

УДК 612.821

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЭГ-ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ВНИМАНИЯ У ДЕТЕЙ 5–9 ЛЕТ

Эйсмонт Е. В., Кайда А. И., Бакунова А. В.

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

Исследовали взаимосвязи между ЭЭГ-показателями, зарегистрированными в состоянии спокойного бодрствования, и уровнем развития произвольного внимания у практически здоровых детей 5–9 лет. Внимание оценивали с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова и go/no-go-теста. Полученные результаты свидетельствуют о том, что более высоким показателям произвольного внимания у детей данного возраста соответствуют большие значения амплитуды альфа-ритма и его поддиапазонов (альфа1-, альфа2- и альфа3-ритма), а также большие величины отношений амплитуд каждого из трех поддиапазонов альфа-ритма к амплитуде тета-ритма. При этом более развитому вниманию соответствуют меньшие значения амплитуды дельта-ритма и модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ.

Ключевые слова: произвольное внимание, ЭЭГ, альфа-ритм, дети.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время когнитивные расстройства у детей представляют одну из наиболее актуальных проблем. Так, в мире по данным Всемирной организации здравоохранения, грубые нарушения умственного развития имеют 15 % детей. Нарушения когнитивных функций встречается не менее чем у 20 % детей и подростков [1, 2]. В связи с наличием данных проблем все более актуальными становятся вопросы, связанные с диагностикой уровня развития когнитивных функций, различных умственных нарушений у детей и подростков, а также построение коррекционных мероприятий, направленных на устранение каких-либо отклонений в развитии.

В изучении мозговых механизмов высших психических функций, а также в объективной диагностике состояния когнитивной сферы человека важную роль играют методы оценки биоэлектрической активности мозга [3]. В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных исследованию взаимосвязей спектральных характеристик ЭЭГ и уровня развития внимания [4–7]. Однако следует отметить, что многие подобные исследования проводились с участием взрослых испытуемых и подростков. В отношении детей более раннего возраста настоящие вопросы требуют дополнительных исследований.

Цель настоящей работы – установление взаимосвязей ЭЭГ-показателей и уровня развития произвольного внимания у детей 5–9 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 27 практически здоровых детей 5–9 лет (21 мальчик и 6 девочек). Поскольку испытуемые не достигли пубертатного периода, то в дальнейшем показатели ЭЭГ и психологического тестирования рассматриваются для объединенной группы мальчиков и девочек. Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа («Гредекс», Украина). В качестве рабочей программы использовалась «EEG Mapping 3» (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, 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 Cz. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1,5 и 35 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 250 с⁻¹.

У детей регистрировали ЭЭГ при закрытых и открытых глазах в состоянии двигательного покоя. Длительность каждой записи составляла 60–75 секунд. В составе ЭЭГ дифференцировались следующие диапазоны и поддиапазоны: дельта-ритм (1–4 Гц), тета-ритм (4–8 Гц), альфа-ритм (8–13 Гц), альфа1-ритм (8–9,5 Гц), альфа2-ритм (9,5–11 Гц), альфа3-ритм (11–13 Гц), бета1-ритм (14–20 Гц) и бета2-ритм (21–30 Гц). Модальная частота поддиапазонов альфа-ритма определялась как среднее арифметическое значение частот в соответствующем поддиапазоне данного частотного компонента, имеющее максимальную амплитуду в 20–25 отрезках записи длительностью 2,56 с. Рассчитывались также отношения амплитуд следующих диапазонов и поддиапазонов: альфа- и тета-ритмов, бета1- и тета-ритмов, а также бета2- и тета-ритмов.

Для определения показателей «продуктивность внимания» и «точность внимания» применяли корректурную пробу Бурдона–Анфимова [8, 9]. Дети получали задание в течение пяти минут зачеркивать буквы «К» и «Р», размещенные в случайном порядке среди других букв алфавита. Данные показатели рассчитывались следующим образом: «продуктивность внимания» – количество просмотренных знаков за пять минут; «точность внимания» – отношение всех правильно зачеркнутых знаков к количеству знаков, которые необходимо зачеркнуть, выраженное в процентах.

