

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
«Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 4. С. 3–9.

УДК 612.65 : 616-056.216

ОСОБЕННОСТИ ФОНОВОЙ ЭЭГ У ДЕТЕЙ-СИРОТ В ВОЗРАСТЕ ОТ ПОЛУТОРА ДО ТРЕХ С ПОЛОВИНОЙ ЛЕТ

Белалов В. В.¹, Дягилева Ю. О.¹, Тимуш И. Я.², Юрченко И. А.¹, Павленко В. Б.¹

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

²*Детский дом «Елочка», Симферополь, Республика Крым*
E-mail: vadyum.bielalov@gmail.com

Изучали особенности спектральной плотности мощности (СПМ) ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в состоянии относительного покоя у детей-сирот (n=41) и у детей из семей (n=50) возрастом от двух с половиной до трех с половиной лет по значениям СПМ в диапазонах тета- (3–5 Гц), альфа- (6–9 Гц), бета- (11–25 Гц) и гамма-ритмов (26–45 Гц) 16 отведений ЭЭГ. Сравнение показателей СПМ выявило значимые отличия ритмов ЭЭГ детей-сирот по сравнению с детьми из семей. У детей-сирот в центральных отведениях СПМ альфа-, бета- и гамма-ритмов ЭЭГ оказалась значимо ниже. Предполагается, что меньший уровень СПМ в высокочастотном диапазоне ЭЭГ может свидетельствовать о некотором отставании в развитии нейронных сетей мозга.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, дети-сироты.

ВВЕДЕНИЕ

Объектом интереса многих исследователей в настоящее время являются нейрофизиологические особенности становления электрической активности коры у детей-сирот [1–5]. Было обнаружено, что у детей возрастом 24–36 месяцев, воспитывающихся в детском доме, повышена мощность низкочастотных ритмов [6] и снижена высокочастотных ритмов [4]. Принято считать [7] что увеличение мощности тета-ритма в указанном возрасте отражает задержку в развитии неокортекса, которая может быть вызвана психосоциальными проблемами (пребывание в детском доме или воспитание в неблагополучных семьях). Лонгитюдные исследования показали, что у многих детей, которые демонстрировали чрезмерную, по сравнению со сверстниками, амплитуду тета-ритма в возрасте трех лет, к шести годам проявляются симптомы синдрома дефицита внимания и гиперактивности [7]. Одним из индикаторов адекватно развивающихся структур ЦНС является своевременное развитие ритмов более высокой частоты.

У детей, которые первоначально воспитывались в детском доме, после усыновления в семьях наблюдается резкий скачок в когнитивном и речевом

развитии [7]. Однако дисбаланс в мощности ритмов ЭЭГ у таких детей сохраняется еще длительное время [6]. В то же время, нейрофизиологические механизмы задержек в становлении ЭЭГ остается малоизученным, а имеющиеся данные противоречивы.

Целью настоящего исследования было выявление и анализ особенностей показателей спектральной плотности мощности (СПМ) ритмов ЭЭГ в состоянии относительного покоя у детей-сирот в возрасте от полутора до трех с половиной лет, воспитывающихся в Доме ребенка г. Симферополя, и детей того же возраста, проживающих в полных семьях на территории Республики Крым.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принял участие 91 ребенок. Основную группу составляли социальные сироты из Дома ребенка «Елочка» (г. Симферополь) ($n=41$; 27 мальчиков и 14 девочек) возрастом от 30 до 41 месяца (средний возраст – 36 ± 2 месяца). Контрольная группа была представлена детьми из полных семей ($n=50$; 31 мальчик и 19 девочек) возрастом от 29 до 42 месяцев (средний возраст – 35 ± 3 месяца). В обследованные группы не были включены дети: а) вес которых при рождении был менее двух с половиной килограммов, б) имеющие генетические заболевания, в) имеющие записи в медицинской карточке о заболеваниях ЦНС, г) с зарегистрированным фетальным алкогольным синдромом, д) рисующие левой рукой. В основную группу также не включались дети, пребывающие в доме ребенка менее года. Регистрация ЭЭГ у детей-сирот проводилась на основании официального разрешения руководителей дома ребенка «Елочка», и в присутствии психолога данного учреждения. В контрольную группу дети были набраны с помощью объявлений, размещенных в детских садах г. Симферополя. Родителям были предоставлены все необходимые сведения о процедуре исследования, было получено согласие на бесплатное участие ребенка в данном исследовании.

