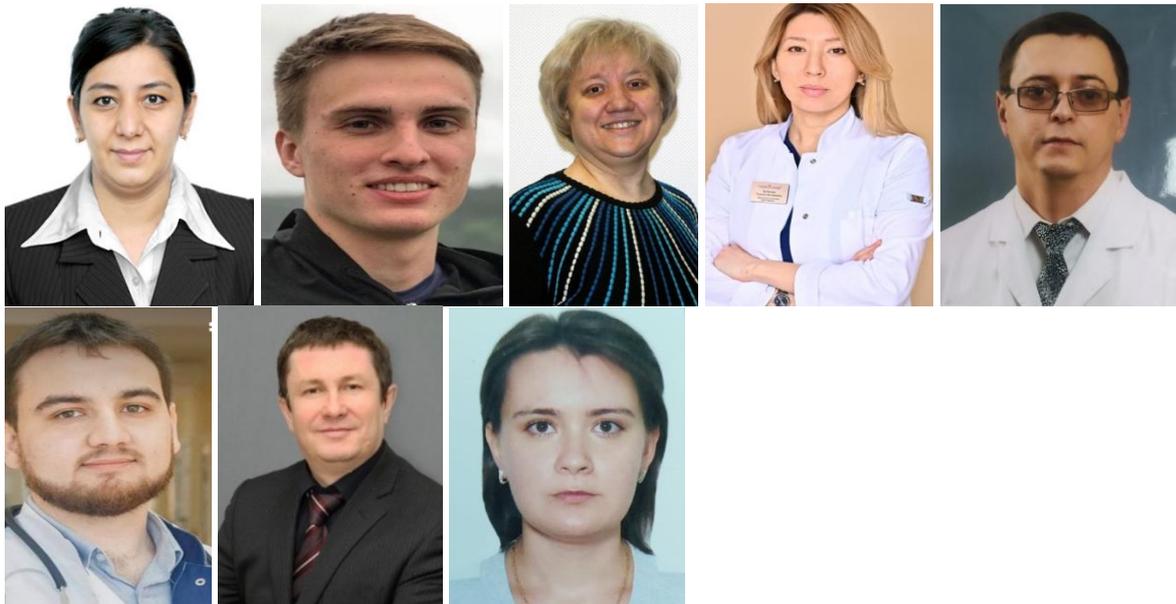


УДК: 616.831-001.31-005:615.18

ОБРАТНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ТАКТИЛЬНАЯ СВЯЗЬ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ГОЛОВНОГО МОЗГА С МОТОРНЫМИ, КОГНИТИВНЫМИ И БОЛЕВЫМИ СИНДРОМАМИ: ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫЕ ТРАВМЫ, ЦЕРЕБРАЛЬНЫЕ ИНСУЛЬТЫ



Бурханова Гульноза Лутфиллоевна¹, Голдырев Евгений Олегович², Ахмадеева Лейла Ринатовна^{2,3}, Булякова Гульназ Ахтямовна², Валиев Вильдан Сабитович², Гизатуллин Ринат Раисович², Байков Денис Энверович², Харисова Эльвира Миллануровна²

1 - Самаркандский государственный медицинский университет, Республика Узбекистан, г. Самарканд;

2 - ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России», Российская Федерация, г. Уфа;

3 - Академия Наук Республики Башкортостан, Российская Федерация, г. Уфа

МОТОР, КОГНИТИВЕ ВА ОҒРИҚ СИНДРОМИ БИЛАН КЕЧУВЧИ БОШ МИЯ КАСАЛЛИКЛАРИ: КАЛЛА СУЯГИ-БОШ МИЯ ЖАРОҲАТИ, ЦЕРЕБРАЛ ИНСУЛТЛАР БИЛАН БЕМОРЛАР РЕАБИЛИТАЦИЯСИДА БИОЛОГИК ҚАЙТА ВА ТАКТИЛ АЛОҚА