Участники исследования также выполняли go/no-go-тест. Испытуемым предъявляли пары (30 пар) слуховых стимулов разной тональности (высокая-высокая, высокая-низкая, низкая-низкая, низкая-высокая) с интервалами по 2 с внутри пары и по 4 с между парами. Длительность низкого и высокого сигналов составляла 200 мс. Частота низкого тона составляла 400 Гц, высокого – 1000 Гц. Пары тонов предъявлялись в случайном порядке с одинаковой вероятностью (приближающейся к 50 %) появления как низкого, так и высокого тона. Задача испытуемых заключалась в том, чтобы максимально быстро нажать на кнопку рукой в ответ на предъявление второго стимула пары, состоящей из двух стимулов одинаковой частоты, высокой или низкой, и не реагировать на пары сигналов, имеющих разную тональность. В результате проведения go/no-go-теста для каждого

испытуемого определяли среднее время реакции (мс), количество ошибок пропуска значимых стимулов, когда испытуемый не нажимал на кнопку при предъявлении пар стимулов, требующих нажатия и количество ошибочных нажатий, когда испытуемый нажимал на кнопку в случае предъявления стимулов разной тональности.

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологических тестов количественно обрабатывались посредством стандартных методов вариационной статистики. Для расчета корреляций использовали коэффициент корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате корреляционного анализа были получены следующие данные.

Были выявлены положительные связи между возрастом детей, выраженным в месяцах, и величинами отношений амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма (в отведениях Fp1, Fp2, C3, T6, P3, P4, O1; $0,36 \leq r \leq 0,40$; $0,03 \leq p \leq 0,048$), а также отношений амплитуды бета1-ритма к амплитуде тета-ритма (в F3, P3, P4; $0,37 \leq r \leq 0,54$; $0,002 \leq p \leq 0,043$) в ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. Обратные зависимости были установлены между значениями возраста и величинами амплитуд дельта-ритма (в отведениях Fp2, F4, F7, F8, T3, T4, T5, T6, P3, O1, O2; $-0,37 \leq r \leq -0,56$; $0,001 \leq p \leq 0,04$) и тета-ритма (в отведениях Fp1, Fp2, F7, F8, T4, T6, P3, O2; $-0,36 \leq r \leq -0,58$; $0,0008 \leq p \leq 0,049$) ЭЭГ при открытых глазах.

Для продуктивности внимания, определяемой с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова, была установлена положительная корреляционная связь со значениями отношения амплитуд альфа3-ритма и тета-ритма в ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (рис. 1) и отрицательная корреляционная связь с величиной амплитуды дельта-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (в отведениях F3, F4, F7, T3, T4, C4; $-0,38 \leq r \leq -0,56$; $0,003 \leq p \leq 0,048$) и открытых глазах (F3, F7, F8, T3, T6, O1, O2; $-0,43 \leq r \leq -0,67$; $0,0001 \leq p \leq 0,03$). Положительная связь была выявлена между значениями продуктивности внимания и возрастом детей ($r = 0,82$, $p = 0,0000001$). Кроме того, чем выше были показатели продуктивности внимания, тем ниже были значения модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (в отведениях Fp2, C4, P4, O1 и O2; $-0,41 \leq r \leq -0,47$; $0,01 \leq p \leq 0,03$)

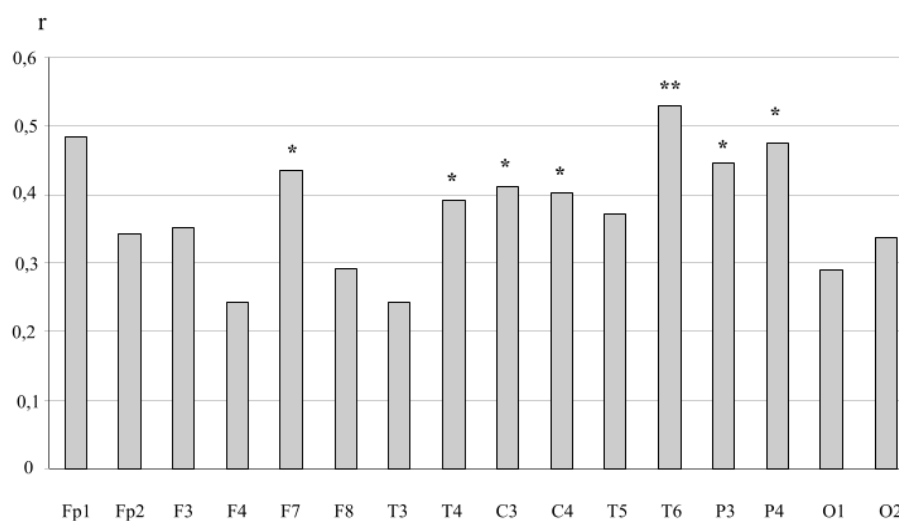


Рис. 1. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей продуктивности внимания, определяемых с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова, с величиной отношения амплитуд альфа3- и тета-ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. По оси абсцисс – локусы отведения электроэнцефалограммы. Звездочками отмечены случаи значимости корреляционной зависимости: * – $P < 0,05$ и ** – $P < 0,01$.

Преобладание медленной ритмики дельта-диапазона в основном рассматривается как свидетельство снижения тонуса коры, замедления течения нервных процессов [9, 10], что согласуется с представлениями о связи медленных ритмов с процессами охранительного торможения [11]. Подавление медленноволновой активности рассматривается рядом исследователей как один из наиболее характерных признаков повышения функциональной активности мозга [12–14]. Известно, что дельта-ритм является преобладающей формой активности в младенческом возрасте и по мере взросления его представленность в ЭЭГ должна снижаться, уступая место более высокочастотным колебаниям [15].

Значения точности внимания, определяемые с помощью того же теста, имели положительные корреляционные связи с величиной амплитуды тета-ритма в ЭЭГ при закрытых глазах (в F3, F4, F8, T5, T6, P4, O1, O2; $0,40 \leq r \leq 0,59$; $0,001 \leq p \leq 0,038$) и открытых глазах (в F3, F4, T5, T6, P3, P4, O1; $0,42 \leq r \leq 0,66$; $0,0002 \leq p \leq 0,03$) и с величиной амплитуды альфа-ритма ЭЭГ при закрытых глазах (рис. 2), а также отрицательные связи с величиной отношения амплитуд бета1- и тета-ритмов в ЭЭГ при закрытых глазах (в F3, F4, F7, T3, T4, C4; $-0,40 \leq r \leq -0,53$; $0,004 \leq p \leq 0,038$).

