

УДК 159.922.7:612.821.014.421.7

ОПТИМИЗАЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХОРЕЧЕВОГО РАЗВИТИЯ 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 эмоциональных и когнитивных показателей детей 4-8 лет с задержками психоречевого развития. Тренируемыми параметрами ЭЭГ являлись амплитуда сенсомоторного ритма и отношение амплитуд сенсомоторного и тета-ритмов в локусе С4. После проведения тренингов наблюдалось увеличение тренируемых параметров ЭЭГ, невербального и общего интеллекта, снижение показателей по шкале «трудности общения». Результаты свидетельствуют о целесообразности применения метода обратной связи по ЭЭГ для оптимизации когнитивных функций и эмоционального состояния детей с задержками психоречевого развития.

Ключевые слова: ЭЭГ, дети, ЭЭГ-БОС, задержки психоречевого развития.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время число детей, имеющих нарушения речи, растет и составляет 25 % дошкольников и детей младшего школьного возраста [1]. Чаще всего нарушения речевого развития коррелируют с задержками психического развития, в связи с чем детям ставят диагноз задержки психоречевого развития (ЗПРР) [2]. Признаками ЗПРР являются отставание в развитии основных психофизических функций (моторики, речи, социального поведения), эмоциональная незрелость, нарушения внимания и, в большинстве случаев, повышенная тревожность [3, 4]. Одним из методов коррекции перечисленных нарушений является метод биологической обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-БОС). Так, была показана высокая эффективность метода ЭЭГ-БОС в коррекции эмоционального состояния [5], синдрома дефицита внимания и гиперактивности [6], в снижении повышенной тревожности [7], коррекции расстройств аутистического спектра [8], а также для улучшения процессов восприятия [9], снижения уровня психоэмоционального напряжения и утомления [10]. Особенно ценным в работе с детьми является неинвазивность и отсутствие неблагоприятных эффектов метода. При этом неизученным остается вопрос о возможности применения данного метода и его эффективности в оптимизации эмоционального состояния и улучшении когнитивных функций детей с ЗПРР.

Целью настоящего исследования являлось установление эффективности метода ЭЭГ-БОС в оптимизации эмоционального состояния и когнитивных функций детей 4–8 лет с задержками психоречевого развития.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 7 детей в возрасте 4–8 лет с задержками психоречевого развития (6 мальчиков и 1 девочка). 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 изображений – яркость отдельных элементов изображений (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 4-8 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 (4–7 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.

Для оценки интеллектуального развития использовался тест Векслера (WPPSI – для детей 4–5 лет, WISC – для детей от 5 лет), состоящий из 10 субтестов [11]. Оценивались показатели вербального, невербального и общего интеллекта. С помощью проективной методики «Дом-Дерево-Человек» [12] 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 с ЗППР 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 в состоянии спокойного бодрствования с открытыми глазами перед началом десятого сеанса была выше, чем перед началом первого сеанса, практически во всех локусах ЭЭГ (рис. 1), причем в отведении С4 эти различия достигали уровня статистической значимости ($p < 0,05$). Амплитуда альфа-ритма в данном отведении увеличилась на 18,7 %.

Известно, что более высоким показателям внимания и благоприятному состоянию эмоциональной сферы соответствуют большие значения амплитуд альфа-ритма и отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов [13–15], в связи с чем зарегистрированные изменения можно рассматривать как положительные.

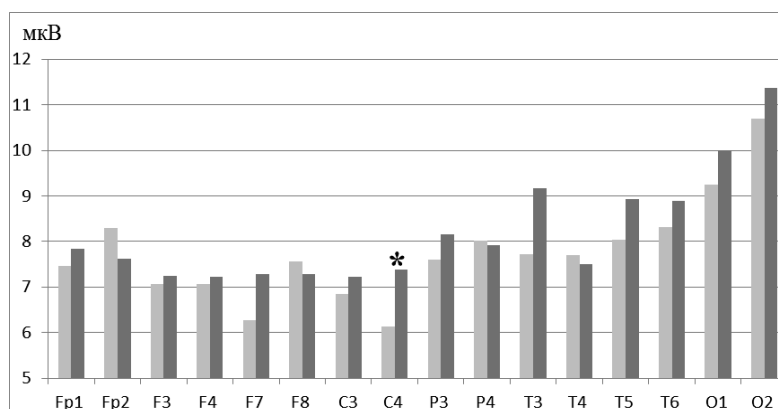


Рис. 1. Значения амплитуды альфа-ритма ЭЭГ во время спокойного бодрствования с открытыми глазами в группе детей перед началом проведения первого (светлые столбцы) и десятого (темные столбцы) сеансов. По горизонтали – локусы отведения ЭЭГ; по вертикали – амплитуда, мкВ. Звездочкой обозначены значимые различия ($p < 0,05$).