Бурханова Гульноза Лутфиллоевна¹, Голдырев Евгений Олегович², Ахмадеева Лейла Ринатовна^{2,3}, Булякова Гульназ Ахтямовна², Валиев Вилдан Сабитович², Гизатуллин Ринат Раисович², Байков Денис Энверович², Харисова Элвира Миллануровна²

1 - Самарканд давлат тиббиёт университети, Ўзбекистон Республикаси, Самарканд ш.;

2 - "Россия Соғлиқни сақлаш вазирлигининг Бошқирд давлат тиббиёт университети" Федерал давлат бюджети олий таълим муассасаси, Россия Федерацияси, Уфа ш.;

3 - Бошқирдистон Республикаси Фанлар академияси, Россия Федерацияси, Уфа ш.

BIOLOGICAL AND TACTILE FEEDBACK IN REHABILITATION OF PATIENTS WITH CEREBRAL DISORDERS WITH MOTOR, COGNITIVE AND PAIN SYNDROMES: BRAIN TRAUMA, STROKE

Burkhanova Gulnoza Lutfilloevna¹, Goldyrev Evgeny Olegovich², Akhmadeeva Leila Rinatovna^{2,3}, Bulyakova Gulnaz Akhtyamovna², Valiev Vildan Sabitovich², Gizatullin Rinat Raisovich², Baikov Denis Enverovich², Kharisova Elvira Mullanurovna²

1 - Samarkand State Medical University, Republic of Uzbekistan, Samarkand;

2 - FGBOU VO "Bashkir State Medical University Ministry of Health of Russia", Russian Federation, Ufa;

3 - Academy of Sciences of Bashkortostan Republic, Russian Federation, Ufa

e-mail: info@sammu.uz

Резюме. Биологик қайта алоқа (БҚА) - тиббий реабилитация йўналиши бўлиб, унинг мақсади жароҳатлар, асаб тизими (АТ), таянч-ҳаракат тизими (ТХТ), сийдик ва ошқозон-ичак тизими касалликлари бўлган беморларда йўқолган функцияларни тиклашдир. Шунингдек биологик қайта алоқа алкоғолизм ва гиёҳвандлик каби адаптив касалликларга чалинган беморларни даволашда ҳам қўлланилиши мумкин. Реабилитация

цияда қўлланиладиган БҚА усуллари маълум тана тизимларига биомеханик таъсирга асосланган. Биологик қайта алоқанинг энг кенг қўлланилиши нерв-мушак, нафас олиш, юрак-қон томир, сийдик, ошқозон-ичак тизимлари учун ҳосилдир. Энг кўп ўрганилган усул электромиографик БҚА ҳисобланади (ЭМГ- БҚА). Биологик қайта алоқа бел оғриги, тос бўшлиғи мушаклари дисфункцияси, артериал гипертензия, юрак етишимовчилиғи, фибромиопатиялар, бронхиал астма ва психологик касалликларни даволашда самарали эканлигини исботлади. БҚА ни амалга ошириши кўпинча дисплейлар, акустик ёки тактил сигналлар ёрдамида амалга оширилади, аммо сўнгги пайтларда виртуал реаллик технологияларидан фойдаланиши усули тобора кенгайиб бормоқда. Виртуал реалликдан фойдаланган ҳолда реабилитация чораларини қўллаш, биринчи навбатда, юрак-қон томир дисфункцияси ва таянч-ҳаракат тизими касалликлари бўлган беморларга қаратилган. Оёқ-қўллар функцияларнинг бузилиши, турли тизимларнинг дисфункциялари ҳаёт сифатини, касбий, ижтимоий интеграцияни пасайтиради. Жисмоний реабилитацияда қўлланиладиган нейро-мускуляар биологик қайта алоқа усуллари - ЭМГ биологик қайта алоқа, реал вақтда ул-тратовуш кўришдан фойдаланган ҳолда биологик қайта алоқа, роботлаштирилган ўрнатиллар, мия-компьютер интерфейси киради.

