

Методические указания

Методологические аспекты биоуправления



G015.00.D104.01.000
(14.09.2023)

Содержание

Сокращения и условные обозначения	4
Введение	5
1. ЭЭГ-биоуправление (нейробиоуправление)	7
1.1. Основные ритмы ЭЭГ	7
1.2. Регистрация ЭЭГ	8
1.3. Этапы нейроуправления.....	11
2. Вегетативный БОС-тренинг	12
2.1. Электромиографический БОС-тренинг.....	12
2.2. БОС по параметрам сердечно-сосудистой системы	13
2.3. БОС-тренинг по параметрам дыхания.....	15
2.4. Кожно-гальваническая реакция.....	16
2.5. Этапы проведения БОС-терапии	17
3. Применение биоуправления.....	18
3.1. Синдром дефицита внимания и гиперактивности.....	18
3.2. Аддиктивные расстройства	22
3.3. Головная боль напряжения.....	24
3.4. Посттравматическое стрессовое расстройство	25
3.5. Инсомния.....	26
Библиографический список.....	28

Сокращения и условные обозначения

БОС — биологическая обратная связь

ВП — вызванный потенциал

ГБН — головная боль напряжения

КГР — кожно-гальваническая реакция

ПТСР — посттравматическое стрессовое расстройство

СДВГ — синдром дефицита внимания и гиперактивности

ФПГ — фотоплетизмография/фотоплетизмографический/фотоплетизмограмма

ЧСС — частота сердечных сокращений

ЭКГ — электрокардиография/электрокардиографический/электрокардиограмма

ЭМГ — электромиография/электромиографический/электромиограмма

ЭЭГ — электроэнцефалография/электроэнцефалографический/электроэнцефалограмма

Введение

Технология биологической обратной связи (БОС) — это нефармакологический метод, который позволяет научить человека изменять собственные физиологические параметры для улучшения своего физиологического и психофизиологического состояния (Gilbert C., Moss D., 2003). Данный подход успешно применяется как в программах лечения и реабилитации, так и для психофизиологической коррекции.

Объективные основы БОС-метода были заложены представлениями об условно-рефлекторной деятельности И. М. Сеченова и И. П. Павлова, теорией функциональных систем П. К. Анохина, а также теорией устойчивых патологических состояний, разработанной Н. П. Бехтеревой. Ключевыми для развития БОС-технологии стали работы американских ученых, которые не только ввели сам термин «биологическая обратная связь», но и показали, что человек может произвольно управлять электроэнцефалографическими (ЭЭГ) ритмами, частотой сердечных сокращений (ЧСС), артериальным давлением (Кропотов Ю. Д., 2010). С появлением доступной компьютерной аппаратуры БОС-технологии становятся все более востребованными: их используют не только в клинической практике, но и в педагогике, логопедии, стресс-менеджменте. Кроме того, они активно применяются для личностного и профессионального развития человека.

Во время обучения (БОС-тренинга) у человека с помощью электродов и датчиков регистрируются текущие параметры физиологического процесса (ЧСС, частота дыхания, мощность спектра альфа-ритма и т. д.). Регистрируемые параметры обрабатываются БОС-системой и предъявляются человеку в виде зрительных и/или аудиосигналов с заданием произвольно поменять эти параметры в желательном направлении. Ориентируясь на изменения аудиовизуальной информации (обратной связи), человек учится влиять на собственные физиологические показатели, что, как полагают, приводит к более эффективной работе мозга и вегетативной нервной системы. Физиологические параметры, которые регистрируются во время тренинга и которые пациент учится изменять, называют управляемыми параметрами. В самом простом варианте БОС-тренинга используют один управляемый параметр, в более сложном тренинге их может быть несколько.

Обучение (терапия) с помощью БОС-тренингов — это длительный процесс. Курс БОС-терапии состоит из сеансов, которые проводятся с определенной периодичностью согласно протоколу (обычно 2–3 раза в неделю).

Каждый сеанс может включать несколько вариантов БОС-тренингов, где управляемые параметры могут измениться или остаться неизменными. Длительность одного БОС-тренинга составляет от 5 до 20 минут. Во время сеанса между тренингами обычно делается небольшой перерыв для отдыха пациента.

Курс обучения (терапии) с помощью БОС-тренингов может состоять из двух микроциклов. Основная задача первого микроцикла — научить пациента приемам биоуправления. Второй микроцикл решает задачу усовершенствования и закрепления этих приемов (Поляев Б. А., 2013).

БОС-тренинг проводится согласно выбранным протоколам. БОС-протокол — описанная процедура лечения, которая определяет управляемые параметры терапии, используемые в качестве биологической обратной связи, количество и положение электродов, длительность тренингов и их частоту.

БОС-тренинги должны проводиться согласно протоколам с доказанной эффективностью, а также с учетом национальных рекомендаций и международного опыта.

В зависимости от типа управляемого параметра метод имеет следующие варианты:

1. Энцефалографический БОС-тренинг (ЭЭГ-биоуправление, нейробиоуправление (neurofeedback)) — вариант БОС-тренинга, в котором в качестве управляемых параметров используются характеристики ЭЭГ-ритмов.
2. Вегетативный БОС-тренинг — вариант БОС-тренинга, в рамках которого изменению подвергаются показатели вегетативной (симпатико-парасимпатической) активации (параметры дыхания, электромиограмма (ЭМГ), кожно-гальваническая реакция (КГР), температура и т. д.).

Нередко параметры ЭЭГ и показатели вегетативной нервной системы могут сочетаться в одном БОС-протоколе.

1. ЭЭГ-биоуправление (нейробиоуправление)

Электроэнцефалография — это метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга. Установлено, что между двумя точками над мозгом можно зарегистрировать разность потенциалов, которая отражает функциональную активность огромной популяции нейронов, расположенных вблизи точек регистрации. Непрерывно регистрируемая разница потенциалов составляет графическое отображение биоэлектрической активности — электроэнцефалограмму (Александров М. В. и др., 2018). Для ЭЭГ характерна специфическая волновая структура, которая характеризуется определенными амплитудой и частотой. В зависимости от частотных характеристик ЭЭГ-активности традиционно выделяют четыре основных ритма: дельта-, тета-, альфа- и бета-ритмы. Каждый из них может преобладать на ЭЭГ в зависимости от физиологического состояния человека, положения регистрирующего электрода, однако и остальные ритмы, хотя и в меньших пропорциях, будут присутствовать на ЭЭГ.

1.1. Основные ритмы ЭЭГ

1. Дельта-ритм — ритм с частотой менее 4 Гц: в норме преобладает в 3-й стадии (глубокого) медленного сна.
2. Тета-ритм — ритм с частотой 4–8 Гц: преобладает во время 1–2-й стадий (неглубокого) медленного сна.
3. Альфа-ритм — ритм с частотой 8–12 Гц: описан у 85–95 % здоровых взрослых во время стадии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами, особенно выражен в затылочной области головного мозга. Любая неспецифическая активация: вспышка света, громкий звук, усиление внимания, внутренняя тревога — приведет к блокаде альфа-ритма.
4. Бета-ритм — ритм с частотой более 12 Гц: чаще выражен в лобных и центральных областях по сравнению с задними отделами коры. Бета-ритм модулируется во время активного бодрствования: при выполнении двигательных и когнитивных задач, в состояниях сосредоточения, постоянного внимания, напряжения, настороженности, волнения.

