

УДК 612.821; 612.822

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ С ДЕТЬМИ- СИРОТАМИ ТРЕХЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

Луцюк Н. В.¹, Куленкова А. А.¹, Эйсмонт Е. В.¹, Тимуш И. Я.², Павленко В. Б.¹

¹*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия*

²*«Дом ребёнка «Ёлочка», Симферополь, Россия*

E-mail: biofeedback@bk.ru

В статье представлены результаты пилотажного исследования о возможности применения метода биологической обратной связи по электроэнцефалограмме (ЭЭГ-ОС) в работе с детьми-сиротами в возрасте трех лет. Получены данные, подтверждающие изменение функционального состояния мозга детей-сирот в ходе курса сеансов ЭЭГ-ОС. При проведении тренинга на основе ритмов ЭЭГ сенсомоторной зоны правого полушария (С4) головного мозга выявлено, что в целом величины амплитуд тренируемых ритмов изменялись в желаемом направлении. Вопрос о большей эффективности того или иного протокола ЭЭГ-ОС остается открытым, однако в данном исследовании наиболее эффективным оказался протокол игрового биоуправления, а также протокол с использованием цветных картинок.

Ключевые слова: дети-сироты, биологическая обратная связь, электроэнцефалограмма.

ВВЕДЕНИЕ

У детей-сирот, воспитывающихся в детских домах, часто наблюдаются ухудшения психоэмоционального состояния, задержки физического и когнитивного развития [1; 2]. С учетом этого предполагают, что у таких детей может быть нарушено развитие центральной нервной системы и, прежде всего, неокортекса. Указанные нарушения могут быть связаны с замедлением процессов роста нейронов, миелинизации их аксонов и формирования межнейронных связей [3]. Отклонения в развитии центральной нервной системы отражаются в паттерне текущей электроэнцефалограммы (ЭЭГ) таких детей [4]. Таруло, Гарвин и другие исследователи [4; 5] изучили ЭЭГ-активность детей дошкольного возраста. В результате этих исследований было обнаружено, что спектральная плотность мощности текущей ЭЭГ в частотных полосах альфа- и бета-ритмов у детей-сирот, воспитывающихся в детском доме, значимо ниже по сравнению с таковой у детей, воспитывающихся в семьях. Авторы заключили, что пониженная спектральная плотность мощности указанных ритмов является объективным коррелятом некоторых задержек в развитии мозга.

Для коррекции психоэмоционального состояния, когнитивных функций используется метод биологической обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС), или

нейротерапии [6–12]. Показана его эффективность с участием взрослых испытуемых и детей школьного возраста [13–15].

В проводимых нами ранее исследованиях также была установлена эффективность данного метода для улучшения показателей произвольного внимания и улучшения психоэмоционального состояния у детей школьного возраста [16–18]. Однако исследования с применением данной технологии с детьми-сиротами дошкольного возраста не проводились.

В связи с этим целью настоящей работы стало выявление возможности и эффективности использования метода ЭЭГ-ОС у детей дошкольного возраста. Следует отметить, что оценка возможности проведения тренингов на основе ЭЭГ-ОС с детьми-сиротами раннего возраста была проведена впервые в мировой практике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие двое детей-сирот в возрасте трех лет из дома ребенка «Ёлочка» (г. Симферополь). Дети не имели генетических заболеваний, их вес при рождении был более двух с половиной килограмм, у них отсутствовала запись в медицинской карточке о заболеваниях центральной нервной системы. Данное исследование соответствовало этическим принципам Хельсинской декларации 1964 года и было одобрено этическим комитетом Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Все сеансы нейротерапии проводили в присутствии психолога детского дома и на основании договора о сотрудничестве с данным учреждением.

Нами были разработаны протоколы биологической обратной связи по характеристикам ЭЭГ для работы с детьми раннего возраста. Тренинг ЭЭГ-ОС с каждым ребенком включал по шесть сеансов; длительность одного сеанса составляла 15 мин. Для сеансов ЭЭГ-ОС использовали ЭЭГ, регистрируемую от сенсомоторной зоны правого полушария (отведение С4).

До и после каждого сеанса производилась двухминутная запись фоновой ЭЭГ с открытыми глазами. При проведении сеансов использовался 16-канальный электроэнцефалограф фирмы «Tredex». 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, Р3, Р4, О1, О2. Частота оцифровки сигнала составляла 200 с⁻¹.