Калим сўзлар: биологик қайта алоқа, реабилитация, инсулт, роботлаштирилган реабилитация, мия-компьютер интерфейси.

Abstract. Biofeedback (BFB) is a direction in medical rehabilitation, the purpose of which is to restore lost functions in patients with injuries, diseases of the nervous system (NS), musculoskeletal system (MOA), urinary and gastrointestinal systems. Biofeedback can also be used in the treatment of patients with such adaptive disorders as alcoholism and drug addiction. BFB methods used in rehabilitation are based on the biomechanical effect on certain body systems. The most common application of biofeedback to the neuromuscular, respiratory, cardiovascular, urinary, gastrointestinal systems. The most studied method is electromyographic BFB (EMG-BFB). Biofeedback has proven effective in the treatment of low back pain, pelvic floor dysfunction, hypertension, heart failure, fibromyopathies, asthma, and psychological disorders. BFB implementation is most often carried out by means of displays, acoustic or tactile signals, but recently the method using virtual reality technologies has become more and more widespread. The use of rehabilitation measures using virtual reality is aimed primarily at patients with cardiovascular dysfunctions and musculoskeletal disorders. Impaired functioning of the limbs, dysfunctions of various systems reduce the quality of life, professional, social integration. Neuromuscular biofeedback methods used in physical rehabilitation include EMG biofeedback, biofeedback using real-time ultrasound imaging, robotic setups, brain-computer interface.

Keywords: biofeedback, rehabilitation, stroke, robotic rehabilitation, brain-computer interface.

Введение. Биологическая обратная связь (БОС) – направление в медицинской реабилитации, целью которого является восстановление утраченных функций у пациентов с травмами, заболеваниями нервной системы (НС), опорно-двигательного аппарата (ОДА), мочевыделительной и желудочно-кишечной системы. Также БОС может применяться в лечении пациентов с такими адаптивными расстройствами как алкоголизм и наркомания. У лиц, имеющих алкогольную зависимость имеется тенденция к дефициту тета-ритма и угнетению альфа-ритма. Абстинентный синдром, развивающийся у пациентов данной группы, может быть купирован посредством методики альфа-тетра тренировки [1]. Одним из актуальных вопросов изучения является сенсорная БОС.

Методы БОС, применяемые в реабилитации основаны на биомеханическом воздействии на определённые системы организма. Наиболее распространено применение БОС к нервно-мышечной, дыхательной, сердечно-сосудистой, мочевыделительной, желудочно-кишечной системам. Наиболее изученным методом является электро-миографическая БОС (ЭМГ-БОС). БОС доказала свою эффективность при лечении болей в поясничной области, дисфункции мышц тазового дна, артериальной гипертензии, сердечной недостаточности, фибромиопатиях,

бронхиальной астме и психологических расстройствах [2]. Реализации БОС чаще всего осуществляется посредством дисплеев, акустических или тактильных сигналов, однако в последнее время всё больше распространяется метод с применением технологий виртуальной реальности. Применение реабилитационных мероприятий с использованием виртуальной реальности направлено в первую очередь на пациентов с сердечно-сосудистыми дисфункциями и нарушениями ОДА.

Нарушения функционирования конечностей, дисфункции различных систем снижают качество жизни, профессиональную, социальную интеграцию [3,4].

Методы нервно-мышечной биологической обратной связи, используемые в физической реабилитации, включают ЭМГ-биологическую обратную связь и биологическую обратную связь с использованием ультразвуковой визуализации в реальном времени. ЭМГ-БОС предназначена для создания новых систем обратной связи в результате преобразования нервно-мышечных сигналов. Данная система реализуется посредством применения электродов, считывающих электрические изменения в скелетных мышцах, направляющиеся пользователю в виде визуальных или слуховых сигналов. Однако эффективность ЭМГ-БОС в

качестве метода лечения “хлыстовых” травм не полностью изучена.