Регистрацию ЭЭГ осуществляли с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа «Expert» (фирма «Тредекс»). Для обработки и анализа ЭЭГ использовали программу «EEG Mapping б», разработанную в лаборатории нейроэтологии Крымского федерального университета (программист Е. Н. Зинченко). 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 между локусами C3 и C4. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1,5 и 48 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 250 с^{-1} . Записи ЭЭГ предварительно просматривали, связанные с движениями артефакты удаляли. Записи ЭЭГ детей, содержащие большое количество артефактов, были исключены из обработки, то есть эти дети не были включены в общую выборку. На основании анализа данных литературы, с учетом возраста детей [8–10], нами приняты такие частотные границы ритмов ЭЭГ детей: тета- (3–5 Гц), альфа- (6–9 Гц), бета- (11–25 Гц) и гамма- (26–45 Гц) ритмов. Дельта-ритм в работе не рассматривался. Во время регистрации фоновой ЭЭГ для

достижения относительного покоя детей просили посидеть с открытыми глазами спокойно и расслаблено. Статистическая обработка проводилась с использованием модуля ANOVA и применением критерия Тьюки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В зависимости от принадлежности к исследуемой группе и локуса отведения были выявленные значимые различия в показателях выраженности ЭЭГ детей. На рис. 1 представлена диаграмма, отражающая отличия в СПМ для ритмов ЭЭГ у детей-сирот, по сравнению со сверстниками из семей.

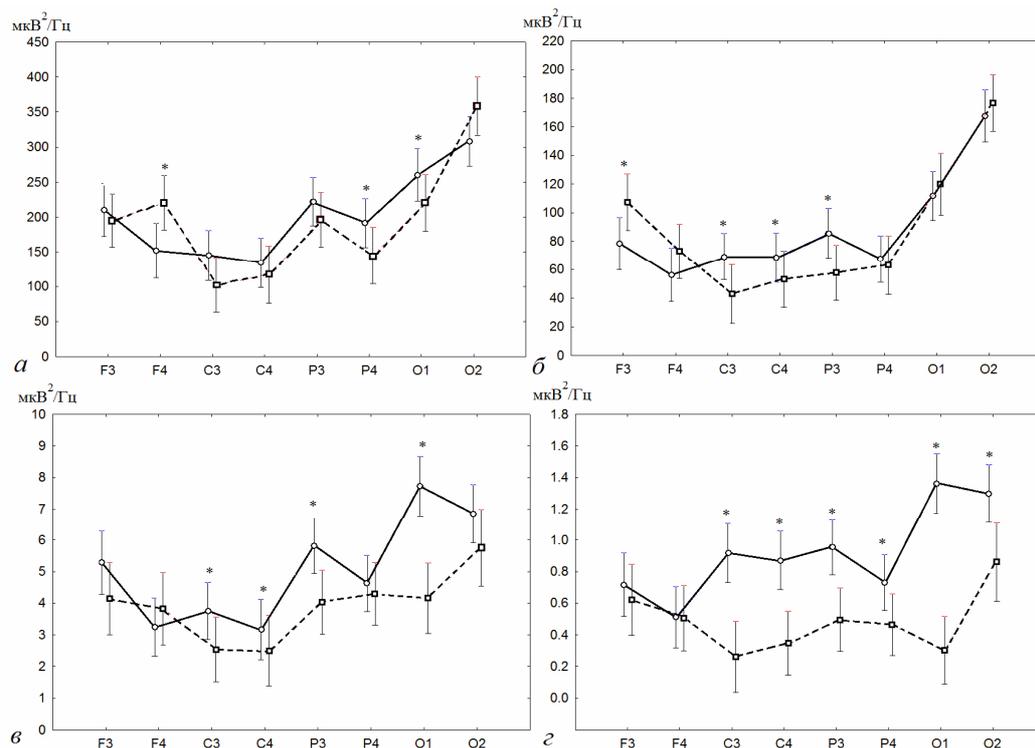


Рис. 1. Диаграмма, отражающая отличия в спектральной плотности мощности (СПМ) тета- (а), альфа- (б), бета- (в) и гамма-ритмов (з) фоновой ЭЭГ детей-сирот (пунктирная линия) и детей из семей (непрерывная линия). По оси абсцисс представлены локусы исследуемых отведений, по оси ординат – значения СПМ ритмов ЭЭГ в $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$. Звездочками отмечены случаи различий в СПМ ритмов при $p \leq 0,05$.

