

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОФИДБЭКА В ПСИХИАТРИИ*В. В. Сойко**, *П. Е. Григорьев***, *С. Ф. Риштаков**, *В. Н. Клинков**

* Медицинская академия имени С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», 294006, Бульвар Ленина 5/7, Симферополь.

** Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», 294006, Бульвар Ленина 5/7, Симферополь.

Для корреспонденции: Сойко Вячеслав Васильевич, кандидат медицинских наук, доцент, кафедра психиатрии, психотерапии, наркологии с курсом общей и медицинской психологии, Медицинская академия имени С. И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

E-mail: soikovv@mail.ru

Григорьев Павел Евгеньевич, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой медицинской физики и информатики, Физико-технический институт ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

E-mail: mhnty@yandex.ru

Information about authors:

Soiko V. V. <http://orcid.org/0000-0002-4481-9937>Grigoriev P. E. <http://orcid.org/0000-0001-7390-9109>Rishtakov S. F. <http://orcid.org/0000-0002-6836-8739>Klinkov V. N. <http://orcid.org/0000-0001-8308-2037>

For correspondence:

Soiko V. V. Medical Academy named after S. I. Georgievsky of Vernadsky CFU,

E-mail: soikovv@mail.ru

Grigoriev P. E. Physicotechnical Institute of Vernadsky CFU,

E-mail: mhnty@yandex.ru**Резюме**

Биологическая обратная связь как метод нефармакологического воздействия на организм с целью изменения его физиологических показателей показал себя как эффективный основной или вспомогательный метод лечения некоторых заболеваний, преимущественно психических и неврологических. На сегодняшний день нейрофидбэк как один из вариантов биологической обратной связи повсеместно применяется на Западе для лечения различных форм эпилепсии, синдрома дефицита внимания (СДВ) и синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), тревожных расстройств, депрессии, когнитивных нарушений из-за черепно-мозговых травм, энцефалопатий, коррекции нарушения поведения при расстройствах аутистического спектра, а также в качестве метода, уменьшающего пагубное воздействие стресса на организм.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, лечение нервно-психических расстройств, эпилепсия.

Summary**THE USE OF NEUROFEEDBACK IN PSYCHIATRY***V. V. Soiko **, *P. E. Grigoriev ***, *S. F. Rishtakov **, *V. N. Klinkov **

Biological feedback as a method of non-pharmacological action on the body for the purpose of changing its physiological parameters has proved to be an effective primary or auxiliary method for the treatment of certain diseases, mainly mental and neurological. To date, neurofeedback as

one of the variants of biofeedback is widely used in the West to treat various forms of epilepsy, attention deficit disorder (ADD) and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), anxiety disorders, depression, cognitive impairment due to craniocerebral trauma, encephalopathy, correction of behavioral disorders in disorders of the autistic spectrum, and also as a method that reduces the harmful effects of stress on the body.

Key words: biological feedback, treatment of neuropsychic disorders, epilepsy.

Основными типами нейрофидбэка являются ГЭГ-нейрофидбэк и ЭЭГ-нейрофидбэк, а также перспективный, но дорогостоящий и сложный метод фМРТ-нейрофидбэка. На территории Российской Федерации нейрофидбэк представлен в основном ЭЭГ-нейрофидбэком. Отечественными предприятиями производятся современные комплексы для проведения данного типа биологической обратной связи. Однако о повсеместном распространении данного метода говорить рано, и в настоящее время применение нейрофидбэка является прерогативой частных медицинских центров и научно-исследовательских институтов. Связано это с высокой стоимостью комплекса оборудования для проведения нейрофидбэка, малой осведомлённостью медицинских работников и населения о данном методе, а также с несовершенным программным обеспечением комплексов, производимых на территории Российской Федерации. Частным случаем данного несовершенства является следующий пример: выпускаемые в России комплексы ЭЭГ-нейрофидбэка не содержат оболочки для воздействия на мю-ритм головного мозга, что является одним из немедикаментозных методов лечения эпилепсии, активно применяемым по всему миру.

Целью данной работы является освещение основных существующих в настоящее время типов нейрофидбэка и возможность их применения в терапии психических заболеваний. Из поставленной цели вытекают следующие задачи:

1. Определить возможность каждого типа нейрофидбэка устранять симптоматику психических заболеваний.
2. Соотнести эффективность каждого из методов в лечении тех или иных заболеваний.
3. Определить новые области использования нейрофидбэка непосредственно в психиатрии.