Целью данного исследования является обзор методов биологической обратной связи, применяемых в реабилитации пациентов с дисфункциями нервной системы и опорно-двигательного аппарата.

Материалы и методы. Авторами был произведен электронный поиск публикаций в базах данных PubMed/Medline, Scopus, Web of Science и Google Scholar. Поиск осуществлялся по следующим ключевым словам: «biofeedback», «neurofeedback», «robotic rehabilitation», «robotic rehabilitation», «brain-computer interface». Авторы независимо друг от друга осуществляли отбор релевантных исследований.

В обзор включались исследования, опубликованные на английском языке, преимущественно за последние 10 лет. Критериями включения являлось: оригинальность исследования, применение методов биологической активной связи, клиническая оценка эффективности применяемых методов.

Результаты и обсуждения. В результате поиска было найдено 305 исследований, после применения критериев включения в данный обзор было включено 30 исследований. Сообщалось о следующих режимах БОС: визуальном, слуховом, тактильном. 11 исследований сочетали данные режимы. Визуальные сигналы в исследованиях подавались посредством мониторов, планшетов или проекторов. Передача слуховым данным реализовывалась посредством наушников. Тактильные сигналы подавались через механизмы с вибрацией или электротактильной системы с использованием электродов.

Draper and Ballard и соавт. предположили, что ЭМГ-БОС является более эффективным методом при восстановлении вращающего момента силы мышцы, чем электростимуляция различных участков после реконструкции передней крестообразной связки, что так же было подчёркнуто в отчётах по методам терапии после менискэктомии [5]. Рандомизированное контролируемое исследование (РКИ), проведённое Аккара и соавт. показало, что добавление ЭМГ-БОС к обычной программе упражнений привело к значительному сокращению времени использования вспомогательных средств для ходьбы. Кроме того, в данной группе пациентов были зафиксированы лучшие показатели силы четырёхглавой мышцы бедра по шкале Лайхольма, чем в группе домашних упражнений/электростимуляции [6]. Аналогичные результаты были получены Kirnar и соавт [7]. Однако, исследование Yilmaz и соавт., сравнивающих программу укрепляющих

упражнение с ЭМГ-БОС и без не продемонстрировало значительного прироста эффективности в первой групп [8].

Sklempe и соавт. было проведено 21-дневное РКИ влияния ЭМГ-БОС на функциональное восстановление после тотального эндопротезирования коленного сустава. Исследователи пришли к выводу, что применение ЭМГ-БОС в рамках реабилитации не выявило значительных улучшений в подвижности, функциональных показателях, интенсивности боли по сравнению с группой, не применявшей ЭМГ-БОС [9]. Важно отметить, что данное исследование не подразумевало оценку вращающего момента мышцы, а результаты могут быть опосредованы кратковременностью исследования.

Применение виртуальной игровой системы в рамках реабилитации пациентов с остеоартритом было реализовано Krepkovich и соавт. Исследователи пришли к выводу, что применение ЭМГ-БОС увеличивают момент разгибания колена на 25% по сравнению с контрольной группой [10].

Эффективность применения ЭМГ-БОС при пателло-бедренном болевом синдроме была зафиксирована в исследовании Ng и соавт. [11]. Результаты трех РКИ предполагают, что ЭМГ-БОС может быть полезна при болях в области шеи, что обуславливается снижением тонуса мышц. Dellve и соавт. в исследовании с участием работниц, длительно находившихся на временной нетрудоспособности в связи с хронической болью в шее выявили, что применение ЭМГ-БОС было связано с улучшением показательной функциональных тестов [12]. Ma и соавт. сравнили ЭМГ-БОС, активные физические упражнения, пассивное лечение и отсутствие контроля лечения при лечении связанных с работой болей в шее и плече. Результаты этого исследования предполагают, что ЭМГ-БОС вызывала общий эффект расслабления в мышцах шеи и плеч, который не был обнаружен в других группах. [13]. Voerman и соавт. сообщили об эффективности ЭМГ-БОС по отношению к болям и инвалидизации пациентов в группе с болями после “хлыстовых” травм [14].

