

УДК [612.82:616.831:616.89-008.47]-053.2

ПАНКОВ Михаил Николаевич, кандидат медицинских наук, доцент, заместитель директора по консультативно-диагностической работе Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 93 научных публикаций, в т. ч. двух монографий

РУДАКОВА Евгения Васильевна, соискатель кафедры физиологии и патологии развития человека Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 7 научных публикаций

ИЗМЕНЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА У ДЕТЕЙ С СИНДРОМОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТРЕНИНГА С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ*

В работе отражены изменения энергетического метаболизма головного мозга у детей 8–14 лет с СДВГ в процессе тренинга с биологической обратной связью по параметрам ЭЭГ. Положительная динамика свидетельствует о восстановительных процессах фронтального неокортекса, который в первую очередь отвечает за функции контроля, регуляции и программирования деятельности (executive functions).

Дети, синдром дефицита внимания, уровень постоянных потенциалов, церебральный энергетический метаболизм, ЭЭГ-биорегулирование

Современная возрастающая информационная нагрузка на ребенка в значительной степени определяет условия его развития. В процессе школьного обучения увеличивается количество психопатологических состояний, среди которых на лидирующие позиции выходит синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ), характеризующийся нарушениями внимания, гиперактивностью и импульсивностью [1]. Выделяют три формы этого синдрома: с преобладанием дефицита внимания, с преобладанием гиперактивности и импульсивности, и комбинированную. Особенности клинических проявлений опре-

деляют тактику лечения и коррекции СДВГ. Современная медикаментозная терапия СДВГ у детей основана на представлениях о патогенезе нарушений нейромедиаторного обмена и морфофункциональной незрелости ряда мозговых структур. Значительный интерес представляют и немедикаментозные подходы к коррекции проявлений СДВГ: психотерапия, психолого-педагогическая коррекция, специальные занятия и тренинги. В связи с актуальностью данной проблемы, поиском и разработкой эффективных немедикаментозных методик для коррекции данного состояния все большее применение находит тренинг с био-

* Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2011 годы)» № 2.2.3.3/9711.

© Панков М.Н., Рудакова Е.В., 2011

логической обратной связью (БОС-тренинг) или функциональное ЭЭГ-биоуправление [2].

Многими исследователями показана принципиальная возможность способности человека избирательно управлять спектром частот своей ЭЭГ, если при этом ему дается сигнал, информирующий об успехе или неуспехе в продуцировании желательного паттерна ЭЭГ. В процессе биоуправления пациент и специалист непрерывно получают информацию о текущем значении контролируемых параметров, что в большинстве случаев позволяет качественно судить об успешности тренинга. Позитивные изменения выбранной для коррекции «мишени» подкрепляются использованием компьютерных мультимедийных средств. Процесс биоуправления представляет замкнутый контур: пациент, датчики для регистрации физиологической информации, устройство для ввода данной информации в компьютер и сам компьютер [3]. Конечной целью БОС-тренинга является не просто обучение осознанному управлению той или иной физиологической функцией, а перевод ее на другой уровень функционирования без постоянного или эпизодического волевого усилия пациента.

Многочисленные данные об эффективности биоуправления, как правило, подтверждаются электроэнцефалографическими методами исследования центральной нервной системы детей с СДВГ [1, 4]. Однако до сих пор остается малоизученным вопрос об изменении энергетического состояния головного мозга детей с СДВГ под влиянием ЭЭГ-биоуправления. Оптимальным и нетрудоемким методом, позволяющим достоверно оценивать энергетическое состояние мозга, является метод регистрации уровня постоянных потенциалов (УПП) [5].

Исследования последних лет свидетельствуют, что постоянные потенциалы (ПП) как разновидность сверхмедленных физиологических процессов головного мозга [6, 7] возникают в результате суммации мембранных потенциалов нервных и глиальных клеток, а также разности потенциалов на мембранах гематоэнцефалического барьера, хотя их вклад в генез ПП

в конкретных ситуациях может быть различным [5, 8, 9]. Генерация мембранных потенциалов требует энергозатрат, идущих на совершение работы против электрохимического градиента потенциалообразующих ионов, поэтому параметры уровня постоянных потенциалов связаны с церебральными энергозатратами и позволяют оценивать их интенсивность [10, 11].

