

МОДУЛЯЦИЯ ВНИМАНИЯ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ КУРСА СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭЭГ

Поступила 20.05.06

Изучали изменения спектров мощности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в ходе проведения сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ (нейроОС), а также оценивали влияние применения нейроОС на психологические и ЭЭГ-корреляты произвольного внимания. Показатели последнего определяли с использованием теста Бурдона (корректурная проба), а также таблиц Шульте. В исследовании приняли участие 29 практически здоровых детей 10–13 лет, которые были разделены на две группы: экспериментальную ($n = 12$) и контрольную ($n = 15$). Получены данные, подтверждающие изменение функционального состояния мозга как в течение сеанса нейроОС, так и после курса тренировок. В ЭЭГ сенсомоторной зоны (С4) правого полушария головного мозга отмечались изменения отношения спектральных мощностей бета₁-ритма и тета-ритма, а также низкочастотного бета-ритма и тета-ритма. Зарегистрированные изменения спектральных характеристик ЭЭГ, вызванные прохождением курса нейроОС, сопровождались улучшением ряда показателей произвольного внимания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обратная связь по характеристикам ЭЭГ, ритмы ЭЭГ, внимание, дети.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее распространение в лечении психологических, неврологических и психосоматических состояний получает метод обратной связи (ОС) по характеристикам ЭЭГ (биоуправления, нейротерапии, neurofeedback, нейроОС) [1–4]. Первые исследования, результаты которых показали возможности изменения электрической активности мозга при помощи этого метода, относятся к началу 60-х годов XX века. Так, Стерман установил, что тренировка с применением нейроОС, направленная на усиление генерации сенсомоторного ритма (12–14 Гц), значительно повышает порог возникновения судорожных припадков [5, 6]. В дальнейшем приведенные результаты были использованы для разработки лечебных приемов в клинике эпилепсии. Наряду с этим было также замечено, что по мере проведения сенсомоторного нейротренинга у больных регрессировали не

только количество и длительность припадков, но и проявления гиперактивности. Любар продолжил исследования в данном направлении, и в последующем было установлено, что метод нейроОС эффективен при лечении синдрома дефицита внимания и гиперактивности, а также в отношении пациентов с трудностями обучения [7–11]. Сообщалось об использовании метода нейроОС для улучшения показателей произвольного внимания у здоровых людей [12, 13], но количество подобных работ с применением нейроОС весьма ограничено, и проводились они, как правило, с участием взрослых испытуемых.

Исследования, посвященные изучению изменений спектральной мощности (СМ) компонентов ЭЭГ в различных областях неокортекса в ходе сеансов нейроОС, пока также немногочисленны. Любаром [8] при выполнении таких сеансов у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности было показано, что в условиях ориентации процедур нейроОС на изменение отношения СМ бета₁-ритма к СМ тета-ритма этот показатель по сравнению с наблюдаемым до курса нейроОС значительно увеличивался во всех точках отведения, несмотря на то что тренинг осуществлялся по данным лишь одного от-

¹ Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь (АР Крым, Украина).

Эл. почта: biofeedback@bk.ru (Н. В. Луцук);

jane@crimea.edu (Е. В. Эйсмонт);

pavlenkovb@crimea.edu (В. Б. Павленко).

ведения. Следует, однако, упомянуть, что обычно в подобных работах анализу подвергались изменения ЭЭГ в одном или двух отведениях, т. е. топографический аспект модификаций ЭЭГ не исследовался.

Целью настоящей работы явились оценка эффективности сеансов нейроОС по параметрам бета₁-ритма в отношении характеристик внимания у практически здоровых детей 10–13 лет, а также изучение топографии изменений СМ ЭЭГ в ходе подобных сеансов нейроОС.

МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие 29 практически здоровых детей 10–13 лет (17 мальчиков и 12 девочек). Дети были разделены на две группы: экспериментальную ($n = 12$), члены которой подвергались сеансам нейроОС, и контрольную ($n = 15$), в которой лишь регистрировали ЭЭГ без предъявления сигнала ОС. Характеристики ЭЭГ определяли перед началом проведения тренинга и после окончания курса нейроОС.

Отведение ЭЭГ и выполнение сеансов нейроОС осуществлялись с помощью двух экспериментальных установок и соответствующего программного обеспечения. В ходе упомянутых сеансов мы использовали различные варианты представления сигнала ОС; применяли звуковой или визуальный сигнал, а также вариант, основанный на использовании игрового биоуправления.

