

Использование технологий биологической обратной связи в клинической практике

В.М. Рузинова^{1,2}, <https://orcid.org/0009-0007-5720-5014>, veraruzinova7@gmail.com

Ю.В. Долгополова³, <https://orcid.org/0009-0006-8011-0307>, juliadolgoplova98@gmail.com

Д.С. Петелин^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0002-2228-6316>, petelinhome1@yandex.ru

О.Ю. Сорокина¹, <https://orcid.org/0000-0001-8863-8241>, msolgasorokina@mail.ru

Б.А. Волель^{1,4}, <https://orcid.org/0000-0003-1667-5355>, Beatrice.volel@gmail.com

¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1

² Центр традиционного акушерства и комплексной персонализированной медицины; 115093, Россия, Москва, ул. Павловская, д. 18, стр. 2

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1

⁴ Научный центр психического здоровья; 115522, Россия, Москва, Каширское шоссе, д. 34

Резюме

В последние десятилетия метод биологической обратной связи (БОС) получил широкое распространение в качестве варианта немедикаментозного лечения ряда соматических, неврологических и психических расстройств. Метод БОС основан на зависимости между вегетативными и психическими функциями; в ходе работы с устройством осуществляется «возврат» информации о динамике состояния пациента в доступной для него звуковой или визуальной форме. Эффективность БОС-терапии прежде всего обусловлена коррекцией состояния пациента на основе выделения индивидуального эталона его психофизиологического состояния, что дает возможность эффективно реализовывать реабилитационную программу в доступном для пациента темпе в процессе достижения им большей осведомленности о физиологических функциях своего организма, работая поступательно и поддерживая мотивацию такого пациента в зоне успеха, тем самым влияя на течение патологического процесса. В настоящем обзоре освещены исторические предпосылки для создания метода БОС и принципиальные механизмы действия, а также представлен краткий обзор исследований эффективности метода при различных заболеваниях соматического профиля, психических и неврологических расстройствах. Обсуждаемые данные убедительно свидетельствуют в пользу того, что БОС достоверно снижает медикаментозную нагрузку при таких заболеваниях, как гипертоническая болезнь, эпилепсия, СДВГ, хронические боли, тревожные расстройства, аутизм и др., при этом метод практически не имеет противопоказаний за исключением острого психоза, фотосенситивной эпилепсии и выраженного слабоумия. В связи с этим метод БОС заслуживает более интенсивного внедрения в клиническую практику при различных заболеваниях.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, адаптивное биоуправление, neurofeedback, БОС-тренинг, БОС-обучение, ЭЭГ-биологическая обратная связь, ЭЭГ-БОС, альфа-стимулирующий тренинг, АСТ

Для цитирования: Рузинова В.М., Долгополова Ю.В., Петелин Д.С., Сорокина О.Ю., Волель Б.А. Использование технологий биологической обратной связи в клинической практике. *Медицинский совет.* 2023;17(13):288–296. <https://doi.org/10.21518/ms2023-245>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The use of biofeedback techniques in clinical practice

Vera M. Ruzinova^{1,2}, <https://orcid.org/0009-0007-5720-5014>, veraruzinova7@gmail.com

Yulia V. Dolgoplova³, <https://orcid.org/0009-0006-8011-0307>, juliadolgoplova98@gmail.com

Dmitry S. Petelin^{1,2}, <https://orcid.org/0000-0002-2228-6316>, petelinhome1@yandex.ru

Olga Yu. Sorokina¹, <https://orcid.org/0000-0001-8863-8241>, msolgasorokina@mail.ru

Beatrice A. Volel^{1,4}, <https://orcid.org/0000-0003-1667-5355>, Beatrice.volel@gmail.com

¹ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 6, Bldg. 1, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russia

² Limited Liability Company Center for Traditional Midwifery and Comprehensive Personalized Medicine; 18, Bld. 2, Pavlovskaya St., Moscow, 115093, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia

⁴ Mental Health Research Center; 34, Kashirskoe Shosse, Moscow, 115522, Russia

Abstract

In the past decades, biofeedback has become a widely adopted non-pharmacological option in the management of a variety of somatic, neurological, and psychiatric conditions. The biofeedback method is based on the associations between one's vegetative and mental functions; during a session with the device, information about the change in his/her condition over time is "returned" to the patient

as accessible aural or visual stimuli. The efficacy of biofeedback treatment may primarily be attributed to improvements in the state of the patients based on establishing an individual model of his/her best psychophysiological state, enabling effective rehabilitation activities at a rate suitable for each patient along with ensuring better awareness of the patient of his/her body functions; such an intervention is stepwise and helps sustain the patient's motivation for success, thus affecting the pathological condition. This review describes the historical prerequisites for the development of biofeedback techniques and the principal mechanisms of their action; a brief summary of studies looking at the efficacy of this method in various somatic, neurological, and psychiatric conditions is also provided. The presented data clearly indicate that the use of biofeedback results in a decreased medication load in patients suffering from conditions such as arterial hypertension, epilepsy, ADHD, chronic pain, anxiety disorders, autism etc. while there are practically no contraindications for this method, except for acute psychosis, photosensitive epilepsy, and severe cognitive impairment. In this connection, clinical implementation of biofeedback techniques should be intensified in a variety of conditions.

Keywords: biofeedback, adaptive biofeedback, neurofeedback, biofeedback training, BF-training, EEG-biofeedback, alpha-stimulation training, AST

For citation: Ruzinova V.E., Dolgoplova Yu.V., Petelin D.S., Sorokina O.Yu., Volel B.A. The use of biofeedback techniques in clinical practice. *Meditsinskiy Sovet.* 2023;17(13):288–296. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2023-245>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия, несмотря на неуклонный рост доступных фармакологических препаратов, свою актуальность сохраняют психотерапевтические и нелекарственные биологические методы терапии. К числу наиболее перспективных методик, позволяющих объединить психотерапию и нелекарственные биологические подходы, относятся метод биологической обратной связи (БОС) и его модификации [1].

Настоящий обзор посвящен историческим предпосылкам для создания обсуждаемой методики, принципиальным механизмам действия и краткому обзору эффективности при различных медицинских состояниях.

Биологической основой метода БОС является принцип обратной связи, выступающий в качестве основы организации физиологических функций в рамках теории функциональных систем, впервые изложенной П.К. Анохиным в 1930-х гг. [2, 3]. П.К. Анохин предположил, что обратным связям принадлежит решающая роль в формировании внешних и внутренних приспособительных реакций организма, включая психические акты.

В дальнейшем были получены данные, доказавшие, что в отдельных локальных зонах коры больших полушарий есть представительства вегетативной нервной системы, что сформировало теоретический базис для регуляции вегетативных проявлений посредством БОС [4].

