

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА (обзор)

*Ю.С. Джос**, *И.А. Меньшикова***

*Педиатрический центр «Оккервиль»
(Ленинградская обл., Всеволожский р-он, д. Кудрово)

**Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
(г. Архангельск)

Рассмотрены вопросы применения нейробиоуправления при различных заболеваниях и нарушениях функционального состояния головного мозга у детей и взрослых. Предъявление собственных биоэлектрических потенциалов мозга позволяет научиться контролировать физиологические функции, управляемые человеком бессознательно. Сеансы биологической обратной связи (БОС) по параметрам ЭЭГ оказывают влияние на фундаментальные ритмические механизмы за счет изменения нейромодуляторных влияний ствола мозга, пластичности нейронных сетей и формирования новых нейронных ансамблей. Меняя уровень и степень ЭЭГ-активности, данный тренинг нормализует механизмы активации, за счет чего улучшает кортикальную стабильность. В результате обучения управлением центральными механизмами регуляции сеансы обратной связи по ЭЭГ приводят к стабилизации функционирования нервной системы в целом. Это играет большую роль в повышении функциональных способностей головного мозга как у детей, так и у взрослых. Наиболее эффективно применение данного метода при эпилепсии, различных видах аддитивных расстройств, нарушениях сна у взрослых, при синдроме нарушения внимания и гиперактивности у детей, также он был успешно внедрен в тренировочный процесс спортсменов. Однако, несмотря на многочисленные исследования, остаются нерешенными вопросы эффективного использования нейробиоуправления. В частности, исследователями не выработано единого мнения о количестве, длительности и частоте проведения сеансов нейробиоуправления. Также немаловажно изучить проблемы мотивации и учесть когнитивные возможности испытуемых в понимании заданий в ходе проведения ЭЭГ-БОС-тренинга. Изучение динамики спектральных характеристик основных ритмов в процессе курса ЭЭГ-тренингов, оценка стратегии саморегуляции после завершения курса БОС по параметрам ЭЭГ послужит основой для разработки методических рекомендаций по развитию навыков эффективной саморегуляции психических функций.

Ключевые слова: *нейробиоуправление, электроэнцефалограмма, произвольная регуляция.*

Ответственный за переписку: Меньшикова Ирина Александровна, адрес: 163000, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3; e-mail: irinamen2014@yandex.ru

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

Метод биологической обратной связи (БОС), основная задача которого – обучение навыкам саморегуляции, наиболее эффективно стал изучаться в 60–70-е годы XX века. Принцип адаптивного биоуправления, использующий функциональную БОС, является современной компьютерной лечебно-оздоровительной технологией на стыке медицины, физиологии и психотерапии [1–3]. При реализации данного метода человеку с помощью электронных приборов мгновенно и непрерывно предоставляется информация о физиологических показателях деятельности его внутренних органов посредством световых или звуковых сигналов обратной связи.

Т.С. Варганова, А.А. Сметанкин показывают, что результаты классических исследований великих русских физиологов, прежде всего И.М. Сеченова и И.П. Павлова, в области условно-рефлекторной деятельности, представления К.М. Быкова о кортико-висцеральных связях, нейроанатомические данные, полученные в лаборатории В.Н. Черниговского, доказавшие представительства вегетативной нервной системы в отдельных локальных зонах коры больших полушарий, способствовали появлению идеи о возможности обучения управлению внутренними процессами [4]. Существенный вклад в изучение адаптивного нейробиоуправления внесли отечественные исследователи М.В. Штарк, Н.Н. Василевский, С.И. Сороко [5–7]. Н.Н. Василевским и соавторами впервые в отечественной литературе были описаны закономерности раздельной стимуляции левого и правого полушарий. Это позволяет оценивать резервы функциональной подвижности ЭЭГ. Раздельная стимуляция альфа-ритма в различных полушариях позволила выделить специфичные эффекты альфа-тренинга и используется в качестве компонента лечебной программы при эпилепсии [5].

С.И. Сороко и В.В. Трубачев впервые рассмотрели нейрональные механизмы оперантного обучения как основы произвольной регуляции функций и состояний организма с помощью адаптивного биоуправления. Также

большое внимание было уделено оценке комплексных реакций центральной и вегетативной нервной системы при использовании БОС-технологий [6].

Согласно гипотезе о программировании действий, базальные ядра и лобная кора являются составными частями петли обратной связи. Базальные ядра получают информацию от коры больших полушарий, затем передают сигналы через таламус в префронтальную, премоторную и моторную кору, а также в ствол мозга. Влияние базальных ганглиев на таламус моделируется двумя параллельными путями («прямым» и «непрямым»), начинающимися в стриатуме, и состоит в тормозном или возбуждающем действии на таламические ядра [1, 2]. Кроме того, теоретические обоснования метода БОС опираются на основные положения теории функциональных систем П.К. Анохина и теории устойчивых патологических состояний, разработанной Н.П. Бехтеревой и ее сотрудниками [4, 8, 9]. По мнению ряда физиологов, теория функциональных систем (ФС) П.К. Анохина является ведущей теорией, объясняющей принципы нервной регуляции и управления в живых системах. Теория предполагает, что в организме имеется устройство, которое управляет многими органами или системами, входящими в данную функциональную систему и работающими ради получения определенного конкретного результата действия, а точнее – положительного приспособительного результата [9].