Проводился спектральный анализ ЭЭГ с расчетом амплитуды в диапазонах: дельта-ритма (1–3 Гц), тета-ритма (4–6 Гц), альфа-ритма (7–10 Гц), бета-ритма (11–29 Гц). Обработка ЭЭГ во время проведения сеансов ЭЭГ-ОС основывалась на использовании цифровых фильтров Баттерворта четвертого порядка.

Во время сеансов ребенок располагался на мягком удобном стуле перед экраном монитора. Сеанс включал в себя последовательное применение трех протоколов: «цветные картинки», видеопотока и протокола на основе игрового нейробиоуправления.

При использовании протокола «цветные картинки» на экране монитора предьявлялись картинки, представляющие собой изображения природы. Яркость

цветов определенных элементов картинки (например, плодов на дереве, солнца, цветов) менялась в прямой зависимости от величины амплитуды альфа-ритма частотой 7–10 Гц: чем больше данная величина, тем ярче становились цвета.

Во время видеосеансов ЭЭГ-ОС ребенку на экране монитора предъявляли мультфильм, соответствующий его возрасту. Управляемым параметром являлась яркость мультфильма, которая менялась в прямой зависимости от величины отношения амплитуды тета-ритма частотой 4–6 Гц к амплитуде дельта-ритма частотой 1–3 Гц: чем больше было значение данного отношения, тем ярче становилось изображение, при уменьшении величины данного отношения изображение темнело. В программе была возможность индивидуальной регулировки сложности биоуправления.

В сеансах игрового биоуправления ребенок играл в специально разработанную игру «Гонки жуков», в которой скорость движения или сила главного игрового персонажа изменялись в зависимости от текущих значений управляемых ритмов ЭЭГ. Таким образом, выиграть в игре или добиться положительного развития сюжета ребенок мог, только научившись менять соотношение ритмов ЭЭГ в нужном направлении. При проведении сеансов игрового биоуправления использовался протокол, состоящий в повышении уровня тета-ритма частотой 4–6 Гц и подавлении амплитуды дельта-ритма частотой 1–3 Гц.

Прохождение сеансов с использованием данных протоколов было интересным для детей, позволяло снизить степень утомляемости и увеличить мотивационную составляющую.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведения тренинга выявлено, что у обоих детей в ходе сеансов игрового биоуправления уменьшилась амплитуда дельта-ритма и увеличилась амплитуда тета-ритма. Средние значения амплитуд указанных ритмов представлены на рис. 1. В итоге величина отношения тета-/дельта-ритмов стала больше по сравнению с исходным значением: среднее значение отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде дельта-ритма во время первого сеанса составило 0,77, во время последнего – 0,83.

Повышение значения указанного выше отношения достигалось в большей степени за счет уменьшения амплитуды дельта-ритма. В целом можно сказать, что амплитуда дельта-ритма достаточно хорошо поддается контролю. Принято считать, что дельта-активность у маленьких детей – нормальный показатель, означающий снижение функциональной активности мозга [19]. Известно, что тета-ритм преобладает в ЭЭГ у детей дошкольного возраста, при этом преимущественно регистрируется во фронтальных, центральных областях коры головного мозга и является нормальным свойством паттерна их электрической активности мозга [20]. Предполагается, что преобладание тета-ритма в ЭЭГ у младенцев и детей дошкольного возраста отражает состояние мозга оптимальное для процессов синаптогенеза [21]. На основе полученных в исследованиях Т. А. Строгановой и Е. В. Ореховой результатов было сделано теоретическое предположение о связи

тета-ритма у младенцев с процессами зрительно-моторного обучения. Основываясь на этом предположении Манера, Кейсерс и др. [22] видят роль тета-ритма в развитии нейронных систем, связывающих сенсорную и моторную информацию о происходящих событиях и действиях. Таким образом, увеличение значения отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде дельта-ритма можно рассматривать как показатель повышения функциональной активности мозга.

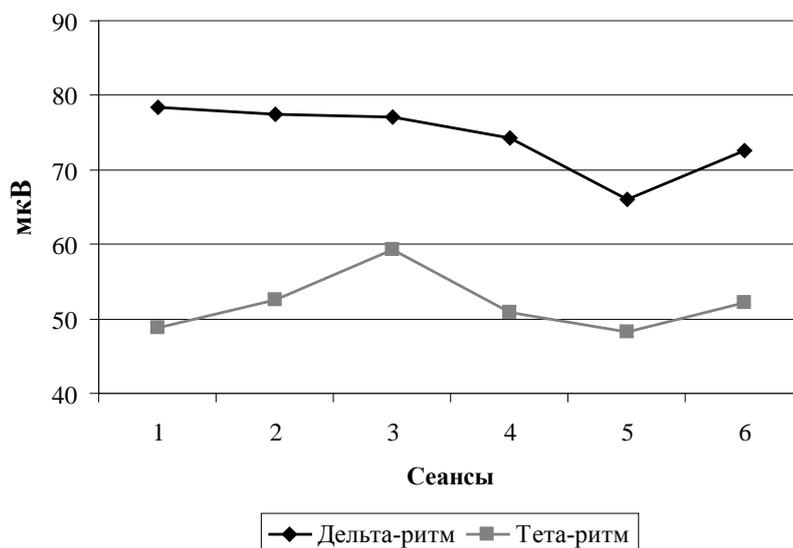


Рис. 1. Динамика изменения амплитуд дельта- и тета-ритмов в ходе сеансов игровой ЭЭГ-ОС у одного из детей. По оси абсцисс – сеансы ЭЭГ-ОС; по оси ординат – мкВ.

Во время видеосеансов ЭЭГ-ОС не была достигнута положительная динамика изменения активности в дельта- и тета-диапазоне (см. рис. 2). Также не было зарегистрировано значительного изменения величины отношения тренируемых ритмов: величина отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде дельта-ритма у одного ребенка во время первого сеанса составила 0,95, в последнем сеансе – 0,94, данный показатель у другого ребенка – в первом сеансе 0,9, в последнем – 0,92.

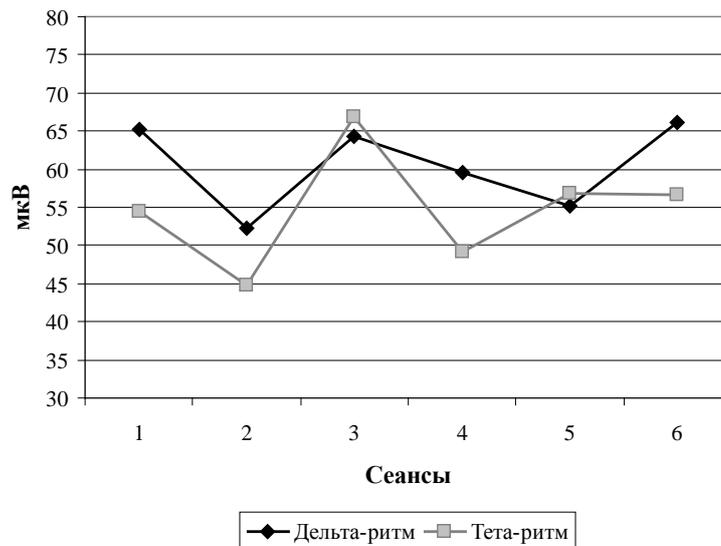


Рис. 2. Динамика изменения амплитуд дельта- и тета-ритмов в ходе сеансов видео ЭЭГ-ОС у одного из детей. По оси абсцисс – сеансы ЭЭГ-ОС; по оси ординат – мкВ.

Сеансы нейротерапии с использованием протокола «цветные картинки» оказались успешными: от сеанса к сеансу наблюдалось постепенное увеличение амплитуды альфа-ритма. На рис. 3. представлены изменения средних значений амплитуд альфа-ритма во время тренинга у одного из детей.