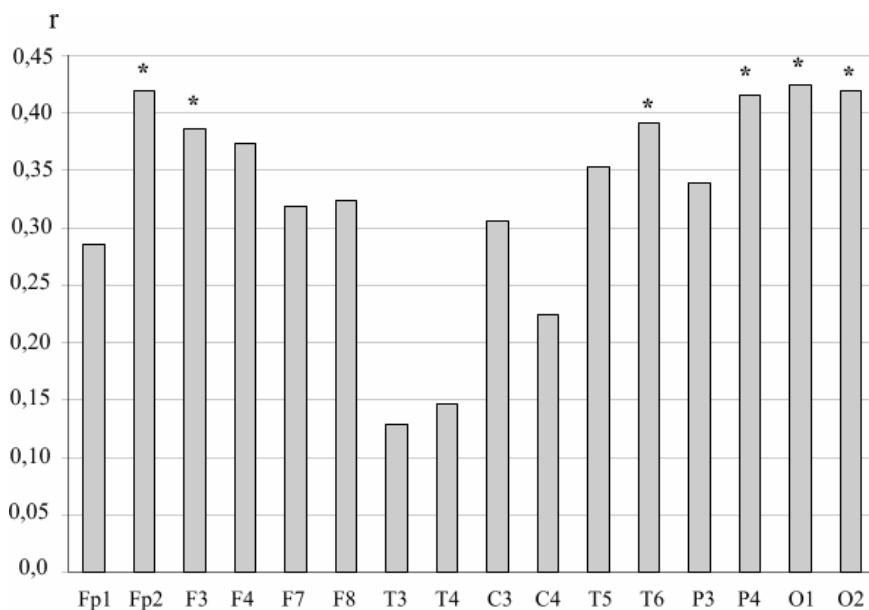


Рис. 2. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей точности внимания, определяемых с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова, с величиной амплитуды альфа-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Известно, что ритмические колебания тета-диапазона связаны с осуществлением когнитивных процессов – селективным фокусированием внимания, ассоциативным обучением, кратковременной памятью, извлечением следов памяти, эмоциональным реагированием [16–19]. При эмоциональном напряжении и умственной активности в ЭЭГ может появляться и усиливаться тета-ритм. У человека выраженность тета-ритма в ЭЭГ зависит от возраста, фона основной активности, степени умственного напряжения [12]. Появление в ЭЭГ вспышки тета-активности свидетельствует о заинтересованности субъекта в воспринимаемой информации [3]. Считают, что мощность бета-активности связана с интенсивностью когнитивных процессов, в частности с процессами обработки стимулов во фронтальных зонах коры. По данным различных исследователей, увеличение бета-ритма происходит в ситуации, связанной с предъявлением значимого стимула [20, 21]. Однако электроэнцефалографическая реакция на новые стимулы у детей представлена усилением выраженности медленных волн тета-диапазона и альфа-колебаний, что отличает ее от зрелого электроэнцефалографического компонента ориентировочной реакции в виде блокады альфа-ритма [22].

Для показателей, получаемых в результате проведения go/no-go-теста, были установлены следующие связи с параметрами ЭЭГ. Так, число ошибок пропуска значимых стимулов имело отрицательную корреляционную связь с показателями ЭЭГ при открытых глазах, а именно, с величинами амплитуды альфа3-ритма (рис. 3) и отношений амплитуд альфа2- и тета-ритмов (в Fp2, F4, F7, T3, C3, C4, T5;

$-0,54 \leq r \leq -0,74$; $0,021 \leq p \leq 0,048$). Т. е. недостаточная концентрация внимания у детей при выполнении go/no-go-пробы проявлялась в сниженных амплитудах высокочастотного поддиапазона альфа-ритма и отношений амплитуд альфа2- и тета-ритмов.