Для того чтобы количественно оценить каждый из ЭЭГ-ритмов, рассчитываются мощности в соответствующих частотных диапазонах за стандартный интервал времени. Увеличение абсолютной мощности спектра в определенном диапазоне частот указывает на увеличение амплитуды и/или представленности волн в заданном диапазоне. Индекс ритма, выраженный в процентах, рассчитывается как отношение мощности данного ритма к мощности спектра всего диапазона волн. Отношение индексов ритмов соответствует отношению мощности спектра одного ритма к мощности спектра другого ритма.

При проведении ЭЭГ-БОС-тренинга (ЭЭГ-биоуправление, нейробиоуправление (neurofeedback)) в качестве биологической обратной связи могут быть использованы описанные количественные параметры ритмов ЭЭГ.

Кроме традиционных ритмов, в ЭЭГ-биоуправлении в качестве управляемых параметров применяют характеристики мю-ритма ЭЭГ с частотой 9–13 Гц, который регистрируется над сенсомоторными участками коры (поэтому данный ритм часто называют сенсомоторным). Впервые этот ритм был зарегистрирован Б. Стерманом в экспериментах на кошках. Однако, в отличие от людей, у кошек мю-ритм находится в диапазоне 12–15 Гц, и этот факт часто приводит к тому, что в качестве мю-ритма в БОС-протоколах нередко используется ритм с частотой 12–15 Гц (Кропотов Ю. Д., 2010).

1.2. Регистрация ЭЭГ

Международная система размещения электродов «10–20 %»

Биоэлектрическую активность мозга можно зарегистрировать с любой точки поверхности головы с помощью электродов, подключенных к электроэнцефалографу. Однако чтобы иметь возможность сравнения записей и использовать для БОС-тренингов ЭЭГ-протоколы, разработанные в разных лабораториях, важно применять стандартную схему расположения электродов на голове пациента. В клинической электроэнцефалографии чаще всего используют международную систему размещения электродов «10–20 %» (рис. 1), предложенную Н. Jasper (1958); ее также применяют и при БОС-терапии.

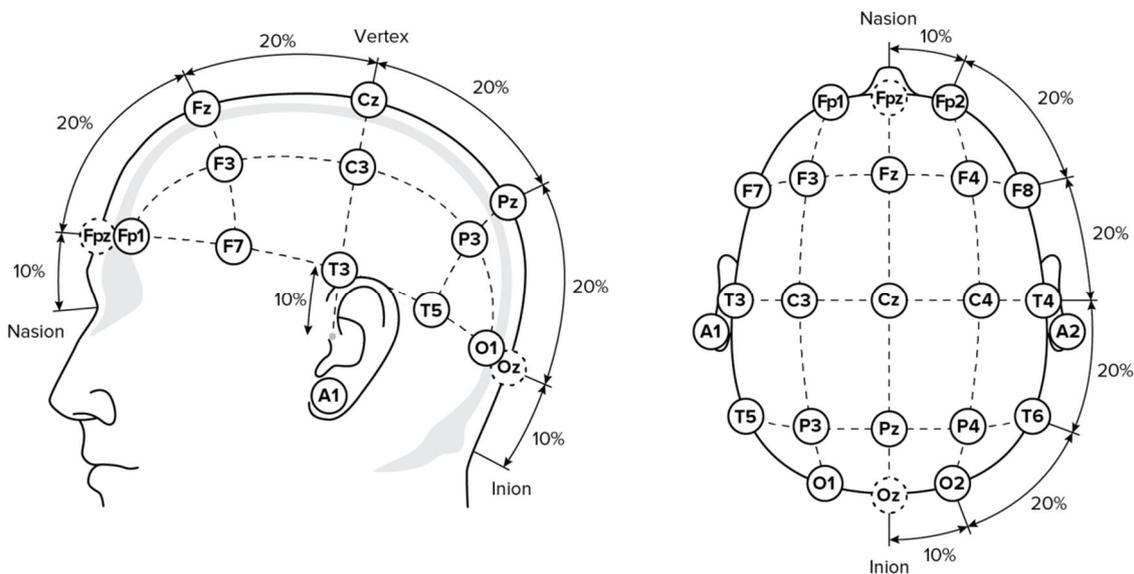


Рис. 1. Система размещения электродов «10–20 %»

Точки расположения электродов в системе «10–20 %» имеют строго установленное название. Нечетные цифровые индексы соответствуют электродам, расположенным над левым полушарием мозга, четные — над правым. Электроды, расположенные на мочке уха, обозначаются как A1 (слева) и A2 (справа). Если электроды зафиксированы на сосцевидных отростках, то они обозначаются M1 (слева) и M2 (справа).

Точки расположения электродов в системе «10–20 %» определяются следующим образом.

- Первая линия измеряется по сагиттальной линии от переносицы (Nasion) до затылочного бугра (Inion), ее принимают за 100 %. Центральный вертексный электрод (Cz) устанавливают на середине этой линии, а среднелобный (Fz) и центрально-теменной (Pz) электроды располагают от Cz на расстояниях, составляющих 20 % общей длины линии от переносицы до затылочного бугра. Необходимо измерить 10 % от данного расстояния от затылочного бугра в направлении к Cz, чтобы обозначить точку Oz. Чтобы отметить точку Fpz, нужно измерить 10 % от общего расстояния, но на этот раз — от переносицы по направлению к Cz.
- Вторая основная линия (биарикулярная) проходит от ушной ямки одного уха через вертекс (Cz) до ушной ямки противоположного уха. Средневисочные электроды (T3, T4) фиксируют, отступая от ушной ямки, на расстоянии, составляющем 10 % от этой линии. Центральные электроды (C3, C4) располагают от Cz слева и справа на расстояниях, составляющих 20 % от длины биарикулярной линии.
- Третья линия — это линия, составляющая половину окружности головы. Окружность головы измеряется таким образом, чтобы линия проходила через точки Fpz, T3, T4, Oz. Переднелобные электроды (Fp1 и Fp2) располагают на расстоянии 10 % от полуокружности головы от точки Fpz. Затылочные электроды (O1 и O2) размещают на расстоянии 10 % от полуокружности головы от точки Oz. Точки T5, T6, F7, F8 находятся на линии окружности на расстоянии 20 % от полуокружности головы от O1, O2, Fp1 и Fp2 соответственно.
- Через точки Fp1, C3, O1 и Fp2, C4, O2 проходят парасагиттальные линии. По ним на равных расстояниях от соседних точек располагают лобные (F3, F4) и задневисочные (T5, T6) электроды (рис. 1). В некоторых случаях могут применяться дополнительные скальповые электроды.

В 2017 году Международная федерация клинической нейрофизиологии (IFCN) опубликовала поправки к системе размещения электродов «10–20 %» (Seek M. et al., 2017). В соответствии с ними:

- отведения T3/T4 переименованы в T7/T8;
- отведения T5/T6 переименованы в P7/P8.