Экспериментальные доказательства были получены в 60-е гг. прошлого века в США. Тогда L. DiCara и N. Miller [5] продемонстрировали выработку у животных висцеральных условных рефлексов оперантного типа; M. Sterman [6] – повышение порога судорожной готовности после условно-рефлекторного усиления сенсомоторного ритма в центральной извилине коры головного мозга. Наконец, J. Kamiya [7] доказал способность испытуемых произвольно изменять параметры электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при наличии обратной связи.

В России значимый вклад в развитие адаптивного нейробиоуправления внесли М.В. Штарк, Н.Н. Василевский, С.И. Сороко [8–10]. Они описали закономерности раздельной стимуляции левого и правого полушарий, что

позволило адекватно оценивать резервы функциональной подвижности ЭЭГ [8]. С.И. Сороко и В.В. Трубачев рассмотрели адаптивное биоуправление как нейрональный механизм оперантного обучения и изучили комплексные реакции центральной и вегетативной нервной системы при использовании БОС-технологий [9].

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ БОС

БОС – это процесс обучения осознанному волевому управлению внутренними органами и системами организма с целью психофункциональной реабилитации и редукции определенных симптомов заболевания. Зависимость между вегетативными и психическими функциями является основой метода БОС. Обострение восприятия симптомов заболевания и предшествующих им ощущений позволяет разработать стратегию поведения, необходимую для устранения симптома. Сигналы обратной связи помогают пациенту сформировать, запомнить и использовать новый навык регуляции функций.

В процессе работы пациента с высокочувствительным регистрирующим и преобразующим прибором, ведущим постоянный мониторинг различных физиологических показателей, осуществляется «возврат» информации о текущей динамике состояния пациента в доступной для него аудиальной и визуальной формах, определяемых клиническим протоколом.

Протокол БОС – это совокупность условий, регламентирующих проведение БОС-процедуры. Все БОС-протоколы делятся на 2 группы, первая из которых – протоколы нейробиоуправления («neurofeedback»), основанные на снятии и произвольной регуляции различных параметров ЭЭГ головного мозга (амплитуда, мощность, когерентность и т. д. основных ритмов ЭЭГ). Нейробиоуправление эффективно используется для лечения заболеваний нервной [6, 11–14] и сердечно-сосудистой систем [15]. Наиболее эффективным в этом направлении является альфа-стимулирующий тренинг (АСТ), который, как и когнитивный тренинг, основан на балансе бета-и тета-частот. Вторая группа – непосредственно «biofeedback», в рамках которого осуществляется модификация

показателей вегетативной (симпатико-парасимпатической) активации (кардиограмма, электромиограмма, частота сердечных сокращений, температура, проводимость кожи, фотоплетизмограмма, дыхание и др.) [16].

Эффективность БОС-терапии прежде всего связана с коррекцией состояния пациента на основе выделения индивидуального эталона его психофизиологического состояния. Это дает возможность эффективно реализовывать реабилитационную программу в доступном для пациента темпе в процессе достижения им большей осведомленности о физиологических функциях своего организма, работая поступательно и поддерживая мотивацию такого пациента в зоне успеха, тем самым влияя на течение патологического процесса.

Термин БОС применим к процессу непосредственного контроля за показателями какой-либо физиологической функции организма в режиме реального времени. При использовании полученной информации с целью модификации текущего состояния и реализации механизма саморегуляции правильнее использовать термин «адаптивное биоуправление с БОС».

Различают 2 вида адаптивного биоуправления: прямое, осуществляющее обучение произвольному управлению конкретным показателем физиологической функции, страдающей при данном заболевании, и непрямое, осуществляющееся по показателям, не являющимися специфичными для какой-либо функциональной системы, и направленное на снижение уровня эмоционального стресса как необходимого приспособительного результата [17].

Благодаря использованию методов БОС человек впервые получил возможность исследовать и регулировать показатели так называемых «непроизвольных» физиологических реакций [8], таких как частота сердечных сокращений, электрическая активность мозга, параметры электропроводности и температура кожи, а также другие висцеральные и вегетативные функции.

Широкое применение БОС-терапии в разных областях клинической, восстановительной и превентивной медицины привело к появлению двух теорий эффективности методов биоуправления:

1. Когнитивная модель предполагает, что терапевтические ожидания пациента, его мотивация и психологический настрой приводят к регрессии симптома [4].
2. Концепция инициации изначально предполагает, что человек сам способен управлять своими физиологическими функциями, однако не имеет положительного подкрепления и подтверждения в виде обратной связи. Работа под мониторингом БОС-аппаратуры является подкрепляющим фактором, способствующим обучению пациента [12, 18].

Кроме того, ряд авторов полагают, что успешность БОС-тренингов может напрямую зависеть от личностных качеств пациента. Т.А. Айвазян связывает ее с радикализмом, повышенной активностью, склонностью к экспериментированию и перемене деятельности [19]. S. Tsutsui et al. предполагают, что эффективность тренингов биоуправления зависит от степени мотивации, социальной адаптации и коммуникабельности [14].

ПРИМЕНЕНИЕ БОС В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

В ходе анализа доступной литературы удалось идентифицировать клинические исследования эффективности применения БОС при лечении мигрени и головной боли напряжения (ГБН), фибромиалгии, бессонницы, психосоматических расстройств, гипертонической болезни, аутизма, олигофрении, психоиммунологических нарушений, эпилепсии, синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) и других состояний.

Мигрени и головная боль напряжения

J.E. Walker было апробировано использование метода нейробиоуправления для работы с людьми, страдающими мигренью [20]. В исследовании участвовал 71 пациент в возрасте от 17 до 62 лет, страдающий мигренозными головными болями. Из них 46 пациентов прошли лечение методами нейробиоуправления, а 25 продолжали медикаментозную терапию. Пациенты находились под наблюдением не менее одного года. Количество 30-минутных сеансов нейробиофидбэка варьировало от 12 до 32 сеансов (в среднем 24 сеанса). На каждом сеансе поощрялось повышение активности при частоте 10 Гц (альфа-диапазон) и снижение активности при частоте 21–30 Гц (бета-диапазон). В отношении каждой области мозга (от 1 до 4), где наблюдалось аномальное повышение бета-активности, проводилось 5 сеансов. Наиболее часто отклонения регистрировали в теменной, центральной и лобной областях. Оценка частоты возникновения мигренозных болей проводилась 1 раз в месяц по результатам ведения дневников пациентами. По завершении тренингов полное прекращение мигрени отмечалось в 54% случаев, а 39% обследуемых отмечали снижение частоты эпизодов мигрени в 2 раза и более. Только у одного пациента не наблюдалось уменьшения частоты мигренозных болей. В контрольной группе (лица, проходившие лекарственную терапию) в большинстве случаев (68%) частота приступов мигрени не изменилась: 8% пациентов отметили снижение частоты приступов на 50% и более, а 2% – менее чем на 50%.