На первом этапе исследований проводились сеансы акустической нейроОС. Для этого использовали автоматизированный комплекс, состоящий из электроэнцефалографа, лабораторного интерфейса и компьютера. ЭЭГ отводили монополярно в точках С3 и С4 согласно системе 10–20. Референтным электродом служили объединенные контакты над сосцевидными отростками. Частота оцифровки сигнала составляла 100 с^{-1} .

В сеансах акустической нейроОС ребенку через наушники предъявляли одновременно музыкальный фон и звуковой шум. Управляемым параметром являлась интенсивность белого шума, которая менялась в зависимости от отношения амплитуды (СМ) бета₁-ритма к амплитуде (СМ) тета-ритма: чем больше было значение данного соотношения, тем меньшую громкость имел белый шум, т. е. зависимость между интенсивностью белого шума и величиной отношения амплитуд управляемых ритмов была обратно пропорциональной. Изолиния

отношения СМ управляемых ритмов могла меняться экспериментатором в ходе сеанса в зависимости от исходных параметров и успешности регуляции состояния испытуемым.

В дальнейшем при проведении сеансов нейроОС с применением визуального сигнала ОС использовался 16-канальный электроэнцефалограф. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно в соответствии с международной системой 10–20 в точках Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, С3, С4, Т3, Т4, Т5, Т6, P3, P4, O1 и O2; частота оцифровки сигнала составляла 200 с^{-1} .

Во время сеансов визуальной нейроОС испытуемый располагался в удобном кресле на расстоянии 1 м от монитора, на котором предъявлялся сигнал ОС – цветной прямоугольник, высота которого зависела от значения отношения СМ управляемых ритмов. Под символом ОС выводилось текущее значение амплитуды этого сигнала (%); за 100 % принимали исходное значение соотношения СМ так называемого сенсомоторного ритма (СМР) и СМ тета-ритма.

Программа визуальной нейроОС имела также модуль для проведения сеансов игрового биоуправления. Ребенку предлагалась специально разработанная игра «гонки жуков», в которой скорость движения или сила главного игрового персонажа изменялась в зависимости от текущих значений СМ управляемых ритмов ЭЭГ. Таким образом, выиграть или добиться положительного развития сюжета ребенок мог только после того, как ему удавалось менять соотношение СМ ритмов ЭЭГ в нужном направлении.

При проведении тренинга использовались два протокола. Все дети, принимавшие участие в сеансах звуковой ОС ($n = 12$), проходили курс соответственно бета₁-протоколу, суть которого заключалась в повышении СМ бета₁-ритма (частота 16–20 Гц) и подавлении тета-ритма (частота 4–8 Гц). С двумя детьми, участвовавшими в сеансах визуальной нейроОС и игрового биоуправления, использовался сенсомоторный протокол, задача которого состояла в повышении СМ СМР (частота 12–15 Гц) и подавлении тета-ритма (частота 4–8 Гц). В этих случаях применяли отведения ЭЭГ от сенсомоторной зоны (С4) правого полушария. Длительность занятия (регистрация ЭЭГ с предъявлением сигнала ОС) в течение одного дня составляла 10–15 мин. Такой сеанс включал в себя несколько (пять–семь) эпизодов записей, чередующихся с краткими периодами отдыха.

Обработка ЭЭГ во время проведения сеансов ЭЭГ-ОС основывалась на использовании цифровых фильтров Баттерворта четвертого порядка. Сигнал ОС обновлялся каждые 10 мс. Испытуемому предлагали стараться запомнить свое состояние в тот момент, когда значения СМ бета₁-ритма или СМР были выше установленных для них порогов, а значение СМ тета-ритма – ниже установленного порога. Пороговые значения для управляемых ритмов определялись в процессе каждого сеанса как средние значения амплитуд в ходе записи ЭЭГ в период до тренинга. Таким образом, каждые 10 мс программно сопоставлялись текущие значения СМ управляемых ритмов с их пороговыми значениями, и на основе этого вычислялось значение сигнала ОС. Текущее значение данного сигнала равнялось 100 % в том случае, когда СМ управляемых ритмов были равны своим пороговым значениям; значения сигнала ОС меньше 100 % соответствовали отрицательной оценке выполнения задания, а равные данной величине или большие, чем она, – положительной оценке. Для контроля сложности выполнения задания в программе была использована автоматическая система регулировки сложности управления ритмами ЭЭГ. Такая система в процессе записи ЭЭГ в реальном времени меняла изначально установленные значения порогов в том случае, если за последние 4 с количество сигналов, информирующих о положительной или отрицательной оценке выполнения задания, превышало 80 %.