Пара электродов, между которыми регистрируется и графически отображается динамика разности потенциалов, называется электроэнцефалографическим отведением (Александров М. В. и др., 2018). Если оба электрода из пары располагаются над мозгом, то такое отведение называется биполярным. Если регистрируется динамика электрического потенциала от электрода, расположенного над мозгом, относительно другого электрода, расположенного на удалении от мозговой ткани (а следовательно, изменение потенциала под ним практически

нулевое), то такое отведение называется монополярным. При этом первый электрод считается активным, а второй носит название референтного. Референтный электрод размещают на мочке уха или на сосцевидном отростке.

Кроме активных и референтного электродов необходимо наложить заземляющий электрод. Его можно зафиксировать на любом участке тела, но чаще всего его крепят в области лба.

Фиксация мостиковых электродов для регистрации ЭЭГ

Регистрация ЭЭГ осуществляется с помощью электродов, различных как по форме, так и по способу фиксации. При проведении нейротерапии могут быть использованы мостиковые электроды. До начала обследования мостиковые электроды необходимо замочить в 0.9%-ном растворе хлорида натрия (физиологическом растворе) в течение 5–10 минут. Электроды закрепляют под резинками специального шлема-сетки. В зависимости от размеров головы пациента размер шлема регулируют путем подтягивания и ослабления резиновых жгутов. Места расположения электродов определяются в соответствии с системой расположения электродов. Участок кожи, на котором устанавливают электрод, предварительно обезжиривают с помощью салфетки, пропитанной 70%-ным раствором изопропилового спирта (далее — «спиртовая салфетка»). С помощью кабеля отведения с зажимом типа «аллигатор» электрод подключают к соответствующему разъему прибора.

Качество записи ЭЭГ напрямую зависит от импеданса (подэлектродного сопротивления кожи), который не должен превышать 40 кОм (в идеале должен быть меньше 5 кОм). В случае высоких значений импеданса рекомендуется еще раз обезжирить участок кожи под электродом и смочить обернутую марлей поверхность электрода с помощью ваты или пипетки физиологическим раствором. В редких случаях участок кожи обрабатывают абразивной пастой. Использование мостиковых электродов позволяет довольно быстро разместить электроды на голове пациента. Недостатком применения мостиковых электродов является невозможность проведения длительного обследования (более 40 минут), так как электроды и шлем давят на голову обследуемого, вызывая усиление беспокойства и дополнительные помехи, что, безусловно, негативно влияет на результаты тренинга. Кроме того, электроды со временем подсыхают и импеданс увеличивается, что значительно снижает качество регистрации.

Как альтернатива мостиковым электродам для ЭЭГ-биоуправления могут быть использованы чашечковые ВП-электроды. Точки фиксации электродов на коже обезжиривают с помощью спиртовой салфетки. Чашечку электрода заполняют электродной пастой и фиксируют на обезжиренном участке кожи. При необходимости проводят дополнительную фиксацию электродов с помощью эластичной повязки или лейкопластыря. При использовании чашечковых ВП-электродов импеданс редко превышает 10 кОм, однако если он выше допустимых значений, то участок кожи под электродом обрабатывают абразивной пастой.

1.3. Этапы нейроуправления

1. Психофизиологическое и психологическое тестирование перед началом БОС-терапии.

Перед началом терапии рекомендуется провести беседу с пациентом с целью оценки его личностных особенностей, психоэмоционального состояния. В некоторых случаях целесообразно с помощью тестирования количественно оценить психологические процессы, которые предположительно требуют коррекции. Например, у пациентов с синдромом дефицита внимания и гиперактивности тестирование с помощью таблиц Шульте или таблиц Шульте — Платонова помогает определить фоновые значения концентрации, переключаемости внимания, уровня психической истощаемости. Шкала Бека может быть использована перед терапией пациентов с депрессией.

Необходимо рассказать пациенту о процедуре тренинга, о сроках лечения. Кроме того, важно объяснить пациенту, что успех нейротерапии зависит прежде всего от его усилий.

2. Фоновый ЭЭГ-мониторинг перед началом терапии (тренинга).

Фоновый ЭЭГ-мониторинг необходим, чтобы установить исходные пороговые значения управляемого параметра.

Для регистрации ЭЭГ на голове пациента устанавливаются электроды. Измеряют электродный импеданс. Специалист должен удостовериться, что во время ЭЭГ-мониторинга нет значительных артефактов, которые могут повлиять на результаты анализа.

В качестве параметров ЭЭГ-биоуправления используют количественные характеристики ЭЭГ, такие как амплитуда ритмов, полная спектральная мощность ритмов, отношение индексов ритмов ЭЭГ, асимметрия ритмов и другие. Фоновый ЭЭГ-мониторинг позволяет определить индивидуальные усредненные значения этих параметров. Идеально, если существует возможность использовать нормативную базу данных, которая позволяет сравнить индивидуальные значения параметров ЭЭГ с усредненными значениями соответствующих параметров контрольной группы данного возраста. Подобное сравнение дает возможность выявить достоверные отличия параметров ЭЭГ пациента и контрольной группы и использовать данные параметры контрольной группы в качестве пороговых значений для пациента во время тренингов. В настоящее время пользователи ЭЭГ-систем ООО «Нейрософт» могут дополнительно применять несколько валидированных нормативных баз пациентов: NeuroNavigator (ANI NeuroGuide, США), iSyncBrain (Республика Корея), BrainMaster (США), BrainSys (Россия). Однако для применения этих нормативных баз необходимы дополнительные финансовые затраты, что значительно сужает возможность их использования.

Если в распоряжении специалиста нет нормативной базы данных, то в этом случае пороговый уровень управляемого параметра устанавливается в зависимости от фоновых значений параметров ЭЭГ с превышением на 30 %. Пороговое значение управляемого параметра может быть изменено во время тренинга. Фоновый ЭЭГ-мониторинг можно проводить только перед началом курса ЭЭГ-биоуправления или перед каждой сессией.

3. Инструктаж пациента.

В начале сеанса пациент получает инструкцию по проведению тренинга.

4. Процедура тренинга.

Тренинг проводится в соответствии с выбранным БОС-протоколом. Можно выбрать протокол из списка или создать собственный протокол.

Во время первого микроцикла (первых сеансов курса), который направлен на обучение ЭЭГ-биоуправлению, можно помочь пациенту «найти» состояние, необходимое для выполнения условий тренинга, с помощью методик аутогенной тренировки или психологических подходов. Например, для релаксационных БОС-тренингов подойдут прогрессивная мышечная релаксация, визуализационная релаксация, дыхательная релаксация и т. д. Кроме того, если пациент не может выполнить поставленное условие тренинга, специалист имеет возможность изменить пороговый управляемый параметр так, чтобы тренинг стал проще.

5. Оценка эффективности БОС-терапии.

Для оценки эффективности терапии необходимо провести фоновый ЭЭГ-мониторинг, а также количественную оценку психологических процессов, которые требовали коррекции, и сравнить эти данные с исходными значениями, полученными до проведения курса тренингов.