Отсутствие данных об изменениях церебрального энергетического метаболизма под влиянием тренинга с биологической обратной связью и предопределило цель настоящей работы – выявить изменения церебрального энергетического метаболизма у гиперактивных детей с дефицитом внимания при психофизиологической коррекции с помощью ЭЭГ-биоуправления.

Методика. Исследование проводилось на базе научно-практического центра «Синдром дефицита внимания с гиперактивностью “Содействие”». Института развития ребенка Поморского государственного университета имени М.В. Ломоносова г. Архангельска (далее – СДВГ-Центр). Обследована группа детей 8–14 лет с проявлениями СДВГ, преимущественно с преобладанием дефицита внимания, проживающих в г. Архангельске, обратившихся в СДВГ-Центр и проходивших там курс тренингов с биологической обратной связью.

Критерии включения: проявления невнимательности, гиперактивности, импульсивности (диагностические критерии в соответствии с МКБ-10 и DSM-IV). Критерии исключения: индивидуальные особенности личности и темперамента; тревожные расстройства; астенический синдром при соматических заболеваниях; последствия перенесенной черепно-мозговой травмы, нейроинфекции, интоксикации; психические расстройства. Включение в группу проводилось с учетом возраста и клинической формы СДВГ.

Исследование постоянных потенциалов головного мозга было проведено у 27 детей с СДВГ с преобладанием дефицита внимания 8–14 лет до и после курса БОС-тренинга. Для регистрации, обработки и анализа уровня ПП головного мозга применялся аппаратно-про-

граммный диагностический комплекс «Нейроэнергометр-03» [13]. Уровень постоянного потенциала регистрировался монополярно с помощью неполяризуемых хлор-серебряных электродов (референтного и активного) и усилителя постоянного тока с входным сопротивлением 10 Ом. Референтный электрод располагали на запястье правой руки, активные – вдоль сагиттальной линии – в лобной, центральной, затылочной областях, а также в правом и левом височных отделах (точки Fz, Cz, Oz, Td, Ts по международной системе «10–20%»). Анализ УПП производился путем картирования полученных с помощью монополярного измерения значений УПП и расчета отклонений УПП в каждом из отведений от средних значений, зарегистрированных по всем областям головы, при котором появляется возможность определить локальные значения УПП в каждой из областей, исключая влияния, идущие от референтного электрода.

С целью изучения особенностей внимания использовался тест Тулуз-Пьерона, один из вариантов «корректирующей пробы», адаптированный к различным возрастным группам. Суть задания состоит в дифференцировании стимулов, близких по форме и содержанию, в течение точно определенного времени. Основным расчетным показателем являлась точность внимания. Все дети выполняли тест до начала и после завершения курса БОС-тренинга.

Курс занятий по ЭЭГ-биоуправлению с помощью реабилитационного психофизиологиче-

ского комплекса для БОС-тренинга «РЕАКОР» для каждого ребенка составил 14 сеансов. Занятия проводились 6 раз в неделю с одним выходным днем. Одно занятие длилось 20–25 мин. Для коррекции был выбран сценарий «бета/тета-тренинга», рекомендуемый при пограничных нервно-психических заболеваниях, депрессивных синдромах, а также синдроме дефицита внимания и/или гиперактивности. В качестве точек отведения ЭЭГ-сигнала использовали FCz (между Fz и Cz) и PCz (между Pz и Cz). Контролируемыми параметрами являлись индекс мощности бета-1-ритма, индекс мощности тета-ритма и их соотношение.

Полученные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием пакета методов STADIA 6.0, SPSS for Windows и методов анализа данных программы Excel. Оценка достоверности различий проводилась с использованием Т-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Анализ результатов исследования показал (см. *таблицу*), что у детей с СДВГ до курса ЭЭГ-биоуправления энергообеспечение головного мозга характеризовалось снижением УПП в лобных отделах (Fz), разности потенциалов между лобным отведением и центральным (Fz-Cz), затылочным (Fz-Oz), правовисочным (Fz-Td) и левовисочным (Fz-Ts) отведениями и нарушением принципа «куполообразности» распределения УПП, что является характерными признаками СДВГ [13, 14].

**ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЕЙ ПОСТОЯННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ (MV)
У ДЕТЕЙ С СДВГ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ НАРУШЕНИЙ ВНИМАНИЯ
ДО И ПОСЛЕ КУРСА ЭЭГ-БИОУПРАВЛЕНИЯ (M±M)**

Показатель	УПП до курса	УПП после курса
Fz	21,15±1,82	24,26±2,48
Cz	34,37±2,42	31,30±2,50
Oz	32,00±2,37	31,51±3,04
Td	31,73±2,53	31,01±2,31
Ts	31,26±2,45	29,88±2,04
Sum	150,51±10,56	147,96±11,40
Fz-Cz	-13,24±1,47	-7,04±1,49**

Окончание таблицы

Fz-Oz	-8,90±1,86	-7,26±2,04
Fz-Td	-10,60±1,54	-6,75±1,49
Fz-Ts	-10,15±1,48	-5,63±1,49*
Cz-Oz	2,37±1,67	0,21±1,69
Cz-Td	2,64±1,56	0,29±1,46
Cz-Ts	3,09±1,79	1,42±1,26
Oz-Td	0,27±1,60	0,51±1,80
Oz-Ts	0,72±1,78	1,63±2,09
Td-Ts	0,45±1,38	1,13±1,04

Примечание. Достоверная разница с показателями до курса биоуправления: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Известно, что фронтальный неокортекс отвечает за программирование и контроль деятельности [15–18], является ключевым звеном в функционировании когнитивной сферы человека и, в частности, высшим регуляторным центром произвольного внимания. Недостаточное энергетическое обеспечение, по нашему мнению, может приводить к несформированности и относительной морфо-функциональной незрелости лобных структур головного мозга у детей [13, 14].

Курс ЭЭГ-биоуправления, состоящий из 14 сеансов, несколько изменил распределение УПП головного мозга у детей с СДВГ (см. таблицу). Так, выявлена тенденция к повышению УПП в лобных отделах и существенное увеличение разности потенциалов между лобным и центральным ($p < 0,01$), лобным и левым височным ($p < 0,05$) отведениями (рис. 1). В динамике УПП в остальных отведениях наметилась лишь тенденция к нормализации.

Таким образом, уже за один курс БОС-тренинга по параметрам ЭЭГ произошли изменения энергетического метаболизма головного мозга, свидетельствующие прежде всего о повышении энергообеспечения фронтальных отделов головного мозга детей с СДВГ. По нашему мнению, функциональное биоуправление является одной из эффективных и патогенетически обоснованных технологий в комплексной коррекции проявлений синдрома дефицита внимания с гиперактивностью.

Качественные изменения внимания у детей с СДВГ до и после курса БОС-тренинга подтверждаются также результатами теста Тулуз-Пьерона. Положительная динамика в распределении показателей точности внимания по тесту Тулуз-Пьерона до и после коррекции представлена на рис. 2.

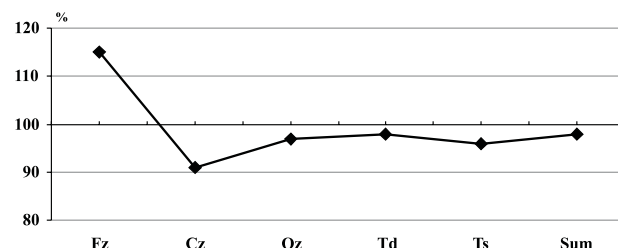


Рис. 1. Динамика уровней постоянных потенциалов в стандартных отведениях у детей с СДВГ после курса ЭЭГ-биоуправления в процентах к исходным

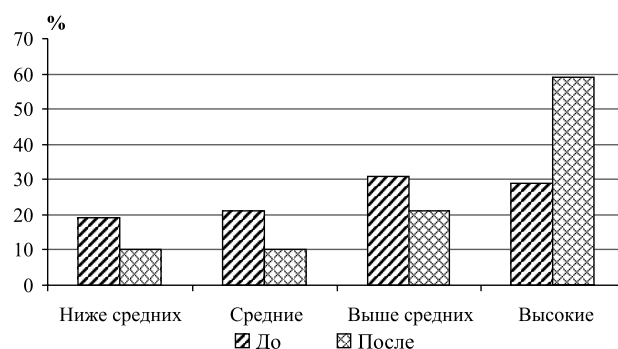


Рис. 2. Гистограмма показателей точности внимания по тесту Тулуз-Пьерона до и после коррекции с помощью БОС-тренинга

Так, после курса ЭЭГ-биоуправления на гистограмме распределения показателей внимания произошел выраженный сдвиг вправо. Показатели «ниже средних» составили 67% от исходных значений до курса БОС-тренинга, а количество «высоких» показателей увеличилось более чем в два раза.