Объектом исследования является нейрофидбэк как метод немедикаментозного вмешательства. Предметом – существующие в настоящее время методики нейрофидбэка, среди которых выделяют 3 основных типа, используемых в практическом здравоохранении: ЭЭГ-нейрофидбэк, ГЭГ-нейрофидбэк и фМРТ-нейрофидбэк.

Информационной базой данной работы являются научные изыскания специалистов в области нейрофидбэка (Б. Штерман, Х. Тумим, О. Заюнчковский и пр.), данные Министерства здравоохранения РФ, материалы научных конференций, статьи и монографии, книги и иные издания, посвящённые нейрофидбэку, справочные и информационные издания производителей оборудования для нейрофидбэка (ООО НПКФ «Медиком МТД»), фактические данные ряда коммерческих и некоммерческих организаций и иные материалы.

Нейрофидбэк как метод воздействия на организм

Биологическая обратная связь (биофидбэк, БОС) является современной методикой, включающей в себя комплекс определённых процессов и манипуляций, в ходе которых пользователю при помощи системы (цепи) обратной связи, состоящей из системы считывания состояния физиологических процессов организма и системы их обработки, осуществляется показ информации о состоянии и изменении физиологических процессов. Сеанс БОС представляет собой мониторинг определённых физиологических процессов организма в режиме реального времени, которые выводятся в доступной для пользователя форме посредством мультимедийных устройств (аудио или видео) и осознанном их изменении в заданной системой области значений показателей. БОС является отображением качественных и количественных физиологических показателей организма.

Нейрофидбэк, также называемый нейротерапией, нейробиоуправлением или нейробиофидбэком, является частным подтипом БОС, использующим отображение активности головного мозга в режиме реального времени, чаще всего при помощи электроэнцефалографии (ЭЭГ), функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) и гемеоэнцефалографии (ГЭГ) с целью обучения регулирования функциональной активности головного мозга. Показатели обрабатываются при помощи программного обеспечения и затем отображаются при помощи видеоизображения на мониторе или звуковых сигналов, соответ-

ствующих повышению или понижению определённого показателя. В зависимости от этого пользователь должен осознанно воздействовать на показатель. Метод основан на принципе того, что человек может сознательно изменять функционирование участков головного мозга при помощи тренировок, во время которых нужно пытаться изменять аппаратно измеряемую мозговую активность по механизму биологической обратной связи.

ГЭГ-нейрофидбэк

В русскоязычной практике термин «гемозцефалография» был введен в 1997 г. При ГЭГ-нейрофидбэке испытуемый/пациент должен усиливать мозговой кровоток в определённых участках мозга и, таким образом, сознательно увеличивать его активность.

При использовании ГЭГ-нейрофидбэка основным параметром, на который опирается процедура, является скорость церебрального кровотока и объём крови, проходящий за обозначенный период времени по сосудам конкретного отдела мозга. Интенсивность кровотока в определённом отделе головного мозга является показателем нейрональной активности, так как при её усилении интенсифицируются и метаболические процессы, а для этого соответственно требуется увеличение снабжения клеток кислородом и глюкозой, которые поступают с током крови.

Применяется два метода определения скорости и интенсивности кровотока – спектроскопия в ближней инфракрасной области (БИК-спектроскопия, англ. near-infrared spectroscopy, NIR), при которой происходит анализ инфракрасного излучения в диапазоне 780 до 2500 нм, и пассивная инфракрасная спектроскопия (ПИК-спектроскопия, англ. passive-infrared spectroscopy, PIR). БИК-спектроскопия изобретена в 1997 г. Х. Тумимом [1]. Она основана на свойстве отражения инфракрасного излучения эритроцитами, в которых находится оксигемоглобин. Интенсивность отражения зависит от степени насыщения эритроцита оксигемоглобином и количества эритроцитов, проходящих за определённый промежуток времени по сосудам. Система БИК-спектроскопии при проведении ГЭГ включает в себя следующие приборы: регистратор и матёрчатую повязку с ИК-излучателем ближней инфракрасной области, которая накладывается на часть головы, лишённую волос (преимущественно лобную область), и подключается к компьютеру. ПИК-спектроскопия открыта в 2002 г. Д. Карменом. В этом методе регистрируется тепловое излучение, вырабатываемое в тканях головного мозга при метаболических процессах за счёт распада глюкозы. Визуально системы БИК-спектроскопии и ПИК-спектроскопии не отличаются.