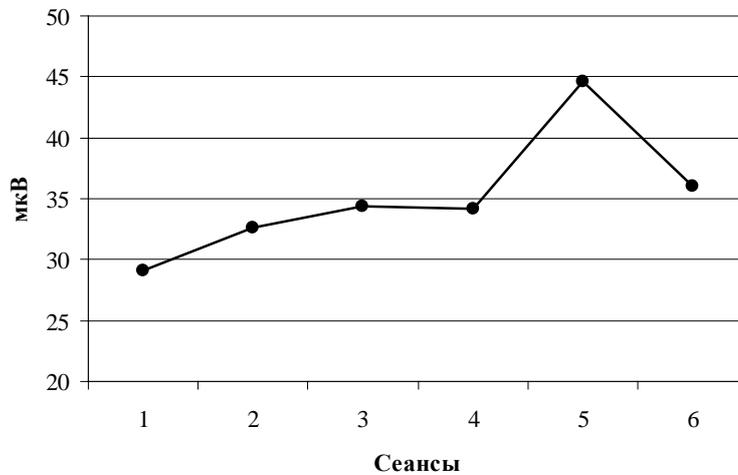


Рис. 3. Динамика изменения амплитуды альфа-ритма при использовании протокола «цветные картинки» в ходе сеансов ЭЭГ-ОС у одного из детей. По оси абсцисс – сеансы ЭЭГ-ОС; по оси ординат – мкВ.

Установлено, что частотный диапазон альфа-ритма (6-9 Гц) тесно связан с аффективным и когнитивным развитием в раннем детстве [23]. В работах Н. С. Галкиной, А. И. Боравовой, Т. А. Строгановой и других [24; 25] было выявлено, что у младенцев данный ритм в центральных отведениях не блокируется при открывании глаз, а его амплитуда увеличивается в условиях зрительного внимания. Таким образом, исследователями делается вывод о том, что данный ритм в центральных областях является не просто частью классического затылочного альфа-ритма, а функционально связан с мю-ритмом у взрослых. В ряде других исследований показано, что на протяжении всего периода детства наблюдается увеличение мощности в данном частотном диапазоне в центральных областях [26].

В результате проведения курса нейротерапии у детей были выявлены изменения величин амплитуд ритмов ЭЭГ по сравнению с аналогичными показателями до проведения сеансов ЭЭГ-ОС (см. рис. 4).

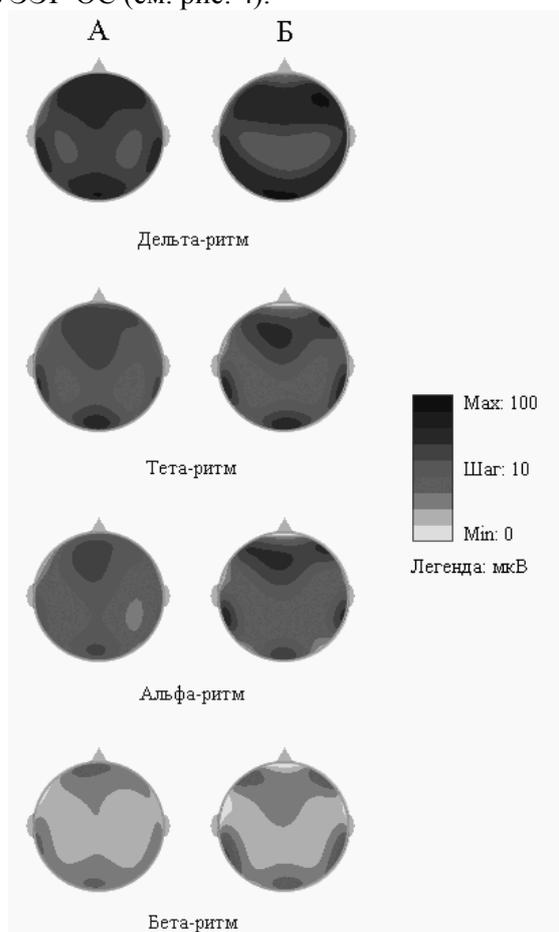


Рис. 4. Изменения топографического распределения средних значений амплитуд ритмов ЭЭГ у одного из детей при записи фоновой ЭЭГ с открытыми глазами во время первого (А) и последнего (Б) сеанса нейротерапии. Шкала в микровольтах.

Из представленных топограмм видно, что в целом после тренинга наблюдается увеличение амплитуд дельта-, тета-, альфа- и бета-ритма, преимущественно в передних областях.

В исследованиях возрастных особенностей ЭЭГ здоровых детей 3–4 лет указывается, что отличительной чертой ЭЭГ детей младшего возраста является наличие во всех отделах полушарий медленных форм активности и слабая выраженность регулярных ритмических колебаний, которые занимают основное место на ЭЭГ взрослого человека [27]. Различия в частотном диапазоне бета-ритма между первой и последней записью наиболее заметны во фронтальной и центральной областях неокортекса. Увеличение его амплитуды – однозначное повышение функционального тонуса головного мозга, коррелирует интенсивности когнитивных процессов и фокусирования внимания [28; 29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В настоящей работе получены данные, подтверждающие изменение функционального состояния мозга детей-сирот в возрасте трех лет в ходе курса сеансов ЭЭГ-ОС.
2. При проведении тренинга на основе ритмов ЭЭГ сенсомоторной зоны правого полушария (С4) головного мозга выявлено, что в целом величины амплитуд тренируемых ритмов изменялись в желаемом направлении.
3. Вопрос о большей эффективности того или иного протокола ЭЭГ-ОС остается открытым, однако в данном исследовании наиболее эффективным оказался протокол игрового биоуправления, а также протокол с использованием протокола «цветные картинки».

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (региональный проект №14-46-01050).

Список литературы

1. Juffer F. Behavior problems and mental health referrals of international adoptees: A meta-analysis / F. Juffer, M. H. Van IJzendoorn. // *J. Am. Med. Ass.* – 2005. – V. 293, № 20 – P. 569–577.
2. Zeanach C. H. Attachment in institutionalized and non-institutionalized Romanian children / C. H. Zeanach, A. T. Smyke, S. F. M. Koga // *Children Dev.* – 2005. – V. 76, № 19 – P. 1015–1028.
3. Rutter M. Early adolescent Outcomes for institutionally deprived and non-deprived adoptees. I: Disinhibited attachment / M. Rutter, C. Colvert, J. Kreppner // *Child Psychol. Psychiat.* – 2007. – V. 48, № 1 – P. 17–30.
4. Marshall P. J. The bucharest early intervention project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania // P. J. Marshall, N. A. Fox J. // *Cogn. Neurosci.* – 2004. – V. 16, № 8. – P. 1327–1338.
5. Tarullo A. Atypical EEG power correlates with indiscriminately friendly behavior in internationally adopted children / A. Tarullo, C. Garvin, R. Gunnar // *Dev. Psychol.* – 2011. – V. 47, № 2, – P. 417–431.
6. Van Dongen-Boomsma M. Efficacy of frequency-neurofeedback and Cogmed JM-working memory training in children with ADHD / M. van Dongen-Boomsma, M. A. Vollebregt, D. Slaats-Willemsse, J. K. Buitelaar // *Tijdschr Psychiatr.* – 2015. – V. 57, № 7. – P. 508–516.