2. Вегетативный БОС-тренинг

При проведении вегетативного БОС-тренинга в качестве управляемого параметра могут быть использованы амплитуда ЭМГ, ЧСС по электрокардиограмме (ЭКГ), частота пульса по фотоплетизмограмме (ФПГ), частота дыхания и другие параметры.

2.1. Электромиографический БОС-тренинг

ЭМГ-БОС-тренинг используется при терапии двигательных нарушений и релаксационном тренинге (для снижения психоэмоционального напряжения). Кроме того, ЭМГ-БОС-тренинг эффективен для лечения пациентов, страдающих от головной боли напряжения, болевого синдрома, которые преимущественно связаны с функциональным нарушением мышечной активности, чаще всего — в виде хронического перенапряжения.

Выбор точек позиционирования электродов зависит от цели тренинга и типа используемого БОС-протокола (трапециевидные мышцы, фронтальные мышцы, мышцы конечностей и т. д.). Для регистрации ЭМГ используют биполярное отведение; расстояние между электродами зависит от типа БОС-протокола, но чаще всего составляет 2–5 см. Для того чтобы была возможность сравнения данных между сеансами, необходимо, чтобы точки позиционирования электродов и расстояние между ними оставались одинаковыми при проведении всего курса БОС-терапии. Рекомендуется располагать пару активных электродов параллельно основному направлению волокон в мышце, где измеряется электрическая активность. Кроме активных электродов, необходимо зафиксировать заземляющий электрод, позиция которого определяется только удобством наложения.

Для регистрации ЭМГ могут быть использованы многоразовые чашечковые электроды и одноразовые клеящиеся электроды.

Позиционирование многоразовых чашечковых электродов

Участок кожи, на котором будет зафиксирован электрод, необходимо обезжирить с помощью спиртовой салфетки. Это особенно важно, если кожа пациента относится к жирному типу. Заполните чашечку электрода электропроводной клеящей пастой, после чего закрепите электрод на коже. Дополнительно закрепите электрод с помощью лейкопластыря. Электроды рекомендуется по возможности размещать по одному сразу после подготовки кожи. В большинстве случаев, если кожа пациента чистая, не шелушится и не смазана кремом или лосьоном, нет необходимости в специальной подготовке кожи абразивной пастой перед тестированием. Однако в редких случаях для снижения импеданса возможно использование абразивной пасты после обезжиривания кожи. Затем прикрепите электрод, заполненный электродной пастой, на обработанный участок кожи и зафиксируйте его с помощью лейкопластыря.

Позиционирование одноразовых клеящихся электродов

В случае выбора самоклеящихся электродов необходимо обработать участок кожи, на котором нужно закрепить электрод, спиртовой салфеткой. После полного высыхания кожи приклейте электроды. В редких случаях для снижения электродного импеданса возможно использование абразивной пасты. Иногда уже во время БОС-тренинга значения импеданса могут увеличиться. Для их снижения положите на электроды влажную салфетку или влажную вату.

2.2. БОС по параметрам сердечно-сосудистой системы

Электрокардиографический БОС-тренинг

При проведении ЭКГ-БОС-тренинга чаще всего регистрируют один канал ЭКГ. Для этого могут быть использованы электроды разных типов: прижимные ЭКГ-электроды, одноразовые ЭКГ-электроды с коннектором «кнопка» или многоразовые чашечковые электроды.

Позиционирование прижимных ЭКГ-электродов

Для регистрации ЭКГ-сигнала можно использовать прижимные ЭКГ-электроды с соответствующими кабелями отведений: красный прижимной ЭКГ-электрод накладывается в области нижней трети предплечья правой руки контактной стороной на внутреннюю (ладонную) поверхность, желтый прижимной ЭКГ-электрод — в области нижней трети предплечья левой руки контактной стороной на внутреннюю (ладонную) поверхность. Заземляющий прижимной ЭКГ-электрод можно зафиксировать в области нижней трети голени правой ноги, ближе к лодыжке, либо в области верхней трети предплечья правой или левой руки. Предварительно кожу пациента в местах наложения электродов следует обезжирить с помощью спиртовой салфетки. Для улучшения электродного импеданса рекомендуется нанести под контактную поверхность электрода токопроводящий гель.

После наложения подключите электроды с помощью кабелей отведений в канал электронного блока прибора, введенный в монтаж обследования в качестве ЭКГ-канала: кабель красного прижимного электрода — в отрицательное гнездо канала, кабель желтого прижимного электрода — в положительное гнездо канала. Кабель заземляющего электрода подключите в разъем прибора с маркировкой GRD.

В качестве альтернативы прижимным ЭКГ-электродам могут быть использованы подкладные ЭКГ-электроды, которые фиксируются с помощью специальной ленты.

Позиционирование одноразовых ЭКГ-электродов

В случае применения одноразовых ЭКГ-электродов с коннектором «кнопка» их располагают на туловище пациента с использованием модифицированного II стандартного отведения. Предварительно кожу пациента в местах наложения электродов следует обезжирить с помощью спиртовой салфетки. Дополнительное нанесение токопроводящего геля при использовании одноразовых ЭКГ-электродов не требуется. После наложения подключите электроды с помощью кабелей отведений в соответствующий канал электронного блока прибора, введенный в монтаж обследования в качестве ЭКГ-канала: кабель электрода, расположенного в правой подключичной области, — в отрицательное гнездо канала, кабель электрода, расположенного в левом подреберье, — в положительное гнездо канала. Заземляющий электрод можно расположить в левой подключичной области и подключить с помощью специального кабеля в разъем прибора с маркировкой GRD.

В качестве альтернативы одноразовым ЭКГ-электродам могут применяться многоразовые чашечковые электроды, которые располагают на туловище пациента, используя модифицированное II стандартное отведение. Способ фиксации многоразовых чашечковых электродов описан выше.

Фотоплетизмографический БОС-тренинг

Кроме ЭКГ-БОС-тренинга для коррекции сердечно-сосудистых нарушений возможно проведение тренинга по частоте пульса, рассчитанной по фотоплетизмограмме. ФПГ регистрируется с помощью специального датчика, подключенного к пульсоксиметру.

Многоразовый или одноразовый пульсоксиметрический датчик фиксируется на пальце руки пациента (рис. 2). При необходимости отходящий от датчика кабель можно закрепить на тыльной стороне кисти с помощью лейкопластыря. Пульсоксиметрический датчик соединяется с отдельным блоком регистрации SpO_2 , который подключается к USB-порту компьютера. У приборов «Нейрон-Спектр-4ВПМ/S», «Нейрон-Спектр-5/S», «Нейрон-Спектр-СМ» пульсоксиметрический датчик необходимо подключить к соответствующему разъему прибора.

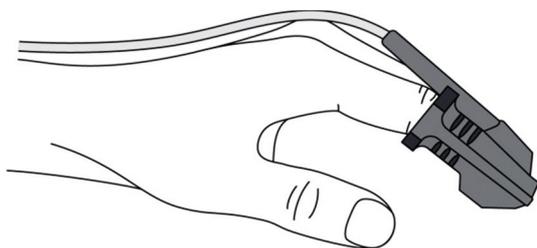


Рис. 2. Позиционирование пульсоксиметрического датчика на пальце пациента

Обратите внимание, что декоративный лак для ногтей может исказить частоту пульса пациента, измеренную с помощью пульсоксиметрического датчика. Рекомендуется удалить лак с пальца, на котором будет установлен датчик.