Перед тренингом испытуемому предоставляли необходимые сведения о процедуре тестов и объясняли зависимость параметров сигнала ОС от уровня внимания. Курс нейроОС состоял из 10–15 сеансов, занятия проводились два-три раза в неделю.

До и после каждого сеанса нейроОС получали две двухминутные записи фоновой ЭЭГ – с закрытыми и открытыми глазами. В ходе спектрального анализа ЭЭГ рассчитывали СМ следующих частотных компонентов: дельта-ритма (1–4 Гц), тета-ритма (4–8 Гц), альфа-ритма (8–13 Гц), СМР (12–15 Гц), бета₁-ритма (16–20 Гц) и бета₂-ритма (21–30 Гц). СМР, регистрируемый преимущественно в центральных отведениях (где он обычно преобладает), мы, вслед за Эгнером, будем далее называть низкочастотным бета-ритмом [11]. Программно рассчитывались отношения СМ низкочастотного бета-ритма к СМ тета-ритма и СМ бета₁-ритма к СМ тета-ритма.

Оценка показателей внимания осуществлялась с помощью следующих методик. Показатели «эффек-

тивность работы», «вработываемость» и «психическая устойчивость» определяли с использованием таблиц Шульте. Согласно данной системе тестирования [14], чем ниже величины упомянутых показателей, тем более развитым является внимание. Для определения показателей «продуктивность внимания» и «точность внимания» применяли буквенный вариант корректурной пробы Бурдона [15]. Подробности расчета показателей внимания с использованием таблиц Шульте и корректурной пробы Бурдона были описаны ранее [16].

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологических тестов количественно обрабатывали с применением стандартных методов вариационной статистики. Для выявления различий между исследуемыми показателями в экспериментальной и контрольной группах применяли ранговый критерий Манна – Уитни, а для определения достоверности различий показателей внимания и спектральных характеристик ЭЭГ до и после тренинга – ранговый критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сеансы нейроОС в экспериментальной группе приводили к значимому улучшению некоторых показателей произвольного внимания. Средние значения показателей произвольного внимания у детей экспериментальной и контрольной групп до и после курса нейроОС представлены в таблице. Детям контрольной группы не удалось достичь значительного улучшения показателей внимания по данным теста таблиц Шульте и корректурной пробы Бурдона, в то время как у детей экспериментальной группы было обнаружено достоверное увеличение показателя «продуктивность внимания» и уменьшение показателя «эффективность работы» (напомним, что чем меньше величина последнего показателя, тем более развитым является внимание ребенка).

Во время сеансов акустической нейроОС на экране монитора представлялись текущая ЭЭГ, а также график, отображающий в режиме реального времени изменения отношения бета₁- и тета-ритмов. При осуществлении сеансов визуальной нейроОС, а также сеансов с использованием игрового биоуправления на экране монитора отображалась ЭЭГ, отводимая от 16 стандартных локусов, выводился сигнал ОС, а также представлялись текущие значения СМ управляемых ритмов, их пороговые

Показатели произвольного внимания у детей экспериментальной (I группа) и контрольной (II группа) групп до и после сеансов обратной связи (ОС) по характеристикам электроэнцефалограммы – ЭЭГ (ЭЭГ-ОС)

Показники довільної уваги у дітей експериментальної (I група) та контрольної (II група) груп до й після сеансів зворотного зв'язку за характеристиками електроенцефалограми

Показатели внимания	I группа		II группа	
	до	после	до	после
«Эффективность работы», с	51.66 ± 3.47	44.02 ± 1.90 *	49.44 ± 3.08	57.39 ± 3.18
«Врабатывание»	0.98 ± 0.04	0.95 ± 0.04	1.00 ± 0.06	0.93 ± 0.04
«Психическая устойчивость»	1.03 ± 0.03	1.01 ± 0.03	1.08 ± 0.04	1.03 ± 0.04
«Продуктивность внимания», знаки	740.07 ± 34.25	893.35 ± 29.91**	831.6 ± 21.09	816.26 ± 21.33
«Концентрация внимания», %	94.62 ± 1.01	96.14 ± 0.82	96.91 ± 0.52	96.96 ± 0.45

Примечания. Приведены значения среднего ± ошибка среднего по группе. Звездочками отмечены случаи значимых отличий значений показателей внимания после проведения сеансов от значений показателей внимания до сеансов ЭЭГ-ОС. **P* < 0.05; ***P* < 0.01.