Метод ANOVA продемонстрировал значимые эффекты, влияющие на СПМ тета-ритма (рис. 1, а): фактора локуса отведения ($F(7,812)=23,73$, $p=0,001$), а также взаимодействия факторов локуса и группы ($F(7,812)=2,4$, $p=0,017$). Апостериорное

сравнение разностей средних по критерию Тьюки позволило заключить, что в локусе F4 у детей-сирот отмечается значимое повышение значений СПМ тета-ритма, а в локусах P4 и O1 – его пониженное значение, по сравнению с контрольной группой. Т.А. Строганова [8] связывает высокую энергию тета-ритма с оптимальными условиями для процессов созревания неокортекса [9, 10]. Возможно, измененный паттерн тета-ритма ЭЭГ является следствием отставания развития нейронных сетей в лобных отделах коры у детей основной групп.

Применение ANOVA выявило значимое влияние взаимодействия факторов группы и локуса отведения ($F(7,834)=2,29$, $p=0,025$) на величину СПМ альфа-ритма ЭЭГ (рис. 1, б). Применение критерия Тьюки позволило выявить отведения, в которых среднее значение СПМ альфа-ритма у детей-сирот по сравнению с контрольной группой повышено (F3), и понижено (C3, C4, P3). Более высокие значения СПМ альфа-ритма могут свидетельствовать о преобладании процессов торможения в соответствующем регионе неокортекса. Поскольку усиление альфа-ритма у испытуемых основной группы отмечается в левом лобном отведении, а активность лобных зон связывают с развитием социального интеллекта, то повышенная СПМ данного ритма ЭЭГ может свидетельствовать о неадекватном развитии социо-когнитивной сферы у детей детей-сирот [9, 11].

Метод ANOVA выявил значимые эффекты как факторов локуса ($F(7,812)=23,7$, $p=0,0001$) и группы ($F(1,863)=19,5$, $p=0,001$), так и их взаимодействия ($F(7,834)=2,45$, $p=0,017$) по отношению к СПМ бета-ритма ЭЭГ (рис 1, в). Критерий Тьюки выявил пониженное значение СПМ бета-ритма у детей-сирот в отведениях C3, C4, P3 и O1 по сравнению с контрольной группой. Выраженное наличие бета-ритма в определенном участке неокортекса во время спокойного бодрствования может быть свидетельством подготовки «оптимальных» условий для активации и работы коркового центра. Преобладание бета-ритма в конкретном полушарии во время активного восприятия речи указывает на расположение там речевых центров [12]. Следовательно, пониженные значения СПМ для бета-ритма могут указывать на наличие диспропорций в развитии данных центров.

Применение ANOVA выявило значимые эффекты как факторов локуса ($F(7,812)=5,68$, $p=0,0001$) и группы ($F(1,863)=72,96$, $p=0,0001$), так и их взаимодействия ($F(7,834)=5,22$, $p=0,0001$) по отношению к СПМ гамма-ритма ЭЭГ (рис 1, г). Апостериорное сравнение разностей средних по критерию Тьюки позволило заключить, что в большинстве исследуемых локусах СПМ гамма-ритма была значимо ниже в группе детей-сирот. Значимое преобладание СПМ гамма-ритма в большинстве исследуемых отведений у детей из семей, вероятно, указывает на более высокую активность корковых нейронных цепей [11], отражающую, в частности, взаимосвязь процессов сознания и памяти [13]. Пониженная СПМ высокочастотных ритмов ЭЭГ у детей-сирот в состоянии относительного покоя может свидетельствовать о наличии некоторых задержек в созревании коры и подкорковых структур.

Полученные данные о снижении энергии высокочастотных диапазонов ЭЭГ у детей-сирот в ситуации относительного покоя по сравнению с детьми, воспитывающимися в семьях, согласуются с результатами других исследователей

[14, 15]. В то же время, выявленное нами преобладание тета-ритма в теменных и затылочных отведениях у детей из семей, другими авторами отмечалось при регистрации ЭЭГ в ситуации устойчивого зрительного внимания [8], а не в условиях относительного покоя. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на выяснение особенностей паттерна фоновой ЭЭГ у детей-сирот, зарегистрированных в условиях устойчивого зрительного внимания по сравнению с условиями относительного покоя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обнаружено, что показатели СПМ ритмов ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии относительного покоя, значимо отличаются у детей-сирот по сравнению с детьми из семей. У детей-сирот понижена СПМ гамма-ритма ЭЭГ в семи отведениях, и бета-ритма – в четырех отведениях. Значимое повышение СПМ было зарегистрировано лишь в левом лобном отведении для альфа-ритма и в правом лобном – для тета-ритма ЭЭГ.
2. Выявленные изменения паттерна текущей ЭЭГ у детей сирот могут отражать неоптимальное, для исследуемого возраста, состояние неокортекса, которое может обуславливать снижение значений показателя развития когнитивно-речевой сферы.

