

Information about the authors

Zh.A. Kaliyeva - Senior Lecturer, Master of Economic Sciences

Zh.D. Sultanova - Senior Lecturer, Master of Technical Sciences

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

kaliyeva.zh63@gmail.com

УДК: 616-74

ПРОЕКТ ЭМГ-БОС ТРЕНАЖЕРА

Кожевникова Алиса Кирилловна, Чернова Елена Михайловна

Кафедра детских болезней лечебно-профилактического факультета

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России

Екатеринбург, Россия

Аннотация

Введение. Биологическая обратная связь (БОС) – это метод медицинской реабилитации, позволяющий мгновенно получить информацию о физиологических показателях организма (мышечный тонус, дыхание, пульс, электрическая активность мозга и т.д.) преимущественно с помощью микропроцессорной или компьютерной техники, и отработать навыки их саморегуляции и самоконтроля путем многократного повторения. БОС-тренажер по параметрам электромиографии (ЭМГ) визуализирует в реальном времени амплитуду, ритм биоэлектрической активности мышцы, ее фазовую активность в виде увлекательной биоуправляемой игровой среды. **Цель исследования** – проектирование и техническая апробация портативного ЭМГ-БОС тренажера для биоуправляемой тренировки двигательного контроля, обеспечивающего персонализированный подход к терапии. **Материал и методы.** Комплектация ЭМГ-БОС тренажера: электроды (считывают сигнал при напряжении мышцы); транслирующая система (обрабатывает сигнал и передает его компьютеру); компьютер (использует полученный сигнал для визуализации работы мышц), программное обеспечение (поддерживает мотивацию и приверженность к лечению). **Результаты.** Принцип работы ЭМГ-БОС тренажера универсален, изменяется лишь место прикрепления электродов под поставленную цель и задачи терапии, что открывает широкие возможности его включения в реабилитационные программы при различных патологиях. В частности, мы разработали реабилитационные комплексы для детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата. **Выводы.** ЭМГ-БОС тренажер имеет множество преимуществ, таких как доступность, универсальность для всех групп мышц, наличие объективных показателей оценки динамики процесса тренировки, может обеспечить персонализированный подход в терапии и высокую мотивацию пациента за счет активного вовлечения в реабилитационный процесс.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, тренажер, электромиография, дети, нарушения опорно-двигательного аппарата.

PROJECT AN EMG-BFB SIMULATOR

Kozhevnikova Alisa Kirillovna, Chernova Elena Mikhailovna

Department of Children's Diseases of the Faculty of Medicine and Prevention

Ural State Medical University

Yekaterinburg, Russia

Abstract

Introduction. Biofeedback (BFB) is a method of medical rehabilitation that allows you to instantly obtain information about the physiological indicators of the body (muscle tone, breathing, pulse, electrical activity of the brain, etc.) mainly using microprocessor or computer technology, and to develop the skills of their self-regulation and self-control through repeated repetition. The biofeedback simulator uses electromyography (EMG) parameters to visualize in real time the amplitude, rhythm of bioelectrical activity of a muscle, and its phase activity in the form of a fascinating biocontrolled gaming environment. **The aim of the study** is to design and testing of a portable EMG-BFB simulator for biocontrolled training of motor control, providing a personalized approach to therapy. **Material and methods.** EMG-BFB simulator equipment: electrodes (read the signal when the muscle is tense); broadcasting system (processes the signal and transmits it to the computer); computer (uses the received signal to visualize muscle function), software (supports motivation and adherence to treatment). **Results.** The operating principle of the EMG-BFB simulator is universal, only the location of electrode attachment changes to suit the intended goal and objectives of therapy, which opens up wide possibilities for its inclusion in rehabilitation programs for various pathologies. In particular, we have developed rehabilitation complexes for children with musculoskeletal disorders. **Conclusion.** The EMG-BFB simulator has many advantages, such as accessibility, versatility for all muscle groups, availability of objective indicators for assessing the dynamics of the training process, can provide a personalized approach to therapy and high patient motivation due to active involvement in the rehabilitation process.

Keywords: biofeedback, simulator, electromyography, children, musculoskeletal disorders.

ВВЕДЕНИЕ

Правильный паттерн движения как единство, моторных, эмоционально-волевых, когнитивных компонентов остается предметом изучения многих направлений в медицине. Даже в норме простое сохранение положения тела в пространстве требует синергизма в работе вестибулярного, зрительного, проприоцептивного, нервно-мышечного аппаратов. И, если баланс между ними достигнут, только тогда мышечное поддерживающее усилие будет минимально. В это хрупкое равновесие могут внести коррективы любые факторы: травмы, поражения центральной, периферической нервной системы, длительная иммобилизация, нарушение фосфорно-кальциевого обмена, быстрый скачок роста и т.д. В рамках реабилитации для восстановления, компенсации, коррекции двигательных функций в педиатрической практике акцентируют свое внимание на использовании неинвазивных немедикаментозных терапевтических методиках. В частности, метод биологической обратной связи широко используется в реабилитации детей с различными патологиями и уже доказал свою высокую эффективность и безопасность [1].

Уникальность данной методики заключается прежде всего в наглядном, понятном ребенку и специалисту визуальном сопровождении занятия на ЭМГ-БОС тренажере и, следовательно, повышению эффективности обучения больного процессам биоуправления амплитудой, ритмом биоэлектрической активности мышцы.

Цель исследования – проектирование и техническая апробация портативного ЭМГ-БОС тренажера для биоуправляемой тренировки двигательного контроля, обеспечивающего персонафицированный подход к терапии.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Комплектация всех моделей ЭМГ-БОС тренажеров типична: электроды (считывают сигнал при напряжении мышцы); транслирующая система (обрабатывает сигнал и передает его компьютеру); компьютер (использует полученный сигнал для визуализации работы мышц), программное обеспечения (поддерживает мотивацию и приверженность к лечению). Визуализация может быть представлена как в виде графика, так и, например, в виде компьютерной игры.

При помощи датчиков ЭМГ регистрируется биоэлектрический сигнал с мышцы, после чего происходит определение ее электрической мощности. Затем начинается лечебный корректирующий процесс – пациент направленно напрягает мышцу, а прибор фиксирует биоэлектрический сигнал с мышцы, преобразуя его в видеосигнал в виде компьютерной игры (Рис. 1).



Рис. 1. Схема реализации технологии БОС

Наш тренажер состоит из датчика ЭМГ, который фиксирует напряжение мышц; микроконтроллера Arduino Uno, который обрабатывает сигнал и передает его компьютеру;

источника питания, который представлен двумя батарейками мощностью 9 вольт. В качестве программного обеспечения выступает компьютерная игра, созданная в приложении Godot Engine.

Для проведения ЭМГ- БОС тренинга требуется изначально определить “мышцу-мишень”, то есть, мышцу, на которую будет происходить воздействие. Для этого необходимо, исходя из диагностических данных, определить характер функционального нарушения. Мышцу, функционирование которой будет в полной или частичной мере компенсировать данное нарушение, можно назвать “мишенью”. Для полного понимания процесса миографии с БОС, следует помнить, что все мышцы можно условно разделить по функциональным группам - сгибатели, разгибатели и мышцы, вращающие кость (пронаторы, супинаторы). В определенных случаях, когда биомеханика конечностей нарушена, требуется последовательный тренинг различных групп мышц [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Показания к применению метода ЭМГ-БОС терапии достаточно широкие, благодаря его универсальности, простоте применения, максимальной доступности для понимания происходящих процессов, возможности сочетать с любыми другими методами лечения.

Для эффективного тренинга методом ЭМГ- БОС терапии методика должна соответствовать нескольким критериям:

1. когнитивным возможностям ребенка позволяет ему четко понимать, что от него требуется, и повторить необходимые действия на осознанной регулярной основе;
2. наличие игровых протоколов биоуправления, которые обеспечивают высокую мотивацию пациента за счет активного вовлечения в реабилитационный процесс;
3. поэтапное увеличение сложности и нагрузки задания для полной реализации реабилитационного потенциала

Противопоказаниями к применению метода являются: психические расстройства; острые инфекционные заболевания; заболевания внутренних органов и систем в остром периоде; эпилепсия при отсутствии стойкой ремиссии; заболевания и повреждения кожи в местах наложения электродов; резкое истощение больного (кахексия) и его общее тяжелое состояние; лихорадочное состояние больного (температура выше 37,5); возраст до 5 лет.

Принцип работы ЭМГ-БОС тренажера универсален, изменяется лишь место прикрепления электродов под поставленную цель и задачи терапии. В частности, мы разработали реабилитационные комплексы для детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата – сколиоз и деформации стопы.

Сколиоз – ортопедическое заболевание, характеризующееся сложной многоплоскостной деформацией позвоночного столба и грудной клетки. До настоящего времени не существует единого мнения относительно этиологии сколиоза. Выдвигалось множество гипотез, некоторые из которых безнадежно устарели, в частности «школьный» сколиоз. Многочисленные исследования вертебральных и паравертебральных структур (тела позвонков, межпозвонковые диски, связочный аппарат, мышцы) позволили выявить ряд морфологических изменений, в частности смещение пульпозного ядра в выпуклую сторону сколиотической дуги, однако выявленные изменения не позволяют утверждать, что они являются первопричиной развития сколиоза, а не ее следствиями [3].

Сколиоз встречается у 2–9% детей и подростков в возрасте до 16 лет, распространенность этого тяжелого заболевания у детей школьного возраста достигает 15–30% и более. Отмечено, что при отсутствии лечения прогрессирование сколиоза наблюдается в 50% случаев. Чаще данная патология позвоночника встречается у девочек (соотношение с мальчиками от 3–4:1 до 6–7:1, по данным разных авторов) [4].

У больных со сколиозом главной целью лечебно-тренировочных занятий с использованием БОС по ЭМГ является коррекция мышечного дисбаланса паравертебральных мышц и создание прочного мышечного корсета. Среди мышц туловища, обеспечивающих вертикализацию тела, наибольшее значение при проведении БОС- терапии по ЭМГ у пациентов со сколиозом имеют *m. erector spinae*. При сколиозе на выпуклой стороне

искривления пучки волокон мышцы лежат более компактно, на вогнутой - мышца распластана и подвергается частичному жировому перерождению. Именно *m. erector spinae* формирует мышечный валик на выпуклой стороне искривления. Задача терапии у пациентов со сколиозом заключается в том, чтобы усилить работу ослабленных мышц и нормализовать трофические процессы в них, а также выработать навык правильной осанки при оптимальной статической нагрузке на симметричные группы паравертебральных мышц. Применение БОС по ЭМГ при сколиозах особенно оправданно еще и в связи с тем обстоятельством, что паравертебральные мышцы, в отличие от мышц верхней и нижней конечностей, гораздо хуже подвергаются произвольному контролю.

При С-образном сколиозе, локализованном в грудном отделе, наибольшей эффективности процедур можно добиться при наложении электродов на уровне апикального позвонка фронтального искривления.

При S-образном сколиозе для коррекции мышечного дисбаланса электроды целесообразно накладывать на уровнях вершин обеих дуг по лопаточной линии, начиная коррекцию на стороне вогнутости более выраженной сколиотической дуги.

Наиболее распространенной и социально значимой патологией в современной ортопедии является деформация стоп у детей. Например, по данным ряда исследователей распространенность плоскостопия составляет 0,6% - 77,9%. Такой широкий диапазон связан с различными критериями диагностики и сопутствующей патологией. Уровень заболеваемости плоскостопием высокий у детей дошкольного и школьного возраста, а также данная патология диагностируется у 15-20 % взрослых [5]. На фоне нарушений биомеханики стопы, ее статической и биодинамической постановки может формироваться перекос таза, что неизбежно приведет к появлению адаптационного сколиоза. Для коррекции данных нарушений необходимо, в том числе, тренировать мышцы сгибатели и супинаторы стоп. Во время тренировки методом БОС-ЭМГ электроды накладывают на поверхностно расположенные мышцы:

I.- медиальная (внутренняя) головка икроножной мышцы - синергист сгибателей стопы (задней большеберцовой, длинных сгибателей пальцев)

II.- передняя большеберцовая мышца - супинатор стопы

III. - малоберцовые мышцы, осуществляющие отведение стопы

ОБСУЖДЕНИЕ

ЭМГ-БОС тренажер имеет множество преимуществ, таких как доступность, универсальность для всех групп мышц, наличие объективных показателей оценки динамики процесса тренировки, визуализация в реальном времени амплитуды, ритма биоэлектрической активности мышцы, ее фазовой активности в виде увлекательной биоуправляемой игровой среды, что может обеспечить персонализированный подход в терапии и высокую мотивацию пациента за счет активного вовлечения в реабилитационный процесс.

Неоспоримыми плюсами будут так же портативность устройства, его низкая стоимость, простота в применении и возможность освоить реабилитационную программу посредством приложения в смартфоне. Это позволит решить сразу несколько задач, в том числе исключит необходимость дополнительно посещать медицинское учреждение для проведения курсового лечения, сохранив при этом качество и доступность медицинской помощи.

Для полной реализации реабилитационного потенциала ребенка возможно сочетать ЭМГ- БОС терапию с фармакологическими и любыми немедикаментозными методами лечения.

Ограничения метода: когнитивные возможности ребенка должны позволять ему четко понимать, что от него требуется, и повторить необходимые действия на осознанной регуляторной основе.

Общее количество сеансов, так же, как и продолжительность каждого отдельного сеанса при проведении ЭМГ-БОС терапии, должна подбираться индивидуально. Общепринято, что основной курс лечения методом БОС должен быть не менее 10 сеансов, а продолжительность активной работы — не менее 20 минут. После завершения основного

курса в качестве закрепления и отработки правильного паттерна может проводиться дополнительный курс 2-3 раза в неделю с повтором основного курса через 1-3 месяц. Однако, это требует должного изучения. На данный момент есть публикация, посвященная исследованию детей от 8 до 14 лет с идиопатическим сколиозом, которые получали лечение методом ЭМГ-БОС. Наблюдение проводилось с 2009 по 2021 год. По результатам исследования было выяснено, что получение полноценного и долгосрочного клинического эффекта при применении БОС по ЭМГ возможно лишь при увеличении количества процедур до 20 на курс, а в более тяжелых случаях до 25. Курс лечения, состоящий из 15 процедур, возможен лишь у пациентов с легкими формами деформации[6].

ВЫВОДЫ

1. В педиатрической практике немедикаментозные, неинвазивные, безопасные методы реабилитации всегда будут получать приоритет и биоуправляемая игровая среда, позволяющая отработать навыки саморегуляции и самоконтроля в реальном времени, наиболее полно этому соответствует.

2. ЭМГ-БОС тренажер имеет множество преимуществ, таких как доступность, универсальность для всех групп мышц, наличие объективных показателей оценки динамики процесса тренировки, может обеспечить персонализированный подход в терапии и высокую мотивацию пациента за счет активного вовлечения в реабилитационный процесс.

3. Данный ЭМГ-БОС тренажер может заполнить пробел между дорогостоящим высокотехнологичным оборудованием в стационаре и домашней доступной реабилитацией, что требует дальнейшего развития проекта и клинических испытаний.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Umac, E.H. Effect of biofeedback-based interventions on the psychological outcomes of pediatric populations: a systematic review and meta-analysis/ E.H. Umac, R. Semerci // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. – 2023. – Vol. 48 № 3. – P. 299–310.
2. Real-Time and Dynamically Consistent Estimation of Muscle Forces Using a Moving Horizon EMG-Marker Tracking Algorithm—Application to Upper Limb Biomechanics/ F. Bailly, A. Ceglia, B. Michaud [et al.] // Front. Bioeng. Biotechnol. – 2021. – Vol. 9 № 642742. – P. 12.
3. Диагностика и лечение сколиоза у детей: учебное пособие /О.Б. Челпаченко, К.В. Жердев, М.М. Лохматов, С.П. Яцык. - Москва: Деловая полиграфия – 2023. — С. 100.
4. Сколиоз у детей: новые подходы к решению важной медикосоциальной проблемы/ А.Г. Куликов, Т.Н. Зайцева, О.П. Пыжевская, Е.Р. Иванова // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2016. – №4. – С. 178-181.
5. Ultrasonographic evaluation of Achilles tendon in children with flatfoot: A case-control morphometric study/ Y. Gonul, O. Yucel, M. Eroglu [et al.] // Diagn Interv Imaging. – 2016. – Vol. 97 № 9. – P. 907.
6. Опыт использования метода БОС по параметрам ЭМГ в восстановительном лечении детей с идиопатическим сколиозом/ Т.Н. Сезнева, В.Б. Павлова, Н.А. Ващалова [и др.] // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. – 2022. – №2. – С. 23-28.

Сведения об авторах

А.К. Кожевникова* – студент лечебно-профилактического факультета

Е.М. Чернова – ассистент кафедры детских болезней лечебно-профилактического факультета

Information about the authors

A.K. Kozhevnikova* – student of the Faculty of Medicine

E.M. Chernova – Department assistant

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

kozhevnikovaalisa286@gmail.com

УДК: 616.24-002.5:004.032.26:616-036

ДИАГНОСТИКА ЛЕГОЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Мустафин Фархат Ерикулы, Мусатаева Июнгуль Сулжановна

НАО «Медицинский университет Семей»

Семей, Казахстан

Аннотация

Введение. Легочный туберкулез (ЛТ) и туберкулез органов дыхания остаются серьезной проблемой здравоохранения, согласно данным Всемирной организации здравоохранения. В 2023 году было зарегистрировано около 9,7 миллионов новых случаев туберкулеза, приводящих к более чем 1,4 миллиона смертей. В странах СНГ, включая Россию и Казахстан, туберкулез остается серьезной проблемой. **Цель исследования** – разработать и оценить эффективность нейронной сети для диагностики туберкулеза на основе рентгеновских изображений. **Материал и методы.** В исследовании использовалась сверточная нейронная сеть