Заключение. Таким образом, результаты исследования показали, что один курс психофизиологической коррекции, состоящий из 14 сеансов ЭЭГ-биоуправления по бета/тета-

ритму, способствует нормализации энергетического метаболизма головного мозга детей с СДВГ, прежде всего во фронтальных областях, где находится система управления поведением и высший регуляторный центр произвольного внимания.

Для перевода управляющих систем на более стабильный уровень функционирования и получения стойкого эффекта у детей с синдромом дефицита внимания необходимы, по нашему мнению, повторные курсы БОС-тренингов.

Список литературы

1. Чутко Л.С., Пальчик А.Б., Кропотов Ю.Д. Синдром нарушения внимания с гиперактивностью у детей и подростков. СПб., 2004.
2. Кропотов Ю.Д. Современная диагностика и коррекция синдрома нарушения внимания (нейрометрика, электромагнитная томография и нейротерапия). СПб., 2005.
3. Штарк М.Б., Скок А.Б., Шубина О.С. Электроэнцефалографическое биоуправление в лечении аддиктивных расстройств // Наркология. 2002. № 11. С. 19–27.
4. Кропотов Ю.Д., Пономарев В.А., Гринь-Яценко В.А. Метод ЭЭГ-биоуправления в лечении синдрома нарушения внимания и гиперактивности у детей // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 4. С. 126–135.
5. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Интенсивность церебрального энергетического обмена: возможности его оценки электрофизиологическим методом // Вестник РАМН. 2001. № 8. С. 38–43.
6. Аладжалова Н.А. Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности мозга. М., 1979.
7. Илюхина В.А., Матвеев Ю.К., Федорова М.А. Метод картирования функциональных состояний проекционных зон коры по показателям омега-потенциала в отведении от поверхности головы // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 6. С. 123–130.
8. Бредбери М. Концепция гематоэнцефалического барьера. М., 1983.
9. Заболоцких И.Б. Сверхмедленные физиологические процессы в комплексных исследованиях нормальных, компенсированных и декомпенсированных состояний человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Л., 1988.
10. Пономарева Н.В., Фокин В.Ф., Селезнева Н.Д. Церебральная дисфункция у лиц с повышенным риском развития болезни Альцгеймера // Вестн. РАМН. 1999. № 1. С. 16–20.
11. Somjen G.G., Rosenthal M. Origin of Cerebral Field Potentials // Cerebral Potentials / Speckmann E.-J., Caspers H. (eds.). Stuttgart, 1979. P. 164–174.
12. Пономарева Н.В., Фокин В.Ф. Способ оценки энергетического состояния головного мозга: патент на изобретение № 2135077. 1999.
13. Подоплекин Д.Н. Распределение постоянных потенциалов головного мозга при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью у детей-северян: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Архангельск, 2003.
14. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью: особенности физиологического статуса детей / А.В. Грибанов, Т.В. Волокитина, Е.А. Гусева, Д.Н. Подоплекин // Экология человека. 2002. № 1. С. 36–38.
15. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М., 2002.
16. Хомская Е.Д. Нейропсихология. М., 1987.
17. Barkley R.A. Attention Deficit Hyperactivity Disorder. N.Y.; L., 1998.
18. Brown T.E. Attention-deficit Disorders and Comorbidities in Children, Adolescents, and Adults. Washington; L., 2000.

Pankov Mikhail, Rudakova Evgenia

CHANGES OF BRAIN ENERGY METABOLISM IN CHILDREN WITH ATTENTION DEFICIT DISORDER VIA BIOFEEDBACK TRAINING

The article presents changes of brain energy metabolism in children aged 8–14 with Attention Deficit Disorder as a result of the training with EEG-biofeedback. The positive dynamics is indicative of the reparative processes in the frontal neocortex, which is primarily responsible for control, regulation, and executive functions.

Контактная информация:
Панков Михаил Николаевич
e-mail: icd@pomorsu.ru
Рудакова Евгения Васильевна
e-mail: rudakovaev@rambler.ru

Рецензент – *Ишеков Н.С.*, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой возрастной физиологии и валеологии Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова