

УДК 159.922.7:612.821.014.421.7

ОПТИМИЗАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ 5–9 ЛЕТ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЭГ

Эйсмонт Е. В., Начарова М. А., Никифорова Е. В.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: evgenija.eismont@mail.ru*

Проводилась оценка эффективности применения метода обратной связи по характеристикам ЭЭГ для нормализации показателей когнитивной и эмоциональной сфер у детей 5–9 лет. Тренируемыми параметрами ЭЭГ являлись амплитуда сенсомоторного ритма и отношение амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов. После проведения тренингов наблюдалось увеличение тренируемых параметров ЭЭГ, снижение числа ошибочных нажатий при проведении go/no-go-теста, увеличение показателей точности внимания и невербального интеллекта, снижение показателей по шкале «фрустрация». Результаты свидетельствуют о целесообразности применения метода обратной связи по ЭЭГ для оптимизации когнитивных функций и эмоционального состояния детей.

Ключевые слова: ЭЭГ, дети, ЭЭГ-БОС, когнитивные функции, эмоциональное состояние.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается увеличение числа детей, имеющих повышенную тревожность и трудности с обучением и адаптацией к школе [1, 2]. Младший школьный возраст является одним из периодов, на которые приходится значительное число детей, имеющих эмоциональные проблемы [3]. Показано также, что такие дети имеют сниженные показатели концентрации внимания и, как следствие, школьной успеваемости [4].

В связи с этим актуальным представляется поиск эффективных методик для оптимизации эмоционального состояния и когнитивных функций, в том числе внимания и самоконтроля, у детей дошкольного и младшего школьного возраста. В отношении взрослых и подростков неоднократно была показана высокая эффективность метода биологической обратной связи по характеристикам ЭЭГ (ЭЭГ-БОС) в коррекции эмоционального состояния и синдрома дефицита внимания [5, 6]. При этом недостаточно изученным остается вопрос о возможности применения данного метода и его эффективности в оптимизации эмоционального состояния и улучшении когнитивных функций практически здоровых детей дошкольного и младшего школьного возраста [7]. Неинвазивность и отсутствие неблагоприятных эффектов делает метод ЭЭГ-БОС особенно ценным в работе с детьми, организм которых интенсивно развивается.

Ранее нами была показана эффективность применения набора визуальных и аудиальных протоколов ЭЭГ-БОС в коррекции эмоционального состояния детей 10–14 лет. Целью настоящего исследования является установление эффективности метода ЭЭГ-БОС в оптимизации эмоционального состояния и когнитивных функций детей 5–9 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 11 практически здоровых детей 5–9 лет (9 мальчиков и 2 девочки), средний возраст составлял $6,33 \pm 1,23$ лет. У детей наблюдались трудности концентрации внимания и повышенная тревожность. Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа «Тредекс» в диапазоне частот от 1,5 до 35 Гц. Частота оцифровки ЭЭГ-сигналов составляла 250 Гц. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от локусов Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1 и O2 в соответствии с международной системой «10-20». В качестве референтного электрода в каждом случае использовали все электроды, кроме активного, объединенные вместе. Нейтральный («заземляющий») электрод располагали в локусе Fz. Обработка сигналов производилась с помощью быстрых преобразований Фурье с последующим сглаживанием по методу Баттерворта.

Тренинги состояли из 10 сеансов ЭЭГ-БОС, которые проводились два-три раза в неделю. Во время сеанса ребенок сидел на удобном стуле перед столом, на котором были установлены монитор и аудио колонки. Визуальные сигналы обратной связи предъявлялись с экрана монитора, звуковые – подавались через колонки. Перед тренингом ребенку в максимально доступной форме объясняли зависимость параметров сигналов обратной связи от психологического состояния. Тренинги были направлены на увеличение амплитуды сенсомоторного ритма в частотном диапазоне 8–13 Гц и снижение амплитуды тета-ритма в частотном диапазоне 4–7 Гц. Во всех протоколах сигнал обратной связи изменялся в зависимости от характеристик тренируемых ритмов в локусе C4. Каждый сеанс длился 20–30 минут и включал в себя применение следующих протоколов, чередующихся в случайном порядке:

1. Регуляция громкости «белого шума» – громкость «белого шума» изменялась обратно пропорционально значению отношения амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов: чем больше было данное отношение, тем меньшую громкость имел «белый шум».
2. Регуляция громкости «белого шума» на фоне музыки – громкость «белого шума» изменялась обратно пропорционально значению отношения амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов на фоне музыки фиксированной громкости.
3. Регуляция громкости музыки – громкость музыки изменялась прямо пропорционально значению отношения амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов; чем больше было данное отношение, тем громче звучала музыка.
4. Регуляция яркости цвета в картинках – яркость отдельных элементов картинок (например, плодов на дереве, солнца, цветов) изменялась прямо пропорционально значению амплитуды сенсомоторного ритма.

5. Игровой протокол – скорость движения главного игрового персонажа изменялась прямо пропорционально величине отношения амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов.
6. Видеопротокол с использованием мультфильма – яркость изображения и громкость звука мультфильма изменялись прямо пропорционально значению отношения амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов.

Разнообразие протоколов, предположительно, способствовало более длительному поддержанию заинтересованности и требуемого уровня мотивации у детей 5–9 лет.

До и после каждого сеанса у детей регистрировали ЭЭГ при закрытых и открытых глазах в состоянии двигательного покоя. При исследовании эффективности сеансов ЭЭГ-БОС рассчитывали амплитуду (мкВ) тета-ритма (4–8 Гц), альфа-ритма (8–13 Гц; активность в данном частотном диапазоне, регистрируемая в отведениях С3 и С4, именуется сенсомоторным ритмом), а также величину отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов. Данные электрофизиологического исследования обрабатывались с помощью стандартных методов вариационной статистики.

До и после прохождения тренинга с детьми проводили тестирование. В результате проведения go/no-go-теста для каждого испытуемого определяли среднее время реакции (мс), процент «ошибок пропуска значимых стимулов», когда испытуемый не нажимал на кнопку при предъявлении пар стимулов, требующих нажатия, и процент «неверных нажатий», когда испытуемый нажимал на кнопку в случае предъявления стимулов не требующих нажатия. Для определения показателя «точность внимания» применяли буквенный вариант корректурной пробы Бурдона [8]. Для оценки интеллектуального развития использовали тест Векслера (WISC), предназначенный для детей в возрасте от 5 до 15 лет [9]. С помощью проективной методики «Дом-Дерево-Человек» [10] оценивались такие показатели как незащищенность, тревожность, недоверие к себе, чувство неполноценности, враждебность, фрустрация, трудности общения, депрессивность. Для определения достоверности различий в значениях психологических показателей до и после тренингов использовали t-критерий Стьюдента. Для определения достоверности различий исходных и итоговых значений спектральных характеристик ЭЭГ применяли ранговый критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во время прохождения тренингов у детей наблюдались положительные изменения тренируемых параметров ЭЭГ. Так, амплитуда альфа-ритма ЭЭГ, регистрируемая при закрытых и открытых глазах перед началом каждого сеанса, возрастала от сеанса к сеансу. Результаты статистического анализа показали, что величина амплитуды альфа-ритма при закрытых глазах перед началом десятого сеанса была выше, чем перед началом первого сеанса, практически во всех локусах ЭЭГ (рис. 1), причем в отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, T6 и P4 эти различия достигали уровня статистической значимости ($p < 0,05$).