В 2008 г. Y. Nestoriuc et al. был выполнен обзор 94 исследований эффективности БОС у пациентов с мигренью и ГБН [21]. Объединение данных в этом метаанализе было выполнено отдельно для двух изучаемых заболеваний.

Основными результатами были умеренно высокие и высокие средние значения величины эффекта для БОС у взрослых пациентов с мигренью и ГБН. Эффект лечения оставался стабильным в течение всего периода наблюдения, составившего в среднем 14 месяцев, как при анализе в популяции пациентов, достигших первичной конечной точки исследования, так и по данным анализа в популяции участников, получавших терапию в соответствии с назначенной (популяция ИТТ). Наибольшее улучшение наблюдалось со стороны частоты эпизодов головной боли, которая была основной переменной результата. Кроме того, статистически значимые величины эффекта были продемонстрированы для воспринимаемой самоэффективности, симптомов тревоги и депрессии, а также объема потребления препаратов.

При электромиографической обратной связи у пациентов с ГБН наблюдалось уменьшение мышечного напряжения в областях, связанных с болью.

БОС была во всех случаях более эффективна, чем пребывание в листе ожидания и мониторинг головной боли, а электромиографическая обратная связь при ГБН выявила дополнительные статистически значимые эффекты БОС по сравнению с плацебо и релаксационной терапией. В исследовании приводятся уровни эффективности (мигрень: эффективность, уровень 4; ГБН: эффективность и специфичность, уровень 5) и рекомендации для будущих исследований.

Фибромиалгия

В 2013 г. J.A. Glombiewski, K. Bernardy и W. Häuser опубликовали метаанализ, который включал в себя 7 исследований (321 пациент) по ЭЭГ-БОС и ЭМГ-БОС. Количество сеансов варьировало от 6 до 22, продолжительность сеансов составляла от 30 минут до 3 часов. Применение БОС приводило к значимому снижению интенсивности боли по сравнению с контрольными группами, при большой величине эффекта ($g = 0,79$; 95% ДИ: 0,22–1,36). Анализ в подгруппах показал, что только ЭМГ-БОС, но не ЭЭГ-БОС значимо снижала интенсивность боли по сравнению с контрольными группами ($g = 0,86$; 95% ДИ: 0,11–1,62). Применение БОС не оказало значимого влияния на проблемы со сном, депрессию, усталость или качество жизни, связанное со здоровьем, по сравнению с контрольной группой [22].

В 2021 г. группа китайских ученых [23] провела исследование применения методов нейробиоуправления в лечении пациентов с фибромиалгией. В эксперименте длительностью 8 недель участвовало 80 пациентов: 60% из них были случайным образом определены в группу лечения фибромиалгии с использованием нейробиоуправления с целью обучения управлению альфа-ритмами головного мозга, а 20% получали поддержку по телефону.

Результаты исследования достоверно показали, что использование методов БОС привело к значимому уменьшению тяжести симптомов фибромиалгии ($B = -16,41$, $SE = 3,76$, $p < 0,001$), сокращению времени до наступления сна ($B = -25,33$, $SE = 9,02$, $p = 0,005$) и повышению внимания у пациентов группы ($B = -1,38$, $SE = 0,55$, $p = 0,013$), которая проходила лечение с использованием нейробиоуправления. В отличие от более ранней работы J.A. Glombiewski et al., в этом исследовании была показана высокая эффективность применения ЭЭГ-БОС в лечении фибромиалгии и сопровождающих ее симптомов задержки засыпания.

Бессонница

Бессонница может выступать в качестве самостоятельного расстройства или наблюдаться в структуре ряда соматических и психических заболеваний [24, 25]; метод БОС изучали как для лечения первичной бессонницы, так и бессонницы при различных заболеваниях.

В 2009 г. A. Cortoos et al. получили значимые показатели улучшения качества сна [26]. Работа проводилась с 17 пациентами в возрасте от 18 до 60 лет, страдающими первичной бессонницей, 9 из которых были рандомизированы в группу нейробиоуправления, 8 – в группу биофидбэка (ЭМГ-БОС с аномальным напряжением мышц

лба). Пациенты знали о существовании 2 протоколов, но не знали, к какому будут отнесены. В исследовании участвовали 12 добровольцев без нарушений сна в качестве контрольной группы. Все участники прошли полисомнографическое исследование до и после прохождения лечения. Программа состояла из 20 занятий с периодичностью 2 или 3 раза в неделю в течение 8 недель.

Повторный анализ полисомнографических данных выявил значимый основной эффект до и после лечения для показателей времени до наступления сна (SL) ($F(1,15) = 10,56$; $p < 0,01$; $r = 0,41$) и пробуждения после наступления сна (WASO) ($F(1,15) = 5,77$; $p < 0,05$; $r = 0,27$). В группе нейробиоуправления SL уменьшилось на 39,7%, WASO – на 53,6%, в то время как в группе биофидбэка эти показатели уменьшились на 44,9 и 13,2% соответственно. Эффект взаимодействия был обнаружен для общего времени сна (TST) ($F(1,15) = 5,03$; $p < 0,05$; $r = 0,25$) только в группе нейробиоуправления. У пациентов с бессонницей, проходивших тренинг с БОС по ЭМГ, наблюдалось улучшение только показателя эффективности сна (SE) ($v_2 = 4,5$; $p < 0,05$; $r = 0,63$). A. Cortoos et al. пришли к выводу, что нейробиофидбэк позволяет добиться более выраженного улучшения показателей сна, особенно общей продолжительности сна (TST), по сравнению с ЭМГ-БОС.

В 2021 г. F. Lambert-Beaudet et al. был выполнен систематический обзор 12 исследований влияния БОС-терапии на лечение бессонницы. Большинство исследований показывают, что нейробиоуправление, нацеленное на коррекцию сенсомоторного ритма в сенсомоторной коре, способно улучшить субъективное качество сна [24]. В целом нейробиофидбэк приводит к улучшению качества сна у лиц с бессонницей и уменьшению субъективных жалоб на сон. Показатели нейробиоуправления подтверждают его способность изменять электрическое функционирование мозга во время тренировок, но остается неясным, сохраняется ли этот эффект в повседневной жизни.

