

**УДК 612.821**

## **КОГНИТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА: СВЯЗЬ С ПАРАМЕТРАМИ ФОНОВОЙ ЭЭГ**

*Дягилева Ю. О.<sup>1</sup>, Михайлова А. А.<sup>1</sup>, Белалов В. В.<sup>2</sup>, Орехова Л. С.<sup>1</sup>,  
Куличенко А. М.<sup>1</sup>, Павленко В. Б.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*  
<sup>2</sup>*Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*  
*E-mail: anna.kulenkova@gmail.com*

Исследованы особенности когнитивного развития детей раннего возраста и их фоновой ЭЭГ. В исследовании приняли участие 62 ребенка в возрасте от 18 до 42 месяцев (27 девочек и 35 мальчиков). Показано, что 59,7% детей из исследованной группы имели средний уровень когнитивного развития, 30,6 % высокий уровень когнитивного развития, а у 9,7 % детей был диагностирован низкий уровень когнитивного развития. Уровень когнитивного развития ребенка коррелирует с относительной мощностью (ОМ) тета-, альфа- и бета-ритмов. Выявлены статистически значимые отрицательные корреляции уровня когнитивного развития с ОМ тета- и бета-ритмов, а так же статистически-значимые положительные корреляции с ОМ альфа-ритма.

**Ключевые слова:** электроэнцефалограмма, относительная мощность, когнитивное развитие, дети раннего возраста.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение взаимосвязи индивидуальных особенностей паттерна ЭЭГ и уровня когнитивного развития у детей является актуальным направлением современной нейро- и психофизиологии. Отставание в развитии когнитивных функций детей является одной из причин, препятствующих самореализации личности. Дети с отставанием в развитии характеризуются сниженной способностью к социальному взаимодействию, коммуникации, стереотипностью поведения. В последние годы все большее внимание привлекает метод биологической обратной связи (БОС) по ЭЭГ применяемый для коррекции когнитивных функций и эмоционального состояния [1–3]. Однако эффективность применения данной методики может существенно различаться в зависимости от подвергаемых тренировке параметров ЭЭГ. Это может быть связано с необходимостью использования более специфичного подхода при подборе индивидуальных протоколов ЭЭГ-БОС с учётом уровня когнитивного развития и возраста.

Критическим периодом развития когнитивных функций считают ранний возраст, поскольку в этот период происходит активное взаимодействие ребенка с окружающим миром. В первые годы жизни продолжается созревание структур

головного мозга ребенка [4, 5]. Известно, что после года происходит расширение ассоциативных ансамблеобразующих слоев неокортекса, происходят морфофункциональные преобразования в височной, теменной и затылочной областях коры больших полушарий [6]. В этот период происходит наиболее активная миелинизация нервных волокон и элиминация синапсов. Избыточные синаптические структуры конкурируют за ограниченное постсинаптическое пространство, и синапсы, не поддерживаемые средовым входом (не функционирующие), в дальнейшем подвергаются конкурентной элиминации. Этот процесс приводит к более эффективному набору взаимосвязей, которые непрерывно реконструируются на протяжении всей жизни [7, 8]. Все эти изменения могут отражаться в характеристиках электрической активности мозга ребенка. Обладая более полным знанием о специфичности паттернов ЭЭГ у детей раннего возраста с разным уровнем когнитивного развития, можно кардинально повысить эффективность нейротерапевтических методик. Однако в литературе имеются немногочисленные данные о связи когнитивного развития с характеристиками ЭЭГ у детей в первые годы жизни.

В связи с этим целью нашей работы было:

1. Оценить уровень развития когнитивных функций у детей в возрасте от 18 до 42 месяцев. 2. Выявить взаимосвязь уровня когнитивного развития с параметрами фоновой ЭЭГ детей.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 62 ребенка в возрасте от 18 до 42 месяцев (27 девочек и 35 мальчиков). В обследованную группу не были включены дети: с массой тела при рождении менее 2,5 кг, с наличием генетических заболеваний, с наличием записей в медицинской карточке о заболеваниях ЦНС и с зарегистрированным фетальным алкогольным синдромом, а также левши (рисующие левой рукой).

Регистрацию ЭЭГ осуществляли у детей в условиях относительного покоя с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа «Эксперт» (Тредекс). Запись проводили 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» (полоса пропускания 0,5 – 74,5 Гц, частота дискретизации 250 Гц). Во время записи дети сидели на коленях у родителей с открытыми глазами. При отведении ЭЭГ использовали 16-канальную детскую электроэнцефалографическую шапочку ШЭУ-16 «Полина» («Тредекс»), со встроенным хлорсеребряными электродами. В качестве референтного использовался виртуальный электрод, сигнал которого был равен усредненному по всем отведениям потенциалу (усредненный референт).

Фрагменты ЭЭГ подвергались быстрому преобразованию Фурье с перекрытием 50% и использованием фильтра Баттерворта (порядок 4) с полосой пропускания 2 – 25 Гц. Применялось сглаживание окном Блэкмена. Известно, что у детей раннего возраста частотные диапазоны ритмов ЭЭГ значительно отличаются от частотных диапазонов ЭЭГ взрослых. Поэтому, исходя из данных литературы о возрастных особенностях формирования ЭЭГ у детей в возрасте от 24 до 42 мес., мы

определяли значения ОМ ЭЭГ в следующих частотных диапазонах, соответствующих: тета<sub>1</sub> (3–5 Гц) [9, 10], альфа<sub>1</sub> (6–9 Гц) [11], бета<sub>1</sub> (10–25 Гц) [12, 13] ритмам. Поскольку не было полной уверенности в отсутствии артефактов от движений и электрической активности мышц в частотной полосе дельта- и гамма-ритмов, данные ритмы в работе не рассматривались.

Относительная мощность (ОМ) для каждого ритма ЭЭГ рассчитывалась как отношение мощности отдельного ритма к сумме мощностей всех исследованных ритмов диапазона 3–45 Гц в данном отведении, подобно тому, как это делали в ряде работ [14, 15]. Указанный показатель отражает относительный вклад конкретного ритма в общую электрическую активность в определенном отведении ЭЭГ. Считается, что использование показателей ОМ минимизирует индивидуальные различия абсолютной мощности связанные с возрастом, толщиной черепа и другими анатомическими факторами [9].

Психологическое тестирование с целью определения уровня когнитивного развития было проведено с помощью когнитивной шкалы теста Бейли III (BSID-III) [16]. В соответствии с инструкцией к тесту Бейли ребенку представляли комплекс заданий, сложность которых была подобрана соответственно возрасту.

Независимо от возраста ребенок мог набрать по соответствующим шкалам в сумме от 55 до 145 баллов. Норма когнитивного развития согласно тесту Бейли составляет от 90 до 110 баллов.

Результаты психологического и электрофизиологического исследований количественно обрабатывались с использованием стандартных приемов вариационной статистики. Поскольку распределение данных в ряде случаев отличалось от нормального, применяли непараметрический критерий Спирмена.

Для участия в исследовании дети были приглашены с помощью объявлений, размещенных в детских садах г. Симферополя. Родителям этих детей были предоставлены все необходимые сведения о процедуре исследования, и они дали письменное согласие на бесплатное участие ребенка в экспериментах. Настоящее исследование соответствовало этическим принципам Хельсинкской декларации 1964 г. и было одобрено этическим комитетом Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате проведенного исследования с помощью теста Бейли показано, что 59,7% детей из исследованной группы имели средний уровень когнитивного развития. У 30,6 % детей был определен высокий уровень когнитивного развития, а у 9,7 % детей был диагностирован низкий уровень (рис.1).

Показано, что уровень когнитивного развития связан с параметрами фоновой ЭЭГ ребенка. Выявлены статистически значимые отрицательные корреляции между уровнем когнитивного развития ребенка с одной стороны и ОМ тета-ритма ЭЭГ с другой. Такие корреляции достигали значимого уровня в левых лобных отведениях (Fp1 и F3). Так же была выявлена положительная корреляция уровня когнитивного развития ребенка с мощностью альфа-ритма ЭЭГ. Однако такая связь достигала статистически значимого уровня только в левом центральном отведении (рис.2).

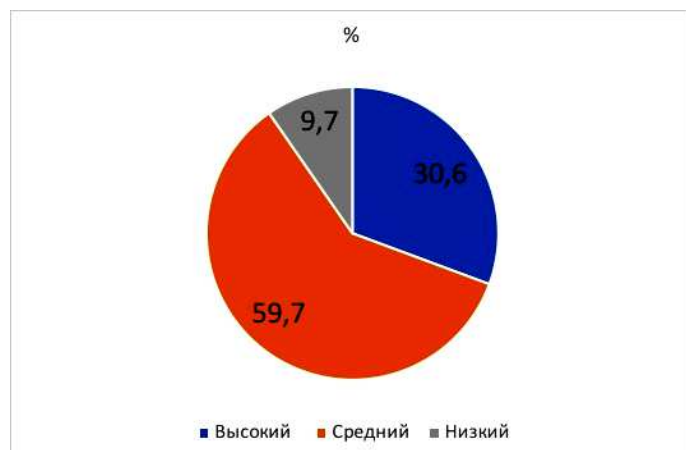


Рис. 1. Гистограмма, описывающая распределение детей в исследованной группе по уровню когнитивного развития в % от общей выборки.

В исследовании показано, что уровень когнитивного развития отражается в мощности бета-ритма ЭЭГ. Были выявлены статистически значимые отрицательные корреляции с ОМ бета-ритма в левом переднелобном (Fp1) и правом височном отведении (T4) (рис.2).

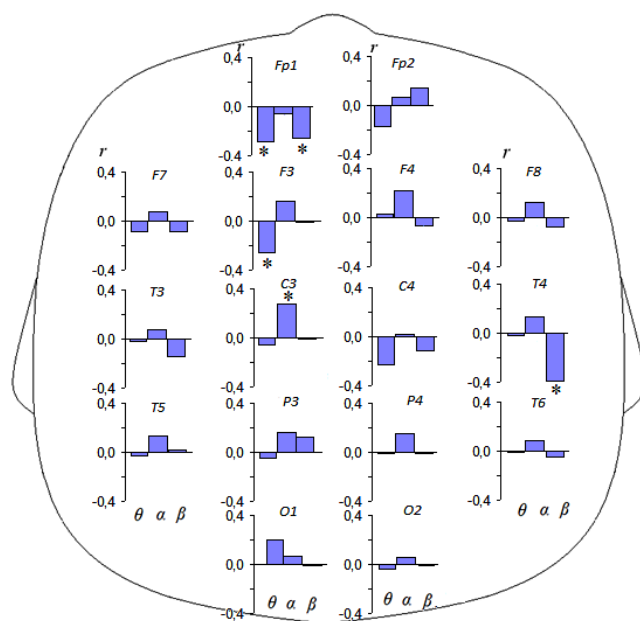


Рис. 2. Величина коэффициентов корреляции между ОМ ритмов ЭЭГ и уровнем когнитивного развития ребенка.

\*-  $p < 0,05$

Ранее группой исследователей [1] обнаружено влияние значений локальных амплитуд в тета- и альфа-диапазонах ЭЭГ, зарегистрированной в условиях устойчивого внимания, на оценки интеллекта детей в возрасте 5-6 лет. Кроме этого многочисленными исследованиями показано, что у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью наблюдается увеличение тета-ритма ЭЭГ на фоне снижения альфа-ритма [17]. В связи с этим, данные, полученные в нашем исследовании: отрицательные корреляции уровня когнитивного развития с ОМ тета-ритма, а так же положительные корреляции с ОМ альфа-ритма выглядят вполне закономерно.

Что касается отрицательных корреляций уровня когнитивного развития с ОМ бета-ритма, то они кажутся несколько неожиданными, поскольку известно, что развитие головного мозга ребенка сопровождается увеличением частоты ритмической активности и появлением высокочастотных колебаний. В то же время, как отмечают некоторые исследователи, функциональная роль бета-колебаний, зачастую менее анализируется по сравнению с другими полосами частот [18, 19]. Бета-ритм классически считался связанным с соматосенсорными и двигательными функциями [20]. С другой стороны, Wtóbel [21] показал, что активность бета-диапазона отражает возбуждение зрительной системы во время повышенного зрительного внимания. Недавние исследования также показали повышенные реактивности бета-ритма при предъявлении эмоционально-негативных стимулов [22, 23]. Роль бета-ритма в когнитивных процессах изучалась несколькими группами [24-27], но полученные данные выглядят достаточно противоречиво. В то же время, нами ранее обнаружено, что у взрослых молодых людей мощность бета-ритма в покое положительно коррелирует с уровнем личностной и ситуативной тревожности [28]. Можно предположить, что дети с повышенной ОМ бета-ритма в покое также могли иметь повышенный уровень тревожности. Повышенная тревожность негативно сказывалась на выполнении ими заданий теста Бейли, что отражалось в более низких показателях когнитивного развития у таких детей и обусловило отрицательные корреляции данного показателя и ОМ бета-ритма.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Показано, что 59,7% детей из исследованной группы имели средний уровень когнитивного развития, 30,6 % высокий уровень когнитивного развития, а у 9,7 % детей был диагностирован низкий уровень когнитивного развития.
2. Уровень когнитивного развития ребенка коррелирует с ОМ тета-, альфа- и бета-ритмов.
3. Выявлены статистически значимые отрицательные корреляции уровня когнитивного развития с ОМ тета- и бета-ритмов, а так же статистически-значимые корреляции с ОМ альфа-ритма.

*Исследование поддержано грантом РФФИ 17-415-92001 р\_а «Особенности паттерна электроэнцефалограммы у детей с разными уровнями развития когнитивных функций».*

Список литературы

1. Новикова С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы / С.И. Новикова // Современная зарубежная психология. – 2015. – Том 4, № 1. – С. 91–108.
2. Simkin D.R. Quantitative EEG and neurofeedback in children and adolescents: anxiety disorders, depressive disorders, comorbid addiction and attention-deficit/hyperactivity disorder, and brain injury / D.R. Simkin, R.W. Thatcher, J. Lubar // Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America. – 2014. – 23(3) – P. 427-64.
3. Луцок Н.В. О возможности применения метода биологической обратной связи по электроэнцефалограмме с детьми-сиротами трехлетнего возраста / Н.В. Луцок, А.А. Куленкова, Е.В. Эйсмонт [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2015. – Т. 1, № 1 (67). – С. 60-70.
4. Casey B.J. Structural and functional brain development and its relation to cognitive development / B.J. Casey, J.N. Giedd, K.M. Thomas // Biological Psychology. – 2000. – V. 54. – P. 241-257.
5. Семенова О.А. Формирование произвольной регуляции деятельности и ее мозговых механизмов в онтогенезе / О.А. Семенова // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 115-127.
6. Васильева В.А. Структурные преобразования коры большого мозга и мозжечка у детей от рождения до 6 лет как морфологическая основа развития зрительной функции в постнатальном онтогенезе / В.А. Васильева, Т.А. Цехмистренко // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 5. – С. 68-74.
7. Строганова Т.А. Психофизиология индивидуальных различий в младенчестве: современное состояние проблемы / Т.А. Строганова, Е.В. Орехова // Вопросы психологии. – 1998. – №1. – С. 128-144.
8. Toga A.W. Mapping brain maturation / A.W. Toga, P.M. Thompson, E.R. Sowell // Trends in Neurosciences. – 2006. – V. 29. – P. 148-159.
9. McLaughlin K.A., Fox N.A., Charles H.Z., Sheridan M.A., Marshall P., Nelson C.A. Delayed maturation in brain electrical activity partially explains the association between early environmental deprivation and symptoms of attentiondeficit/hyperactivity disorder // Biol. Psychiatry. – 2010. – V. 68, № 4. – P. 329-336.
10. Cuevas K., Raj V., Bell M.A. A frequency band analysis of two year olds`memory processes // Int. J. Psychophysiol. – 2012. V. 83, № 3. – P. 315-322.
11. Marshall P.J., Bar-Haim Y., Fox N.A. Development of the EEG from 5 months to 4 years of age // Clin. Neurophysiol. – 2002. – V.113. – P. 1199-1208.
12. Jennekens W., Niemarkt H.J., Engels M., Pasma J.W., van Pul C., Andriessen P. Topography of maturational changes in EEG burst spectral power of the preterm infant with a follow up at 2 years of age // Clin. Neurophysiol. – 2012. V. 123, № 11. – P. 2130-2138.
13. Saby J.N., Marshall P.J. The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood // Dev. Neuropsychol. – 2012. V. 37, № 3. – P. 253-273.
14. 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 // J. Cognitive Neurosci. – 2004. –V. 16, № 8. – P.1327-1338.
15. Marshall P.J., Reeb B.C., Fox N.A., Nelson C.A., Zeanah C.H. Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania // Dev. Psychopathol. – 2008. – V. 20, № 3. –P. 861-880.
16. Bayley N., Bayley Scales of Infant and Toddler Development, TX Harcourt Assessment Inc., San Antonio (2006).
17. Kubik A. Electroencephalography in children with ADHD started with neurofeedback therapy / A. Kubik, M. Bogotko-Szarszewska, M. Tutaj [et al.] // Przegl Lek. – 2010. – V.67(9) – P.677-81.
18. Engel A.K. Beta-band oscillations – signalling the status quo? / A.K. Engel, P. Fries // Current Opinion in Neurobiology. – 2010. – V.20 – P. 156-165.
19. Huster R.J. Electroencephalography of response inhibition tasks: functional networks and cognitive contributions / R.J. Huster, S. Enriquez Geppert, C.F. Lavallee [et al.] // International Journal of Psychophysiology. – 2013. – V.87. – P.217-233.

20. Pfurtscheller G. Post-movement beta synchronization. A correlate of an idling motor area? / G. Pfurtscheller, A. Stancák Jr., C. Neuper // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1996. – V. 98. – P.281-293.
21. Wróbel A. Beta activity: a carrier for visual attention / A. Wróbel // *Acta neurobiologiae Experimentalis*. – 2000. – V.60. – P.247-260
22. Güntekin B. Emotional face expressions are differentiated with brain oscillations / B. Güntekin, E. Başar // *International Journal of Psychophysiology*. – 2007. – V.64. – P.91-100.
23. Woodruff C.C. Electroencephalographic alpha-band and beta-band correlates of perspective-taking and personal distress / C.C. Woodruff, R. Daut, M. Brower [et al.] // *Neuroreport*. – 2011. – V.22. – P.744-748.
24. Cacace A.T. Spectral dynamics of electroencephalographic activity during auditory information processing / A.T. Cacace, D.J. McFarland // *Hearing Research*. – 2003. – V.176. – P.25-41.
25. Ishii R. Cortical oscillatory power changes during auditory oddball task revealed by spatially filtered magnetoencephalography / R. Ishii, L. Canuet, A. Herdman [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. – 2009. – V.120. – P.497-504
26. Kukleta M. Beta 2-band synchronization during a visual oddball task / M. Kukleta, P. Bob, M. Brázdil [et al.] // *Physiological Research*. – 2009. – V.58. – P.725-732
27. Mazaheri A. EEG spectral dynamics during discrimination of auditory and visual targets / A. Mazaheri, T.W. Picton // *Brain Research. Cognitive Brain Research*. – 2005. – V.24. – P.81-96.
28. Павленко В. Б. ЭЭГ-корреляты тревоги, тревожности и эмоциональной стабильности у взрослых здоровых испытуемых / В. Б. Павленко, С. В. Черный, Д. Г. Губкина // *Нейрофизиология / Neurophysiology*. – 2009. – Т. 41, № 5. – С. 400-408.

## **COGNITIVE DEVELOPMENT OF TODDLER: CORRELATION WITH EEG PARAMETERS IN REST STATE**

***Dyagileva Yu. O., Mikhailova A. A., Belalov V. V., Orekhova L. S.,  
Kulichenko A. M., Pavlenko V. B.***

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: anna.kulenkova@gmail.com*

The features of the cognitive development of toddler and their EEG parameters in rest state are investigated. Psychological testing to determine the level of cognitive development was carried out using the Bailey III test cognitive scale. EEG was recorded in a rest state with open eyes in 16 locus. The study involved 62 children aged 18 to 42 months (27 girls and 35 boys). It was shown that 59.7% of children from the studied group had an average level of cognitive development, 30.6% had a high level of cognitive development, and 9.7% of children were diagnosed with a low level of cognitive development.

It is shown that the level of cognitive development is correlated with child's rest EEG parameters. Statistically significant negative correlations between the level of the child's cognitive development on the one hand and the EEG theta rhythm on the other were revealed. Such correlations reached a significant level in the left frontal leads (Fp1 and F3). A positive correlation of the level of cognitive development with the power of EEG alpha rhythm was also revealed. However, such a relationship reached a statistically significant level only in the left central lead (C3). The study showed that the level of

cognitive development is reflected in the power of the EEG beta rhythm. Statistically significant negative correlations were found with power beta rhythm in the left prefrontal (Fp1) and right temporal lead (T4).

**Keywords:** electroencephalogram, rhythm power, cognitive development, toddler.

### References

1. Novikova S.I. EEG rhythms and cognitive processes. *Modern foreign psychology*. **4**, 91 (2015).
2. Simkin D.R., Thatcher R.W., Lubar J. Quantitative EEG and neurofeedback in children and adolescents: anxiety disorders, depressive disorders, comorbid addiction and attention-deficit/hyperactivity disorder, and brain injury. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*. **23**, 427 (2014).
3. Lutsyuk N.V., Kulenkova A.A., Eismont E.V. On the possibility of applying the biofeedback method for an electroencephalogram with orphans of three years of age. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Biology. Chemistry*. **1**, 60 (2015).
4. Casey B.J., Giedd J.N., Thomas K.M. Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*. **54**, 241 (2000).
5. Semenova O.A. Formation of an arbitrary regulation of activity and its brain mechanisms in ontogenesis. *Human Physiology*. **33**, 115 (2007).
6. Vasilyeva V.A., Tsehmistrenko T.A. Structural transformations of the cerebral cortex and cerebellum in children from birth to 6 years as a morphological basis for the development of visual function in postnatal ontogenesis. *Human physiology*. **22**, 68 (1996).
7. Stroganova, T.A., Orekhova E.V. Psychophysiology of individual differences in infancy: current state of the problem. *Questions of psychology*. **1**, 128 (1998).
8. Toga A.W., Thompson P.M., Sowell E.R. Mapping brain maturation. *Trends in Neurosciences*. **29**, 148 (2006).
9. McLaughlin K.A., Fox N.A., Charles H.Z., Sheridan M.A., Marshall P., Nelson C.A. Delayed maturation in brain electrical activity partially explains the association between early environmental deprivation and symptoms of attentiondeficit/hyperactivity disorder. *Biol. Psychiatry*. **68**, 329 (2010).
10. Cuevas K., Raj V., Bell M.A. A frequency band analysis of two year olds memory processes. *Int. J. Psychophysiol.* **83**, 315 (2012).
11. Marshall P.J., Bar-Haim Y., Fox N.A. Development of the EEG from 5 months to 4 years of age. *Clin. Neurophysiol.* **113**, 1199 (2002).
12. Jennekens W., Niemarkt H.J., Engels M., Pasma J.W., van Pul C., Andriessen P. Topography of maturational changes in EEG burst spectral power of the preterm infant with a follow up at 2 years of age. *Clin. Neurophysiol.* **123**, 2130 (2012).
13. Saby J.N., Marshall P.J. The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood. *Dev. Neuropsychol.* **37**, 253 (2012).
14. 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. *J. Cognitive Neurosci.* **16**, 1327 (2004).
15. Marshall P.J., Reeb B.C., Fox N.A., Nelson C.A., Zeanah C.H. Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania. *Dev. Psychopathol.* **20**, 861 (2008).
16. Bayley N., Bayley Scales of Infant and Toddler Development, *TX Harcourt Assessment Inc., San Antonio* (2006).
17. Kubik A., Bogotko-Szarszewska M., Tutaj M. Electroencephalography in children with ADHD started with neurofeedback therapy. *Przegl Lek.* **67**, 677 (2010).
18. Engel A.K., Fries P. Beta-band oscillations – signalling the status quo? *Current Opinion in Neurobiology*. **20**, 156 (2010).
19. Huster R.J., Geppert S.E., Lavalley C.F. Electroencephalography of response inhibition tasks: functional networks and cognitive contributions. *International Journal of Psychophysiology*. **87**, 217 (2013).
20. Pfurtscheller G. A., Stancák Jr., Neuper C. Post-movement beta synchronization. A correlate of an idling motor area? *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. **98**, 281 (1996).



21. Wróbel A. Beta activity: a carrier for visual attention. *Acta neurobiologiae Experimentalis*. **60**, 247 (2000).
22. Güntekin B., Başar E. Emotional face expressions are differentiated with brain oscillations. *International Journal of Psychophysiology*. **64**, 91 (2007).
23. Woodruff C.C., Daut R., Brower M. Electroencephalographic alpha-band and beta-band correlates of perspective-taking and personal distress. *Neuroreport*. **22**, 722 (2011).
24. Cacace A.T., McFarland D.J. Spectral dynamics of electroencephalographic activity during auditory information processing. *Hearing Research*. **176**, 25 (2003).
25. Ishii R., Canuet L., Herdman A. [et al.] Cortical oscillatory power changes during auditory oddball task revealed by spatially filtered magnetoencephalography. *Clinical Neurophysiology*. **120**, 497 (2009).
26. Kukleta M., B. M. Brázdil [et al.] Beta 2-band synchronization during a visual oddball task. *Physiological Research*. **58**, 725 (2009).
27. Mazaheri A., Picton T.W. EEG spectral dynamics during discrimination of auditory and visual targets. *Brain Research. Cognitive Brain Research*. **24**, 81 (2005).
28. Pavlenko V. B., Cherny S. V., Gubkina D. G. EEG-correlates of anxiety, anxiety and emotional stability in adult healthy subjects. *Neurophysiology / Neurophysiology*. **41**, 400 (2009).