Gilmore и соавт. пришли к выводу, что применение визуальной биологической обратной связи привела к повышению активности передней зубчатой мышцы и снижению активности верхней трапециевидной мышцы у пациентов с “крыловидными лопатками”. Исследования также показали, что использование видеозаписи БОС является эффективным методом обучения двигательным навыкам у пациентов после инсульта [15]. Несмотря на высокую точность определения правильности выполнения

упражнений, оптические системы захвата движения, как правило, ограничены лабораторными условиями.

Lazaridou и соавт. в 8-недельном исследовании BEAT-rein определили, что применение ЭМГ-БОС у пациентов с хронической болью в поясничной области дало статистически значимые результаты. Пациенты, применявшие методы виртуальной ЭМГ-БОС сообщили о меньшей интенсивности боли после завершения вмешательства (разница в среднем по группам 0,9, 95% ДИ -1,07, -0,32; $p \leq 0,01$). По сравнению с исходным уровнем участники группы ЭМГ-БОС продемонстрировали статистически значимое снижение болевых ощущений (среднее различие 1,3, 95% ДИ 0,42, 2,1; $p \leq 0,01$), инвалидности (среднее различие 4,32, 95% ДИ 1,2, 7,3; $p \leq 0,01$) и значительное повышение болевого порога в пояснице (средняя разница 0,5, 95% ДИ -0,87, -0,05; $p \leq 0,01$) [16].

Sarafadeen и соавт. провели исследование по оценке эффекта упражнений для стабилизации позвоночника с применением ЭМГ-БОС у пациентов с хронической неспецифической болью в области поясницы. Был сделан вывод, что упражнения для стабилизации позвоночника с помощью ЭМГ-БОС эффективны в увеличении площади поперечного сечения поясничной мышцы, боли и инвалидности у лиц с хронической неспецифической болью в пояснице [17].

Huang и соавт. была проведена оценка сократительной способности мышц с применением методов визуальной БОС в рамках реабилитации пациентов. Передача информации в реальном времени осуществлялась посредством устройства, транслирующего ультразвуковое изображение. Было выявлено, что в группе с применением визуальной БОС с ультразвуковой визуализацией в реальном времени показатели роста грудных мышц значительно превалировали над группой контроля, что, вероятно, связано с контролем целенаправленного сокращения мышц [18].

Ряд исследований с тренировкой баланса посредством использования визуальной БОС у лиц пожилого возраста выявил снижение риска падений [19-21].

Naп и соавт. в исследовании по восстановлению когнитивных и моторных функций на двух пациентах пришли к выводу, что применение БОС с целью улучшить альфа активности головного мозга даёт значительный прирост данного показателя по сравнению с исходным уровнем. Пациентом мужского пола продемонстрирована эволюция речевого аппарата, в то время как пациентка женского пола смогла улучшить качество походки. Кроме того, у

обоих пациентов было выявлено снижение уровня тревоги. Стоит отметить, что БОС в данном исследовании применили более чем через три года после отсутствия улучшений от стандартной терапии [22]. Kobeg и соавт. изучили влияние БОС на альфа-активность головного мозга и когнитивные функции двух пациентов после инсульта и пришли к аналогичному выводу. Пациентами было продемонстрировано улучшение показателей памяти по сравнению с предварительным обследованием. У одного из участников по окончании исследования была выявлена нормализация распространения дельта и альфа-ритмов в головном мозге [23]. Эти данные не сходятся с результатами исследования Naas и соавт., которыми не было выявлено улучшение когнитивных показателей, но был сделан вывод о том, что применение БОС приводит к более быстрому и значительному улучшению альфа-ритма [24].