Преимуществом ГЭГ является недорогая стоимость оборудования и простота в использовании. Также по сравнению с ЭЭГ-тренингом ГЭГ-тренинг имеет меньше артефактов, так как не происходит искажения сигнала из-за мышечных артефактов, которые регистрируются при наложении ЭЭГ-сенсоров в лобной области по причине близости мимических и глазных мышц. Так как единственным участком мозгового черепа, в норме не имеющим выраженного волосяного покрова, является лобная кость, наложение датчиков при процедуре ГЭГ возможно исключительно на лобную область. Стоит отметить, что префронтальная кора отвечает за большинство значимых когнитивных процессов (мыслительная активность, поведение, воля). Таким образом, измерение активности кровотока исключительно в этой области будет не менее значимым, чем измерение его на других участках головы [2]. Также данный метод не требует специальных познаний и навыков в области нейрофизиологии и непосредственно БОС/нейрофидбека. Метод ГЭГ можно легко применять в домашних условиях, так как нет необходимости в точном наложении электродов, оценке качественных и количественных характеристик ритма и дифференцировании нормальной активности от артефактной, что часто требуется при проведении нейрофидбэка, основанного на регистрации ЭЭГ.

Оптимальные результаты при ГЭГ-нейрофидбэке достигаются при частоте сессий 2 раза в неделю. Продолжительность сессии первоначально составляет 10 минут с постепенным увеличением до 30 минут. Обратная связь может выглядеть как игра (например, облочка LIFE, в которой при усилении кровотока на экране монитора анимированная фигурка альпиниста поднимается по горе и начинает спускаться обратно при его уменьшении).

Исследования при помощи ПЭТ (позитронно-эмиссионной томографии) показали, что недостаточность кровоснабжения (гипоперфузия) в специфических участках головного мозга является фактором, способствующим развитию таких психических расстройств как СДВ (синдром дефицита внимания) и СДВГ (синдром дефицита внимания с гиперактивностью), депрессивных расстройств, астенического синдрома, фибромиалгии, мигрени и головных болей, заболеваний с когнитивным дефицитом (деменции различной этиологии) а также

является фактором риска расстройств аутистического спектра у детей.

В исследовании эффективности ГЭГ-нейрофидбэка при расстройствах аутистического спектра (аутизм, синдром Аспергера, синдром Ретта), которые сопровождаются нарушением социальных навыков и расстройствами поведения, по сведениям от родителей испытуемых, у 50% детей значительно уменьшилась выраженность поведенческих нарушений. При этом БИК-спектроскопия оказалась эффективнее при нарушениях внимания, а ПИК-спектроскопия показала лучший результат в улучшении поведенческой симптоматики и социальных навыков. Также метод показал себя эффективным при СДВГ, позволяя уменьшить выраженность дефицита внимания. Исследование D. Amen и L. Routh также позволило сделать выводы о том, что ГЭГ-нейрофидбэк можно использовать для лечения депрессивных расстройств как эндогенной, так и психогенной этиологии, а также – для уменьшения выраженности симптоматики тревожных расстройств [3].

ГЭГ применяется и при лечении мигреней. Четырёхлетнее исследование в группе из 100 пациентов с хронической мигренью показало, что 90% испытуемых после шести полчасовых сеансов ГЭГ, основанной на методе ПИК-спектроскопии, отметили значительное уменьшение интенсивности боли во время приступа и уменьшение непосредственно частоты приступов. В другом исследовании группа испытуемых, страдающих мигренью, проходила сеансы нейрофидбэка 3 раза в неделю на протяжении 14 месяцев, не отменяя медикаментозной терапии. 70% испытуемых отметили значительное уменьшение частоты приступов и их интенсивности, в контрольной группе, принимавшей только медикаментозное лечение, данный показатель составил 50% [4].

Метод ГЭГ-нейрофидбека интересен тем, что не существует абсолютных противопоказаний для его применения. Относительными противопоказаниями являются выраженное психомоторное возбуждение (состояние активного психоза), при котором невозможно обеспечить адекватную обратную связь, и бредовые идеи в рамках психотического процесса (например, шизофрении), при которых применение подобных методик может усилить паранойдность и бредообразование.