Метод БОС позволяет испытуемым научиться контролировать физиологические функции, которыми человек управляет бессознательно. В частности, регулируются следующие параметры: частота сердечных сокращений (ЧСС), частота дыхания (ЧД), кожно-гальваническая реакция (КГР), электрическая активность мышц, определяемая по электромиограмме (ЭМГ), электрическая активность мозга, определяемая по электроэнцефалограмме (ЭЭГ) [3].

Следует особо подчеркнуть эффективность использования метода ЭЭГ-биоуправления,

основанного на предъявлении пациенту собственных биоэлектрических потенциалов мозга для обучения их произвольной регуляции и контролю соответствующего доминирующему ритму психического состояния. ЭЭГ является отражением суммарной электрической активности множества нейронов головного мозга. Суммарная биоэлектрическая активность, регистрируемая с поверхности головы, характеризует состояние коры головного мозга, как в целом, так и ее отдельных областей, а также функциональное состояние глубинных структур разного уровня [10].

Терапия, основанная на ЭЭГ-биоуправлении, изначально была разработана для пациентов с эпилепсией. Хорошо известно, что в ЭЭГ существуют сенсомоторные ритмы (частотой около 15 Гц), интенсификация которых позволяет предотвращать эпилептические припадки. В лечении эпилепсии используются и другие методики, предусматривающие контроль медленных потенциалов, позволяющие уменьшить частоту судорожных припадков и снизить их интенсивность [11]. Исследования немецких ученых на пациентках, страдающих эпилепсией, подтверждают тот факт, что тренировка чувствительно-двигательного ритма приводит к сокращению эпилептических припадков [12]. Вопросы лечения эпилепсии с помощью нейробиоуправления занимался исследователь J.E. Walker. Им показано, что у 90 % пациентов, прошедших сеансы ЭЭГ-биоуправления, прекратились приступы эпилепсии, из них 20 % смогли отказаться от приема противосудорожных препаратов. Далее этим же ученым проводились исследования еще на 20 пациентах, где у 18 человек после применения биоуправления судороги прекратились полностью, у 2 продолжались, но с меньшей интенсивностью и частотой. Некоторые пациенты смогли перейти на употребление только одного противосудорожного препарата. В этом же исследовании J.E. Walker отмечает участие 9 женщин, желающих забеременеть,

которые смогли прекратить прием антиконвульсантов, т. к. они могут оказать пагубное влияние на плод [13, 14].

По мнению А.Б. Скока, большое социальное и медицинское значение имеет применение ЭЭГ-БОС для лечения пациентов с различными аддитивными расстройствами [15]. Например, у людей с алкогольной зависимостью наблюдается угнетение альфа-ритма ЭЭГ, а также дефицит тета-ритма. Американские физиологи E.G. Peniston и P.J. Kulkosky, занимаясь решением проблемы хронического алкоголизма у людей с помощью адаптивного биоуправления, после 30 сеансов БОС на ЭЭГ зарегистрировали значительное увеличение доли альфа- и тета-частот, а также повышение амплитуды альфа-ритма. Методика альфа-тета-тренировки, предложенная E.G. Peniston, позволила усилить присутствие этих составляющих и тем самым ослабить негативное влечение. Исследования показали, что альфа-тета-тренинг приводит к снижению депрессии, т. к. у испытуемых происходят изменения в нейрохимии мозга, снижается уровень 3-эндорфина-нейропептида, являющегося показателем стресса и возбудителем приема этанола [4]. Исследователи T. Horrell et al., изучавшие вопросы лечения людей с наркозависимостью с применением сеансов нейробиоуправления, сообщают об уменьшении тяги к употреблению кокаина [16].

Группой отечественных ученых было высказано мнение, что нейробиоуправление является наиболее перспективной и наименее разработанной областью биоуправления, применяемой в спорте. Их целью было внедрить метод нейробиоуправления в тренировочный процесс высококвалифицированных спортсменов, занимающихся сложнокоординационными видами спорта, и доказать его эффективность. В их исследовании отмечено, что ЭЭГ-БОС-тренинг изменяет биоэлектрическую активность головного мозга, способствует нормализации реакции увеличения амплитуды альфа-ритма в фоновой ЭЭГ при закрытии глаз по отношению к ее значению при открытых глазах. Тренинг обеспечивает

выработку негативного отношения к замедленности действий, инертности и депрессивному состоянию при сохранении положительного отношения к активности [17]. Исходя из поставленной цели, ученые Т.Ю. Стрижкова, С.П. Черапкина, О.Ю. Стрижкова выявили положительное влияние ЭЭГ-БОС-тренинга на состояние нервно-мышечного аппарата спортсменов и восприятие ими временных движений. Авторы предполагают, что механизмы саморегуляции, развиваемые в ходе нейробиоуправления, расширяют нейрональную пластичность премоторной и моторной зон коры головного мозга, способствуют оптимизации состояния корково-подкорковых взаимоотношений, что проявляется в улучшении мышечного восприятия, моторной памяти и координации движений [18].