Бронхиальная астма

В 2013 г. группа российских ученых [27] провела исследование влияния биологической обратной связи в лечении бронхиальной астмы (БА). В исследовании приняли участие 26 пациентов с БА средней степени тяжести в возрасте от 40 до 69 лет (средний возраст $55,9 \pm 5,8$ года), поступившие на реабилитацию на 15–16-е сутки после обострения заболевания. Пациенты были разделены на 2 группы (12 и 14 человек в основной и контрольной группах соответственно).

После курса БОС-терапии количество жалоб на ночные и дневные симптомы дыхательной недостаточности уменьшилось с 78 до 49% в основной группе и с 72 до 61% в контрольной группе. После повышения альфа-ритма у пациентов основной группы наблюдалось значительное уменьшение частоты использования ингаляционных бронхолитиков: с 41 до 16%, в то время как в контрольной группе частота снизилась с 46 до 22%. Жалобы астенонервотического характера полностью исчезли у 70% пациентов основной группы и у 44% пациентов контрольной группы и значительно уменьшились у 17 и 29% пациентов в основной и контрольной группах соответственно.

Инфаркт миокарда

В 2013 г. А.М. Щегольков и соавт. [27] провели исследование влияния БОС (биоакустической психокоррекции) на лечение инфаркта миокарда (ИМ). Одним из провоцирующих факторов развития данного заболевания авторы сочли чрезвычайное или длительное психоэмоциональное напряжение. Вместе с этим само заболевание является тяжелым психотравмирующим событием, в результате которого происходит перенапряжение сферы высшей нервной деятельности и повышается риск развития психических расстройств, в первую очередь большого депрессивного расстройства [28].

Курс процедур биологической обратной связи методом биоакустической коррекции состоял из 8 сеансов длительностью 30 минут каждый день или через день.

86 пациентов, перенесших ИМ в возрасте от 42 до 67 (средний возраст $56 \pm 2,2$) лет, были разделены на 2 группы: основную (ОГ) и контрольную (КГ), по 43 человека.

В результате проведенного курса реабилитации количество больных инфарктом миокарда, предъявляющих жалобы на ангинозные боли, уменьшилось с 82 до 52% в ОГ и с 80 до 63% в КГ, а число пациентов, предъявляющих жалобы на одышку, уменьшилось с 44 до 19% в ОГ и с 49 до 25% в КГ. Жалобы астеноневротического круга полностью исчезли у 72% пациентов ОГ и у 46% КГ и значительно уменьшились у 19% пациентов ОГ и у 31% пациентов КГ. В ОГ количество пациентов с симпатикотонией снизилось на 36%, в то время как в КГ – лишь на 19%. Индекс Кердо изменился с $6,7 \pm 0,8$ до $4,6 \pm 0,9$ баллов ($p < 0,05$) у пациентов ОГ и с $7,1 \pm 0,9$ до $6,2 \pm 1,2$ баллов ($p < 0,05$) у пациентов КГ.

У пациентов ОГ наблюдалось достоверное улучшение показателей по тесту Самочувствие – активность – настроение (САН): с $3,2 \pm 0,5$ до $5,3 \pm 0,6$ ($p < 0,01$) в домене самочувствия, с $3,4 \pm 0,6$ до $5,6 \pm 0,7$ ($p < 0,05$) в домене активности и с $3,8 \pm 0,7$ до $6,3 \pm 0,9$ ($p < 0,05$) в домене настроения. У пациентов КГ изменения показателей по тесту САН оказались недостоверными: показатели самочувствия увеличились с $3,2 \pm 0,5$ до $5,3 \pm 0,6$ ($p < 0,01$), активности – с $3,4 \pm 0,6$ до $5,6 \pm 0,7$ ($p < 0,05$), настроения – с $3,8 \pm 0,7$ до $6,3 \pm 0,9$ ($p > 0,05$).

В результате восстановительного лечения у больных ОГ и КГ была отмечена положительная динамика: уменьшились диастолический (ДО ЛЖ) и систолический объемы левого желудочка (СО ЛЖ), увеличились показатели ударного объема левого желудочка (УО ЛЖ), фракции выброса (ФВ), возросли толерантность к физической нагрузке (ТФН) и двойное произведение. Достоверно более выраженные изменения были получены в основной группе.

Реабилитация обеспечила улучшение психофизиологических показателей больных ИМ обеих групп. В ОГ отмечалось статистически достоверное снижение показателя реактивной (ситуационно обусловленной) тревожности (РТ) с $48,3 \pm 4,1$ до $34,5 \pm 3,1$ ($p < 0,01$), в КГ показатель РТ снизился с $46,5 \pm 5,1$ до $39,6 \pm 4,3$ ($p < 0,05$). Существенных изменений показателей личностной тревожности (ЛТ) не произошло ни в одной из групп.

Гипертоническая болезнь

Комбинированный температурно-миографический тренинг при терапии гипертонической болезни позволяет добиться снижения уровня артериального давления и снизить риск дальнейшего развития заболеваний сердечно-сосудистой системы [15, 19, 29].

В 2021 г. группа ученых провела систематический обзор литературы на английском и португальском языках с целью оценки влияния методов адаптивного биоуправления на уровни систолического и диастолического артериального давления. Во включенных исследованиях участвовало в общей сложности 462 пациента мужского и женского пола. После анализа результатов исследований было показано, что применение методов БОС-терапии при лечении гипертонической болезни значительно улучшает контроль артериального давления ($Z = 2,15$; $p = 0,03$), в большей степени влияя на диастолическое АД, снижает уровень стресса и способно облегчить контроль над другими факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. Кроме того, методы БОС могут быть использованы в качестве адъювантной терапии артериальной гипертензии [29].

90 пациентов в возрасте от 30 до 65 лет (средний возраст $45 \pm 2,2$) с установленным диагнозом гипертонической болезни 2-й стадии, артериальной гипертензией 2–3-й степени, среднего и высокого риска участвовали в исследовании лечения гипертонической болезни методом биоакустической коррекции [27]. Пациенты были разделены на 2 группы по 45 человек в каждой.

В результате проведенного курса количество жалоб на головные боли уменьшилось с 84 до 9% в основной группе (ОГ) и с 80 до 33% в контрольной группе (КГ). Жалобы астеноневротического круга полностью исчезли у 71% пациентов, прошедших курс, и у 40% пациентов КГ и значительно уменьшились у 22% пациентов ОГ и 33% пациентов КГ.

В обеих группах отмечалось достоверное снижение как среднего систолического, так и среднего диастолического давления. В ОГ систолическое АД уменьшилось на 13,1%, диастолическое – на 13,4%, а у пациентов КГ показатели снизились на 12,2 и 9,4% соответственно.