Список литературы

1. Smyke A. T. A new model of foster care for young children: the Bucharest early intervention project / A. T. Smyke, C. H. Zeanah, N. A. Fox, C. A. Nelson // *Adols Psychiatric Clin N Am* – 2009. – Vol. 18 (3) – P. 721–734.
2. Zeanach C. H. Attachment in institutionalized and non-institutionalized Romanian children / C. H. Zeanach, A. T. Smyke, and S. F. M. Kuga // *Children development*. – 2006. – Vol. 76. (19) – P. 1015–1028.
3. Juffer F. Behavior problems and mental health referrals of international adoptees: A meta-analysis / F. Juffer, M. H. Van IJzendoorn // *J. American Medical Association*. – 2005. – Vol. 293(20). – P. 569–577.
4. Karel S. R. Analysis of environmental deprivation: Cognitive and social development in Romanian orphans / S. R. Karel, B. J. Freeman // *J. of Child Psychology and Psychiatry*. – 1994. – Vol. 35 (4). – P. 769–781.
5. Белалов В.В. ЭЭГ-корреляты развития речи у детей сирот, возрастом до трех с половиной лет / В. В. Белалов, Ю. О. Дягилева, А. Я. Хрипун // *Ученые записки Таврического национального Университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, Химия*. – 2013. – Т 26 (65). – № 1. – С. 3–9.
6. Raine A. Early educational and health enrichment at age 3-5 years is associated with increased autonomic and central nervous system arousal and orienting at age 11 years / A. Raine, P. H. Venables, C. Dalaces // *Psychophysiology* – 2001. – Vol. 38(2). – P. 254–266.
7. 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 // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2004 – Vol. 16 (8). – P. 1327–1338.
8. Strogonova T. A. EEG alpha rhythm in infants / T. A. Strogonova, E. V. Orekhova, I. N. Posikera // *Clin. Neurophysiology*. – 1999. – Vol. 110(6). – P. 997–1012.
9. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // *Brain Res. Rev.* – 1999 – Vol. 29(2-3). – P. 169–195.
10. Buzsáki G. Theta oscillations in the hippocampus / G. Buzsáki // *Neuron*. – 2002. – Vol. 33(3). – P. 325–340.
11. Laufs H. Where the BOLD signal goes when alpha EEG leaves / H. Laufs, J. L. Holt, and R. Elfont // *Neuroimage*. – 2006. – Vol. 31(4). – P. 1408–1418.

12. Wrybel A. Beta activity: a carrier for visual attention / A. Wrybel // *Acta Neurobiol. Exp.* – 2000. – Vol. 60(2). – P. 247–260.
13. Ploner M. Oscillatory activity reflects the excitability of the human somatosensory system / M. Ploner, J. Gross, and L. Timmermann // *Neuroimage.* – 2006. – Vol. 32(3). – P. 1231–1236.
14. Marshall P. J. Development of the EEG from 5 months to 4 years of age / P. J. Marshall, Y. Bar-Haim, and N. A. Fox // *Clinical Neurophysiology.* – 2002. – Vol. 113 (8). – P.1199 – 1208.
15. Куленкова А. А. Особенности биоэлектрической активности мозга детей раннего возраста, воспитывающихся в детском доме / А. А. Куленкова, Ю. О. Дягилева, В. Б. Павленко, В. В. Белалов, О. М. Кочухова // *Журнал высшей нервной деятельности* – 2015. – Т 65 (5). – С. 607–615.