А. Cortoos et al. и С.Д. Hammond предложили использовать метод нейробиоуправления в рамках решения проблемы бессонницы, т. к. в их исследовании после проведенных сеансов было достигнуто снижение симптомов бессонницы, улучшение качества сна, уменьшение периода засыпания и повышение общего периода сна. Также исследования этой группы ученых показали, что тренировка сенсомоторного ритма при нейробиоуправлении не только улучшает качество сна, но и приводит к улучшению декларативной памяти [19, 20].

Целью еще одного исследования J.E. Walker было использование метода нейробиоуправления для работы с людьми, испытывающими головные боли и мигрень. По завершении тренинга полное прекращение мигрени отмечалось в 54 % случаев, 39 % обследуемых испытывали снижение частоты мигрени в 2 раза. Только у одного пациента не наблюдалось уменьшения частоты головной боли. В контрольной же группе (лица, не проходившие тренинг) результаты оказались намного ниже [21].

В последнее время ЭЭГ-БОС начинает широко применяться при лечении старческого слабоумия. Известно, что по мере естественного

старения у людей отмечается постепенное снижение интенсивности мозгового кровообращения и связанное с этим смещение спектра ЭЭГ в низкочастотную область. Для коррекции функционального состояния ЦНС может успешно применяться метод БОС [4]. М.В. Штарк с соавторами, А.Б. Скок отмечают распространение метода биоуправления в психотерапевтической практике при лечении невротических (фобические расстройства, навязчивости), тревожных нарушений. Также нейробиоуправление оказывает положительное влияние на человека, находящегося в состоянии страха, при хроническом синдроме усталости и синдроме навязчивых состояний [15].

Как уже упоминалось, ЭЭГ-БОС также имеет документально подтвержденный эффект улучшения когнитивной деятельности и памяти у здоровых людей [20]. Т. Ros et al. сообщили о том, что обучение с помощью адаптивного биоуправления по параметрам ЭЭГ у нормальных людей может улучшить нейропластичность мозга [22].

Метод нейробиоуправления также успешно применяется в лечении детей с различными психофизиологическими нарушениями. Существует довольно значительный объем исследований, авторы которых использовали метод нейробиоуправления у детей с аутизмом. Так, ученые L. Thompson, M. Thompson и A. Reid, занимаясь проблемой аутизма и проведя таким детям от 40 до 60 сеансов ЭЭГ-БОС, добились статистически значимого улучшения внимания, счета, правописания и чтения [23]. Другой ученый R. Coben, также занимавшийся вопросами уменьшения общих симптомов аутизма, после окончания курса нейробиоуправления отмечает снижение дефицита социального взаимодействия, улучшение коммуникации и социальной сферы у детей в 42 % случаев [24, 25].

J.E. Walker после проведенного исследования с применением метода нейробиоуправления у детей с дислексией достиг поставленной цели по улучшению их способности к чтению [13].

Ученые Т. Surmeli и А. Ertem, занимаясь проблемой лечения синдрома Дауна у детей, поставили задачу улучшения концентрации внимания в ходе проведения тренингов нейробиоуправления. По завершении тренинга в 100 % случаев они добились не только улучшения концентрации внимания, но и снижения импульсивности, улучшения поведения и речи, увеличения словарного запаса, а также нормализации ЭЭГ. Позже эта же группа авторов использовала нейробиоуправление в количестве 80–160 сеансов у детей с легкой или умеренной степенью умственной отсталости и тоже достигла улучшения поведения и внимания [26, 27].

Одной из наиболее полно изученных областей применения ЭЭГ-БОС является бета-стимулирующий БОС-тренинг, используемый в лечении широко распространенной патологии детского возраста – синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) и основанный на нейробиологических особенностях этого состояния [15, 28]. J.F. Lubar, M.N. Shouse впервые успешно внедрили нейробиоуправление в 1976 году для лечения симптоматики СДВГ [29]. В ЭЭГ детей, страдающих СДВГ, до сеансов нейробиоуправления наблюдалось увеличение спектра мощности (СПМ) альфа- и тета-колебаний в лобных областях [12, 22] и уменьшение представленности бета-активности в полосе 12–21 Гц в передних отделах коры. А в ходе нейробиоуправления, по мнению R. Drechsler, при СДВГ происходит повышение бета-активности и уменьшение тета-активности [28].

Группа ученых института молекулярной биологии и биофизики СО РАНН (ныне – Научно-исследовательский институт молекулярной биологии и биофизики (НИИМББ) Федерального исследовательского центра фундаментальной и трансляционной медицины, г. Новосибирск), занимающихся проблемами лечения детей с СДВГ в возрастном диапазоне от 6 до 14 лет, использовали курс бета-стимулирующего тренинга. Они предположили, что в рамках этого тренинга пациенты, попадая в контур компью-

терной БОС, сталкиваются с задачей увеличения активности в бета-диапазоне ЭЭГ и одновременного снижения активности в тета-диапазоне. Успешное выполнение этой задачи приводит к повышению кровоснабжения и росту уровня метаболизма фронтальных отделов головного мозга [30]. Поставленной цели ученые смогли достичь у 26 пролеченных пациентов, которые научились волевому контролю бета-активности головного мозга. Однако 9 пациентов не смогли справиться с заданием. Среднее количество сеансов бета-тренинга в успешной группе составило 45, частота занятий – 3–4 раза в неделю. Позитивные сдвиги в поведении и успеваемости этих пациентов наблюдались, как правило, через 3,5–4 месяца занятий.

Другая группа отечественных ученых В.А. Гринь-Яценко, Ю.Д. Кропотов, В.А. Пономарев, Л.С. Чутко, Е.А. Яковенко также занималась вопросами коррекции нарушения внимания у детей с СДВГ, применяя метод БОС по ЭЭГ. Ученые также не смогли в 100 % случаев получить желаемый результат. У большинства детей сеансы ЭЭГ-БОС привели к улучшению внимания и школьной успеваемости. Родители сообщали о том, что дети стали усидчивее во время занятий в школе и при выполнении домашних заданий, меньше отвлекались во время уроков и быстрее справлялись с ними, постепенно улучшились школьные отметки, появилась мотивация к занятиям в школе. Однако у некоторых детей существенных изменений в состоянии не произошло. Исследователями отмечено, что это происходило, когда дети неохотно и без старания занимались ЭЭГ-БОС, или в случаях, где сохранялась неблагоприятная, конфликтная обстановка в семье или школе. Авторы предполагают, что механизм действия ЭЭГ-БОС заключается не только в обучении мозга концентрировать внимание, повышая при этом отношение высокочастотной составляющей к медленной части спектра, но и в усвоении навыка эффективной смены состояния сосредоточенного внимания состоянием

отдыха, релаксации, которому соответствует увеличение в ЭЭГ колебаний альфа-диапазона и уменьшение высокочастотной составляющей спектра [7].

Данные А.Л. Успенского, А.Н. Субботкиной, полученные при помощи программно-аппаратного комплекса «Бослаб» в ходе исследования, задачей которого было повышение уровня бета-активности головного мозга и снижение показателей тета-ритма, позволили сделать вывод о том, что коррекционный курс биоуправления, основанный на механизме адаптивной обратной связи, позволяет оптимизировать соотношение основных ритмов ЭЭГ у детей с СДВГ [30].

Исследователи О.А. Джафарова и Е.Н. Даниленко ставили цель повысить эффективность учебного процесса у детей с СДВГ при использовании коррекционных процедур нейробиоуправления. Их данные свидетельствуют о достижении поставленной цели, т. к. все параметры внимания у детей экспериментального класса, наблюдаемых в течение 4 лет, статистически значимо изменились в сторону улучшения и к началу 4-го класса сравнялись с показателями учащихся из параллельного класса, которые являлись группой контроля [31].

Ученые Ю.О. Фокина, В.Б. Павленко, А.М. Куличенко, рассматривая гипотезы, объясняющие механизмы изменения ЭЭГ при проведении сеансов обратной связи, пришли к выводу, что ЭЭГ-тренинг оказывает влияние на фундаментальные ритмические механизмы за счет изменения нейромодуляторных влияний ствола мозга, пластичности нейронных сетей и формирования новых нейронных ансамблей. Меняя уровень и степень ЭЭГ-активности, тренинг нормализует механизмы активации, за счет чего улучшает кортикальную стабильность. Также в результате обучения управлением центральными механизмами регуляции сеансы обратной связи по ЭЭГ приводят к стабилизации функционирования нервной системы в целом [32].

Проведенный обзор литературы четко показывает, что нейробиоуправление имеет широкий спектр применения. Однако, несмотря на большой объем литературных данных об адаптивном биоуправлении, не представлено данных о возможности использования данного метода у детей с нарушением произвольной регуляции деятельности, в частности с дефицитом стволовой активации, дисфункцией лимбической и фронто-таламической систем. Оценка параметров произвольной регуляции деятельности до и после курса ЭЭГ-биоуправления позволит более точно определить количество, длительность и частоту проведения сеансов нейробиоуправления, а также разработать протокол нейробиоуправления, направленный на формирование функций программирования, регуляции и контроля деятельности у детей младшего школьного возраста. В последнее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к проблеме детей, испытывающих трудности в обучении, а также затруднения в психосоциальной адаптации. Важной составляющей комплексной диагностики развития детей является изучение формирования функций программирования, регуляции и контроля деятельности. Исследования сформированности этих функций в младшем школьном возрасте имеют принципиальное значение для интересов школьного обучения. В многочисленных работах показана связь между уровнем развития этих функций и успешностью обучения детей младшего школьного возраста. Предполагается, что данный метод может быть диагностически важен при обследовании и выявлении на разных стадиях обучения детей с дефицитом управляющих функций, а своевременная коррекция с помощью нейробиоуправления позволила бы предотвратить формирование школьной неуспеваемости.

Таким образом, метод БОС является современным высокоэффективным способом улучшения симптоматики различных заболеваний, обладающим определенными преимуществами по сравнению с существующими тера-

психическими методами. В настоящее время предпринимаются попытки использования нейробиоуправления для повышения функциональных способностей мозга, однако единой исследовательской стратегии применения

нейробиоуправления на сегодняшний день нет, что обуславливает важность проведения подобного рода исследований.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. *Исайчев С.А.* Использование БОС-технологии в практической психологии // XX съезд Физиологического общества им. И.П. Павлова: тез. докл. (4–8 июня 2007 г.). М.: Рус. врач, 2007. С. 211–212.
2. *Поскотинова Л.В.* Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус подростков и молодых лиц в условиях Европейского Севера России: дис. ... д-ра биол. наук. Архангельск, 2009. 329 с.
3. *Рудакова Е.В., Грибанов А.В., Панков М.Н.* Возможности БОС-тренинга в коррекции синдрома с гиперактивностью // Вестн. Помор. ун-та. Сер.: Физиол. и психол.-пед. науки. 2007. № 4. С. 86–93.
4. *Вартанова Т.С., Сметанкин А.А.* Очерк истории развития биологической обратной связи как метода медицинской реабилитации // Общие вопросы применения метода БОС. СПб.: Биосвязь, 2008. С. 3–19.
5. *Василевский Н.Н., Мигаловская Н.А., Никитина С.Б., Зингерман А.М.* Метод альтернативного биоуправления с обратной связью и критерии эффективности тренинга // Биоуправление-2: Теория и практика. Новосибирск: ИМБК СО РАМН, 1993. С. 65–75.
6. *Сороко С.И., Трубаев В.В.* Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. СПб.: Политехника-сервис, 2010. 607 с.
7. *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 // Биоуправление-4: Теория и практика: коллект. моногр. / отв. ред. М.Б. Штарк, М. Шварц. Новосибирск: Цэрис, 2002. С. 108–116.
8. *Бехтерева Н.П.* Здоровый и больной мозг человека. Л.: Наука, 1988. 262 с.
9. *Анохин П.К.* Узловые вопросы теории функциональной системы. М.: Наука, 1980. 196 с.
10. *Безруких М.М., Логинова Е.С., Мачинская Р.И., Семенова О.А., Филиппова Т.А.* Комплексная методика диагностики познавательного развития детей дошкольного возраста и первоклассников. М.: МПГИ, 2007. 124 с.
11. *Захаров В.В.* Всероссийская программа исследований эпидемиологии и терапии когнитивных расстройств в пожилом возрасте («Прометей») // Неврол. журн. 2006. Т. 11, № 2. С. 27–32.
12. *Sterman M.B., Egner T.* Foundation and Practice of Neurofeedback for the Treatment of Epilepsy // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2006. Vol. 31, № 1. P. 21–35.
13. *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. Vol. 39, № 4. P. 203–205.
14. *Walker J.E.* Using QEEG-Guided Neurofeedback for Epilepsy Versus Standardized Protocols: Enhanced Effectiveness? // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2010. Vol. 35, № 1. P. 29–30.
15. *Штарк М.Б., Скок А.Б.* Применение электроэнцефалографического биоуправления в клинической практике (литературный обзор) // Биоуправление-3: Теория и практика: коллект. моногр. / отв. ред. М.Б. Штарк, Р. Колл. Новосибирск: Цэрис, 1998. С. 131–139.
16. *Horrell T., El-Baz A., Baruth J., Tasman A., Sokhadze G., Stewart C., Sokhadze E.* Neurofeedback Effects on Evoked and Induced EEG Gamma Band Reactivity to Drug-Related Cues in Cocaine Addiction // J. Neurother. 2010. Vol. 14, № 3. P. 195–216.