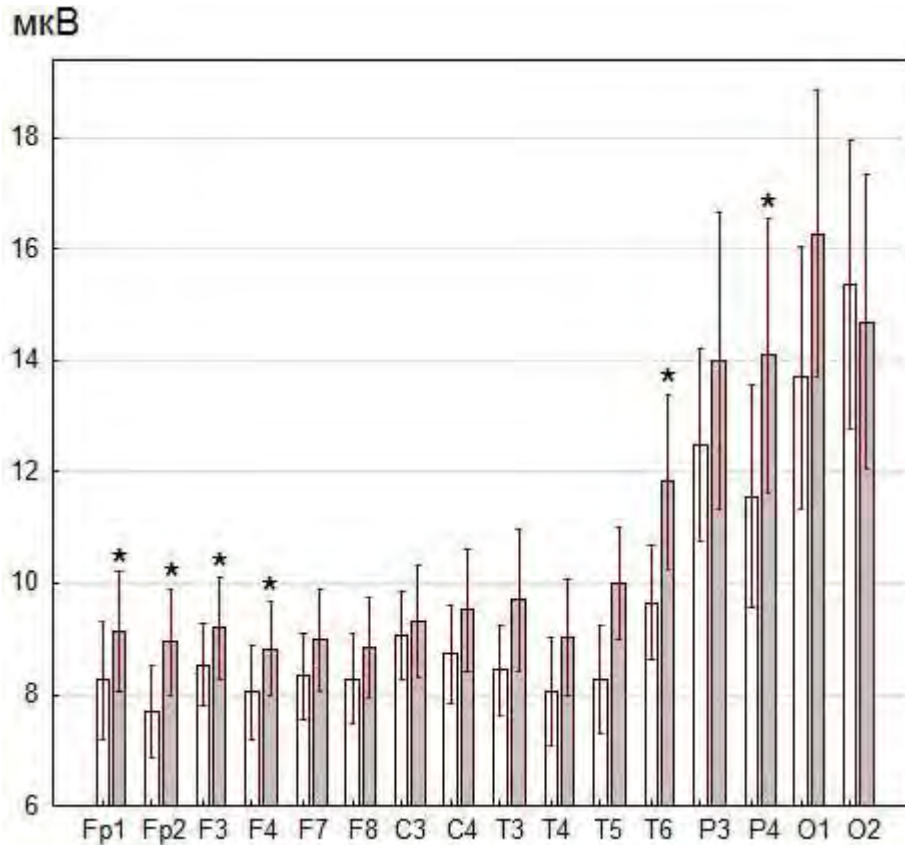


Рис. 1. Значения амплитуды альфа-ритма при закрытых глазах в группе детей перед началом проведения первого (светлые столбцы) и десятого (темные столбцы) сеансов. Приведены средние значения \pm стандартная ошибка среднего. По горизонтали – локусы отведения ЭЭГ; по вертикали – амплитуда, мкВ. Звездочками обозначены значимые различия ($p < 0,05$).

Амплитуда альфа-ритма при открытых глазах, а также величины отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов в условиях закрытых и открытых глаз также возросли, однако различия не достигали уровня статистической значимости. Известно, что более высоким показателям внимания и благоприятному состоянию эмоциональной сферы соответствуют большие значения амплитуд альфа-ритма и отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов [11–13].

После прохождения тренингов у детей снизился процент ошибочных нажатий при выполнении go/no-go-теста (с 19,6% до 7,8 %, $p < 0,05$), что свидетельствует о снижении импульсивности и повышении уровня самоконтроля и внимания.

Результаты выполнения детьми корректурной пробы продемонстрировали значительное увеличение точности внимания по сравнению с исходными значениями (95,8 % и 88,1 % соответственно, $p < 0,01$). Положительные изменения

также наблюдались во всех показателях интеллекта, оцениваемых с помощью теста Векслера, причем показатели невербального интеллекта увеличились статистически значимо (увеличение среднего значения в группе детей с 100,2 до 109,8 баллов, $p < 0,05$). После прохождения тренинга у детей снизились практически все показатели по проективной методике «Дом–Дерево–Человек», отражающие психоэмоциональные проблемы, а снижение по шкале «фрустрация» достигало уровня статистической значимости (1,85 и 0,85 баллов, соответственно до и после тренинга, $p < 0,05$).