Положительные изменения также наблюдались во всех показателях интеллекта, оцениваемых с помощью теста Векслера (рис. 2), при этом изменения показателей невербального интеллекта и общего интеллекта достигали уровня статистической значимости ($p < 0,05$) (увеличение средних значений в группе детей с 75,6 до 83,8 баллов и с 60,6 до 66,0 баллов соответственно, $p < 0,05$). Улучшения показателей вербального интеллекта не достигали уровня статистической значимости, что может свидетельствовать о большем влиянии тренингов ЭЭГ-БОС на опосредованно связанные с речевым развитием показатели внимания и навыков самоконтроля.

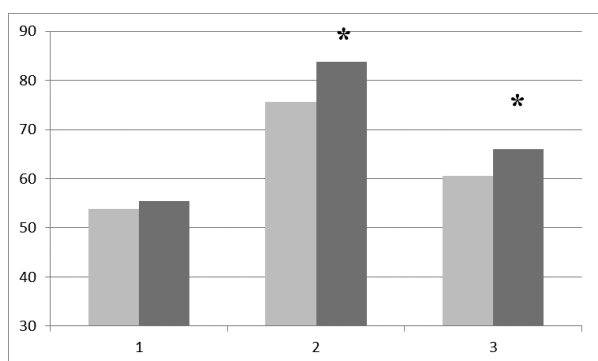


Рис. 2. Числовые показатели вербального, невербального и общего интеллекта по тесту Векслера, проводимого у детей с задержками психоречевого развития до (светлые столбцы) и после (темные столбцы) тренингов ЭЭГ-БОС. По горизонтали: 1 – вербальный интеллект, 2 – невербальный интеллект, 3 – общий интеллект; по вертикали – числовые показатели.

После прохождения тренинга у детей снизились практически все показатели по проективной методике «Дом–Дерево–Человек», отражающие психоэмоциональные проблемы, а снижение по шкале «Трудности общения» достигало уровня статистической значимости (3,33 и 1,83 баллов, соответственно до и после тренинга, $p < 0,05$). Снижение значений по шкале «Депрессивность» имело характер статистической тенденции ($p = 0,057$). Стоит отметить, что именно у детей с ЗПРР произошло значимое снижение показателей по шкале «трудности общения», тогда как у нормально развивающихся детей, участвующих в нашем предыдущем исследовании, таких изменений выявлено не было [16].

Полученные в результате настоящего исследования положительные изменения электроэнцефалографических и психологических показателей свидетельствуют об эффективности метода ЭЭГ-БОС в развитии когнитивных функций и оптимизации эмоционального состояния у детей 4–8 лет с задержками психоречевого развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После прохождения тренингов ЭЭГ-БОС у детей 4–8 лет с ЗПРР наблюдалось увеличение амплитуды альфа-ритма в центральном отведении правого полушария ($p < 0,05$), а также положительные изменения психологических показателей, характеризующих состояние когнитивной и эмоциональной сфер: увеличение уровней общего и невербального интеллекта ($p < 0,05$) и снижение значений по шкале «трудности общения» ($p < 0,05$). Таким образом, настоящее исследование продемонстрировало возможность успешного применения метода обратной связи по характеристикам ЭЭГ для улучшения когнитивных показателей и оптимизации эмоционального состояния и у детей с задержками психоречевого развития.

Исследование выполнено в рамках поддержанного федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» гранта № ВГ12/2018».