В начале исследования в обеих группах отмечалось снижение показателей альфа-ритмов и повышение бета-ритмов. В результате лечения в ОГ было зарегистрировано увеличение доли периодов альфа-ритма с $44,3 \pm 3,2$ до $58,2 \pm 4,1\%$ ($p < 0,01$) и снижение доли периодов бета-ритма с $32,7 \pm 2,8$ до $23,1 \pm 2,9\%$ ($p < 0,05$). В КГ доля периодов альфа-ритма увеличилась с $43,2 \pm 3,3$ до $48,1 \pm 3,9\%$ ($p > 0,05$), а доля периодов бета-ритма снизилась с $31,9 \pm 3,6$ до $28,8 \pm 4,7\%$ ($p > 0,05$). Повышение альфа-ритма и понижение бета-ритма повлияли на субъективное улучшение настроения пациентов и ощущение благополучия.

СДВГ

БОС является перспективной методикой коррекции поведенческих нарушений, типичных для СДВГ [13, 30]. В 1976 г. J.F. Lubar, M.N. Shouse впервые апробировали нейробиоуправление для лечения симптоматики СДВГ [31] путем увеличения спектра мощности (СПМ)

альфа- и тета-колебаний в лобных областях [13] и уменьшения представленности бета-активности в полосе 12–21 Гц в передних отделах коры.

R. Drechsler в ряде своих исследований смог представить доказательства, что при применении ЭЭГ-тренингов в работе с пациентами с СДВГ происходит повышение бета-активности и уменьшение тета-активности [32], что приводит к повышению кровоснабжения и росту уровня метаболизма фронтальных отделов головного мозга [30].

Результаты нескольких метаанализов [33–35] указывают на то, что нейробиоуправление, основанное на стандартных протоколах при СДВГ, следует рассматривать как эффективную альтернативу медикаментозному лечению. Кроме того, один из метаанализов, включавший 10 РКИ, показал, что эффекты нейробиоуправления усиливаются со временем в отличие от эффектов лекарственной терапии, и предполагают долгосрочную эффективность БОС-терапии.

Олигофрении

В ряде исследований рассматривается применение ЭЭГ-тренингов в работе с детьми с синдромом Дауна. В исследовании T. Surmeli и A. Ertem у детей с синдромом Дауна после проведения 80–160 тренингов все участники продемонстрировали улучшение концентрации внимания, снижение импульсивности, улучшение поведения и речи, увеличение словарного запаса, а также облегчение проблем с равновесием. У всех 7 детей, прошедших обучение нейрофидбеку (НФ), наблюдалось статистически значимое ($p < 0,02$) улучшение во всех областях, которые оценивали на основе опросника и результатов беседы с родителями; также были выявлены изменения в ходе количественной ЭЭГ (QEEG) (снижение дельта- и тета-паттернов ЭЭГ) [36].

В 2010 г. эта же группа авторов использовала нейробиоуправление в работе с детьми с легкой или умеренной степенью умственной отсталости и тоже достигла улучшения поведения и внимания. 22 из 23 пациентов, прошедших обучение, продемонстрировали клиническое улучшение по данным опросника DPC-P (контрольный список поведения, связанного с развитием) с отчетами QEEG. У 19 из 23 пациентов наблюдалось значительное улучшение оценки по шкалам WISC-R (шкала интеллекта Векслера для детей) и TOVA (тест переменных внимания) [37].

Аутизм

В исследовании L. Thompson et al. у детей с диагнозом «аутизм» после проведения 40–60 сеансов нейробиоуправления наблюдалось статистически значимое улучшение показателей внимания, счета, правописания и чтения [38]. По данным R. Cohen, после окончания курса лечения аутизма с применением методов БОС-терапии родители пациентов отмечали уменьшение выраженности симптомов аутизма у детей в среднем на 42%. Кроме того, пациенты демонстрировали снижение дефицита коммуникации и социального взаимодействия на 55 и 52% соответственно [39].

Существует теория, которая связывает нарушения аутистического спектра с отсутствием активации зеркальных нейронов, а следовательно, и процесса подавления мю-ритмов, при наблюдении за действиями другого чело-

века у пациентов РАС [39, 40]. В связи с этим в последнее десятилетие идет развитие направления коррекции аутизма путем обучения пациентов подавлению мю-ритмов методами БОС-терапии с помощью игровых приложений с интерфейсом мозг-компьютер [41] и с акустическим сопровождением [42].

Эпилепсия

Известно, что в ЭЭГ существуют сенсомоторные ритмы (частотой около 15 Гц), интенсификация которых позволяет предотвращать эпилептические припадки. Впервые методы нейробиоуправления были применены именно в лечении эпилепсии.

J.E. Walker показал в результате своих исследований с участием 20 пациентов, что у 90% пациентов (18 человек), прошедших сеансы адаптивного биоуправления, полностью прекратились приступы эпилепсии, 20% из них смогли отказаться от приема противосудорожных препаратов, а у 2 пациентов приступы продолжались, однако их частота и интенсивность были меньше. В этом же исследовании J.E. Walker отметил, что 9 женщин детородного возраста, планирующих беременность, смогли прекратить прием антиконвульсантов [43, 44].

В 2019 г. Y. Nagai et al. провели анализ исследований (1950–2018 гг.) терапии эпилепсии для смягчения преиктальных симптомов путем развития контроля психофизиологического возбуждения, определяемого как тонические и фазовые колебания электродермальной активности (кожно-гальваническая реакция / проводимость кожи). В качестве показателя терапевтической эффективности использовали уровень снижения частоты припадков в процентах.

В метаанализ были включены 4 исследования, в которых участвовало 102 пациента с лекарственно-устойчивой эпилепсией. Разница между частотой припадков (биологическая обратная связь-контроль) составляла от -54,4 до -74,0% с общей средневзвешенной разницей -64,3% (95% ДИ: от -85,4 до -43,2%). Частота ответа (доля пациентов, у которых наблюдалось снижение частоты приступов более чем на 50%) варьировала от 45 до 66% в разных исследованиях. В каждом исследовании сообщалось о положительном терапевтическом эффекте биологической обратной связи [45].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обсуждаемые исследования убедительно свидетельствуют в пользу того, что БОС достоверно снижает медикаментозную нагрузку при таких заболеваниях, как гипертоническая болезнь, эпилепсия, СДВГ, хронические боли, тревожные расстройства и др., при этом метод практически не имеет противопоказаний за исключением острого психоза, фотосенситивной эпилепсии и выраженного слабоумия. В связи с этим, метод БОС заслуживает более интенсивного внедрения в клиническую практику при различных заболеваниях [4, 14, 16, 17].



Поступила / Received 11.05.2023
Поступила после рецензирования / Revised 30.05.2023
Принята в печать / Accepted 07.06.2023

Список литературы / References

- Lüddecke R., Felnhofer A. Virtual Reality Biofeedback in Health: A Scoping Review. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2022;47(1):1–15. <https://doi.org/10.1007/s10484-021-09529-9>.
- Анохин П.К. *Узловые вопросы теории функциональной системы*. М.: Наука; 1980. 196 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/record/01005441302>.
- Анохин П.К. *Key Questions of the Theory of Functional System*. Moscow: Nauka; 1980. 196 p. (In Russ.) Available at: <https://search.rsl.ru/record/01005441302>.
- Быков К.М. *Кортико-висцеральная патология*. Л.: Медгиз; 1960. 576 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/record/01005991897>.
- Выков К.М. *Corticovisceral pathology*. Leningrad: Medgiz; 1960. 576 p. (In Russ.) Available at: <https://search.rsl.ru/record/01005991897>.
- Вартанова Т.С., Сметанкин А.А. Очерк истории развития биологической обратной связи как метода медицинской реабилитации. В: Сметанкин А.А., Яковлев Н.М. *Общие вопросы применения метода БОС*. СПб: БИОСВЯЗ; 2008. 102 с. Режим доступа: <https://service.biosvyaz.com/website/lit/obshchie-voprosy-primeneniya-metoda-bos.pdf>.
- Vartanova T.S., Smetankin A.A. Essay on the history of the development of biofeedback as a method of medical rehabilitation. In: Smetankin A.A., Yakovlev N.M. *General issues of biofeedback application*. St Petersburg: Biosvyaz; 2008. 102 p. (In Russ.) Available at: <https://service.biosvyaz.com/website/lit/obshchie-voprosy-primeneniya-metoda-bos.pdf>.
- DiCara L.V., Miller N.E. Instrumental learning of systolic blood pressure responses by curarized rats: dissociation of cardiac and vascular changes. *Psychosom Med*. 1968;30(5):489–494. <https://doi.org/10.1097/00006842-196809000-00002>.
- Tan G., Thornby J., Hammond D.C., Strehl U., Canady B., Arneemann K., Kaiser D.A. Meta-analysis of EEG biofeedback in treating epilepsy. *Clin EEG Neurosci*. 2009;40(3):173–179. <https://doi.org/10.1177/155005940904000310>.
- Kamiya J. Conscious control of brain wave. *Psychol Today*. 1968;(1):56–60. <https://doi.org/10.1037/e400092009-006>.
- Джос Ю.С., Меньшикова И.А. Возможности применения нейробиоуправления для повышения функциональных способностей головного мозга (обзор). *Журнал медико-биологических исследований*. 2019;7(3):338–348. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338>.
- 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;7(3):338–348. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338>.
- Сороко С.И., Трубачев В.В. *Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления*. СПб.: Политехника-сервис; 2010. 607 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19500991>.
- Soroko S.I., Trubachev V.V. *Neurophysiological and psychophysiological basis of biofeedback*. St Petersburg: Politehnika-servis; 2010. 607 p. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19500991>.
- Штарк М.Б., Скок А.Б. Применение электроэнцефалографического биоуправления в клинической практике (литературный обзор). В: Штарк М.Б. (ред.). *Биоуправление-3: Теория и практика*. Новосибирск: Царис; 1998. 139 с. Режим доступа: <https://boslab.ru/publications/84/>.
- Shtark M.B., Skok A.B. The use of electroencephalographic biofeedback on clinical practice (literature review). In: Shtark M.B. (ed.). *Biofeedback-3: Theory and practice*. Novosibirsk: Ceris; 1998. 139 p. (In Russ.) Available at: <https://boslab.ru/publications/84/>.
- 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. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiatrii-im-s-s-korsakova/2014/8/031997-7298201487>.
- Kunelskaya N.L., Rezakova N.V., Gudkova A.A., Gueht A.B. Biofeedback in clinical practice. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2014;114(8):46–50. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiatrii-im-s-s-korsakova/2014/8/031997-7298201487>.
- Сорокина Н.Д., Селицкий Г.В. Головная боль напряжения и мигрень: эффективность биологической обратной связи в их терапии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2013;113(4):86–91. Режим доступа: <https://www.mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiatrii-im-s-s-korsakova/2013/4/031997-72982013417>.
- Sorokina N.D., Selitskiy G.V. Tension headache and migraine: efficacy of biological feed-back in their treatment. *Zhurnal Nevrologii i Psikhiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2013;113(4):86–91. (In Russ.) Available at: <https://www.mediasphera.ru/issues/zhurnal-nevrologii-i-psikhiatrii-im-s-s-korsakova/2013/4/031997-72982013417>.
- Гринь-Яценко В.А., Кропотов Ю.Д., Пономарев В.А., Чутко Л.С., Яковенко Е.А. Использование метода биологической обратной связи по электроэнцефалограмме в коррекции нарушений внимания у детей. В: Штарк М.Б., Шварц М. (ред.). *Биоуправление-4: Теория и практика*. Новосибирск: Царис; 2002. Режим доступа: <https://boslab.ru/upload/iblock/81f/81f45391122367e29fe511dc367bb0d8.pdf>.
- Grin-Yatzenko V.A., Kropotov Yu.D., Ponomarev V.A., Tchutko L.S., Yakovenko E.A. The use of encephalogram-guided biofeedback for correction of attention disturbances in children. In: Shtark M.B., Shvarts M. (eds.). *Biofeedback-4: Theory and practice*. Novosibirsk: Ceris; 2002. (In Russ.) Available at: <https://boslab.ru/upload/iblock/81f/81f45391122367e29fe511dc367bb0d8.pdf>.
- Tsutsui S., Tsuboi K., Nakagawa Y. Biofeedback therapy in chronic headaches – prognostic investigation. *Current Biofeedback Research in Japan*. 1993;97–102. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Biofeedback-Therapy-in-Chronic-Headaches-%3A-Tsutsui-Tsuboi/df274fa42a21fa8073a7d82d132f55bb9181898d>.
- Захарова В.В., Неклюдова В.Л., Базанова О.М., Веревкин Е.Г., Бахтина И.А., Загоруйко А.С., Журавель Ф.А. Реорганизация биоэлектрических ритмов у пациентов с гипертонической болезнью в сеансах с мультипараметрической биообратной связью (МБОС). *Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2005;25(3):65–70. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9115818>.
- Zakharova V.V., Nekludova V.L., Bazanova O.M., Verevkin E.G., Bachtina I.A., ZagoruiKO A.S., Zhuravel F.A. Reorganization of hypertensive patients bioelectric rhythms during multi biofeedback session. *Byulleten Sibirskogo Otdeleniya Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk*. 2005;25(3):65–70. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9115818>.
- Пятакович Ф.А., Курлов Ю.А. Структура автоматизированной системы тренинга остроты зрения. *Успехи современного естествознания*. 2006;(8):57–59. Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=11232>.
- Pyatakovich F.A., Kurlov Yu.A. The structure of the automatic training system for visual acuity. *Advances in Current Natural Sciences*. 2006;(8):57–59. (In Russ.) Available at: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=11232>.
- Грехов Р.А., Сулейманова Г.П., Харченко С.А., Адамович Е.И. Психофизиологические основы применения лечебного метода биологической обратной связи. *Вестник Вологодского государственного университета*. 2015;(3):87–96. <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.3.9>.
- Grekhov R.A., Sulejmanova G.P., Kharchenko S.A., Adamovich E.I. Psychophysiological basics of applying the medical method of biofeedback. *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2015;(3):87–96. (In Russ.) <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.3.9>.
- Пузин М.Н., Шубина О.С. Биоуправление в терапии мигрени. В: Штарк М.Б., Шварц М. (ред.). *Биоуправление-4: Теория и практика*. Новосибирск: ИМБС СО РАН; 2002. 340 с. Режим доступа: <https://boslab.ru/upload/iblock/58c/58c305ae8eac35d3c454bfc262b48a86.pdf>.
- Puzin M.N., Shubina O.S. Use of biofeedback in migraine headache treatment. In: Shtark M.B., Shvarts M. (eds.). *Biofeedback-4: Theory and practice*. Novosibirsk: Institute of Molecular and Cell Biology at the Siberian Department of the Russian Academy of Science; 2002. 340 p. (In Russ.) Available at: <https://boslab.ru/upload/iblock/58c/58c305ae8eac35d3c454bfc262b48a86.pdf>.
- Айвазян Т.А. Биообратная связь в лечении гипертонической болезни: механизм действия, предикторы эффективности. В: Штарк М.Б., Колл Р. (ред.). *Биоуправление-2: Теория и практика*. Новосибирск: Офсет; 1993. 162 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22912526&ysclid=ljwxjsu6mw780200050>.
- Ajvazyan T.A. Biofeedback in treatment of arterial hypertension: mechanism of action, predictors of efficacy. In: Shtark M.B., Koll R. (eds.). *Biofeedback-2: Theory and practice*. Novosibirsk: Offset; 1993. 162 p. (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22912526&ysclid=ljwxjsu6mw780200050>.
- Walker J.E. QEEG-Guided Neurofeedback for Recurrent Migraine Headaches. *Clin EEG Neurosci*. 2011;42(1):59–61. <https://doi.org/10.1177/155005941104200112>.
- 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>.
- Glombiewski J.A., Bernady K., Häuser W. Efficacy of EMG- and EEG-Biofeedback in Fibromyalgia Syndrome: A Meta-Analysis and a Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2013;2013:962741. <https://doi.org/10.1155/2013/962741>.
- Wu Y.L., Fang S.C., Chen S.C., Tai C.J., Tsai P.S. Effects of Neurofeedback on Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial. *Pain Manag Nurs*. 2021;22(6):755–763. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2021.01.004>.