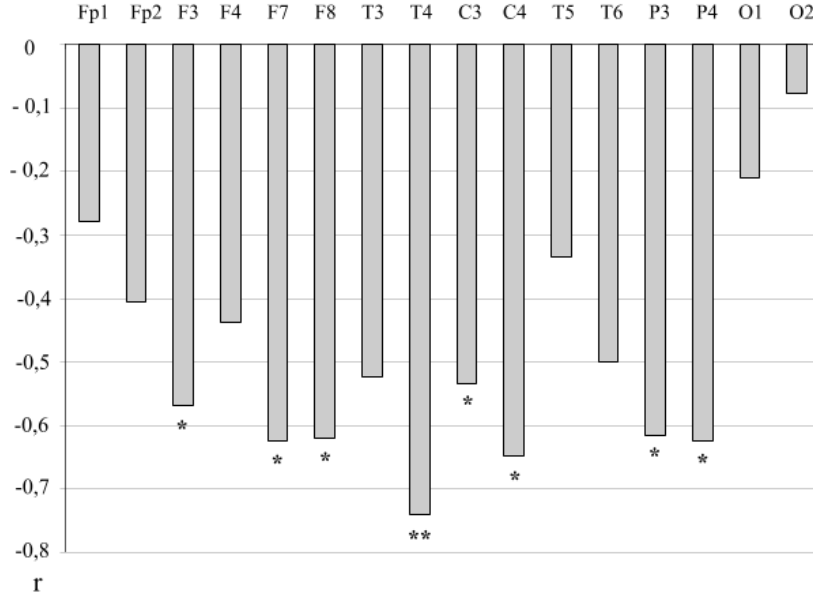


Рис. 3. Значения коэффициентов корреляции (r) количества ошибок пропусков значимых стимулов при выполнении go/no-go-теста с величиной амплитуды альфа3-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Многочисленные отрицательные связи были выявлены между количеством ошибочных нажатий и показателями ЭЭГ, зарегистрированными при закрытых глазах, а именно величинами амплитуд альфа1-ритма (в Fp1, Fp2, F3, F4, F7, T3, C3, C4; $-0,56 \leq r \leq -0,74$; $0,008 \leq p \leq 0,037$), альфа2-ритма (в Fp1, F3, F4, T4, C3, C4, T6, P3; $-0,53 \leq r \leq -0,77$; $0,002 \leq p \leq 0,048$), отношений амплитуд альфа1- и тета-ритмов (рис. 4) и альфа2- и тета-ритмов (F3, F4, F7, T4, C3, C4, T6; $-0,54 \leq r \leq -0,68$; $0,008 \leq p \leq 0,045$).

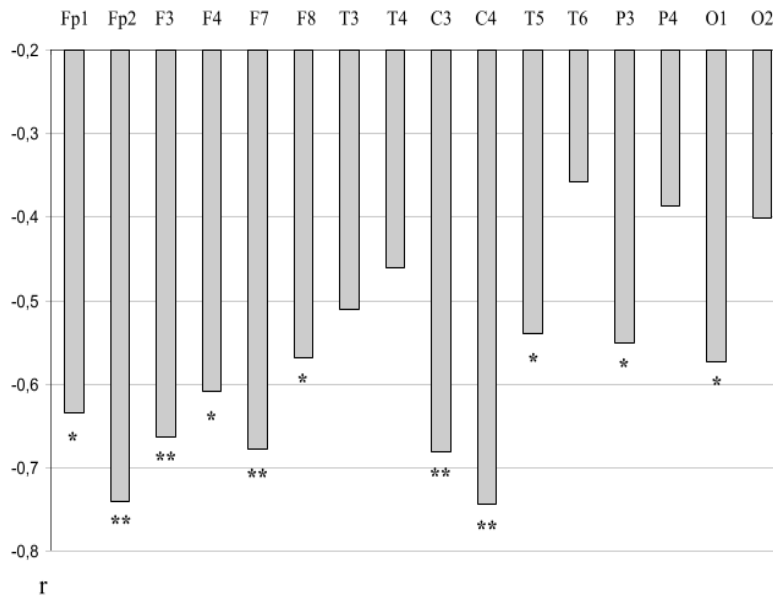


Рис. 4. Значения коэффициентов корреляции (r) количества ошибочных нажатий при выполнении go/no-go-теста с величиной отношения амплитуд альфа1- и тета-ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Показатель ошибочных нажатий при выполнении go/no-go-теста отражает уровень импульсивности испытуемого и способность к самоконтролю, т. е. чем выше уровень импульсивности и ниже самоконтроль, тем больше число ошибочных нажатий при выполнении данного теста.

В настоящем исследовании также было установлено, что число ошибочных нажатий имело положительную корреляционную связь с величиной модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (в отведениях Fp2, C3, C4, T5, O1 и O2; $0,54 \leq r \leq 0,71$; $0,005 \leq p \leq 0,044$).

Обратные зависимости выявлены между количеством ошибочных нажатий и показателями ЭЭГ, зарегистрированными при открытых глазах, а именно, величинами отношений амплитуд альфа1- и тета-ритмов (рис. 5.) и альфа2- и тета-ритмов (в Fp1, Fp2, F4, T4, C3, C4, T6, P4; $-0,56 \leq r \leq -0,76$; $0,001 \leq p \leq 0,037$).

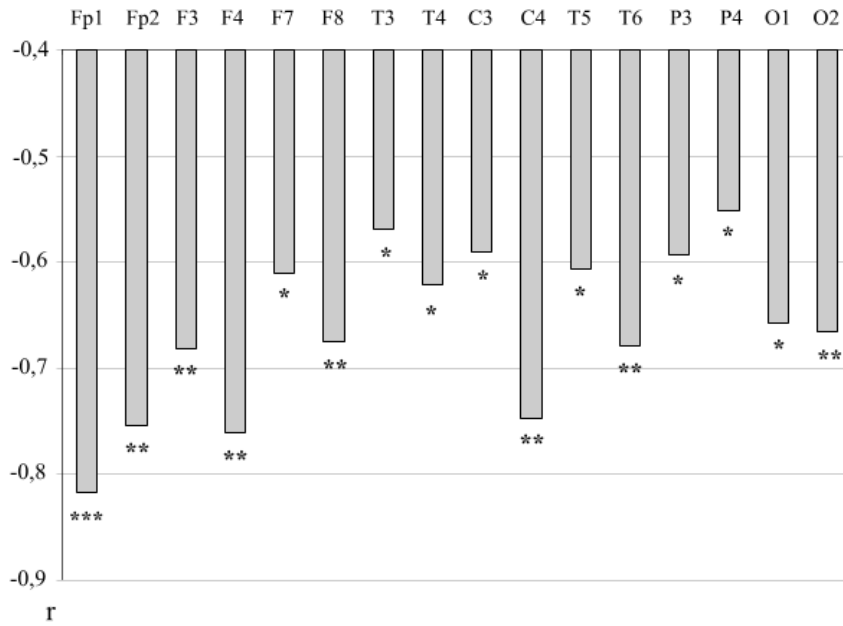


Рис. 5. Значения коэффициентов корреляции (r) количества ошибочных нажатий при выполнении go/no-go-теста с величиной отношения амплитуд альфа1- и тета-ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. По оси абсцисс – локусы отведения электроэнцефалограммы. Звездочками отмечены случаи значимости корреляционной зависимости: * – $P < 0,05$ и ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$.

Проанализировав результаты настоящего исследования, можно сделать вывод, что уровень развития произвольного внимания у детей 5–9 лет наиболее тесно коррелирует со значениями амплитуды альфа-ритма и его поддиапазонов, а также отношений амплитуд поддиапазонов альфа-ритма к амплитуде тета-ритма ЭЭГ: более высоким показателям произвольного внимания соответствуют большие значения амплитуды альфа-ритма, альфа1-, альфа2- и альфа3-ритма, а также большие величины отношений амплитуд каждого из трех поддиапазонов альфа-ритма к амплитуде тета-ритма. При этом более развитому вниманию соответствуют меньшие значения амплитуды дельта-ритма и модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Уровень развития когнитивных функций у детей 5–9 лет объективно отражается в спектральных характеристиках ЭЭГ. Показатели произвольного внимания наиболее тесно коррелируют с параметрами альфа-ритма и его поддиапазонов, а также отношений амплитуд поддиапазонов альфа-ритма к амплитуде тета-ритма ЭЭГ.

2. Более высоким значениям амплитуды альфа-ритма ЭЭГ детей 5–9 лет соответствуют более высокие значения точности внимания, определяемой с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова; низкие значения амплитуд альфа1- и альфа2-ритмов являются ЭЭГ-коррелятами ошибочных нажатий при выполнении go/no-go-теста, а величина амплитуды альфа3-ритма отрицательно коррелирует с количеством пропусков значимых стимулов при выполнении go/no-go-теста.
3. В сниженных значениях отношений амплитуд альфа1- и тета-ритмов и альфа2- и тета-ритмов ЭЭГ у детей 5–9 лет отражается повышенное количество ошибочных нажатий при выполнении go/no-go-теста, а высокие значения отношений амплитуд альфа3- и тета-ритмов являются ЭЭГ-коррелятами высоких показателей продуктивности внимания, определяемой с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова.

Работа выполнена при поддержке гранта Республики Крым молодым ученым Крыма в 2015 году.

Список литературы

1. Антропов Ю. Ф. Особенности клинических проявлений психосоматических расстройств у детей и подростков / Ю. Ф. Антропов // Педиатрия. – 1996. – № 1. – С. 106–107.
2. Пизова Н. В. Когнитивные нарушения в детском возрасте / Н. В. