: 7–12. [Datchenko S. A. The background and history of the development of modern psychophysiological biofeedback technology. *Lichnost, sem'ya i obshchestvo: voprosy pedagogiki i psihologii*. 2015; 49: 7–12 (In Russ.).]
2. Kamiya J. Conscious control of brain wave. *Psychol. Today*. 1968; 1: 56–60.
3. Sterman M.B. Basic concepts and clinical findings in the treatment of seizure disorders with EEG operant conditioning. *Clinical EEG (electroencephalography)*. 2000; 1: 45–55. <https://doi.org/10.1177/155005940003100111>
4. Levesque J., Beaugregard M., Mensour B. Effect of neurofeedback training on the neural substrates of selective attention in children with attention deficit/hyperactivity disorder: A functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*. 2006; 394: 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.10.100>
5. Peniston E.G., Kulkosky P.J. Alpha-theta brainwave training and beta-endorphin levels in alcoholics. *Alcohol Clin Exp Res*. 1989; 13(2): 271–279. <https://doi.org/10.1111/j.1530-0277.1989.tb00325.x>
6. Можейко Е.Ю., Петряева О.В. Обзор исследований использования БОС-терапии при реабилитации и восстановительном лечении пациентов неврологического профиля. *Доктор.Ру*. 2021; 20(9): 43–47. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2021-20-9-43-47> [Mozheyko E.Yu., Petryaeva O.V. Review of the Studies in the Use of Biofeedback Therapy in Rehabilitation and Physiatrics of Neurological Patients. *Doctor.Ru*. 2021; 20(9): 43–47. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2021-20-9-43-47> (in Russ.).]
7. Чугаев И.Г., Лисицина К.А. Коррекция психического состояния человека посредством биологической обратной связи. *Медицинская техника*. 1991; 2: 214–217. [Chugaev I.G., Lisitsyna K.A. Correction of the psychic state of man using biological feedback. *Medicinskaya tekhnika*. 1991; 2: 214–217 (In Russ.).]
8. Lubar J.F. Neurofeedback for management attention deficit disorders. *Biofeedback: A Practitioners Guide*. N.Y.: Gullford Publications Inc. 1995: 493–522.

9. Грехов Р.А., Сулейманова Г.П., Харченко С.А., Адамович Е.И. Психофизиологические основы применения лечебного метода биологической обратной связи. Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естеств. науки. 2015; 3(13): 87–96. <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.3.9> [Grekhov R.A., Suleymanova G.P., Kharchenko S.A., Adamovich E.I. Psychophysiological basics of applying the medical method of biofeedback Psychophysiological foundations of the biofeedback as a therapeutic method. Bulletin of the Volgograd State University. Series 11. Natural Sciences. 2015; 3(13): 87–96. <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.3.9> (In Russ.).]
10. Wintner S.R., Waters S.E., Peechatka A., et al. Evaluation of a scalable online videogame-based biofeedback program to improve emotion regulation: A descriptive study assessing parent perspectives. *Internet Interv.* 2022; 28: 100527. <https://doi.org/10.1016/j.invent.2022.100527>
11. Hampson M., Ruiz S., Ushiba J. Neurofeedback. *Neuroimage.* 2020; 218: 116473. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116473>
12. Costa Vital J.E., de Moraes A.N., Cacique S.A., et al. Biofeedback therapeutic effects on blood pressure levels in hypertensive individuals: A systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Clin Pract.* 2021; 44: 101420. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101420>
13. Popa L.L., Chira D., Strilciuc Ş., Mureşanu D.F. Non-Invasive Systems Application in Traumatic Brain Injury Rehabilitation. *Brain Sci.* 2023; 13(11): 1594. <https://doi.org/10.3390/brainsci13111594>
14. O'Connell N.E., Marston L., Spencer S., et al. Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2018; 3(3): CD008208. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008208.pub4>
15. de la Vega R., Heinisuo I.A., López-Martínez A.E., et al. ANF therapy® for pain management, feasibility, satisfaction, perceived symptom reduction and side effects: a real-world multisite observational study. *J Phys Ther Sci.* 2023; 35(12): 7683(13): 87–96776. <https://doi.org/10.1589/jpts.35.768>
16. Jensen M.P., Sherlin L.H., Askew R.L., et al. Effects of non-pharmacological pain treatments on brain states. *Clin Neurophysiol.* 2013; 124(10): 2016–2024. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.04.009>
17. Larsen S., Sherlin L. Neurofeedback: an emerging technology for treating central nervous system dysregulation. *Psychiatr Clin North Am.* 2013; 36(1): 163–168. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2013.01.005>
18. Paraskevopoulou S.E., Coon W.G., Brunner P., et al. Within-subject reaction time variability: Role of cortical networks and underlying neurophysiological mechanisms. *Neuroimage.* 2021; 237: 118127. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118127>
19. Abiri R., Borhani S., Sellers E.W., et al. A comprehensive review of EEG-based brain-computer interface paradigms. *J Neural Eng.* 2019; 16(1): 011001. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aaf12e>
20. Haller S., Kopel R., Jhooti P., et al. Dynamic reconfiguration of human brain functional networks through neurofeedback. *Neuroimage.* 2013; 81: 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.05.019>
21. Simon C., Bolton D.A.E., Kennedy N.C., et al. Challenges and Opportunities for the Future of Brain-Computer Interface in Neurorehabilitation. *Front Neurosci.* 2021; 2(15): 699428. <https://doi.org/10.3389/fnins.2021.699428>
22. Fedotchev A.I., Parin S.B., Poleyeva S.A., Velikova S.D. Brain-Computer Interface and Neurofeedback Technologies: Current State, Problems and Clinical Prospects (Review). *Sovremennye tehnologii v medicine.* 2017; 9(1): 175–184. <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.1.22>
23. Луценко Е.Л. Эффективность психофизиологических тренировок с биологической обратной связью при разных особенностях личности. Вісник Харк. нац. ун-ту імені В.Н.Каразіна. Серія: Психологія. 2010; 913. [Lutsenko O.L. Efficiency of psychophysiological trainings with a biological feedback at different features of the personality. *Visnik Khark. nac. un-tu imeni V.N. Karazina. Seriya: Psikhologiya.* 2010: 913 (In Russ.).]
24. Aftanas L.I., Bazanova O.M., Novozhilova N.V. Posture-Motor and Posture-Ideomotor Dual-Tasking: A Putative Marker of Psychomotor Retardation and Depressive Rumination in Patients with Major Depressive Disorder. *Front Hum Neurosci.* 2018; 23(12): 108. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00108>
25. Lehrer P., Kaur K., Sharma A., et al. Heart Rate Variability Biofeedback Improves Emotional and Physical Health and Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2020; 45(3): 109–129. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09466-z>
26. Blase K., Vermetten E., Lehrer P., Gevirtz R. Neurophysiological Approach by Self-Control of Your Stress-Related Autonomic Nervous System with Depression, Stress and Anxiety Patients. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18(7): 3329. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073329>
27. Burch J.B., Ginsberg J.P., McLain A.C., et al. Symptom Management Among Cancer Survivors: Randomized Pilot Intervention Trial of Heart Rate Variability Biofeedback. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2020; 45(2): 99–108. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09462-3>
28. Адамчук А.В. Технология повышения психической стрессоустойчивости на основе БОС-тренинга. Известия ЮФУ. Технические науки. 2008; 6: 44–47. [Adamchuk A.V. The increasing of mental stress tolerance technology based on BFB training. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki.* 2008; 6: 44–47 (In Russ.).]
29. Бильданова В.Р., Шагивалеева Г.Р., Штерц О.М. Инновационные здоровьесберегающие технологии в образовательном процессе (на примере использования метода биологической обратной связи). Вестник ЮрГГПУ. 2013; 4: 21–29. [Bil'danova V.R., Shagivaleeva G.R., Shterc O.M. Innovative health-saving technologies in the educational process (using the biofeedback method as an example). *Vestnik YUURGGPU.* 2013; 4: 21–29 (In Russ.).]
30. Мажирина К.Г., Джафарова О.А., Первушина О.Н., Редько Н.Г. Развитие и совершенствование навыков саморегуляции в процессе игрового биоуправления: психологический анализ. Бюллетень сибирской медицины. 2010; 9(2): 129–133. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2010-2-129-133> [Mazhirina K.G., Jafarova O.A., Pervushina O.N., Redko N.G. The development and mastering of the skills of self-regulation in the course of game biofeedback: psychological analysis. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2010; 9(2): 129–133. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2010-2-129-133> (In Russ.).]
31. Ungureanu A., Rusu L., Rusu M.R., Marin M.I. Balance Rehabilitation Approach by Bobath and Vojta Methods in Cerebral Palsy: A Pilot Study. *Children.* 2022; 9(10): 1481. <https://doi.org/10.3390/children9101481>
32. Нижельской В.А., Ковалева А.В., Панова Е.Н. Влияние представлений чувственно-ориентированных образов на параметры вертикальной позы и биоэлектрической активности головного мозга у актеров в процессе перевоплощения (пилотное исследование). Национальный психологический журнал. 2020; 2(38): 148–157. <https://doi.org/10.11621/npj.2020.0211> [Nizhelskoy V.A., Kovaleva A.V., Panova E.N. Impact of perceiving sense-oriented images on the parameters of the vertical posture and brain activity in actors during method acting (pilot study). *National Psychological Journal.* 2020; 2(38), 148–157. <https://doi.org/10.11621/npj.2020.0211> (In Russ.).]
33. Джабраилов А.Н., Горгошидзе Л.З. Биологическая обратная связь как метод оптимизации функционального состояния при психоэмоциональном стрессе. Вестник Дагестанского государственного университета. Гуманитарные науки. 2016; 31(1): 108–116. [Dzhabrailov A.N., Gorgoshidze L.Z. Biofeedback as a method of optimizing the functional state in psychoemotional stress. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Gumanitarnye nauki.* 2016; 31(1): 108–116. (In Russ.).]
34. Гребнева О.Л., Даниленко Е.Н., Джафарова О.А., Лазарева О.Ю. Игровое биоуправление — помощь в адаптации к школьному стрессу. Школьные технологии. 2011; 1: 108–112. [Grebneva O.L., Danilenko E.N., Dzhabarova O.A., Lazareva O.Yu. Game bio-management is an aid in adapting to school stress. *Shkol'nyye tekhnologii.* 2011; 1: 108–112 (In Russ.).]

35. Рыбалко С.Ю., Бобрик Ю.В., Ребик А.А. и др. Перспективы использования комбинации дыхательных упражнений с психофизиологическим тренингом с биологической обратной связью при реабилитации пациентов с патологией кардиореспираторной системы. Вестник физиотерапии и курортологии. 2021; 1: 78. [Rybalko S.Yu., Bobrik Yu.V., Rebig A.A., et al. The prospects of using a combination of breathing exercises with psychophysiological training with biofeedback in the rehabilitation of patients with pathology of the cardiorespiratory system. Vestnik fizioterapii i kurortologii. 2021; 1: 78 (In Russ..)]
36. Квитчастый А.В., Ковалева А.В. Применение краткосрочного дыхательного БОС-тренинга для развития навыков саморегуляции у спортсменов-единоборцев. Наука и спорт: современные тенденции. 2023; 1: 25–32. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2023-11-1-24-31> [Kvitichasty A.V., Kovaleva A.V. The use of short-term breathing biofeedback training for the development of self-regulation skills in combat athletes. Science and sport: current trends. 2023; 1: 25–32. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2023-11-1-24-31> (In Russ..)]
37. Зарченко П.Ю., Варич Л.А., Казин Э.М. Влияние индивидуального вегетативного статуса на адаптацию студентов к учебному процессу и результативность ДАС-БОС-тренинга. Science for Education Today. 2021; 11(5): 107–127. <https://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2105.06> [Zarchenko P.Yu., Varich L.A., Kazin E.M. The impact of students' individual vegetative status on their psychophysiological adaptation to the learning environment: the effectiveness of RSA-BFB therapy. Science for Education Today. 2021; 11(5): 107–127. <https://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2105.06> (In Russ..)]
38. Лунина Н.В., Корягина Ю.В. Воздействие БОС-тренинга на когнитивные функции спортсменов. Современные вопросы биомедицины. 2022; 6(4). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_04_30 [Lunina N.V., Koryagina Yu.V. Impact of biofeedback training on cognitive functions of athletes. Sovremennye voprosy biomeditsiny. 2022; 6(4). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_04_30 (In Russ..)]
39. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Кухарева И.Н. и др. Эффекты когнитивной реабилитации с применением двойной задачи у пациентов в раннем послеоперационном периоде прямой реваскуляризации миокарда. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2021; 10(3): 15–25. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2021-10-3-15-25> [Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Kuhareva I.N., et al. Effects of dual-task rehabilitative training in the early postoperative period after direct myocardial revascularization. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2021; 10(3): 15–25. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2021-10-3-15-25> (In Russ..)]
40. Джос Ю.С., Меньшикова И.А. Изменение полной мощности бета- и тета-диапазонов при использовании ЭЭГ-биоуправления у младших школьников с трудностями произвольной регуляции. Журнал медико-биологических исследований. 2020; 8(4): 331–340. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z025> [Dzhos Yu.S., Men'shikova I.A. Changes in the total power of beta and theta bands when using eeg biofeedback in primary school-age children having difficulties with voluntary regulation. Journal of Medical and Biological Research. 2020; 8(4): 331–340. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z025> (in Russ..)]
41. Дворянчиков В.В., Голованов А.Е., Сыроежкин Ф.А. Влияние ненагруженных вестибулярных тренировок на изменение чувствительности отдельных участков периферического отдела вестибулярного анализатора у лиц, склонных к укачиванию. Российская оториноларингология. 2022; 21(2): 24–28. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-2-24-28> [Dvoryanchikov V.V., Golovanov A.E., Syroezhkin F.A. Effect of nonexercise vestibular training on changes in sensitivity of certain areas of peripheral part of vestibular analyzer of persons prone to motion sickness. Rossijskaya otorinolaringologiya. 2022; 21(2): 24–28. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-2-24-28> (In Russ..)]
42. Kotozaki Y., Takeuchi H., Sekiguchi A., et al. Biofeedback-based training for stress management in daily hassles: an intervention study. Brain Behav. 2014; 4(4): 566–579. <https://doi.org/10.1002/brb3.241>
43. Moravec C.S., McKee M.G. Biofeedback in the treatment of heart disease. Cleve Clin J Med. 2011; 78(Suppl 1): S20-S23. <https://doi.org/10.3949/ccjm.78.s1.03>
44. Tamantini C., Cordella F., Lauretti C., et al. Tailoring Upper-Limb Robot-Aided Orthopedic Rehabilitation on Patients' Psychophysiological State. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2023; 31: 3297–3306. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2023.3298381>
45. Nestoriuc Y., Martin A. Efficacy of biofeedback for migraine: a meta-analysis. Pain. 2007; 128(1–2): 111–127. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2006.09.007>
46. Nestoriuc Y., Martin A., Rief W., Andrasik F. Biofeedback treatment for headache disorders: a comprehensive efficacy review. Appl Psychophysiol Biofeedback. 2008; 33(3): 125–140. <https://doi.org/10.1007/s10484-008-9060-3>
47. Silberstein S.D. Practice parameter: evidence-based guidelines for migraine headache (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology. 2000; 55(6): 754–762. <https://doi.org/10.1212/wnl.55.6.754>
48. Захарьева Н.Н., Сергеева Е.Г. Методики с использованием биологической обратной связи в спортивной практике: учебно-методическое пособие. М.: ОнтоПринт, 2021. 62 с. [Zakhar'eva N.N., Sergeeva E.G. Methods using biofeedback in sports practice: an educational and methodological guide. M.: OntoPrint, 2021. 62 p. (In Russ..)]