Работа выполнена на оборудовании ЦКП научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Степаненко Д. Г. О классификациях нарушения речи в детском возрасте / Д. Г. Степаненко, Э. Ш. Сагутдинова // Клиническая медицина. – 2010. – № 2. – С. 32–43.
2. Djalairova A. Sh. Primary diagnosis of the psychological and speech delay in children of 2–5 years / A. Sh. Djalairova, N. E. Likhacheva, M. M. Lepesova // Herald of Almaty State Institute of Advanced Medical Education. – 2018. – № 1. – С. 6–10.
3. Чутко Л. С. Задержки психического развития: клинико-электроэнцефалографические особенности и оценка эффективности применения препарата гопантеновой кислоты / Л. С. Чутко, С. Ю. Сурушкина, Е. А. Яковенко, И. С. Никишена, Т. И. Анисимова, Ю. Л. Бондарчук, А. В. Сергеев, Л. В. Аносова // Педиатрия. Приложение к журналу Consilium Medicum. – 2014. – № 3. – С. 38–42.

4. Чутко Л. С. Последствия специфических расстройств речевого развития у детей / Л. С. Чутко, С. Ю. Сурушкина, Е. А. Яковенко, А. В. Сергеев, А. В. Рожкова // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2018. – Т. 118, № 5. – С. 54–57.
5. Джунусова Г. С. Использование адаптивного биоуправления по ЭЭГ для коррекции функционального состояния неврологических больных / Г. С. Джунусова, Г. С. Курмашев // 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 / H. Gevensleben, B. Holl, B. Albrecht // Eur. Child. Adolesc. Psychiatry. – 2010. – Vol. 19, No. 9. – P. 715–724.
7. Hammond D. Neurofeedback with anxiety and affective disorders. Child Adolesc. / Hammond D. // Psychiatric Clin. N. Am. – 2005. – Vol. 1, No. 5. – P. 105–123.
8. Zivoder I. Neurofeedback application in the treatment of autistic spectrum disorders (ASD) / I. Zivoder, S. Martic-Biocina, A. V. Kopic, J. Bosak // Psychiatr Danub. – 2015. – Vol. 27. – P. 391–4.
9. Salari N. Neurofeedback training of gamma band oscillations improves perceptual processing / N. Salari, C. Büchel, M. Rose // Experimental Brain Research. – 2014. – Vol. 232, No. 10. – P. 3353–3361.
10. Yakovlev N. M. A strategy of correction of adolescent deviant behavior based on adaptive self-regulation / N. M. Yakovlev, K. V. Konstantinov, V. M. Klimenko, Z. V. Kositskaya // Human Physiology. – 2007. – Т. 33, № 2. – С. 163–167.
11. Ильина М. Н. Психологическая оценка интеллекта у детей / М. Н. Ильина. – П.: Питер, 2006. – 368 с.
12. Семенова З. Ф. Психологические рисуночные тесты. Методика «Дом–Дерево–Человек» / З. Ф. Семенова, С. В. Семенова. – М.: АСТ; СПб.: Сова, 2007. – 190 с.
13. Эйсмонт Е. В. ЭЭГ-корреляты различных видов тревожности у подростков 14–15 лет / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Neurophysiology. – 2008. – Т. 40, № 5/6. – С. 448–456.
14. Phneah S. W. EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement / S. W. Phneah, H. Nisar // Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine. – 2017. – Vol. 40, No. 2. – P. 325–336.
15. Raymond J. The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood / J. Raymond, C. Varney, L. A. Parkinson, J. H. Gruzelier // Cognitive Brain Research. – 2005. – Vol. 23, No. 2-3. – P. 287–292.
16. Эйсмонт Е. В. Оптимизация когнитивных функций и эмоционального состояния детей 5–9 лет с помощью метода обратной связи по параметрам ЭЭГ / Е. В. Эйсмонт, М. А. Начарова, Е. В. Никифорова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 2. – С. 195–201.

OPTIMIZATION OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF CHILDREN WITH DELAYED SPEECH DEVELOPMENT USING EEG BIOFEEDBACK

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 emotional state of children with speech delays have been conducted. Seven children with speech delays aged 4–8 years took part in the study. EEG registration and analysis was carried out using a computer telemetric electroencephalograph "Tredex" in the frequency range from 1.5 to 35 Hz. The frequency of digitization of the EEG signals was 250 Hz. EEG potentials were unipolarly removed from the loci Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1 and O2 in accordance with the international system

“10-20”. All electrodes, except the active one, combined together were used as a reference electrode. A neutral (“grounding”) electrode was located at the Fz locus. Signal processing was performed using fast Fourier transforms, followed by Butterworth smoothing.