7. Кирой В. Н. Изменение спектральных характеристик ЭЭГ в динамике тренингов с нейрообратной связью / В. Н. Кирой, Д. М. Лазуренко, И. Е. Шепелев, Н. Р. Миняева, Е. В. Асланян, О. М. Бахтин, Д. Г. Шапошников, Б. М. Владимирский // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 3. – С. 50-62
8. Mottaz A. Neurofeedback training of alpha-band coherence enhances motor performance / A. Mottaz, M. Solca, C. Magnin, T. Corbet, A. Schnider, A. G. Guggisberg // Clin Neurophysiol. – 2015. – V. 126, № 9. – P. 1754–1760.
9. Graczyk M. Neurofeedback training for peak performance / M. Graczyk, M. PŃchalska, A. Ziykowski, G. Macko, B. Jukaszewska, K. Kochanowicz, A. Mirski, I. D. Kropotov // Ann Agric Environ Med. – 2014. – V.21, № 4. – P. 871–875.
10. Micoulaud-Franchi J. A. EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials / J. A. Micoulaud-Franchi, P. A. Geoffroy, G. Fond, R. Lopez, S. Bioulac, P. Philip // Front Hum Neurosci. – 2014 – V. 13, № 8. – P. 906–917.
11. Ghosh T. The efficacy of electroencephalogram neurofeedback training in cognition, anxiety, and depression in alcohol dependence syndrome: A case study / T. Ghosh, M. Jahan, A. R. Singh // Ind. Psychiatry J. – 2014. – V. 23, № 2. – P. 166–170.
12. Egner T. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials / T. Egner, J. H. Gruzelier // Clin. Neurophysiology. – 2004. – V. 115, – P. 131–139.
13. Кропотов Ю. Д. Лечение детей с синдромом нарушения внимания с гиперактивностью при помощи метода ЭЭГ-биологической обратной связи / Ю. Д. Кропотов, В. А. Гринь-Яценко, Л. С. Чутко, Е. А. Яковенко, В. А. Пономарев // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2002. – Т. 47, № 3. – С. 37–40.
14. Федотчев А. И. Сочетание технологии ЭЭГ-биоуправления с музыкальной терапией для эффективной коррекции стресс-вызванных расстройств / А. И. Федотчев, О. Сан Чжун, Г. И. Семикин // Современные технологии в медицине. – 2014. – Т. 6, № 3. – С. 60–63.
15. Джафарова О. А. Игровое биоуправление как технология профилактики стрессзависимых состояний / О. А. Джафарова, О. Г. Донская, А. А. Зубков, М. Б. Штарк // Биоуправление-4: теория и практика / ред. М. Шварц, М. Штарк. Новосибирск: Ин-т молекулярной биологии и биофизики СО РАНН, 2002. – С. 86–96.
16. Эйсмонт Е. В. Применение технологии ЭЭГ-биоуправления для коррекции психоэмоционального состояния детей / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Бюллетень сибирской медицины. – 2013. – Т. 12, № 2. – С. 175–181.
17. Эйсмонт Е. В. Снижение повышенной тревожности у детей и подростков с помощью нейротерапии: оценка эффективности / Е. В. Эйсмонт, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2011. – Т. 43, № 1. – С. 63–72.
18. Луцюк Н. В. Модуляция внимания у здоровых детей с помощью курса сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ / Н. В. Луцюк, Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2006. – Т. 38, № 5/6, – С. 458–465.
19. Saby J. N. The Utility of EEG Band Power Analysis in the Study of Infancy and Early Childhood / J. N. Saby, P. J. Marshall // Dev. Neuropsychol. – 2012. – V.37, № 3. – P. 253–273.
20. Евтушенко С. К. Клиническая электроэнцефалография у детей / С. К. Евтушенко, А. А. Омеляненко. Донецк: Донеччина, 2005. – 860 с.
21. Stroganova T. A. EEG and infant states. In: de Hann, M., editor. Infant EEG and event-related potentials / T. A. Stroganova, E. V. Orekhova // New York: Psychology Press. – 2007 – P. 251–287.
22. Del Giudice M. Programmed to learn? The ontogeny of mirror neurons / M. Del Giudice, V. Manera, C. Keyzers // Developmental Science. – 2009. – V. 12. – P. 350–363.
23. Marshall P. J. Development of EEG from 5 months to 4 years of age / P. J. Marshall, Y. Bar-Haim, N. A. Fox // Clinical Neurophysiology. – 2002. – V. 113. – P. 1199–1208.
24. Galkina N. S. The formation of EEG mu-andalpha-rhythms in children during the second–third years of life / N. S. Galkina, A. I. Boravova // Hum Physiol. – 1996. – V. 22. – P. 540–545.
25. Stroganova T. A. EEG alpha rhythm in infants. / T. A. Stroganova, E. V. Orekhova, I. N. Posikera // Clin Neurophysiol – 1999. – V. 110. – P. 997–1012.
26. Niedermeyer E. Alpha rhythms as physiological and abnormal phenomena // Int. J. Psychophysiol. – 1997. – №. 26. – P. 31–49.

27. Фарбер Д. А. Функциональная организация развивающегося мозга: возрастные особенности и некоторые закономерности / Д. А. Фарбер, Н. В. Дубровинская // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 5. – С. 17–27.
28. Gomez C. M. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention / C. M. Gomez, M. Vazquez, E. Vaquero // Int. J. Neurosci. – 1998. – V. 95, № 1–2. – P. 17–32.
29. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell, M. Pohja, R. Hari, B. Ermentrout // NeuroImage. – 2005. – V. 26, № 2. – P. 347–355.