49. Omejc N., Rojc B., Battaglini P.P., Marusic U. Review of the therapeutic neurofeedback method using electroencephalography: EEG Neurofeedback. Bosn J Basic Med Sci. 2019; 19(3): 213–220. <https://doi.org/10.17305/bjbm.2018.3785>
50. Немчанинов А.В., Шеренков М.А., Алексеев Е.Д., Решетников А.Г. Разработка когнитивного нейроинтерфейса для управления роботизированной рукой-протезом. Системный анализ в науке и образовании. 2016; 4: 46–56. [Nemchaninov A.V., SHerenkov M.A., Alekseev E.D., Reshetnikov A.G. Development of a cognitive neurointerface for controlling a robotic prosthetic arm. Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii. 2016; 4: 46–56 (In Russ..)]
51. Лунев Д.В., Полетыкин С.К., Кудрявцев Д.О. Нейроинтерфейсы: обзор технологий и современные решения. Современные инновации, системы и технологии. 2022; 2(3): 0117–0126. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0117-0126> [Lunev D.V., Poletykin S.K., Kudryavtsev D.O. Neurointerfaces: a review of technologies and modern solutions. Modern innovations, systems and technologies. 2022; 2(3): 0117–0126. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0117-0126> (In Russ..)]
52. Novak D., Zihel J., Olensek A., et al. Psychophysiological responses to robotic rehabilitation tasks in stroke. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2010; 18(4): 351–361. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2010.2047656>
53. Laver K.E., Lange B., George S., et al. Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev. 2017; 11(11): CD008349. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
54. Sweta V.R., Abhinav R.P., Ramesh A. Role of Virtual Reality in Pain Perception of Patients Following the Administration of Local Anesthesia. Ann Maxillofac Surg. 2019; 9(1): 110–113. https://doi.org/10.4103/ams.ams_263_18
55. Устинова К.И., Черникова Л.А. Виртуальная реальность в нейрореабилитации. Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2008; 2(4): 34–39. <https://doi.org/10.17816/psaic388> [Ustinova K.I., Chernikova L.A. Virtual reality in neurorehabilitation. Annals of Clinical and Experimental Neurology. 2008; 2(4): 34–39. <https://doi.org/10.17816/psaic388> (in Russ..)]
56. Некрасова Ю.Ю., Воронцова В.С., Канарский М.М. и др. Аппаратно-программный комплекс для восстановления моторных функций конечностей на основе технологии виртуальной реальности и нейрокомпьютерного интерфейса. Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2021; 3(2): 231–242. <https://doi.org/10.36425/rehab65949> [Nekrasova I.Y., Vorontsova V.S., Kanarskii M.M., et al. Hardware and Software Complex for Restoring Motor Functions Based on Virtual Reality and Brain-Computer Interface. Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation. 2021; 3(2): 231–242. <https://doi.org/10.36425/rehab65949> (In Russ..)]

57. Дунаев А.А. Программное обеспечение (по) для поддержки исследований в области физиологии и биоуправления. Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2007; 2: 27–34. [Dunaev A.A. Software to support research in the field of physiology and bio-management. Vestnik NGU. Seriya: Informacionnye tekhnologii. 2007; 2: 27–34 (In Russ.).]
58. Fernández-Alvarez J., Grassi M., Colombo D., et al. Efficacy of bio- and neurofeedback for depression: a meta-analysis. *Psychol Med.* 2022; 52(2): 201–216. <https://doi.org/10.1017/S0033291721004396>
59. Грибов С.А., Бородулина Е.В., Пан И.Р., Удут В.В. Бослаб-мониторинг эффективности комплексной терапии в клинике внутренних болезней. Сибирский научный медицинский журнал. 2004; 3: 14–17. [Gribov S.A., Borodulina E.V., Pan I.R., Udut V.V. Boslab-monitoring the effectiveness of complex therapy in the clinic of internal diseases. Siberian Scientific Medical Journal. 2004; 3: 14–17 (In Russ.).]
60. Кантина Т.Э., Буртова Е.Ю., Литвинчук Е.А. Опыт применения немедикаментозных методов коррекции в комплексном лечении головной боли напряжения. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120(4): 41–45. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012004141> [Kantina T.E., Burtovaya E.Yu., Litvinchuk E.A. Experience of the usage of non-pharmacological methods in a multimodality treatment of tension headache. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2020; 120(4): 41–45. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012004141> (In Russ.).]