CHARACTERISTICS OF BASELINE EEG OF INSTITUTIONAL CHILDREN AGED FROM ONE AND A HALF TO THREE AND A HALF YEARS

Bielalov V. V., Dyagileva Iu. O., Timush I. Ya., Yurchenko I. A., Pavlenko V. B.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: vadim.belalov@mail.ru*

The aim of this study was to identify and analyze the performance characteristics of the power spectral density (PSD) EEG rhythms in a state of relative dormancy orphans between the ages of one and a half to three and a half years, the child brought up in the House of Simferopol, and children of the same age living in two-parent families in the Republic of Crimea. The survey is not the children were included: a) whose weight at birth was less than two and a half kilograms, b) with genetic diseases, c) have entries in the medical record of the diseases of the central nervous system, d) a registered fetal alcohol syndrome, e) depicting the left hand. The group of orphans also included children, who are in the child's home less than a year. We studied the characteristics of the power spectral density (PSD) rhythms of the electroencephalogram (EEG) in a state of relative dormancy in orphans ($n = 41$) and children from families ($n = 50$) aged from two and a half to three and a half years from the values of the PSD in the range of theta (3–5 Hz), alpha (6–9 Hz), beta (11–25 Hz) and gamma rhythms (26–45 Hz) waves using 16 recording electrodes. During registration EEG to reach children of relative calm were asked to sit with open eyes calm and relaxed. Statistical analysis was performed using ANOVA module and using Tukey test. The parameters of the MTA EEG rhythms, registered in the state of relative rest, are significantly different from orphaned children compared to children from families. Children orphaned lowered JPM gamma rhythm EEG leads in seven, and the beta rhythm - four leads. A significant increase in SPM was recorded only in the left frontal leads to the alpha rhythm and the right frontal - EEG theta rhythm. The revealed changes the pattern of the current EEG orphans may reflect suboptimal, for the investigated age, state of the neocortex, which may account for declines in values of cognitive-verbal sphere. It is assumed that the lower level of the PSD in the high frequency range of the EEG may indicate a certain lag in the development of neural networks of the brain.

Keywords: electroencephalogram (EEG), orphan children.

References

1. Smyke A. T., Zeanah CH. Jr, Fox N. A., Nelson C. A. A new model of foster care for young children: the Bucharest early intervention project. *Adols Psychiatric Clin N Am*, **18 (3)**, 721 (2009).
2. Zeanah C. H., Smyke A. T., and Koga S. F. M. Attachment in institutionalized and non-institutionalized Romanian children, *Children development.*, **76 (19)**, 1015 (2006).
3. Juffer F., Van IJzendoorn M. H. Behavior problems and mental health referrals of international adoptees: A meta-analysis, *J. American Medical Association.*, **293(20)**, 569 (2005).
4. Karel S. R., Freeman B. J. Analysis of environmental deprivation: Cognitive and social development in Romanian orphans, *J. of Child Psychology and Psychiatry*, **35 (4)**, 769 (1994).
5. Bielalov V. V., Dyagileva Iu. O., Khripun A. Y. Features of perception of male and female speech in orphans two and a half – three and a half years old, *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Biology and Chemistry Sciences*, **26 (65), 1, 3** (2013).
6. Raine A., Venables P. H., Dalaces C. Early educational and health enrichment at age 3-5 years is associated with increased autonomic and central nervous system arousal and orienting at age 11 years, *Psychophysiology*, **38(2)**, 254 (2001).
7. Marshall P. J., Fox N. A. the Bucharest Early Intervention Project Core Group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania, *Journal of Cognitive Neuroscience*, **16 (8)**, 1327 (2004).
8. Strogonova T. A., Orekhova E. V., Posikera I. N. EEG alpha rhythm in infants, *Clin. Neurophysiology*, **110(6)**, 997 (1999).
9. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis, *Brain Res. Rev.*, **29(2-3)**, 169 (1999).
10. Buzsáki G. Theta oscillations in the hippocampus, *Neuron*, **33(3)**, 325 (2002).
11. Laufs H., Holt J. L., and Elfont R. Where the BOLD signal goes when alpha EEG leaves, *Neuroimage*, **31(4)**, 1408 (2006).
12. Wrybel A. Beta activity: a carrier for visual attention, *Acta Neurobiol. Exp.*, **60(2)**, 247 (2000).
13. Ploner M., Gross J., and Timmermann L. Oscillatory activity reflects the excitability of the human somatosensory system, *Neuroimage*, **32(3)**, 1231 (2006).
14. Marshall P. J., Bar-Haim Y., and Fox N. A. Development of the EEG from 5 months to 4 years of age, *Clinical Neurophysiology*, **113 (8)**, 1199 (2002).
15. Kulenkova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B., Beielalov V. V., Kochukhova O. M. Brain bioelectrical activity in early childhood specific for children living in orphanages, *Journal of higher nervous activity*, **65 (5)**, 607 (2015).