17. Черепкина Л.П., Тристан В.Г., Еремеев С.И. Влияние повторного курса ЭЭГ-биоуправления на электроэнцефалографическую и хронобиологическую характеристики функционального состояния спортсменов // Бюл. СО РАМН. 2004. № 3(113). С. 105–109.
18. Стрижкова Т.Ю., Черепкина Л.П., Стрижкова О.Ю. Применение нейробиоуправления при подготовке высококвалифицированных спортсменов, занимающихся сложнокординируемыми видами спорта // Омск. науч. вестн. 2008. № 2(66). С. 148–150.
19. Cortoos A., De Valck E., Arns M., Breteler M.H.M., Cluydts R. An Exploratory Study on the Effects of Tele-Neurofeedback and Tele-Biofeedback on Objective and Subjective Sleep in Patients with Primary Insomnia // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2010. Vol. 35, № 2. P. 125–134.
20. Hammond D.C. What Is Neurofeedback: An Update // J. Neurother. 2011. Vol. 15, № 4. P. 305–336.
21. Walker J.E. QEEG-Guided Neurofeedback for Recurrent Migraine Headaches // Clin. EEG Neurosci. 2011. Vol. 42, № 1. P. 59–61.
22. Ros T., Munneke M.A., Ruge D., Gruzelier J.H., Rothwell J.C. Endogenous Control of Waking Brain Rhythms Induces Neuroplasticity in Humans // Eur. J. Neurosci. 2010. Vol. 31, № 4. P. 770–778.
23. Thompson L., Thompson M., Reid A. Neurofeedback Outcomes in Clients with Asperger's Syndrome // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2010. Vol. 35, № 1. P. 63–81.
24. Coben R., Linden M., Myers T.E. Neurofeedback for Autistic Spectrum Disorder: A Review of the Literature // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2010. Vol. 35, № 1. P. 83–105.
25. Coben R., Myers T.E. The Relative Efficacy of Connectivity Guided and Symptom Based EEG Biofeedback for Autistic Disorders // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2010. Vol. 35, № 1. P. 13–23.
26. Sürmeli T., Ertem A. EEG Neurofeedback Treatment of Patients with Down Syndrome // J. Neurother. 2007. Vol. 11, № 1. P. 63–68.
27. Sürmeli 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. Vol. 41, № 1. P. 32–41.
28. Drechsler R. Ist Neurofeedbacktraining eine wirksame Therapiemethode zur Behandlung von ADHS? Ein Überblick über aktuelle Befunde // Z. Neuropsychol. 2011. Vol. 22, № 2. P. 131–146.
29. 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. Vol. 1, № 3. P. 293–306.
30. Успенский А.Л., Субботкина А.Н. Коррекция синдрома дефицита внимания и гиперактивности методом компьютерного биоуправления // Вестн. восстановит. медицины. 2010. № 4. С. 28–31.
31. Джафарова О.А., Даниленко Е.Н. Нейробиоуправление в коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности школьников // Открытое образование. 2016. № 2. С. 93–96. DOI: 10.21686/1818-4243-2016-2-93-96
32. Фокина Ю.О., Павленко В.Б., Куличенко А.М. Возможные механизмы действия биологической обратной связи по электроэнцефалограмме // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Сер.: Биология, химия. 2008. Т. 21(60), № 1. С. 107–116.

References

1. Isaychev S.A. Ispol'zovanie BOS-tehnologii v prakticheskoy psikhologii [Application of Biofeedback in Practical Psychology]. XX s"ezd Fiziologicheskogo obshchestva im. I.P. Pavlova [20th Congress of I.P. Pavlov Physiological Society]. Moscow, 2007, pp. 211–212.
2. Poskotinova L.V. Vegetativnaya regulyatsiya ritma serdtsa i endokrinnyy status podrostkov i molodykh lits v usloviyakh Evropeyskogo Severa Rossii [Autonomic Heart Rhythm Regulation and Endocrine Status of Adolescents and Young People in the European North of Russia: Diss.]. Arkhangelsk, 2009. 329 p.
3. Rudakova E.V., Gribanov A.V., Pankov M.N. Vozmozhnosti BOS-treninga v korrektsii sindroma s giperaktivnost'yu [Possibilities of Biofeedback Training in the Correction of Hyperactivity Disorder]. Vestnik Pomorskogo universiteta. Ser.: Fiziologicheskie i psikhologo-pedagogicheskie nauki, 2007, no. 4, pp. 86–93.