ABOUT AN OPPORTUNITY OF NEUROFEEDBACK APPLICATION FOR THREE YEAR OLD ORPHANS

Lutsyuk N. V.¹, Kulenkova A. A.¹, Eismont E. V.¹, Timush I. Ya.², Pavlenko V. B.¹

¹ *Crimean Federal V. I. Vernadsky University, Simferopol, Russia*

² *Children's House "Tree", Simferopol, Russia*

E-mail: biofeedback@bk.ru

It is often observed a deterioration of psycho-emotional state, delay of physical and cognitive development in orphans growing up in children's homes. The studies of the above mentioned problems revealed that an impaired development of the central nervous system and, above all, the neocortex, might be observed in these children. Deviations in the central nervous system development are reflected in a pattern of electroencephalogram (EEG) of the children. It was found that EEG spectral power of alpha- and beta-rhythms in orphans, brought up in an orphanage, was significantly lower compared with the powers of the same rhythms of children living in an ordinary families. The investigators concluded that decreased spectral power of EEG rhythms is an objective correlate of some delays in brain development.

One of a modern method used for a correction of psycho-emotional state, cognitive functions is EEG-based neurofeedback (EEG-NF). Its effectiveness has been shown in many investigations where participants were children of school age and adults.

However, the studies using this technology with orphaned children of preschool age have never been conducted in the world. So the article presents a pilot study of possibility of EEG-based neurofeedback method application for a three year old orphans. For this purpose an age-appropriate EEG-NF protocols have been elaborated, that is game neurofeedback protocol, "color pictures" protocol and video protocol. According to the results of the study the data is obtained proving the changes of brain functional state of the orphans during the course EEG-based neurofeedback sessions. It is revealed that the amplitudes of the trained EEG rhythms changed in a desired direction during EEG-NF trainings. A question of greater efficacy of a specific EEG-NF protocol remains open, however, in this study, the most effective was game neurofeedback protocol and a protocol with color pictures.

Keywords: orphans, neurofeedback, EEG.