Zhao и соавт. в РКИ исследовали влияние нейрокомпьютерного интерфейса на когнитивную и двигательную активность и пришли к выводу, что сочетание традиционной физиотерапии с исследуемой технологией приводит к улучшению когнитивной функции, двигательной активности нижних конечностей, а также повышению уровня нейротрофического фактора мозга [25]. К аналогичному выводу в проведённом систематическом обзоре пришли Qu и соавт. Исследователями был сделан вывод о значительном улучшении в восстановлении двигательных функций верхних конечностей у пациентов после инсульта, использующих интерфейс мозг-компьютер (ИМК) [26].

Об эффективности системы ИМК сообщают и Liu и соавт., которые пришли к выводу, что реабилитация на основе ИМК является эффективным вмешательством для улучшения двигательной активности пациентов после инсульта с умеренным или тяжелым парезом верхних конечностей и представляет собой одно из наиболее перспективных направлений в нейрореабилитации после инсульта. Было выявлено, что функциональная связь первичной моторной и лобная кора может быть улучшена после тренировки ИМК [27]. О положительной динамике двигательных функций, связанных с применением ИМК с аудиосигналом и технологией мультисенсорной обратной связи также заявляют Li и соавт. [28]. Gao и соавт. полагают, что новая система ИМК, включающая визуальную и моторную обратную связь, применима в программе реабилитационных мероприятий пациентов, перенесших инсульт с гемиплегией. Была выявлена не только безопасность, но и тенденция к быстрому достижению достаточной интенсивности

тренировок [29].

Эффективность применения роботизированных тренировок у пациентов после инсульта была оценена Ло и соавт. Авторы заявляют, что роботизированное обучение является более эффективным методом реабилитации у пациентов с тяжёлыми нарушениями ОДА [30]. Стоит отметить, что экономические применение данной технологии имеет лучшие результаты по сравнению с традиционными методами лечения.

Основным ограничением этого обзора является низкое качество большинства рассмотренных исследований, главным образом это было связано с “предвзятость отбора” и применением критериев включения и исключения. Будущие работы должны быть сосредоточены на исследованиях высокого качества, которые смогут подкрепить вышеуказанные результаты и выводы.

Выводы. Биологическая обратная связь используется в течение многих лет для оказания помощи пациентам во время реабилитации. В этой статье был проведен обзор исследований, затрагивающих применение методов БОС, в настоящее время использующихся в рамках физической реабилитации пациентов. Исследования в этой области в первую очередь сосредоточены на использовании биологической обратной связи в реабилитации пациентов с неврологическими и травматологическими патологиями. ЭМГ-БОС на сегодняшний день является одной из наиболее перспективных методов реабилитации. Хотя доказательства в поддержку использования биологической обратной связи в реабилитации кажутся многообещающими, тем не менее, не хватает систематических обзоров, большого количество РКИ, изучающих эту тему.

Литература:

1. Peniston E. G., Kulkosky P. J. a-0 brainwave training and P-endorphin levels in alcoholics. // *Alcoholism: Clin. Exp. Res.* — 1989. — V. 13. — p. 271-279.
2. Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil.* 2013;10:60. doi:10.1186/1743-0003-10-60
3. GBD 2016 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Neurol.* 2019;18(5):439-458. doi:10.1016/S1474-4422(19)30034-1
4. van Gelder LMA, Barnes A, Wheat JS, Heller BW. The use of biofeedback for gait retraining: A mapping review. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2018;59:159-166. doi:10.1016/j.clinbiomech.2018.09.020
5. Худойкулова Ф. В. и др. The structure, age fea-

tures, and functions of hormones // *Pedagog.* — 2023. — Т. 6. — №. 1. — С. 681-688.

6. Сагтарова Д. Б. и др. Эрготерапия как составная часть реабилитации пациентов после инсульта // *Academy.* — 2020. — №. 4 (55). — С. 87-92.
7. Kirnap M, Calis M, Turgut AO, Halici M, Tuncel M. The efficacy of EMG-biofeedback training on quadriceps muscle strength in patients after arthroscopic meniscectomy. *N Z Med J.* 2005;118(1224):U1704. Published 2005 Oct 28.
8. Yilmaz OO, Senocak O, Sahin E, et al. Efficacy of EMG-biofeedback in knee osteoarthritis. *Rheumatol Int.* 2010;30(7):887-892.
9. Мавлянова З. Ф., Кулмирзаева Х. И. Клинико-нейровизуализационная картина ишемического инсульта в остром периоде // *Вестник казахского национального медицинского университета.* — 2015. — №. 2. — С. 87-89.
10. Farkhadovna M. Z. et al. Commitment to the treatment of veterans of battle operations suffering with cephalgia after cranio-brain injuries // *Journal of biomedicine and practice.* — 2023. — Т. 8. — №. 2.
11. Ng GY, Zhang AQ, Li CK. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(1):128-133.
12. Dellve L, Ahlstrom L, Jonsson A, et al. Myofeedback training and intensive muscular strength training to decrease pain and improve work ability among female workers on long-term sick leave with neck pain: a randomized controlled trial. *Int Arch Occup Environ Health.* 2011;84(3):335-346.
13. Kim O. A., Dzhurabekova A. T. Comparative aspect of the etiopathogenesis of ischemic stroke at a young age // *Science and practice: Implementation to Modern society Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference Manchester, Great Britain.* — 2020. — Т. 2628. — С. 177-180.
14. Voerman GE, et al. Effects of ambulant myofeedback training and ergonomic counselling in female computer workers with work-related neck-shoulder complaints: a randomized controlled trial. *J Occup Rehabil.* 2007;17(1):137-152.
15. Юсупова Н.Н., Мавлянова З.Ф., Джурабекова А.Т. Коррекция болевого синдрома у больных с острым нарушением мозгового кровообращения // *Российский журнал боли.* — 2015. — №. 1. — С. 98-98.
16. Lazaridou A, Paschali M, Vilsmark ES, et al. Biofeedback EMG alternative therapy for chronic low back pain (the BEAT-pain study). *Digit Health.* 2023;9:20552076231154386. Published 2023 Feb 7.
17. Джос Ю. С. и др. Особенности биоэлектрической активности головного мозга у женщин пожилого возраста с высоким уровнем личностной тревожности // *Журнал медико-*

биологических исследований. – 2014. – №. 4. – С. 21-31.

18. Lutfilloevna B. G. et al. Современные возможности реабилитации при краниовертебральной патологии // Journal of biomedicine and practice. – 2022. – Т. 7. – №. 5.

19. Anatolevna K. I. M. O. Clinical and neurological features of ischemic stroke in young with alcohol dependence // Journal of biomedicine and practice. – 2023. – Т. 8. – №. 2.

20. Худойкулова Ф. В. и др. the structure, age features, and functions of hormones. pedagog, 1 (5), 681-688. – 2023.

21. Hatzitaki V, Amiridis IG, Nikodelis T, Spiliopoulou S. Direction-induced effects of visually guided weight-shifting training on standing balance in the elderly. Gerontology. 2009;55(2):145-152.

22. Nan W, Dias APB, Rosa AC. Neurofeedback Training for Cognitive and Motor Function Rehabilitation in Chronic Stroke: Two Case Reports.

23. Реверчук И. В. и др. Дифференциальная феноменология хронических скелетно-мышечных болей аффективного генеза в неврологической, нейрохирургической и психиатрической практике: фокус внимания на фибромиалгию // Журнал неврологии и нейрохирургических исследований. – 2020. – Т. 1. – №. 2.

24. Naas A, Rodrigues J, Knirsch JP, Sonderegger A. Neurofeedback training with a low-priced EEG device leads to faster alpha enhancement but shows no effect on cognitive performance: A single-blind, sham-feedback study. PLoS One. 2019;14(9)

25. Zhao CG, Ju F, Sun W, et al. Effects of Training with a Brain-Computer Interface-Controlled Robot on Rehabilitation Outcome in Patients with Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. Neurol Ther. 2022;11(2):679-695.

26. Шамсиддинова М. Ш. и др. Роль психологической поддержки в комплексе реабилитационных мероприятий при постинсультном тревожно-депрессивном синдроме // Евразийский журнал академических исследований. – 2022. – Т. 2. – №. 6. – С. 1109-1111.

27. Liu L, Jin M, Zhang L, et al. Brain-Computer Interface-Robot Training Enhances Upper Extremity Performance and Changes the Cortical Activation in Stroke Patients: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. Front Neurosci. 2022;16:809657.

28. Anatolevna K. I. M. O., Farhadovna M. Z. реабилитационный потенциал как составляющая процесса ресоциализации молодых с ишемическим инсультом //journal of biomedicine and practice. – 2022. – Т. 7. – №. 2.

29. Gao W, Cui Z, Yu Y, et al. Application of a Brain-Computer Interface System with Visual and Motor Feedback in Limb and Brain Functional Reha-

bilitation after Stroke: Case Report. Brain Sci. 2022;12(8):1083. Published 2022 Aug 16. doi:10.3390/brainsci12081083

30. Lo K, Stephenson M, Lockwood C. Effectiveness of robotic assisted rehabilitation for mobility and functional ability in adult stroke patients: a systematic review. JBI Database System Rev Implement Rep. 2017;15(12):3049-3091. doi:10.11124/JBISRIR-2017-003456

ОБРАТНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ТАКТИЛЬНАЯ СВЯЗЬ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ГОЛОВНОГО МОЗГА С МОТОРНЫМИ, КОГНИТИВНЫМИ И БОЛЕВЫМИ СИНДРОМАМИ: ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫЕ ТРАВМЫ, ЦЕРЕБРАЛЬНЫЕ ИНСУЛЬТЫ

Бурханова Г.Л., Голдырев Е.О., Ахмадеева Л.Р.,
Булякова Г.А., Валиев В.С., Гизатуллин Р.Р.,
Байков Д.Э., Харисова Э.М.

Резюме. Биологическая обратная связь (БОС) – направление в медицинской реабилитации, целью которого является восстановление утраченных функций у пациентов с травмами, заболеваниями нервной системы (НС), опорно-двигательного аппарата (ОДА), мочевыделительной и желудочно-кишечной системы. Также БОС может применяться в лечении пациентов с такими адаптивными расстройствами как алкоголизм и наркомания. Методы БОС, применяемые в реабилитации основаны на биомеханическом воздействии на определённые системы организма. Наиболее распространено применение БОС к нервно-мышечной, дыхательной, сердечно-сосудистой, мочевыделительной, желудочно-кишечной системам. Наиболее изученным методом является электромиографическая БОС (ЭМГ-БОС). БОС доказала свою эффективность при лечении болей в поясничной области, дисфункции мышц тазового дна, артериальной гипертензии, сердечной недостаточности, фибромиопатиях, бронхиальной астме и психологических расстройствах. Реализация БОС чаще всего осуществляется посредством дисплеев, акустических или тактильных сигналов, однако в последнее время всё больше распространяется метод с применением технологий виртуальной реальности. Применение реабилитационных мероприятий с использованием виртуальной реальности направлено в первую очередь на пациентов с сердечно-сосудистыми дисфункциями и нарушениями ОДА. Нарушения функционирования конечностей, дисфункции различных систем снижают качество жизни, профессиональную, социальную интеграцию. Методы нервно-мышечной биологической обратной связи, используемые в физической реабилитации, включают ЭМГ-биологическую обратную связь, биологическую обратную связь с использованием ультразвуковой визуализации в реальном времени, роботизированные установки, интерфейс мозг-компьютер.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, реабилитация, инсульт, роботизированная реабилитация, интерфейс мозг-компьютер.