фМРТ-нейрофидбэк

Нейрофидбэк, основанный на функциональной МРТ (сокр. фМРТ), является достаточно новым, но в то же время точным и эффективным методом нейрофидбэка. Метод функционального МРТ основан на нейровизуализации кровотока и изменении гемодинамических реакций во время нейрональной активности разных отделов головного мозга при помощи МРТ в режиме реального времени. Метод разработан в 1990 г. японским биофизиком Сейдзи Огава, открывшим такое явление, как кислородозависимая контрастность крови (англ. Blood-oxygen-level dependent contrast, BOLD). Он выяснил, что оксигемоглобин (гемоглобин, который связан с кислородом) и дезоксигемоглобин (гемоглобин, лишённый кислорода), имеют разную магнитную восприимчивость, что можно использовать для детальной визуализации кровоснабжения разных отделов головного мозга. Так как нейроны, неактивные либо менее активные в конкретный момент времени, потребляют кислорода и глюкозы гораздо меньше, чем активные нейроны, а непосредственно энергетических запасов в силу своего строения они не имеют, то имеется значительная разница между кровоснабжением активного и неактивного нейрона, что и позволяет увидеть фМРТ. Картирование кровотока позволяет увидеть те отделы головного мозга, активность которых выражена в данный момент времени [5].

Томограф, предназначенный для проведения фМРТ отличается от обычного магнитно-резонансного томографа тем, что в его рабочее пространство вмонтированы мультимедийные устройства для представления подопытному различных стимулов (визуальных, аудиальных или тактильных) и проведения подопытным различных манипуляций в рамках обратной связи (нажатие кнопки, поворот манипулятора и т.д.). Чаще всего используются визуальные стимулы, выводимые на экран, вмонтированный в рабочее пространство томографа, или специальные очки с монитором. Томограф для фМРТ должен иметь разрешение не менее 1,5 Тл.

Нейрофидбэк, проводимый при помощи фМРТ, отличается от всех остальных типов нейрофидбэка исключительно высокой чувствительностью и возможностью точечного воздействия на структуры головного мозга (например, миндалина, гиппокамп и т.д.), физиологические показатели которых в режиме реального времени невозможно точно определить иными методами. Например, при помощи фМРТ-нейрофидбэка удалось снизить частоту и выраженность моторных тиков у пациента с синдромом Турретта путём воздействия на

кровоток в ДМО (дополнительной моторной области). Так как по цитоархитектонике данная область является частью неокортекса, то ей требуется активное кровоснабжение для адекватного функционирования. Считается, что этиология синдрома Жиля де ля Турретта связана в том числе с нарушением функционирования ДМО вследствие её гипоперфузии. В исследовании М. Hampson и D. Scheinost у 8 здоровых подопытных удалось усилить кровоток в ДМО путём нейрофидбэка, основанного на представлении подопытными движений, осуществляемых во время занятия спортом [6]. Значительным преимуществом фМРТ является то, что данный метод является точнейшим методом определения нарушения перфузии различных отделов головного мозга, что позволяет точно определить «мишень» для нейрофидбэка.

К недостаткам фМРТ-нейрофидбэка относится необходимость использовать дорогостоящее оборудование (стоимость нового магнитно-резонансного томографа с минимально подходящим для данного метода разрешением 1,5 Тл составляет около 70 миллионов российских рублей, восстановленного аппарата от 17 миллионов [7]), что заведомо подразумевает невозможность использования данного метода в домашних условиях, а также необходимость участия в процедуре опытного нейрофизиолога или функционального диагноста. Ещё одним недостатком является то, что время отклика (то есть время, необходимое для картирования кровотока определённого участка головного мозга) составляет не менее 6 секунд, что гораздо выше, чем при проведении ЭЭГ- или ГЭГ-нейрофидбэка.

Нейрофидбэк, основанный на модуляции ЭЭГ

ЭЭГ-нейрофидбэк является одним из наиболее массовых и эффективных методов нейрофидбэка. Данный метод основан на мониторинге ЭЭГ и модуляции конкретного ритма путём обратной связи.

В 1924 г. немецкий психиатр Ханс Бергер приложил несколько круглых металлических электродов к коже головы пациента и путём соединения электродов с баллистическим гальванометром зарегистрировал слабые электрические импульсы, положив тем самым начало такому методу исследования активности головного мозга, как электроэнцефалография. В период с 1929 по 1938 год он опубликовал 14 статей и отчётов по изучению ЭЭГ, и по сегодняшний день немало знаний о биоэлектрической активности головного мозга, а особенно о среднечастотных ритмах, опираются на его исследования и изыскания. Однако Бергер проводил в основном качественный анализ биоэлектрической активности головного мозга, и в 1932 году G. Dietsch провёл обработку 7 электроэнцефалограмм при помощи преобразования Фурье и стал автором метода частотной ЭЭГ, которая затем стала называться картированием головного мозга или BEAM (Brain Electrical Activity Mapping) [8].