24. Lambert-Beaudet F., Journault W.G., Rudziavicius Provençal A., Bastien C.H. Neurofeedback for insomnia: Current state of research. *World J Psychiatry*. 2021;11(10):897–914. <https://doi.org/10.5498/wjp.v11.i10.897>.
25. Волеь Б.А., Петелин Д.С., Полукетов М.Г. Современные представления об инсомнии при психических расстройствах (клинические аспекты). *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;119(4–2): 63–68. <https://doi.org/10.17116/jnevro201911904263>.
Volel B.A., Petelin D.S., Poluketov M.G. Modern concepts about insomnia in mental disorders: clinical aspects. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2019;119(4–2):63–68. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro201911904263>.
26. Cortoos A., De Valck E., Arns M., Breteler M.H., Cluydts R. An exploratory study on the effects of teleneurofeedback and tele-biofeedback on objective and subjective sleep in patients with primary insomnia. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2010;35(2):125–134. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9116-z>.
27. Щегольков А.М., Юдин В.Е., Дыбов М.Д., Ярошенко В.П., Пушкарёв Е.П., Симбердеев Р.Ш., Косухин Е.С. Комплексная медицинская реабилитация больных психосоматическими заболеваниями с применением биоакустической психокоррекции. *Вестник восстановительной медицины*. 2013;(1):20–23. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15187950>.
Shchegolkov A.M., Yudin V.E., Dybov M.D., Yaroshenko V.P., Pushkaryov E.P., Simberdeev R.Sh., Kosukhin E.S. Comprehensive medical rehabilitation of patients with psychosomatic diseases applying bioacoustic psychocorrection. *Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*. 2013;(1):20–23 (In Russ.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15187950>.
28. Беляевская А.А., Петелин Д.С., Волеь Б.А., Терновой С.К. Впервые возникшая депрессия у пациентов с острым коронарным синдромом. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2022;12(1):89–97. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2022-12-1-89-97>.
Beliaevskaia A.A., Petelin D.S., Volel B.A., Ternovoy S.K. First-time depression in patients with acute coronary syndrome. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2022;12(1):89–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2022-12-1-89-97>.
29. Costa Vital J.E., de Moraes Nunes A., Souza de Albuquerque Cacique New York B., Araujo de Sousa B.D., Nascimento M.F., Formiga M.F., Fernandes A.T. 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>.
30. Успенский А.Л., Субботкина А.Н. Коррекция синдрома дефицита внимания и гиперактивности методом компьютерного биоуправления. *Вестник восстановительной медицины*. 2010;(4):28–31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17017782>.
Uspenskij A.L., Subbotkina A.N. Management of attention deficit and hyperactivity disorder using computer-assisted biofeedback. *Vestnik Vosstanovitel'noj Mediciny*. 2010;(4):28–31 (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17017782>.
31. Lubar J.F., Shouse M.N. EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR): a preliminary report. *Biofeedback Self Regul*. 1976;1(3):293–306. <https://doi.org/10.1007/BF01001170>.
32. Drechsler R. Ist Neurofeedbacktraining eine wirksame Therapiemethode zur Behandlung von ADHS? Ein Überblick über aktuelle Befunde. *Z. Neuropsychol*. 2011;22:131–146. <https://doi.org/10.1024/1016-264X/a000035>.
33. Cortese S., Ferrin M., Brandeis D., Holtmann M., Aggensteiner P., Daley D. et al. Neurofeedback for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Meta-Analysis of Clinical and Neuropsychological Outcomes From Randomized Controlled Trials. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2016;55(6):444–555. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2016.03.007>.
34. Van Doren J., Arns M., Heinrich H., Vollebregt M.A., Strehl U., Loo S.K. Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2019;28(3):293–305. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-1121-4>.
35. Micoulaud-Franchi J.A., Geoffroy P.A., Fond G., Lopez R., Bioulac S., Philip P. EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:906. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00906>.
36. Surmeli T., Ertem A. EEG Neurofeedback Treatment of Patients with Down Syndrome. *J Neurother*. 2007;11(1):63–68. https://doi.org/10.1300/J184v11n01_07.
37. Surmeli T., Ertem A. Post WISC-R and TOVA improvement with QEEG guided neurofeedback training in mentally retarded: a clinical case series of behavioral problems. *Clin EEG Neurosci*. 2010;41(1):32–41. <https://doi.org/10.1177/155005941004100108>.
38. Thompson L., Thompson M., Reid A. Neurofeedback outcomes in clients with Asperger's syndrome. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2010;35(1): 63–81. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9120-3>.
39. Coben R., Linden M., Myers T.E. Neurofeedback for autistic spectrum disorder: a review of the literature. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2010;35(1):83–105. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9117-y>.
40. Oberman L.M., Hubbard E.M., McCleery J.P., Altschuler E.L., Ramachandran V.S., Pineda J.A. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005;24(2):190–198. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.01.014>.
41. Friedrich E.V., Suttie N., Sivanathan A., Lim T., Louchart S., Pineda J.A. Brain-computer interface game applications for combined neurofeedback and biofeedback treatment for children on the autism spectrum. *Front Neuroeng*. 2014;7:21. <https://doi.org/10.3389/fneng.2014.00021>.
42. LaMarca K., Gevirtz R., Lincoln A.J., Pineda J.A. Facilitating Neurofeedback in Children with Autism and Intellectual Impairments Using TAGteach. *J Autism Dev Disord*. 2018;48(6):2090–2100. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3466-4>.
43. Walker J.E. Power spectral frequency and coherence abnormalities in patients with intractable epilepsy and their usefulness in long-term remediation of seizures using neurofeedback. *Clin EEG Neurosci*. 2008;39(4):203–205. <https://doi.org/10.1177/155005940803900410>.
44. Walker J.E. Using QEEG-guided neurofeedback for epilepsy versus standardized protocols: enhanced effectiveness? *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2010;35(1):29–30. <https://doi.org/10.1007/s10484-009-9123-0>.
45. Nagai Y., Jones C.I., Sen A. Galvanic Skin Response (GSR)/Electrodermal/Skin Conductance Biofeedback on Epilepsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol*. 2019;10:377. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00377>.

Вклад авторов:

Концепция статьи – В.М. Рузинова, Б.А. Волеь
 Концепция и дизайн исследования – В.М. Рузинова
 Написание текста – В.М. Рузинова, Ю.В. Долгополова
 Сбор и обработка материала – В.М. Рузинова, О.Ю. Сорокина, Д.С. Петелин
 Обзор литературы – В.М. Рузинова, Д.С. Петелин, Ю.В. Долгополова
 Анализ материала – В.М. Рузинова, О.Ю. Сорокина
 Редактирование – Ю.В. Долгополова
 Утверждение окончательного варианта статьи – Б.А. Волеь

Contribution of authors:

Concept of the article – Vera M. Ruzinova, Beatrice A. Volel
 Study concept and design – Vera M. Ruzinova
 Text development – Vera M. Ruzinova, Yulia V. Dolgoplova
 Collection and processing of material – Vera M. Ruzinova, Olga Yu. Sorokina, Dmitry S. Petelin
 Literature review – Vera M. Ruzinova, Dmitry S. Petelin, Yulia V. Dolgoplova
 Material analysis – Vera M. Ruzinova, Olga Yu. Sorokina
 Editing – Yulia V. Dolgoplova
 Approval of the final version of the article – Beatrice A. Volel

Информация об авторах:

Рузинова Вера Михайловна, медицинский психолог психотерапевтического отделения Университетской клинической больницы № 3 Клинического центра, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1; медицинский психолог, Центр традиционного акушерства и комплексной персонализированной медицины; 115093, Россия, Москва, ул. Павловская, д. 18, стр. 2; veraruzinova7@gmail.com

Долгополова Юлия Валерьевна, студент, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова; 117997, Россия, Москва, ул. Островитянова, д. 1; juliadolgoplova98@gmail.com

Петелин Дмитрий Сергеевич, к.м.н., ассистент кафедры психиатрии и психосоматики Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1; petelinhome1@yandex.ru

Сорокина Ольга Юрьевна, к.м.н., заведующая психотерапевтическим отделением Университетской клинической больницы №3 Клинического центра, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1; msolgasorokina@mail.ru

Волель Беатриса Альбертовна, д.м.н., директор Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1; ведущий научный сотрудник отдела по изучению пограничной психической патологии и психосоматических расстройств, Научный центр психического здоровья; 115522, Россия, Москва, Каширское шоссе, д. 34; Beatrice.volel@gmail.com

Information about the authors:

Vera M. Ruzinova, Medical Psychologist of the Psychotherapeutic Department of the University Clinical Hospital No. 3 of the Clinical Center, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 6, Bldg. 1, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russia; Psychologist LLC, Limited Liability Company Center for Traditional Midwifery and Comprehensive Personalized Medicine; 18, Bld. 2, Pavlovskaya St., Moscow, 115093, Russia; veraruzinova7@gmail.com

Yulia V. Dolgoplova, Student, Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanov St., Moscow, 117997, Russia; juliadolgoplova98@gmail.com

Dmitry S. Petelin, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor of the Department of Psychiatry and Psychosomatics of the Institute of Clinical Medicine named after N.V. Sklifosovsky, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 6, Bldg. 1, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russia; petelinhome1@yandex.ru

Olga Yu. Sorokina, Cand. Sci. (Med.), Head of the Psychotherapeutic Department of the University Clinical Hospital No. 3 of the Clinical Center, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 6, Bldg. 1, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russia; msolgasorokina@mail.ru

Beatrice A. Volel, Dr. Sci. (Med.), Director of the Institute of Clinical Medicine named after N.V. Sklifosovsky, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); 6, Bldg. 1, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russia; Leading researcher of the Department for the study of the borderline mental pathology and psychosomatic, Mental Health Research Center; 34, Kashirskoe Shosse, Moscow, 115522, Russia; Beatrice.volel@gmail.com