The trainings consisted of 10 neurofeedback sessions, which were performed two or three times per week. Each 20–30 minutes session consisted of random sequence of following neurofeedback protocols: white noise volume regulation; white noise volume regulation with music background; music volume regulation; image intensity regulation; game character speed regulation; cartoon video protocol. A variety of protocols, presumably, facilitated longer maintenance of interest and the higher level of motivation of 4–8 year children. 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.

To assess the level of intellectual development, the Wexler test consisting of 10 subtests was used. Indicators of verbal, non-verbal and general intelligence were measured. Levels of insecurity, anxiety, self-distrust, feelings of inferiority, hostility, frustration, communication difficulties and depression were evaluated using the projective methodology “House–Tree–Man”.

To determine the significance of differences in the values of psychological indicators before and after the trainings, Student t-test was used. To determine the significance of differences between the initial and final values of the EEG spectral characteristics the Wilcoxon rank test was used.

The results showed an increase of magnitude of trained EEG parameters after participation in neurofeedback sessions. Nonverbal and general intelligence are shown to increase in average from 75.6 to 83.8 and from 60.6 to 66.0, respectively. An increase in the amplitude of the alpha-rhythm was observed in the in the central lead of the right hemisphere (C4). The «comprehension difficulties» scale grades in the «House–Tree–Man» test also have been reduced after neurofeedback training completion in average from 3.33 to 1.83. The present study demonstrates the possibility of successful application of the EEG neurofeedback method when optimizing the emotional and cognitive state of children with speech delays.

Keywords: EEG, children, neurofeedback, speech delay.

References

1. Stepanenko D. G., Sagutdinova E. S. About speech/language disorders classifications in childhood, *Clinical medicine*, **2**, 32 (2010). Russian.
2. Djalairova A. Sh. Likhacheva N. E., Lepesova M. M. Primary diagnosis of the psychological and speech delay in children of 2–5 years, *Herald of Almaty State Institute of Advanced Medical Education*, **1**, 6 (2018).
3. Chutko L. S., Surushkina S. Yu., Yakovenko E. A., Nikishena I. S., Anisimova T. I., Bondarchuk Yu. L., Sergeev A. V., Anosova L. V. Zaderzhki psikhicheskogo razvitiya: kliniko-e`lektroe`nczefalograficheskie osobennosti i ocenka e`ffektivnosti primeneniya preparata gopantenovoj kisloty`, *Pediatriya. Prilozhenie k zhurnalu Consilium Medicum*, **3**, 38 (2014). Russian.
4. Chutko L. S., Surushkina S. Yu., Yakovenko E. A., Sergeev A. V., Rozhkova A. V. Consequences of specific language impairment in children, *Zh. Nevrol. Psikiatr. Im. S. S. Korsakova*, **5(118)**, 54 (2018). Russian.

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. etal. 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. Zivoder I., Martic-Biocina S., Kosic A. V., Bosak J. Neurofeedback application in the treatment of autistic spectrum disorders (ASD), *Psychiatr Danub*, **27**, 391 (2015).
9. Salari N., Büchel C., Rose M. Neurofeedback training of gamma band oscillations improves perceptual processing, *Experimental Brain Research*, **232(10)**, 3353 (2014).
10. Yakovlev N. M., Konstantinov K. V., Klimenko V. M., Kositskaya Z. V. A strategy of correction of adolescent deviant behavior based on adaptive self-regulation, *Human Physiology*, **33(2)**, 163 (2007).
11. Iina M. N. Psychological evaluation of intelligence in children, *Peter*, 368 (2006).
12. Semenova Z. F., Semenova S. V. *Psychological drawing tests. Method "House-Tree-Man"*, 190 (M.: ACT; SPb.: Owl, 2007) (Russian).
13. Eismont E. V., Aliyeva T. A., Lutsyuk N. V., Pavlenko V. B. EEG-correlates of different types of anxiety in adolescents 14–15 years, *Neurophysiology*, **40(5/6)**, 448 (2008).
14. Phneah S. W., Nisar H. EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement, *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine*, **40(2)**, 325 (2017).
15. 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 (2005).
16. Eismont E. V., Nacharova M. A., Nikiforova E. V. Optimization of cognitive and emotional state of children aged 5–9 years using EEG neurofeedback, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5(71)**, 195 (2019) (Russian).