В 1968 году в журнале *Psychology Today* вышла статья Д. Камия (Джозеф Камия) об экспериментах с альфа-ритмом головного мозга. Эксперимент состоял из двух этапов – на первом этапе во время мониторинга ЭЭГ подопытного просили сидеть с закрытыми глазами и после звукового сигнала сказать, показывала ли ЭЭГ доминирование альфа-ритма в текущий момент времени. После этого испытуемому говорили, был ли он прав или нет. Изначально лишь в половине случаев испытуемый отвечал правильно, но некоторые из них со временем развили способность лучше дифференцировать своё состояние. Во второй части эксперимента подопытных просили усилить альфа-активность по одиночному звонку колокольчика и прекратить её усиление после двоянного звонка. Через некоторое время часть подопытных смогла добиться усиления альфа-ритма по команде. Альфа-ритм головного мозга отвечает за расслабление, поэтому альфа-тренинг стал использоваться для уменьшения последствий стрессогенных ситуаций и адаптации организма к стрессам.

Однако, несмотря на данные изыскания, усиление интенсивности альфа-ритма не оказалось универсальным методом борьбы с воздействием стресса на организм, и М. Орне предположил, что метод модуляции альфа-ритма применим не ко всей популяции.

В начале 70-х годов Б. Штерман и Д. Лубар провели изучение бета-тренинга, пытаясь выяснить роль так называемого мю-ритма (сенсомоторного ритма) головного мозга на частоте 8–13 Гц. Исследование показало, что усиление мю-ритма приводит к уменьшению частоты судорожных припадков у больных с различными формами эпилепсий, в том числе при эпилепсии, резистентной к терапии антиконвульсантами [9]. Фокус мю-ритма расположен в роландовой борозде головного мозга и по частоте идентичен альфа-ритму затылочных отделов головного мозга. Данный ритм наиболее активен при пробуждении и блокируется при двигательной активности и её представлении.

Штерман провёл исследование на кошках и обезьянах, показавшее, что при прове-

дении у животных тренинга мю-ритма значительно повышается порог чувствительности к диметилгидразину, который использовался им как модулятор судорожного припадка при попадании в организм подопытного животного (проконвульсант).

За последующее десятилетие ЭЭГ-нейрофидбэк стал принципиально новым методом в лечении неврологических и психических заболеваний. Наиболее массовым применением данного метода стали бета- и СМР-тренинг, которые оказались эффективными в лечении различных форм эпилепсий, в том числе фармакорезистентных. Учитывая то, что антиконвульсанты старой генерации (фенитоин, бензобарбитал), применяемые в 80-е годы XX века, когда стал активно внедряться нейрофидбэк, имели выраженные побочные эффекты, ЭЭГ-нейрофидбэк стал большим подспорьем для западных эпилептологов, неврологов и психиатров. Около 50% пациентов после полугодового курса СМР-нейрофидбэка заявили об уменьшении частоты судорожных припадков в 2–4 раза либо о полном их исчезновении на период до 2 лет. Уменьшение частоты судорожных припадков у больных эпилепсией важно в связи с тем, что каждый судорожный припадок приводит к органическому повреждению головного мозга вследствие гипоксии его структур во время приступа и разрывов артериол головного мозга, что постепенно приводит к развитию психоорганического синдрома, расстройства личности органической этиологии, когнитивному дефициту и деменции, переводя страдающего эпилепсией из пациента невролога/эпилептолога в пациенты психиатра.