References

1. Juffer F., Van Ijzendoorn M.H. Behavior problems and mental health referrals of international adoptees: A meta-analysis, *J. Am. Med. Ass.*, **293**, **20**, 569 (2005)
2. Zeanach C.H., Smyke A.T., Koga S.F.M. Attachment in institutionalized and non-institutionalized Romanian children, *Children Dev.*, **76**, **19**, 1015 (2005).
3. Rutter M., Colvert C., Kreppner J. Early adolescent Outcomes for institutionally deprived and non-deprived adoptees. I: Disinhibited attachment, *Child Psychol. Psychiat.*, **48**, **1**, 17 (2007).
4. Marshall P.J., Fox J. N.A. The bucharest early intervention project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania, *Cogn. Neurosci.*, **16**, **8**, 1327 (2004).
5. Tarullo A., Garvin C., Gunnar R. Atypical EEG power correlates with indiscriminately friendly behavior in internationally adopted children, *Dev. Psychol.*, **47**, **2**, 417 (2011).
6. Van Dongen-Boomsma M., Vollebregt M. A., Slaats-Willemse D., Buitelaar J.K. Efficacy of frequency-neurofeedback and Cogmed JM-working memory training in children with ADHD, *Tijdschr Psychiatr.*, **57**, **7**, 508 (2015).
7. Kiroj V.N., Lazurenko D.M., Shepelev I.E., Minyaeva N.R., Aslanyan E.V., Baxtin O.M., Shaposhnikov D.G., Vladimirskij B.M. Izmenenie spektralnyx karakteristik EEG v dinamike treningov s nejroobratnoj svyazyu, *Fiziologiya cheloveka.*, **41**, **3**, 50 (2015)
8. Mottaz A., Solca M., Magnin C., Corbet T., Schnider A., Guggisberg A.G. Neurofeedback training of alpha-band coherence enhances motor performance, *Clin Neurophysiol.*, **126**, **9**, 1754 (2015).
9. Graczyk M., PŃchalska M., Ziykowski A., Macko G., Jukaszewska B., Kochanowicz K., Mirski A., Kropotov I.D. Neurofeedback training for peak performance, *Ann Agric Environ Med.*, **21**, **4**, 871 (2014).
10. Micoulaud-Franchi J.A., Geoffroy P. A., Fond G., Lopez R., Bioulac S., Philip P. EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials, *Front Hum Neurosci.*, **13**, **8**, 906 (2014).
11. Ghosh T., Jahan M., Singh A.R. The efficacy of electroencephalogram neurofeedback training in cognition, anxiety, and depression in alcohol dependence syndrome: A case study, *Ind. Psychiatry J.*, **23**, **2**, 166 (2014).
12. Egner T., Gruzelier J.H. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials, *Clin. Neurophysiology.*, **115**, 131 (2004).
13. Kropotov Yu.D., Grin-Yacenko V.A., Chutko L.S., Yakovenko E.A., Ponomarev V.A. Lechenie detej s sindromom narusheniya vnimaniya s giperaktivnostyu pri pomoshhi metoda EEG-biologicheskoy obratnoj svyazi, *Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii.*, **47**, **3**, 37 (2002).
14. Fedotchev A.I., San Chzhun O., Semikin G.I. Sochetanie texnologii EEG-bioupavljeniya s muzykalnoj terapije dlya effektivnoj korrekcii stress-vyzvannyx rasstrojstv, *Sovremennye texnologii v medicine.*, **6**, **3**, 60 (2014).
15. Dzhafarova O.A., Donskaya O.G., Zubkov A.A., Shtark M.B. Igrovoe bioupavljenje kak texnologiya profilaktiki stresszavisimyx sostoyanij, *Bioupavljenje - 4: teoriya i praktika / red. M. Shvarc, M. Shtark. Novosibirsk: In-t molekulyarnoj biologii i biofiziki SO RAMN*, 86 (2002).
16. Ejsmont E.V., Alieva T.A., Lucyuk N.V., Pavlenko V.B. Primenenie texnologii EEG-bioupavljeniya dlya korrekcii psixoemocionalnogo sostoyaniya detej, *Byulleten sibirskoj mediciny.*, **12**, **2**, 175 (2013).
17. Ejsmont E.V., Lucyuk N.V., Pavlenko V.B. Snizhenie povyshennoj trevozhnosti u detej i podrostkov s pomoshhyu nejroterapii: oценка effektivnosti, *Nejrofiziologiya / Neurophysiology.*, **43**, **1**, 63 (2011).
18. Lucyuk N.V., Ejsmont E.V., Pavlenko V.B. Modulyaciya vnimaniya u zdorovyx detej s pomoshhyu kursa seansov obratnoj svyazi po karakteristikam EEG, *Nejrofiziologiya / Neurophysiology.*, **38**, **5/6**, 458 (2006)
19. Saby J.N., Marshall P.J. The Utility of EEG Band Power Analysis in the Study of Infancy and Early Childhood, *Dev. Neuropsychol.*, **37**, **3**, 253 (2012).
20. Evtushenko S.K., Omelyanenko A.A. *Klinicheskaya elektroencefalografiya u detej*, 860 p. (Doneck: Donechchina, 2005).
21. Stroganova T.A., Orekhova E.V. EEG and infant states. In: de Hann, M., editor. *Infant EEG and event-related potentials*, New York: Psychology Press., 251 (2007).

22. Del Giudice M., Manera V., Keyzers C. Programmed to learn? The ontogeny of mirror neurons, *Developmental Science.*, **12**, 350 (2009).
23. Marshall P.J., Bar-Haim Y., Fox N.A. Development of EEG from 5 months to 4 years of age, *Clinical Neurophysiology.*, **113**, 1199 (2002).
24. Galkina N.S., Boravova A.I. The formation of EEG mu-andalpha-rhythms in children during the second–third years of life, *Hum Physiol.*, **22**, 540 (1996).
25. Stroganova T.A., Orekhova E.V., Posikera I.N. EEG alpha rhythm in infants, *Clin Neurophysiol.*, **110**, 997 (1999).
26. Niedermeyer E. Alpha rhythms as physiological and abnormal phenomena, *Int. J. Psychophysiol.*, **26**, 31 (1997).
27. Farber D.A., Dubrovinskaya N.V. Funkcionalnaya organizaciya razvivayushhegosya mozga: vozrastnye osobennosti i nekotorye zakonomernosti, *Fiziologiya cheloveka*, **17**, **5**, 17 (1991).
28. Gomez C.M., Vazquez M., Vaquero E. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention, *Int. J. Neurosci.*, **95**, **1-2**, 17 (1998).
29. Jensen O., Goel P., Kopell N., Pohja M., Hari R., Ermentrout B. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling, *NeuroImage.*, **26**, **2**, 347 (2005).

Поступила в редакцию 10.10.2015 г.