Таким образом, полученные в результате настоящего исследования положительные изменения электроэнцефалографических и психологических показателей свидетельствует об эффективности метода ЭЭГ-БОС в развитии показателей внимания, самоконтроля и улучшении эмоционального состояния у детей 5–9 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После прохождения тренингов ЭЭГ-БОС у детей 5–9 лет наблюдались увеличение амплитуды альфа-ритма в лобных и верхнелобных отведениях ЭЭГ обоих полушарий, в теменном и задневисочном отведениях правого полушария ($p < 0,05$), а также положительные изменения психологических показателей, характеризующих состояние когнитивной и эмоциональной сфер: увеличение точности внимания ($p < 0,01$), невербального интеллекта ($p < 0,05$), снижение числа ошибочных нажатий при проведении go/no-go-теста ($p < 0,05$) и снижение значений по шкале «фрустрация» ($p < 0,05$). Таким образом, настоящее исследование продемонстрировало возможность успешного применения метода обратной связи по характеристикам ЭЭГ для оптимизации эмоционального состояния и улучшения когнитивных показателей у детей 5–9 лет.

Исследование частично выполнено при финансовой поддержке Программы развития Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского на 2015–2024 годы.

Список литературы

1. Костина Л.М. Игровая терапия с тревожными детьми. / Костина Л. М. – СПб.: Речь, 2006. 160 с.
2. Сушкова Ф. Уровень тревожности школьников растет / Сушкова Ф. // Воспитание школьников. – 2006. – № 9. – С. 26–34.
3. Нехорошкова А.Н. Тревожность у детей: причины и особенности проявления / Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 476–484.
4. Нехорошкова А.Н. Взаимосвязь качественных параметров интеллектуальных и зрительно-моторных тестов у тревожных детей / Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В., Депутат И.С. // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед-биол. науки. – 2013. – № 1. – С. 46–54.
5. Джунусова Г.С. Использование адаптивного биоуправления по ЭЭГ для коррекции функционального состояния неврологических больных / Джунусова Г.С., Курмашев Г.С. // Физиология человека. – 2001. – Т.28, № 1. – С. 18–22.

6. Gevensleben H. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomized controlled trial / Gevensleben H., Holl B., Albrecht B., et al. // *Eur. Child. Adolesc. Psychiatry.* – 2010. – Vol. 19, N. 9. – P. 715–724.
7. Hammond D. Neurofeedback with anxiety and affective disorders. / Hammond D. // *Child Adolesc. Psychiatric Clin. N. Am.* – 2005. – Vol. 1, N. 5. – P. 105–123.
8. Умрюхин Е.А. Индивидуальные особенности достижения результатов целенаправленной деятельности и спектральные характеристики ЭЭГ студентов в предэкзаменационной ситуации / Умрюхин Е. А., Джебраилова Т. Д., Коробейникова И. И. // *Психологический журнал.* – 2005. – Т. 26, № 4. – С. 57–65.
9. Ильина М. Н. Психологическая оценка интеллекта у детей. / Ильина М. Н. – П.: Питер, 2006. – 368 с.
10. Семенова З.Ф. Психологические рисуночные тесты. Методика «Дом–Дерево–Человек». / Семенова З.Ф., Семенова С.В. – М.: АСТ; СПб.: Сова, 2007. – 190 с.
11. Эйсмонт Е.В. ЭЭГ-корреляты различных видов тревожности у подростков 14–15 лет / Эйсмонт Е. В., Алиева Т.А., Луцок Н.В., Павленко В.Б. // *Neurophysiology.* – 2008. – Т. 40, № 5/6. – С. 448–456.
12. Phneah S. W. EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement / Phneah S. W., Nisar H. // *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine.* – 2017. – V. 40, N. 2. – P. 325–336.
13. Raymond J. The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood / Raymond J., Varney C., Parkinson L. A., Gruzelier J. H. // *Cognitive Brain Research.* – 2005. – V. 23, N. 2–3. – P. 287–292.