4. Vartanova T.S., Smetankin A.A. Ocherk istorii razvitiya biologicheskoy obratnoy svyazi kak metoda meditsinskoj reabilitatsii [Essay on the History of the Development of Biofeedback as a Medical Rehabilitation Method]. *Obshchie voprosy primeneniya metoda BOS* [General Issues of Biofeedback Application]. St. Petersburg, 2008, pp. 3–19.
5. Vasilevskiy N.N., Migalovskaya N.A., Nikitina S.B., Zingerman A.M. Metod al'ternativnogo bioupravleniya s obratnoy svyaz'yu i kriterii effektivnosti treninga [Alternative Biofeedback Method and Training Effectiveness Criteria]. *Bioupravlenie-2: Teoriya i praktika* [Biofeedback-2: Theory and Practice]. Novosibirsk, 1993, pp. 65–75.
6. Soroko S.I., Trubachev V.V. *Neyrofiziologicheskie i psikhofiziologicheskie osnovy adaptivnogo bioupravleniya* [Neurophysiological and Psychophysiological Bases of Adaptive Biofeedback]. St. Petersburg, 2010. 607 p.
7. Grin'-Yatsenko V.A., Kropotov Yu.D., Ponomarev V.A., Chutko L.S., Yakovenko E.A. Ispol'zovanie metoda biologicheskoy obratnoy svyazi po elektroentsefalogramme v korrektsii narusheniy vnimaniya u detey [The Use of Neurofeedback in Correcting Attention Deficit in Children]. Shtark M.B., Shvarts M. (eds.). *Bioupravlenie-4: Teoriya i praktika* [Biofeedback-4: Theory and Practice]. Novosibirsk, 2002, pp. 108–116.
8. Bekhtereva N.P. *Zdorovyy i bol'noy mozg cheloveka* [Healthy and Pathological Human Brain]. Leningrad, 1988. 262 p.
9. Anokhin P.K. *Uzlovye voprosy teorii funktsional'noy sistemy* [Central Issues of the Theory of Functional Systems]. Moscow, 1980. 196 p.
10. Bezrukikh M.M., Loginova E.S., Machinskaya R.I., Semenova O.A., Filippova T.A. *Kompleksnaya metodika diagnostiki poznavatel'nogo razvitiya detey predshkol'nogo vozrasta i pervoklassnikov* [A Comprehensive Diagnostic Technique for the Cognitive Development of Preschool Children and First-Formers]. Moscow, 2007. 124 p.
11. Zakharov V.V. Vserossiyskaya programma issledovaniy epidemiologii i terapii kognitivnykh rasstroystv v pozhilom vozraste ("Prometej") [All-Russia Epidemiological and Therapeutic Investigation Concerning Cognitive Impairment in the Elderly ("Prometheus")]. *Nevrologicheskiy zhurnal*, 2006, vol. 11, no. 2, pp. 27–32.
12. Shtark M.B., Egner T. Foundation and Practice of Neurofeedback for the Treatment of Epilepsy. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2006, vol. 31, no. 1, pp. 21–35.
13. 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, vol. 39, no. 4, pp. 203–205.
14. Walker J.E. Using QEEG-Guided Neurofeedback for Epilepsy Versus Standardized Protocols: Enhanced Effectiveness? *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2010, vol. 35, no. 1, pp. 29–30.
15. Shtark M.B., Skok A.B. Primenenie elektroentsefalograficheskogo bioupravleniya v klinicheskoy praktike (literaturnyy obzor) [The Use of Neurofeedback in Clinical Practice (Literature Review)]. Shtark M.B., Koll R. (eds.). *Bioupravlenie-3: Teoriya i praktika* [Biofeedback-3: Theory and Practice]. Novosibirsk, 1998, pp. 131–139.
16. Horrell T., El-Baz A., Baruth J., Tasman A., Sokhadze G., Stewart C., Sokhadze E. Neurofeedback Effects on Evoked and Induced EEG Gamma Band Reactivity to Drug-Related Cues in Cocaine Addiction. *J. Neurother.*, 2010, vol. 14, no. 3, pp. 195–216.
17. Cherapkina L.P., Tristan V.G., Ereemeev S.I. Vliyanie povtornogo kursa EEG-bioupravleniya na elektroentsefalograficheskuyu i khronobiologicheskuyu kharakteristiki funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov [Influence of Recurrent Course of EEG-Biofeedback Training on Encephalographic and Chronobiology Features of Functional Condition of Athletes]. *Byulleten' SO RAMN*, 2004, no. 3, pp. 105–109.
18. Strizhkova T.Yu., Cherapkina L.P., Strizhkova O.Yu. Primenenie neyrobioupravleniya pri podgotovke vysokokvalifitsirovannykh sportsmenok, zanimayushchikhsya slozhnokoordinatsionnymi vidami sporta [Using of the Neurobiofeedback for Training of Highly Qualified Athletes Practicing Complex Coordination Types of Sport]. *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2008, no. 2, pp. 148–150.
19. Cortoos A., De Valck E., Arns M., Breteler M.H.M., Cluydts R. An Exploratory Study on the Effects of Tele-Neurofeedback and Tele-Biofeedback on Objective and Subjective Sleep in Patients with Primary Insomnia. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2010, vol. 35, no. 2, pp. 125–134.
20. Hammond D.C. What Is Neurofeedback: An Update. *J. Neurother.*, 2011, vol. 15, no. 4, pp. 305–336.
21. Walker J.E. QEEG-Guided Neurofeedback for Recurrent Migraine Headaches. *Clin. EEG Neurosci.*, 2011, vol. 42, no. 1, pp. 59–61.