значения и их соотношение. Такая визуализация позволяла практически мгновенно оценивать эффективность сеанса нейроОС и постоянно наблюдать за изменениями, происходящими во время тренинга или в периоды отдыха. На рис. 1 представлена динамика отношения СМ низкочастотного бета-ритма к СМ тета-ритма непосредственно в период тренинга и во время отдыха, когда испытуемому не предъявлялся сигнал ОС.

Чтобы учесть межиндивидуальную вариабельность спектров и выявить изменения СМ ритмов ЭЭГ до и после сеансов нейроОС, мы использовали нормированные величины, характеризующие СМ ритмов ЭЭГ. За 100 % были приняты исходные

(до проведения курса нейроОС) мощности этих ритмов.

В результате проведения такого курса у детей экспериментальной группы СМ частотных компонентов ЭЭГ изменялись по сравнению с аналогичными показателями до сеансов. Статистически значимые различия были обнаружены в центральной области левого (С3) и правого (С4) полушарий головного мозга для СМ тета-ритма (С3: *P* < 0.05; С4: *P* < 0.05), а также для отношения СМ бета₁-ритма и тета-ритма (С3: *P* < 0.05; С4: *P* < 0.01) при записи ЭЭГ с открытыми глазами. Средние значения СМ данных ритмов, а также величины отношений СМ бета₁-ритма к СМ тета-ритма представлены на рис. 2, Б. Повышение значения указанного выше отношения достигалось в большей степени за счет снижения СМ тета-ритма. В целом можно сказать, что СМ тета-ритма достаточно хорошо поддается контролю в рамках использованной парадигмы.

У детей контрольной группы не было зарегистрировано значительного снижения СМ тета-диапазона и (или) повышения величины отношения СМ бета₁- и тета-ритмов.

В ходе сравнения средних значений СМ ритмов ЭЭГ в экспериментальной и контрольной группах выявились значимые различия отношения СМ бета₁-ритма к СМ тета-ритма в центральных отведениях обоих полушарий (рис. 2).

Результаты ряда исследований показали, что величина отношения СМ бета₁- и тета-ритмов является одним из основных ЭЭГ-маркеров при оценке уровня развития когнитивных ресурсов мозга, а также диагностике синдрома дефицита внимания и гиперактивности [17, 18]. У детей с упомянутыми нарушениями обычно высока мощность

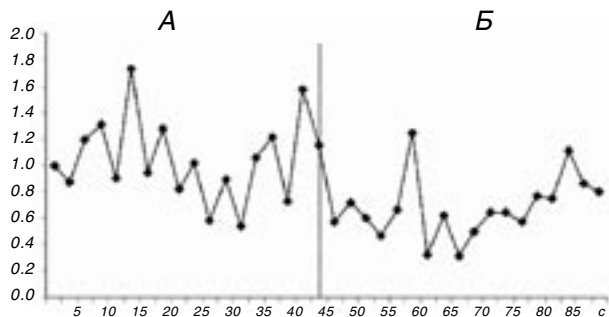
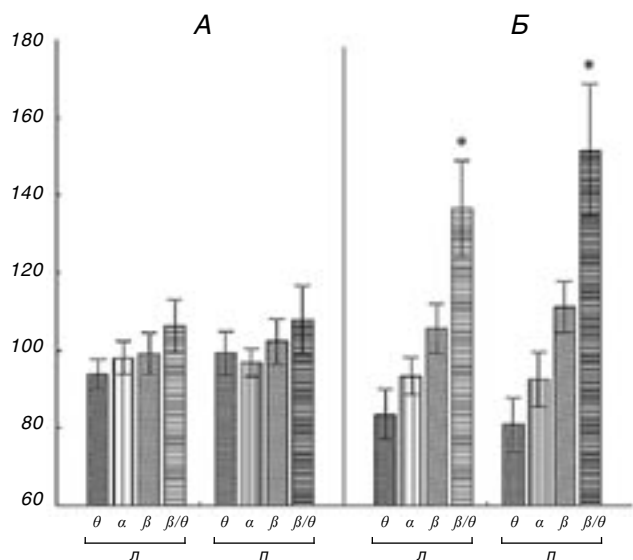


Рис. 1. Динамика отношения спектральных мощностей (СМ) низкочастотного бета-ритма и тета-ритма во время нейротренинга (А) и отдыха (Б).

По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – значение отношения СМ низкочастотного бета-ритма к СМ тета-ритма, усл. ед.

Рис. 1. Динаміка відношення спектральних потужностей низькочастотного бета-ритму й тета-ритму в період нейротренингу (А) та відпочинку (Б).



Р и с. 2. Диаграммы мощности ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированных в центральных отведениях левого (л) и правого (п) полушарий головного мозга у детей контрольной (А) и экспериментальной (Б) групп при открытых глазах (итоговая регистрация). Приведены относительные величины мощности (%); за 100 % приняты исходные мощности ритмов ЭЭГ и их отношений (указаны под столбцами). Приведены значения среднего ± ошибка среднего. Звездочками отмечены случаи достоверных различий между показателями контрольной и экспериментальной групп при $P < 0.05$.

Р и с. 2. Діаграми потужності ритмів електроенцефалограми, зареєстрованих у центральних відведеннях лівої (л) та правої (п) півкуль головного мозку у дітей контрольної (А) та експериментальної (Б) груп при відкритих очах (підсумкова реєстрація).

медленноволновой активности (в диапазоне тета-ритма) [19–21] и (или) снижена мощность колебаний в частотном диапазоне 12–21 Гц, преимущественно в лобно-центральных областях [21, 22]. Из данных литературы [23–25] известно, что усиление медленноволновой ЭЭГ-активности выступает как один из наиболее характерных признаков генерализованного снижения церебральной активности. Мощность бета-колебаний ЭЭГ большинство исследователей рассматривают как коррелят интенсивности когнитивных процессов и фокусирования внимания [26, 27].

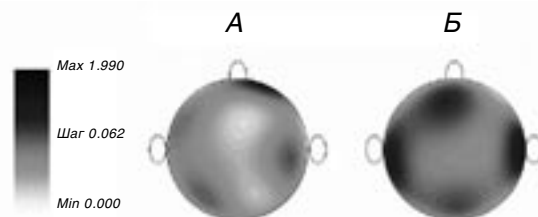
Таким образом, некоторое повышение уровня активности во время проведения сеансов нейроОС, отражавшееся в снижении мощности медленноволновой активности и увеличении мощности более высокочастотных компонентов (в диапазоне бета₁-ритма), коррелировало с усилением внимания и

повышением скорости когнитивных процессов, что позволяло детям экспериментальной группы достичь лучших результатов по данным тестов на внимание.

Как указывают полученные данные, сеансы нейроОС могут приводить к объективным изменениям, отражающимся в ЭЭГ, что сопровождается позитивными изменениями величин показателей внимания. При этом отмеченные изменения являются следствием тренинга на основе нейроОС, а не «эффекта плацебо».

Одной из целей настоящего исследования было изучение топографии СМ ЭЭГ до и после проведения курса нейроОС. Для реализации данной цели у двоих детей во время осуществления таких сеансов отводили ЭЭГ в 16 локусах.

На рис. 3 представлены топограммы значений отношения СМ низкочастотного бета-ритма и тета-ритма у одного из детей до и после прохождения курса нейроОС. Результаты анализа спектров мощности ЭЭГ указывают на то, что отношение СМ низкочастотного бета-ритма к СМ тета-ритма увеличивалось практически во всех отведениях. Максимальные изменения величины данного отношения наблюдались во фронтальных и височных отделах коры головного мозга. Проведение психологического тестирования выявило улучшение значения показателя «концентрация внимания» (от 92 до проведения тренинга до 97 % после курса нейроОС) у данного ребенка. Результаты ряда работ показали, что увеличение мощности низко-



Р и с. 3. Топография изменения отношения мощности низкочастотного бета-ритма к мощности тета-ритма до (А) и после (Б) проведения сеансов обратной связи по характеристикам электроэнцефалограммы –ЭЭГ (нейроОС) у одного из детей при записи ЭЭГ с открытыми глазами.

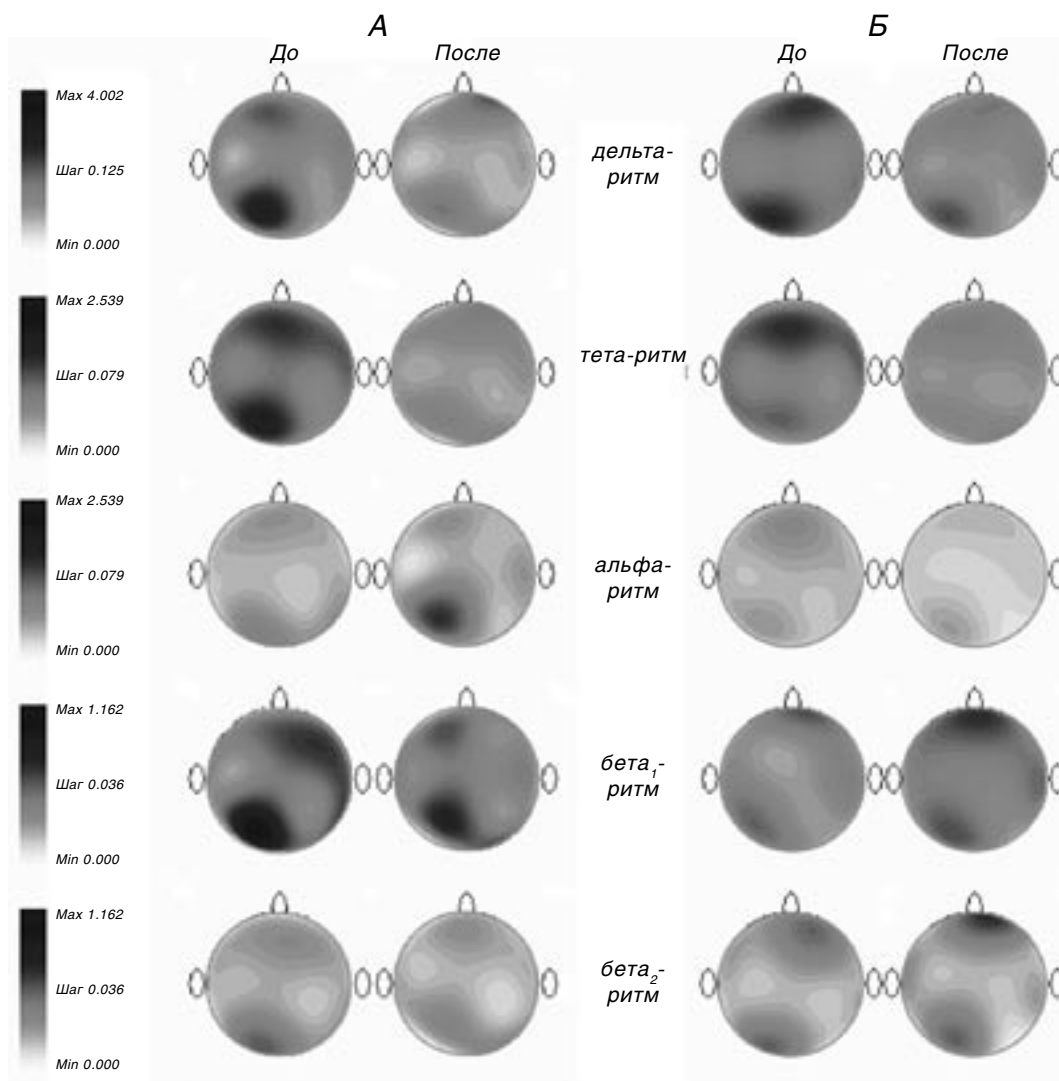
Слева – шкала отношения мощности низкочастотного бета-ритма к мощности тета-ритма. Каждая топограмма отражает отрезок записи длительностью 16 с.

Р и с. 3. Топографія зміни відношення потужності низькочастотного бета-ритму до потужності тета-ритму до (А) та після (Б) проведення сеансів зворотного зв'язку за характеристиками електроенцефалограми – БЕГ (нейроОС) в одного з дітей при запису БЕГ з відкритими очима.

частотного бета-ритма (12–15 Гц) во время сеансов нейроОС было связано с уменьшением количества неправильных реакций по данным «Test of variables of attention» («тест переменных внимания»), а также с увеличением амплитуды потенциала Р300 [3]. Конкретный характер связи между мощностью ЭЭГ-активности в диапазоне 12–15 Гц и эффективностью обработки информации пока не установлен. Тем не менее, высказано следующее предположение: процессинг, лежащий в основе управления

избыточной моторной активностью, с которой связано снижение мощности низкочастотного бета-ритма, может интерферировать с перцептивными и интегративными компонентами обработки информации [28]. Следовательно, увеличение активности в диапазоне низкочастотного бета-ритма в какой-то степени отражает облегчение обработки информации за счет уменьшения этой интерференции.

На рис. 4 представлены изменения топографии средних СМ ритмов ЭЭГ при записи с закрытыми



Р и с. 4. Изменения топографического распределения средних значений спектральных мощностей (СМ) ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у одного из детей при записи с закрытыми (А) и открытыми (Б) глазами до и после проведения сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ, направленных на повышение величины отношения СМ низкочастотного бета-ритма и СМ тета-ритма.

Остальные обозначения те же, что и на рис. 3.

Р и с. 4. Зміни топографічного розподілу середніх значень спектральних потужностей (СП) ритмів електроенцефалограми (ЕЕГ) в одного з дітей при запису ЕЕГ із заплющеними (А) та відкритими (Б) очима до та після проведення сеансів зворотного зв'язку за характеристиками ЕЕГ, спрямованих на збільшення величини відношення СП низькочастотного бета-ритму та СП тета-ритму.

и открытыми глазами у одного из детей до и после проведения курса нейроОС. В целом после тренинга наблюдалось уменьшение СМ дельта- и тета-ритмов в состояниях как с закрытыми, так и с открытыми глазами. После курса нейроОС при записи ЭЭГ с закрытыми глазами отмечалось доминирование альфа-ритма в затылочных областях. Выраженность этих колебаний в ЭЭГ характеризует спокойное, стабилизированное состояние ЦНС [29]. При записи ЭЭГ с открытыми глазами СМ альфа-ритма значительно уменьшалась, и в ЭЭГ доминировала высокочастотная активность. Изменения бета₁-ритма были особенно представлены в передних и центральных отделах.

Таким образом, результаты настоящей работы подтверждают возможность изменения функционального состояния мозга как в течение сеанса нейроОС, так и после курса таких тренировок. При проведении тренинга с ОС по СМ СМР в точке С4 правого полушария отмечались заметные изменения отношения СМ бета₁-ритма к СМ тета-ритма и СМ низкочастотного бета-ритма к СМ тета-ритма. Поскольку зарегистрированные изменения спектров мощности ЭЭГ, вызванные прохождением курса нейроОС, сопровождались улучшением некоторых показателей произвольного внимания, логичным будет вывод о том, что тренинг на основе ОС по характеристикам ЭЭГ способен заметно влиять на церебральные механизмы, обеспечивающие функцию внимания.

М.В. Луцюк¹, Е.В. Ейсмонт¹, В.Б. Павленко¹

МОДУЛЯЦІЯ УВАГИ У ЗДОРОВИХ ДІТЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КУРСУ СЕАНСІВ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЕЕГ

¹Таврійський національний університет ім. В. І. Вернадського, Сімферополь (АР Крим, Україна).

Резюме

Вивчали зміни спектрів потужності електроенцефалограми (ЕЕГ) у перебігу проведення сеансів зворотного зв'язку за характеристиками ЕЕГ (нейроЗЗ), а також оцінювали вплив застосування нейроЗЗ на психологічні та ЕЕГ-кореляти довірливої уваги. Показники останньої визначали з використанням тесту Бурдона (коректурна проба), а також таблиць Шульце. У дослідженні брали участь 29 практично здорових дітей 10–13 років, які були розділені на дві групи: експериментальну ($n = 12$) та контрольну ($n = 15$). Були отримані дані, що підтверджують зміну функціонального стану