OPTIMIZATION OF COGNITIVE AND EMOTIONAL STATE OF CHILDREN AGED 5–9 YEARS USING EEG NEUROFEEDBACK

Eismont E. V., Nacharova M. A., Nikiforova E. V.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: evgenija.eismont@mail.ru*

The efficiency of neurofeedback therapy for normalization of the cognitive functions and psychoemotional state of children have been evaluated. Eleven practically healthy children aged 5-9 years took part in the study. The trainings consisted of 10 neurofeedback sessions, which were performed two or three times per week. In all protocols, the change of feedback signal depended on the characteristics of the trained rhythms in the locus C4. Trained parameters of EEG were the amplitude of sensorimotor rhythm and the ratio of the sensorimotor and theta-rhythms amplitudes. The results showed an enhancement in the trained parameters of the EEG and in accuracy of attention and nonverbal intelligence. An increase in the amplitude of the alpha-rhythm was observed in the frontal EEG leads of both hemispheres and in the parietal and posterior temporal leads of the right hemisphere. The number of False Alarm in go/no-go-test and the values of the «frustration» scale in the «House – Tree – Man» test have also been reduced. The present study demonstrated the possibility of successful application of the EEG neurofeedback method in optimizing the emotional and cognitive state of children.

Keywords: EEG, children, neurofeedback, cognitive function, emotional state.

References

1. Kostina L. M. Game therapy with anxious children. *SPb.: Speech*, 160 (2006).
2. Sushkova F. the Level of anxiety of schoolchildren is growing, *Education of schoolchildren*, 9, 26 (2006).

3. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A.V. Anxiety in children: causes and features of manifestation, *Modern problems of science and education*, **5**, 476 (2014).
4. Nekhoroshkova A. N., Griбанov A.V., Deputat I. S. Interrelation of qualitative parameters of intellectual and visual-motor tests in anxious children, *Bulletin North (Arctic.) feder. UN-TY. Ser.: Med-Biol. sciences*, **1**, 46 (2013).
5. Dzhunusova G. S., Kurmashev G. S. the Use of adaptive EEG biofeedback for the correction of the functional state of neurological patients, *Human Physiology*, **28(1)**, 18 (2001).
6. Gevensleben H., Holl B. Albrecht B. et al. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomized controlled trial, *Eur. Child. Adolesc. Psychiatry*, **19(9)**, 715 (2010).
7. Hammond D. Neurofeedback with anxiety and affective disorders. *Child Adolesc. Psychiatric Clin. N. Am.* **1(5)**, 105 (2005).
8. Umryukhin E.A. Dzhebrailova T. D., Korobeinikova I. I. Individual features of achieving the results of purposeful activity and spectral characteristics of students' EEG in the pre-examination situation, *Psychological Journal*, **26(4)**, 57 (2005).
9. Илина М. N. Psychological evaluation of intelligence in children, *Peter*, 368 (2006).
10. Semenova Z. F., Semenova S. V. Psychological drawing tests. Method "House–Tree–Man", 190 (M.: АСТ; SPb.: Owl, 2007).
11. Eismont E. V., Aliyeva T. A., Lutsyuk N. In. Pavlenko V. B. EEG-correlates of different types of anxiety in adolescents 14–15 years, *Neurophysiology*, **40(5/6)**, 448 (2008).
12. Phneah S. W., Nisar H. EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement, *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*, **40(2)**, 325 (2017).
13. Raymond J., Varney C., Parkinson L. A., Gruzelier J. H. The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood, *Cognitive Brain Research*, **23(2-3)**, 287–292 (2005).