Проводились исследования по коррекции когнитивных нарушений и дефекта психики при помощи ЭЭГ-нейрофидбэка при различных вариантах течения шизотипического расстройства Заюнчковским О.С. и Зверева Н.В., результаты которых опубликованы в статье «О возможности коррекции высших психических функций при шизотипическом личностном расстройстве у детей младшего школьного возраста средствами биологической обратной связи»: «По окончании курса психологической коррекции, проводилось повторное тестирование, которое подтвердило эффективность применения прибора биологической обратной связи. Были зафиксированы следующие изменения (по качественной оценке количественных показателей выполнения тестовых заданий): В тесте 10 слов, у экспериментальной группы заметно улучшился уровень произвольного запоминания, следует отметить, что улучшения были отмечены и в контрольной группе. В методике Струпа испытуемые экспериментальной группы не допускали ни одной ошибки. В методике Таблицы Шульте в экспериментальной группе заметно снизилось время выполнения теста. В корректурной пробе Бурдона. Проба стала доступна для всех пациентов, испытуемые показали серьезные улучшения результатов. Наиболее ярко эффективность коррекционного процесса сказалась на результатах у экспериментальной группы при выполнении именно этой пробы» [10].

Н.М. Яковлев и З.В. Косицкая исследовали возможность уменьшить дефицит внимания у группы подростков (29 человек) с последствиями токсикоманий в условиях стационара. В вышеуказанном исследовании нейрофидбэк проводился путём воздействия на бета- и мю-ритмы, которые были значительно подавлены у всей группы во время первичной записи ЭЭГ [11]. Исследовалась возможность применения ЭЭГ-нейрофидбэка в коррекционно-развивающем обучении учеников младших классов с разными типами онтогенеза [12]. Воздействие на медленные корковые потенциалы у лиц с личностными расстройствами, склонных к асоциальному и криминальному поведению показало, что модуляция медленных корковых потенциалов (англ. slow cortex potentials, SCP) в лобных отделах головного мозга помогало уменьшить асоциальное поведение и редуцировать аффективную неустойчивость у подопытных [13].

Альфа-тета тренинг применяется при лечении болезней зависимости (алкоголизм и наркомания), показав уменьшение компульсивного влечения к алкоголю и психоактивным веществам [14].

Существует также подтип ЭЭГ-нейрофидбэка, называемый LENS (англ. Low energy neurofeedback system, низкоэнергетическая нейрофидбэк-система). Аппарат для данного вида нейрофидбэка в течение нескольких секунд генерирует слабый электромагнитный импульс, частота которого зависит от доминирующего ритма головного мозга и его частоты при мониторинге ЭЭГ. LENS разработан для повышения нейропластичности и уменьшения патологической биоэлектрической активности головного мозга, по сути являясь комбинацией ЭЭГ-нейрофидбэка и транскраниальной магнитной стимуляции. Однако на сегодняшний день метод изучен мало, что не позволяет с точностью заявлять о каких-то чётких сферах его применения [15].

Выводы.

С момента своего изобретения нейрофидбэк успешно показал себя как немедикаментозный метод лечения и уменьшения симптомов психических заболеваний. Лечение и уменьшение выраженности симптомов таких расстройств, как СДВ и СДВГ, расстройства аутистического спектра, тревожные расстройства, депрессия, коррекция нарушений памяти и внимания при шизофрении, уменьшение частоты судорожных припадков у больных эпилепсией, улучшение когнитивных процессов при энцефалопатиях и деменциях различной этиологии при помощи различных вариантов нейрофидбэка.

Современные исследования в области нейрофидбэка показали, что при проведении тренингов происходят нейропластические изменения в коре головного мозга и подкорковых отделах. Частота сеансов прямо коррелирует с уровнем активностно-зависимой нейропластичности и приводит к усилению чувствительности коры при проведении транскраниальной магнитной стимуляции.

Нейрофидбэк, основанный на модуляции ЭЭГ, в настоящее время является наиболее массовым методом нейрофидбэка в Российской Федерации и в мире в целом. Метод показал себя эффективным при лечении фармакорезистентных эпилепсий, когнитивных нарушений вследствие интоксикаций и черепно-мозговых травм, СДВ и СДВГ, а также при коррекции поведенческих нарушений и дефицита внимания у лиц с расстройствами аутистического спектра.

Существенным недостатком является, что выпускаемые в Российской Федерации системы нейрофидбэка на основе ЭЭГ (комплексы «Реакор-БОС» и «Кинезис») имеют аппаратную часть, позволяющую считывать мю-ритм головного мозга, однако в них нет непосредственно системы обратной связи для его модуляции.

ГЭГ-нейрофидбэк применяется в настоящее время не так часто, как нейрофидбэк, основанный на модуляции ЭЭГ, однако является перспективным направлением в лечении дефицита внимания и когнитивных нарушений вследствие нарушения кровоснабжения структур головного мозга. Преимуществом данного метода является простота использования и невысокая стоимость оборудования, что позволяет применять его не только в условиях клиники, но и дома.

фМРТ-нейрофидбэк эффективен при лечении тех заболеваний, где необходимо точное определение очага ишемизации. Также данный метод является одним из наиболее точных методов нейровизуализации и позволяет увидеть реальную картину изменения активности отделов головного мозга при каком-либо воздействии на организм, в том числе в качестве объективного метода оценки влияния психотерапии на состояние нервной системы. Его недостатком является дороговизна, а также необходимость участия высокоспециализированного невролога или нейрофизиолога при проведении сеанса нейрофидбэка.

В данной работе проведено освещение применяемых в настоящее время методов нейрофидбэка при лечении психических заболеваний, описана возможность каждого из методов устранять симптоматику психических заболеваний, проведено соотношение эффективности каждого из методов в лечении тех или иных заболеваний, а также описаны использования нейрофидбэка в психиатрии. Исходя из вышеуказанных сведений о применяемых в настоящее время типах нейрофидбэка можно заявлять о том, что нейрофидбэк в медицине, и в психиатрии в частности, является перспективным методом лечения психических заболеваний, не имеющим побочного действия на организм и абсолютных противопоказаний. Также его можно использовать в качестве дополнительного метода для улучшения когнитивной деятельности, профилактики когнитивных нарушений и уменьшения воздействия стрессогенных факторов на организм.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Toomim, H. (2000). A report of preliminary data: QEEG, SPECT, and HEG; Targeted treatment positions for neurofeedback. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 25(4), 253–254.
2. Toomim, H., Mize, W., Kwong, P.C., Toomim, M., Marsh, R., Kozlowski, G.P., Kimball, M. & Rémond, A. (2004). Intentional increase of cerebral blood oxygenation using hemoencephalography (HEG): an efficient brain exercise therapy. *Journal of Neurotherapy*, 8(3), 5–21.
3. Amen D., Routh L. *Healing Anxiety and Depression*. New York: G.P. Putnam's Sons, 2003.
4. Stokes, D.A. & Lappin, M.S.. (2010). Neurofeedback and biofeedback with 37 migraineurs: a clinical outcome study. *Behavioral and Brain Functions*, 6(9), 1–10.

5. Sulzer J., Haller S., Scharnowski F., Weiskopf N., Birbaumer N., Blefari M.L., et al. Real-time fMRI neurofeedback: Progress and challenges. *Neuroimage*. 2013; 76:386–399.
6. M. Hampson, D. Scheinost, M. Qiu, J. Bhowhani, C.M. Lacadie, J.F. Leckman, R.T. Constable, X. Papademetris. Biofeedback of Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging Data from the Supplementary Motor Area Reduces Functional Connectivity to Subcortical Regions. *Brain Connect*. 2011 Feb; 1(1): 91–98.
7. Радиомедцентр [Электронный ресурс]: Режим доступа – <http://radio-med.ru/makers/mrt/1.5-tesla-mrt/>
8. Duffy F.H., Burchfiel J.L., Lombroso C.T. Brain electrical activity mapping (BEAM): a method for extending the clinical utility of EEG and evoked potential data. *Ann. Neurol*. 1979 Apr; 5(4):309–21.
9. Sterman M.B., Egner T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. *App Psychophysiol Biofeedback*. 2006;31(1):21–35.
10. Заюнчковский О.С., Зверева Н.В. «О возможности коррекции высших психических функций при шизотипическом личностном расстройстве у детей младшего школьного возраста средствами биологической обратной связи». *Медицинские науки* № 3 (21) 2007 г., с. 89–94.
11. Яковлев Н.М., Косицкая З.В., Пинчук Д.Ю., Моховикова И.А., Русановский В.В., Русановский Г.В. Реорганизация паттерна ЭЭГ у подростков с дефицитом внимания и токсикоманией в процессе комплексного функционального лечения // *Психофармакол. и биол. наркол*. 2005. Т. 5. № 2, с. 957–962.
12. Заюнчковский О.С. Возможности биологической обратной связи в коррекционно-развивающем обучении младших школьников с разными типами онтогенеза // *Материалы IV Международного Конгресса «Молодое поколение XXI века: актуальные проблемы социально-психологического здоровья»*, Киров, 2009, с. 193–194.
13. L. Konicar, R. Veit, H. Eisenbarth, B. Barth, P. Tonin, U. Strehl, N. Birbaumer. Brain self-regulation in criminal psychopaths. *Scientific Reports* (2015), Bd. 5, Article 9426.
14. Яковлев Н.М., Свиридова И.А. Особенности произвольного управления с ЭЭГ БОС в лечении подростков с наркоманией в остром периоде // *Биол. обратная связь*. 2001. № 4, с. 2–
15. The LENS Neurofeedback [Электронный ресурс]: Режим доступа –<http://stonemountaincenter.com/site/treatments/neurofeedback/treatments-and-protocols/>