мозку як протягом сеансу нейроЗЗ, так і після курсу тренувань. В ЕЕГ сенсомоторної зони (С4) правої півкулі головного мозку відмічалися зміни відношення спектральних потужностей бета₁-ритму та тета-ритму, а також низькочастотного бета-ритму й тета-ритму. Зареєстровані зміни спектральних характеристик ЕЕГ, викликані проходженням курсу нейроОС, супроводжувалися поліпшенням ряду показників довірливої уваги.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М. Б. Штарк, А. Б. Скок, “Применение электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике”, в кн.: *Биоуправление - 3: теория и практика*, под ред. М. Б. Штарка, А. Б. Скока, Наука, Новосибирск (1998), с. 131-141.
2. M. Linden, T. Habib, and V. Radojevic, “A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities,” *Biofeedback Self-Regulat.*, **21**, No. 1, 35-49 (1996).
3. T. Egner and J. H. Gruzelier, “EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials,” *Clin. Neurophysiol.*, **115**, 131-139 (2004).
4. Ю. Д. Кропотов, В. А. Гринь-Яценко, Л. С. Чутко и др., “Лечение детей с синдромом нарушения внимания с гиперактивностью при помощи метода ЭЭГ-биологической обратной связи”, *Рос. вестн. перинатологии и педиатрии*, **47**, № 3, 37-40 (2002).
5. M. B. Sterman and L. Friar, “Suppression of seizures in an epileptic following sensorimotor EEG feedback training,” *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **33**, No. 1, 89-95 (1972).
6. M. B. Sterman, “Sensorimotor EEG operant conditioning: Experimental and clinical effects,” *Pavlov. J. Biol. Sci.*, **12**, No. 2, 63-92 (1977).
7. J. O. Lubar and J. F. Lubar, “Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting,” *Biofeedback Self-Regulat.*, **9**, No. 1, 1-23 (1984).
8. Д. Ф. Любар, “Биоуправление, дефицит внимания и гиперактивность”, в кн.: *Биоуправление - 3: теория и практика*, под ред. М. Б. Штарка, А. Б. Скока, Наука, Новосибирск (1998), с. 142-162.
9. V. J. Monastra, S. Lynn, M. Linden, et al., “Electroencephalographic biofeedback in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder,” *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, **30**, No. 2, 95-114 (2005).
10. В. А. Гринь-Яценко, Ю. Д. Кропотов, В. А. Пономарев и др., “Влияние биологической обратной связи по сенсомоторному ритму и бета1-ритму ЭЭГ на параметры внимания”, *Физиология человека*, **27**, № 3, 5-13 (2001).
11. T. Egner, T. F. Zech, and J. H. Gruzelier, “The effects of neurofeedback training on the spectral topography of the electroencephalogram,” *Clin. Neurophysiol.*, **115**, 2452-2460 (2004).
12. D. Vernon, T. Egner, C. Nick, et al., “The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance,” *Int. J. Psychophysiol.*, **47**, No. 1, 75-85 (2003).

13. T. Egner and J. H. Gruzelier, "Learned self-regulation of EEG frequency components affects attention and event-related brain potentials," *NeuroReport*, **12**, No. 18, 4155-4159 (2001).
14. Л. Н. Кулешова, *Внимание. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии*, Питер, СПб. (2000).
15. Е. И. Рогов, *Настольная книга практического психолога в образовании*, ВЛАДОС, Москва (1995).
16. Н. В. Луцюк, Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко, "Связь характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов, зарегистрированных в условиях парадигмы GO/NO-GO, с показателями внимания у детей", *Нейрофизиология/Neurophysiology*, **37**, № 5/6, 452-458 (2005).
17. J. F. Lubar, "Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders," *Biofeedback Self-Regulat.*, **16**, No. 3, 1-23 (1991).
18. R. J. Barry, A. R. Clarke, and S. J. Johnstone, "A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography," *Clin. Neurophysiol.*, **114**, 171-183 (2003).
19. R. J. Chabot and G. Serfontain, "Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder," *Biol. Psychiat.*, **40**, No. 10, 951-963 (1996).
20. T. Janzen, K. Graap, S. Stephanson, et al., "Differences in baseline EEG measures for ADD and normally achieving preadolescent males," *Biofeedback Self-Regulat.*, **20**, No. 1, 65-82 (1995).
21. C. A. Mann, J. F. Lubar, A. W. Zimmerman, et al., "Quantitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder: Controlled study with clinical implications," *Pediat. Neurol.*, **8**, No. 1, 30-36 (1992).
22. A.R. Clarke, R. J. Barry, R. McCarthy, and M. Selikowitz, "Electroencephalogram differences in two subtypes of attention-deficit/hyperactivity disorder," *Psychophysiology*, **38**, No. 2, 212-221 (1992).
23. В. С. Русинов, *Функциональное значение процессов головного мозга*, Наука, Москва (1977).
24. В. С. Русинов, О. М. Гриндель, Г. Н. Болдырева, Е. М. Вакар, *Биопотенциалы мозга человека: математический анализ*, Медицина, Москва (1987).
25. В. И. Гусельников, *Электрофизиология головного мозга*, Высш. шк., Москва (1976).
26. C. M. Gomez, M. Vazquez, and E. Vaquero, "Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention," *Int. J. Neurosci.*, **95**, Nos. 1/2, 17-32 (1998).
27. O. Jensen, P. Goel, N. Kopell, et al., "On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling," *NeuroImage*, **26**, No. 2, 347-355 (2005).
28. M. B. Sterman, "Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: Implications for self-regulation," *Biofeedback Self-Regulat.*, **21**, No. 1, 3-33 (1996).
29. Е. С. Егорова, *Электроэнцефалография*, Медицина, Москва (1973).