22. Ros T., Munneke M.A., Ruge D., Gruzelier J.H., Rothwell J.C. Endogenous Control of Waking Brain Rhythms Induces Neuroplasticity in Humans. *Eur. J. Neurosci.*, 2010, vol. 31, no. 4, pp. 770–778.
23. Thompson L., Thompson M., Reid A. Neurofeedback Outcomes in Clients with Asperger’s Syndrome. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2010, vol. 35, no. 1, pp. 63–81.
24. Coben R., Linden M., Myers T.E. Neurofeedback for Autistic Spectrum Disorder: A Review of the Literature. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2010, vol. 35, no. 1, pp. 83–105.
25. Coben R., Myers T.E. The Relative Efficacy of Connectivity Guided and Symptom Based EEG Biofeedback for Autistic Disorders. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2010, vol. 35, no. 1, pp. 13–23.
26. Sürmeli T., Ertem A. EEG Neurofeedback Treatment of Patients with Down Syndrome. *J. Neurother.*, 2007, vol. 11, no. 1, pp. 63–68.
27. Sürmeli 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, vol. 41, no. 1, pp. 32–41.
28. Drechsler R. Ist Neurofeedbacktraining eine wirksame Therapiemethode zur Behandlung von ADHS? Ein Überblick über aktuelle Befunde. *Z. Neuropsychol.*, 2011, vol. 22, no. 2, pp. 131–146.
29. 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, vol. 1, no. 3, pp. 293–306.
30. Uspenskiy A.L., Subbotkina A.N. Korrektsiya sindroma defitsita vnimaniya i giperaktivnosti metodom komp’yuternogo bioupravleniya [Correction of Attention Deficit Hyperactivity Disorder Using the Method of Computer Biofeedback]. *Vestnik vosstanovitel’noy meditsiny*, 2010, no. 4, pp. 28–31.
31. Dzhafarova O.A., Danilenko E.N. Neyrobioupravlenie v korrektsii sindroma defitsita vnimaniya i giperaktivnosti shkol’nikov [Neurobiofeedback in the Correction of Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Schoolchildren]. *Otkrytoe obrazovanie*, 2016, no. 2, pp. 93–96. DOI: 10.21686/1818-4243-2016-2-93-96
32. Fokina Yu.O., Pavlenko V.B., Kulichenko A.M. Vozmozhnye mekhanizmy deystviya biologicheskoy obratnoy svyazi po elektroentsefalogramme [The Possible Mechanisms of Neurofeedback Action]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional’nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Ser.: Biologiya, khimiya*, 2008, vol. 21, no. 1, pp. 107–116.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338

Yuliya S. Dzhos, Irina A. Men’shikova***

*Okkervil Paediatric Centre
(Leningrad Region, Russian Federation)

**Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

POSSIBLE USE OF NEUROFEEDBACK TO INCREASE THE FUNCTIONAL CAPACITY OF THE BRAIN (Review)

The article deals with the application of neurofeedback in various diseases and disorders of the brain’s functional state among children and adults. Presentation of the brain’s bioelectric potentials allows a person to learn how to control his/her physiological functions otherwise managed unconsciously. It has been revealed that neurofeedback sessions influence the fundamental rhythmic mechanisms by changing the neuro-modulatory effects of the brain stem and the plasticity of neural networks as well as due to the formation of new neural ensembles. Changing the level and degree of EEG activity, neurofeedback training normalizes the activation mechanisms, thus improving cortical stability. Through teaching to control the central regulation mechanisms, neurofeedback sessions contribute to the

stabilization of the nervous system as a whole. It plays a significant role in enhancing the functional capacity of the brain both among children and in adults. The most effective this method proved to be in epilepsy, various types of addictive disorders, sleep disorders among adults, attention deficit and hyperactivity disorder in children. Moreover, it was successfully introduced into the training process of athletes. However, despite numerous studies, the questions of effective use of neurofeedback remain unanswered. In particular, there is a lack of consensus about the number, duration and frequency of neurofeedback sessions. Furthermore, it is of great importance to study the motivation and consider the subjects' ability to understand the tasks during the sessions. Research into the dynamics of the spectral characteristics of the main rhythms during neurofeedback training and evaluation of the self-regulation strategies after the biofeedback course make it possible to work out guidelines for developing effective self-regulation skills for mental functions.

Keywords: *neurofeedback, electroencephalogram, voluntary regulation.*

Поступила 25.02.2019

Принята 15.05.2019

Received 25 February 2019

Accepted 15 May 2019

Corresponding author: Irina Men'shikova, *address:* proezd Badigina 3, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; *e-mail:* irinamen2014@yandex.ru

For citation: Dzhos Yu.S., Men'shikova I.A. Possible Use of Neurofeedback to Increase the Functional Capacity of the Brain (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 338–348. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.3.338