2.3. БОС-тренинг по параметрам дыхания

Правильное дыхание лежит в основе любой релаксационной методики, что чрезвычайно важно для снятия психоэмоционального напряжения и общего оздоровления организма.

Дыхательные движения сопровождаются изменениями объемов грудной и брюшной полостей. Этот феномен используется для регистрации дыхательных усилий при проведении БОС-тренингов. Для записи дыхательных усилий рекомендуется использовать индукционный ремень с датчиком. Для расчета только частоты дыхательных усилий достаточно применять один ремень, при определении степени участия грудного и абдоминального отделов в общем паттерне дыхания необходимо фиксировать два ремня. Один ремень закрепляют на уровне подмышечных впадин (для регистрации движений грудной клетки), другой — чуть выше гребней подвздошных костей (для регистрации движений брюшной стенки).

2.4. Кожно-гальваническая реакция

Кожно-гальваническая реакция — один из наиболее чувствительных методов динамического контроля психофизиологического состояния человека.

Наложение регистрирующих электродов на ладонь показано на рис. 3. Первый регистрирующий электрод наложите на кожу 2-й фаланги среднего пальца; кабель этого электрода подключите к «+»-разъему полиграфического канала прибора. Второй регистрирующий электрод зафиксируйте на ладони, в продолжение 2-го межпальцевого промежутка, на расстоянии 3 см от кожной складки, находящейся на уровне пястнофаланговых суставов; кабель электрода подключите к «-»-разъему полиграфического канала прибора. Заземляющий электрод наложите в удобное положение. В зависимости от целей тренинга и типа используемого БОС-протокола положение электродов может быть изменено.

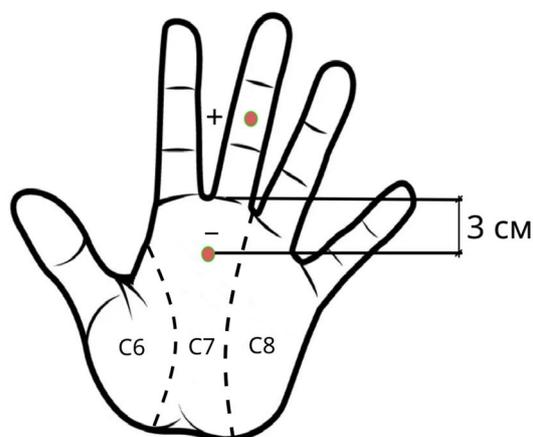


Рис. 3. Точки фиксации электродов на ладони

Для регистрации КГР могут использоваться как одноразовые клеящиеся электроды, так и многоразовые чашечковые ВП-электроды.

При обработке кожи не следует применять сильное механическое воздействие, так как это может повлиять на состояние потовых желез, реакция которых непосредственно снимается. Перед наложением электродов кожу пациента необходимо обезжирить с помощью спиртовой салфетки. После высыхания кожи приклейте на обработанный участок одноразовый клеящийся электрод. В случае использования многоразового электрода заполните чашечку электрода электродной пастой и приклейте электрод на обезжиренный участок кожи, дополнительно закрепив его лейкопластырем.

Факторы, влияющие на запись КГР:

- высокие значения электродного импеданса;
- несоответствие температуры воздуха в помещении стандартным условиям регистрации;
- стрессовые ситуации или физическая нагрузка перед исследованием;
- повышение температуры тела пациента;
- отвлекающие воздействия внешней среды (шум, громкие звуки);
- прием фармакологических средств с вегетотропным действием;
- возраст пациента старше 65 лет.

2.5. Этапы проведения БОС-терапии

БОС-терапию по параметрам, которые регулируются вегетативной нервной системой, рекомендуется проводить в соответствии с теми же этапами, как и при нейроуправлении (ЭЭГ-БОС).

1. Вводный инструктаж.

Перед началом терапии рекомендуется рассказать пациенту о процедуре тренинга, о сроках лечения. Кроме того, важно объяснить пациенту, что успех терапии зависит в первую очередь от его усилий.

2. Фоновый мониторинг физиологического сигнала перед началом тренинга.

Фоновый мониторинг (ЭМГ, дыхания и т. д.) необходим, чтобы установить пороговые значения управляемого параметра во время тренинга. Установите датчики или электроды в соответствии с монтажом и протоколом БОС-тренинга. Положение активных электродов и расстояние между ними должны оставаться одинаковыми как во время фонового мониторинга, так и в процессе тренингов. Проверьте импеданс, он должен быть в зеленом диапазоне. Во время мониторинга физиологического сигнала не должно быть артефактов, которые могут повлиять на результаты анализа. В качестве параметров БОС-тренингов могут быть использованы количественные характеристики, такие как амплитуда ЭМГ, частота дыхания, ЧСС, частота пульса, амплитуда КГР.

3. Инструктаж пациента.

Вначале пациент получает инструкцию по проведению тренинга. Перед тренингами расслабления пациента можно познакомить с некоторыми релаксационными техниками и психофизиологическими подходами, которые способствуют быстрому обучению и повышению эффективности БОС-терапии.

4. Процедура тренинга.

Тренинг проводится в соответствии с выбранным БОС-протоколом. Вы можете выбрать протокол из списка или создать собственный протокол.

5. Оценка эффективности БОС-терапии.

3. Применение биоуправления

Оборудование ООО «Нейрософт» позволяет применять многие известные БОС-протоколы. Компания не разрабатывает БОС-протоколы и не участвует в исследованиях, доказывающих их клиническую эффективность.

В этом разделе представлено краткое описание нескольких известных протоколов для проведения БОС-тренингов, рассмотренных в научной литературе. При выборе протокола для терапии с помощью технологии биоуправления рекомендуется обратиться к полному его описанию по указанной ссылке.

3.1. Синдром дефицита внимания и гиперактивности

По подсчетам разных авторов, 3–7 % школьников страдают синдромом дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ). При этом у 40–60 % пациентов с этим диагнозом симптомы СДВГ сохраняются после 18 лет. Клинические рекомендации по тактике лечения детей с СДВГ предполагают мультимодальный подход с использованием в том числе и нефармакологических методов, к которым относится нейробиоуправление. В ряде работ по изучению количественной ЭЭГ сообщается об увеличении мощности спектра медленноволновой активности у пациентов с СДВГ по сравнению с нормой (Кропотов Ю. Д., 2010). В связи с тем, что показатели абсолютной мощности спектров сильно варьируют, был предложен к использованию относительный параметр — отношение мощности тета-ритма (4–8 Гц) к мощности бета-ритма (13–21 Гц) (Кропотов Ю. Д., 2010). Этот параметр был назван «индексом невнимательности» (Monastra V. J. et al., 1999). У 6–7-летних детей с СДВГ отношение «тета/бета» в три раза превышало норму (Кропотов Ю. Д., 2010). Предполагается, что нормализация этого параметра будет способствовать улучшению состояния пациента.