61. Lee H.J., Lee J.H., Cho E.Y., et al. Efficacy of psychological treatment for headache disorder: a systematic review and meta-analysis. *J Headache Pain.* 2019; 20(1): 17. <https://doi.org/10.1186/s10194-019-0965-4>
62. Legarda S.B., Michas-Martin P.A., McDermott D. Remediating Intractable Headache: An Effective Nonpharmacological Approach Employing Infralow Frequency Neuromodulation. *Front Hum Neurosci.* 2022; 16: 894856. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.894856>
63. Риштаков С.Ф., Антонов А.В., Вербенко В.А. и др. Аналитический обзор научных статей по вопросам применения биологической обратной связи в психиатрии и эпилептологии. Таврический журнал психиатрии. 2018; 4(83): 5–13. [Rishtakov S.F., Antonov A.V., Verbenko V.A., et al. An analytical review of scientific articles on the use of biofeedback in psychiatry and epileptology. Tauride Journal of Psychiatry. 2018; 4(83): 5–13 (In Russ.).]
64. Сидякина И.В., Иванов В.В., Шаповаленко Т.В. Возможности использования миографического БОС-тренинга в реабилитации пациентов с патологией нервной системы (обзор литературы и собственные наблюдения). Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2011; 1: 24–29. [Sidyakina I.V., Ivanov V.V., SHapovalenko T.V. The possibilities of using myographic BOS training in the rehabilitation of patients with pathology of the nervous system (literature review and own observations). Annals of clinical and experimental neurology. 2011; 1: 24–29 (In Russ.).]
65. Бодрова Р.А., Закамырдина А.Д. Применение биологической обратной связи в реабилитации лиц с травматической болезнью спинного мозга. Доктор.Ру. 2019; 6(161): 31–35. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-161-6-31-35> [Bodrova R.A., Zakamyrdina A.D. Biofeedback in Rehabilitation for People with Traumatic Spinal Cord Injury. Doctor.Ru. 2019; 6(161): 31–35. <https://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-161-6-31-35> (In Russ.).]
66. Кунельская Н.Л., Резакова Н.В., Гудкова А.А., Гехт А.Б. Метод биологической обратной связи в клинической практике. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014; 114(8): 46–50. [Kunel'skaya N.L., Rezakova N.V., Gudkova A.A., Guekht A.B. A feedback method in clinical practice. Zhurnal Nevrologii i Psikhiatrii imeni S.S. Korsakova. 2014; 114(8): 46–50 (In Russ.).]
67. Vaughan A., Gardner D., Miles A., et al. A Systematic Review of Physical Rehabilitation of Facial Palsy. *Front Neurol.* 2020; 11: 222. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00222>
68. Le Franc S., Herrera Altamira G., Guillen M. Toward an Adapted Neurofeedback for Post-stroke Motor Rehabilitation: State of the Art and Perspectives. *Front Hum Neurosci.* 2022; 16: 917909. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.917909>
69. Mihara M., Fujimoto H., Hattori N. Effect of Neurofeedback Facilitation on Poststroke Gait and Balance Recovery: A Randomized Controlled Trial. *Neurology.* 2021; 96(21): e2587–e2598. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000011989>
70. Shah-Basak P., Boukrina O., Li X.R., et al. Targeted neurorehabilitation strategies in post-stroke aphasia. *Restor Neurol Neurosci.* 2023; 41(3–4): 129–191. <https://doi.org/10.3233/RNN-231344>
71. Friesen C.L., Bardouille T., Neyedli H.F., Boe S.G. Combined Action Observation and Motor Imagery Neurofeedback for Modulation of Brain Activity. *Front Hum Neurosci.* 2017; 10: 692. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00692>
72. Котов С.В., Исакова Е.В., Шерегешев В.И. Возможность коррекции эмоциональных и поведенческих нарушений у пациентов с инсультом в процессе реабилитационного лечения. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2019; 119(4): 26–31. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911904126> [Kotov S.V., Isakova E.V., Sheregeshev V.I. Possibility of treatment of emotional and behavioral disorders in patients with stroke during rehabilitation. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2019; 119(4): 26–31. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911904126> (In Russ.).]