References

1. Toomim, H. (2000). A report of preliminary data: QEEG, SPECT, and HEG; Targeted treatment positions for neurofeedback. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 25(4), 253–254.
2. Toomim, H., Mize, W., Kwong, P.C., Toomim, M., Marsh, R., Kozlowski, G.P., Kimball, M. & Rémond, A. (2004). Intentional increase of cerebral blood oxygenation using hemoencephalography (HEG): an efficient brain exercise therapy. *Journal of Neurotherapy*, 8(3), 5–21.
3. Amen D., Routh L. *Healing Anxiety and Depression*. New York: G. P. Putnam's Sons, 2003.
4. Stokes, D.A. & Lappin, M.S.. (2010). Neurofeedback and biofeedback with 37 migraineurs: a clinical outcome study. *Behavioral and Brain Functions*, 6(9), 1–10.
5. Sulzer J., Haller S., Scharnowski F., Weiskopf N., Birbaumer N., Blefari M.L., et al. Real-time fMRI neurofeedback: Progress and challenges. *Neuroimage*. 2013; 76:386–399.
6. M. Hampson, D. Scheinost, M. Qiu, J. Bhowhani, C.M. Lacadie, J.F. Leckman, R.T. Constable, X. Papademetris. Biofeedback of Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging Data from the Supplementary Motor Area Reduces Functional Connectivity to Subcortical Regions. *Brain Connect*. 2011 Feb; 1(1): 91–98.
7. Radiomedtsentr [Elektronnyi resurs]: Rezhim dostupa – <http://radio-med.ru/makers/mrt/1.5-tesla-mrt/>
8. Duffy F.H., Burchfiel J.L., Lombroso C.T. Brain electrical activity mapping (BEAM): a method for extending the clinical utility of EEG and evoked potential data. *Ann. Neurol*. 1979 Apr; 5(4):309–21.
9. Sterman M.B., Egner T. Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. *App Psychophysiol Biofeedback*. 2006;31(1):21–35.
10. Zayunchkovskii O.S., Zvereva N.V. «O vozmozhnosti korrektsii vysshikh psikhicheskikh funktsii pri shizotipicheskom lichnostnom rasstroistve u detei mladshego shkol'nogo vozrasta sredstvami biologicheskoi obratnoi svyazi». *Meditsinskie nauki* № 3 (21) 2007 g., s. 89–94.
11. Yakovlev N.M., Kositskaya Z.V., Pinchuk D. Yu., Mokhovikova I.A., Rusanovskii V.V., Rusanovskii G.V. Reorganizatsiya patterna EEG u podrostkov s defitsitom vnimaniya i toksikomaniei v protsesse kompleksnogo funktsional'nogo lecheniya // *Psikhofarmakol. i biol. narkol*. 2005. Т. 5. № 2, s. 957–962.
12. Zayunchkovskii O.S. Vozmozhnosti biologicheskoi obratnoi svyazi v korrektsionno-razvivayushchem obuchenii mladshikh shkol'nikov s raznymi tipami ontogeneza // *Materialy IV Mezhdunarodnogo Kongressa «Molodoe pokolenie XXI veka: aktual'nye problemy sotsial'no-psikhologicheskogo zdorov'ya»*, Киров, 2009, s. 193–194.
13. L. Konicar, R. Veit, H. Eisenbarth, B. Barth, P. Tonin, U. Strehl, N. Birbaumer. Brain self-regulation in criminal psychopaths. *Scientific Reports* (2015), Bd. 5, Article 9426.
14. Yakovlev N.M., Sviridova I.A. Osobennosti proizvol'nogo upravleniya s EEG BOS v lechenii podrostkov s narkomaniei v ostrom periode // *Biol. obratnaya svyaz*. 2001. № 4, s. 2–9.
15. The LENS Neurofeedback [Elektronnyi resurs]: Rezhim dostupa –<http://stonemountaincenter.com/site/treatments/neurofeedback/treatments-and-protocols/>