Существует несколько протоколов нейробиоуправления, которые используются для лечения детей с СДВГ. Их эффективность рассматривается в научных обзорах (Arns M. et al., 2014) и метаанализах (Van Doren J. et al., 2019).

3.1.1. Электроэнцефалографическое биоуправление (бета-протокол) для лечения синдрома дефицита внимания и гиперактивности (ADHD-синдрома) (Штарк и др., 2000б)

Этапы БОС-терапии:

1. Оценка психоэмоционального состояния пациента.

Для оценки концентрации внимания, степени вработываемости и психической истощаемости используются таблицы Шульте.

2. Фоновый ЭЭГ-мониторинг.

В начале курса нейроуправления регистрируется фоновая ЭЭГ-активность в течение 5–10 минут. Параметры ЭЭГ оцениваются в тех же отведениях, по которым проводится тренинг. Впоследствии мониторинг ЭЭГ осуществляется не чаще одного раза в неделю.

3. Подготовительный тренинг.

В тех случаях, когда гиперактивность выражена значительно и мешает проведению БОС-тренинга, перед основным тренингом проводится ЭМГ-тренинг или SMR-тренинг.

- SMR-тренинг (компонент лечебной программы для пациентов с выраженной гиперактивностью).

Условия тренинга: увеличение мощности спектра сенсомоторного ритма.

Монтаж: C1C5, заземляющий электрод.

Количество сеансов: 20–30 процедур.

- Миографический тренинг (компонент лечебной программы для пациентов с выраженной гиперактивностью).

Условия тренинга: снижение амплитуды ЭМГ.

Рекомендуемые отведения: два электрода фиксируются на мышцах лобной области, заземляющий электрод может быть закреплен на сосцевидном отростке.

4. Бета-стимулирующий тренинг (основной этап терапии).

Условия тренинга: разработчики этого БОС-протокола рекомендуют два варианта ЭЭГ-тренинга:

- увеличение мощности спектра в бета-диапазоне;

- снижение соотношения уровней мощности спектра в тета- и бета-диапазоне.

Монтаж: FCzCPz (точка FCz расположена на половине расстояния между Cz и Fz, точка CPz расположена на половине расстояния между Cz и Pz), заземляющий электрод.

Длительность сеанса: длительность тренинга — 3–5 минут в начале лечения с дальнейшим увеличением длительности до 15 минут; количество тренингов — 4–5 во время сеанса; общая длительность сеанса — не менее 20 минут.

Количество и частота сеансов: 30–40 (иногда 60) процедур; 2–3 раза в неделю.

5. Оценка эффективности БОС-терапии.

Катамнестическое наблюдение в течение 4 месяцев.

3.1.2. Тета/бета-протокол (Gevensleben et al., 2009, 2010; Gelade et al., 2017; Duric et al., 2012*)

Этапы БОС-терапии:

1. Фоновый мониторинг ЭЭГ-активности.

В течение 5 минут в начале и в конце сеанса проводится фоновый мониторинг ЭЭГ-активности для определения пороговых значений управляемого параметра и оценки динамики изменений параметра.

2. Подготовительный ЭМГ-тренинг* (компонент лечебной программы для пациентов с выраженной гиперактивностью) (Duric N. S. et al., 2012).

Условия тренинга: снижение амплитуды ЭМГ.

Рекомендуемые отведения: два электрода фиксируются на мышцы лобной области; необходимо также зафиксировать заземляющий электрод.

3. Тета (4–8 Гц)/бета (13–20 Гц)-тренинг (основной тренинг).

Условия тренинга: снижение уровня отношения активности в тета-диапазоне (4–8 Гц) к активности в бета-диапазоне (13–20 Гц).

Монтаж: CzA, заземляющий электрод.

Длительность сеанса: длительность тренинга — от 5 минут (в начале лечения) до 10 минут, количество тренингов во время одного сеанса — 5–6, общая длительность сеанса — 40–50 минут.

Количество и частота сеансов: 30–36 процедур; 2–3 раза в неделю.

Катамнестическое наблюдение в течение 6 месяцев.

3.1.3. Тета↓, бета↑ или тета (4–8 Гц)/бета (13–20 Гц)↓-протокол (Meisel et al., 2014)

Этапы БОС-терапии:

1. Психологическая диагностика.
2. Фоновый ЭЭГ-мониторинг.

В начале каждого сеанса проводится фоновый ЭЭГ-мониторинг в течение 30 секунд. Фоновые значения управляемых параметров устанавливаются как пороговые значения для тренинга.

3. Тренинг.

Условия тренинга: снижение активности в тета-диапазоне (4–8 Гц), увеличение активности в бета-диапазоне (13–20 Гц), снижение уровня отношения активности в тета-диапазоне (4–8 Гц) к активности в бета-диапазоне (13–20 Гц).

Монтаж: CzA (дети), FCzA (взрослые), заземляющий электрод.

Длительность сеанса: 6 тренингов по 4 минуты, общая длительность — 35 минут.

Количество и частота сеансов: 40 процедур; 2 раза в неделю.

4. Психологическая диагностика (оценка эффективности терапии).

Катамнестическое наблюдение в течение 2–6 месяцев.

3.1.4. Тета/SMR-протокол (Steiner et al., 2014).

Этапы БОС-терапии:

1. Тренинг.

Условия тренинга: снижение отношения ЭЭГ-активности в тета-диапазоне к активности в диапазоне сенсомоторного ритма (12–15 Гц): тета (4–8 Гц)/SMR (12–15 Гц)↓.

Монтаж: CzA, заземляющий электрод.

Длительность сеанса: 45 минут.

Количество и частота сеансов: 40 процедур; 3 раза в неделю.

Катамнестическое наблюдение в течение 6 месяцев.

3.2. Аддиктивные расстройства

Нейроуправление является универсальным компонентом реабилитационной программы пациентов практически с любым аддиктивным расстройством. БОС-тренинг, проведенный квалифицированным специалистом, непосредственно влияет на универсальные центральные механизмы, которые вовлечены в формирование зависимости, то есть является патогенетическим методом терапии аддиктивных состояний (Штарк М. Б. и др., 2000а).

3.2.1. Электроэнцефалографическое биоуправление (альфа-тренинг) для лечения и реабилитации аддиктивных состояний (Штарк и др., 2000 а)

Этапы БОС-терапии:

1. Психологическая диагностика.

Беседа с пациентом, оценка психоэмоционального состояния (тест Люшера (Lüscher-Test), Шкала депрессии Бека (Beck Depression Inventory (BDI)), Шкала Гамильтона (Hamilton Rating Scale for Depression) и другие).

2. Температурно-миографический тренинг (может быть включен в программу в начале терапии или в начале каждого сеанса).

Условия тренинга: увеличение температуры, снижение амплитуды ЭМГ.

3. Фоновый ЭЭГ-мониторинг.

В начале курса нейробиоуправления регистрируется фоновая ЭЭГ-активность, которая позволяет определить не только пороговые значения управляемых параметров, но и положения активных ЭЭГ-электродов. В случае преобладания альфа-активности в левой лобной доле или отсутствия межполушарной асимметрии авторы протокола рекомендуют проводить тренинг по отведению F4C4. При выраженной правосторонней альфа-активности тренинг рекомендуется проводить по отведению F3C3.

4. Тета-стимулирующий тренинг (в начале курса терапии или в начале каждого сеанса).

Условия тренинга: увеличение мощности спектра в тета-диапазоне.

Монтаж: F4C4 или F3C3, заземляющий электрод.

5. Альфа-стимулирующий тренинг.

Условия тренинга: увеличение мощности спектра в альфа-диапазоне.

Монтаж: F4C4 или F3C3, заземляющий электрод.

Длительность сеанса: 30 минут.

Количество сеансов: 20–30 процедур.

Катамнестическое наблюдение в течение 2–6 месяцев.

Ограничения к проведению терапии:

- наличие эндогенного психического заболевания;
- снижение интеллекта, третья стадия алкогольной и наркотической зависимости;
- применение данного протокола на фоне периодического приема препаратов неэффективно.

3.2.2. Протокол Пенистона — Кулкоски для нейротерапии пациентов с хроническим алкоголизмом (Peniston, Kulkosky, 1999)

Этапы БОС-терапии:

1. Психологическая диагностика.

Беседа с пациентом, оценка психоэмоционального состояния (тест Люшера (Lüscher-Test), Шкала депрессии Бека (Beck Depression Inventory (BDI)), MMPI и др.).

2. Фоновый многоканальный ЭЭГ-мониторинг.

Перед началом и после окончания нейротерапии проводится 16-канальная регистрация ЭЭГ, в ходе которой оцениваются индивидуальный пик альфа-ритма (в Гц), средняя амплитуда альфа-ритма, индекс альфа-ритма.

3. Температурный БОС-тренинг с элементами аутотренинга.

Условия тренинга: увеличение температуры.

4. Фоновый одноканальный ЭЭГ-мониторинг.

Фоновый ЭЭГ-мониторинг состоит из двух проб:

- ЭЭГ-мониторинг пациента с закрытыми глазами в течение 5 минут, в ходе которого оцениваются амплитуда альфа-ритма, а также индексы альфа- и тета-ритмов;
- ЭЭГ-мониторинг пациента с открытыми глазами с задачей для него концентрироваться на любом объекте в комнате в течение 5 минут; когда индекс бета-ритма достигает 40–50 %, оценивается амплитуда (индекс) бета-ритма.

5. Альфа-тета-стимулирующий тренинг.

Условия тренинга: увеличение мощности спектра (или индекса) как в альфа-, так и в тета-диапазонах (тренинг проводится с закрытыми глазами).

Монтаж: O1A1, заземляющий электрод (A2).

Длительность сеанса: 30 минут.

Количество и частота сеансов: 30 процедур; в течение 28 дней.

6. Одноканальный мониторинг (O1A1).

Мониторинг ЭЭГ-активности в завершение каждого сеанса альфа-тета-стимулирующего тренинга, по результатам которого оцениваются средняя амплитуда альфа-ритма и индексы бета-, альфа- и тета-ритмов.

Катамнестическое наблюдение в течение 13 месяцев свидетельствует об отсутствии рецидивов в группе пациентов с хроническим алкоголизмом, прошедших полный курс альфа-тета-тренинга.

3.3. Головная боль напряжения

Головная боль напряжения (ГБН) — это двусторонняя диффузная головная боль со сжимающим (сдавливающим) характером легкой или умеренной интенсивности. Это один из наиболее частых видов головной боли. Распространенность хронической ГБН составляет приблизительно 2–3 % от общей популяции. К основной причине ГБН относят фактор мышечного напряжения, которое приводит к формированию мышечно-тонического синдрома — болезненного напряжения мышц, оплетающих голову и шею. Кроме того, эмоциональный стресс может усиливать мышечное напряжение, что в конечном итоге приводит к ГБН. Высокоэффективной в лечении хронической ГБН является комбинированная терапия с использованием как лекарственных, так и нелекарственных методов (Филатова Е. Г., 2005).

БОС-протокол терапии пациентов с ГБН: снижение ЭМГ-активности трапециевидных и фронтальных мышц (Mullally et al., 2009).

Условия тренинга: снижение амплитуды ЭМГ.

Монтаж: трапециевидные и фронтальные мышцы.

Длительность сеанса: 50 минут.

Количество сеансов: 10 процедур.

3.4. Посттравматическое стрессовое расстройство

Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) — психическое расстройство, развивающееся вследствие мощного психотравмирующего воздействия угрожающего или катастрофического характера и сопровождающееся экстремальным стрессом. Основными клиническими проявлениями выступают повторные переживания элементов травматического события в ситуации «здесь и сейчас» в форме флешбэков, повторяющихся сновидений и кошмаров, что сопровождается чаще тревогой и паникой, но возможны также гнев, злость, чувство вины или безнадежности, стремление избежать внутренних и внешних стимулов, напоминающих стрессор или ассоциирующихся с ним. Согласно Клиническим рекомендациям Российского общества психиатров «Посттравматическое стрессовое расстройство» (2023) пациентам с ПТСР рекомендованы технологии БОС-терапии с целью обучения саморегуляции головного мозга, без использования внешней стимуляции (уровень убедительности рекомендаций — А, уровень достоверности доказательств — 1).

Рекомендуется использование неинвазивной формы нейробиоуправления (БОС-терапии), независимо от типа нейровизуализации (с помощью методов ЭЭГ и функциональной магнитно-резонансной томографии в реальном времени), с целью обучения саморегуляции головного мозга, без использования внешней стимуляции. Терапию проводят ежедневно, длительность процедуры — 15–20 минут, количество процедур на курс — 10–12 (Клинические рекомендации «Посттравматическое стрессовое расстройство», 2023).

БОС-протокол для реабилитации пациентов с хроническим ПТСР (Van Der Kolk et al., 2016):

Этапы БОС-терапии:

1. Психологическая диагностика (Шкала для клинической диагностики ПТСР — Clinical-Administered PTSD Scale (CAPS)).
2. Фоновый ЭЭГ-мониторинг.

Как только фоновая ЭЭГ-активность стабилизируется, рассчитываются пороги целевых параметров тренинга:

- пороговое значение мощности спектра в диапазоне 2–6 Гц устанавливается таким образом, чтобы оно могло быть превышено в фоне в 35 % времени фоновой пробы;
- пороговое значение мощности спектра в диапазоне 22–36 Гц устанавливается таким образом, чтобы оно могло быть превышено в фоне в 25 % времени фоновой пробы;
- пороговое значение мощности спектра в диапазоне 10–13 Гц устанавливается таким образом, чтобы оно могло быть превышено в фоне в 65 % времени фо-

новой пробы (в ряде случаев диапазон 10–13 Гц корректируется в зависимости от жалоб пациента).

3. Нейробиоуправление.

Условия тренинга: снижение мощности спектра в диапазонах 2–6 Гц и 22–36 Гц одновременно с увеличением мощности спектра в диапазоне 10–13 Гц.

Монтаж: Т4Р4, заземляющий электрод (А1).

Обратная связь: видеоигры, музыка.

Длительность сеансов: тренинг начинается с сессии длительностью 12 минут, затем длительность сессии постепенно увеличивается по 3 минуты при успешном выполнении задания; максимальная длительность сессии составляет 30 минут.

Количество и частота сеансов: 24–27 процедур; 2 раза в неделю.

Кроме того, есть данные об успешном использовании протокола Пенистона — Кулкоски для терапии пациентов с ПТСР (Nicholson A. A. et al., 2020).

3.5. Инсомния

Инсомния (бессонница) представляет собой клинический синдром, который характеризуется жалобами на расстройство ночного сна (трудности инициации, поддержания сна или пробуждение раньше желаемого времени) и связанные с этим нарушения в период дневного бодрствования, возникающие, даже когда времени и условий для сна достаточно. В таком понимании распространенность инсомнии в общей популяции оценивается в 9–15 % (Полуэктов М. Г., 2016).

SMR/тета-стимулирующий протокол (Białkowska, 2022)

Этапы БОС-терапии:

1. Психологическая диагностика (Питтсбургский опросник сна (PSQI), Шкала депрессии Бека (Beck Depression Inventory (BDI)), Шкала тревоги Спилбергера — Ханина (State-Trait Anxiety Inventory)).
2. Фоновый ЭЭГ-мониторинг.
3. SMR/тета-стимулирующий тренинг.

Условия тренинга: увеличение амплитуды SMR-ритма (12–15 Гц) и одновременное снижение амплитуды тета-ритма (4–7 Гц).

Монтаж: С4А1, заземляющий электрод.

Длительность сеанса: 10 трехминутных тренингов, общая длительность — 30 минут.

Обратная связь: видео и/или аудио.

Инструкция для испытуемого: необходимо выполнять упражнения, направленные на релаксацию, ориентируясь на аудиовизуальную обратную связь.

Количество сеансов: 30 процедур.

4. Психологическая диагностика (Питтсбургский опросник сна (PSQI), Шкала депрессии Бека (Beck Depression Inventory (BDI)), Шкала тревоги Спилбергера — Ханина (State-Trait Anxiety Inventory)).

Кроме того, SMR-стимулирующий протокол также применяется для терапии пациентов с инсомнией (Hoedlmoser K. et al., 2008).

Библиографический список

1. Александров М. В. и др. Электроэнцефалография. — СПб.: Стратегия будущего, 2018.
2. Клинические рекомендации «Посттравматическое стрессовое расстройство» (утв. Минздравом России). — 2023.
3. Кропотов Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. — Донецк: Заславский, 2010. — С. 299–301.
4. Полуэктов М. Г. и др. Проект клинических рекомендаций по диагностике и лечению хронической инсомнии у взрослых // Неврология и ревматология. Приложение к журналу Consilium Medicum. — 2016. — Т. 2. — С. 41–51.
5. Поляев Б. А. и др. Плацебо-контролируемое исследование безопасности и эффективности курса нейробиоуправления по спектральной мощности альфа-ритма у спортсменов высокой квалификации // Спортивная медицина: наука и практика. — 2013. — № 4. — С. 34.
6. Филатова Е. Г. Головная боль напряжения // Справочник поликлинического врача. — 2005. — № 4. — С. 57–60.
7. Штарк М. Б. и др. Электроэнцефалографическое биоуправление (альфа-тета-тренинг) для лечения и реабилитации аддиктивных состояний (патологических пристрастий) и депрессий. Методические указания МЗ РФ от 28.12.2000 № 99/174. — Новосибирск, 2000а. — 34 с.
8. Штарк М. Б. и др. Электроэнцефалографический бета-стимулирующий тренинг для лечения синдрома дефицита внимания и сопутствующей патологии. Методические указания МЗ РФ от 29.12.2000 № 99/175. — Новосибирск, 2000б. — 15 с.
9. Arns M., Heinrich H., Strehl U. Evaluation of neurofeedback in ADHD: the long and winding road // Biological Psychology. — 2014. — Т. 95. — С. 108–115.
10. Białkowska J., Mroczkowska D., Boraczyński M. Subjective Improvement of Sleep in Insomnia Patients Treated at aDay Rehabilitation Centre After the Use of EEG Neurofeedback Therapy — aPilot Study. — 2023.
11. Duric N. S. et al. Neurofeedback for the treatment of children and adolescents with ADHD: a randomized and controlled clinical trial using parental reports // BMC Psychiatry. — 2012. — Т. 12. — № 1. — С. 1–8.

12. Geladé K. et al. An RCT into the effects of neurofeedback on neurocognitive functioning compared to stimulant medication and physical activity in children with ADHD // *European Child & Adolescent Psychiatry*. — 2017. — T. 26. — C. 457–468.
13. Gevensleben H. et al. Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial // *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. — 2009. — T. 50. — № 7. — C. 780–789.
14. Gevensleben H. et al. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial // *European Child & Adolescent Psychiatry*. — 2010. — T. 19. — № 9 — C. 715–724.
15. Gilbert C., Moss D. Biofeedback and biological monitoring // *Handbook of mind-body medicine in primary care: Behavioral and physiological tools*. — 2003. — C. 109–122.
16. Hoedlmoser K. et al. Instrumental conditioning of human sensorimotor rhythm (12–15 Hz) and its impact on sleep as well as declarative learning // *Sleep*. — 2008. — T. 31. — № 10. — C. 1401–1408.
17. Jasper H. H. Ten-twenty electrode system of the international federation // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. — 1958. — T. 10. — C. 371–375.
18. Meisel V. et al. Reprint of “Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: a randomized controlled trial with six-month follow-up” // *Biological Psychology*. — 2014. — T. 95. — C. 116–125.
19. Monastra V. J. et al. Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: an initial validation study // *Neuropsychology*. — 1999. — T. 13. — № 3. — C. 424.
20. Mullally W. J., Hall K., Goldstein R. Efficacy of biofeedback in the treatment of migraine and tension type headaches // *Pain Physician*. — 2009. — T. 12. — № 6. — C. 1005.
21. Nicholson A. A. et al. Regulating posttraumatic stress disorder symptoms with neurofeedback: Regaining control of the mind // *Journal of Military, Veteran and Family Health*. — 2020. — T. 6. — № S1. — C. 3–15.
22. Peniston E. G., Kulkosky P. J. Neurofeedback in the treatment of addictive disorders // *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback*. — Academic Press, 1999. — C. 157–179.
23. Seek M. et al. The standardized EEG electrode array of the IFCN // *Clinical Neurophysiology*. — 2017. — T. 128. — № 10. — C. 2070–2077.

24. Steiner N. J. et al. Neurofeedback and cognitive attention training for children with attention-deficit hyperactivity disorder in schools // *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*. — 2014. — Т. 35. — № 1. — С. 18–27.
25. Van Der Kolk B. A. et al. A randomized controlled study of neurofeedback for chronic PTSD // *PloS one*. — 2016. — Т. 11. — № 12. — С. e0166752.
26. Van Doren J. et al. Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis // *European Child & Adolescent Psychiatry*. — 2019. — Т. 28. — № 3. — С. 293–305.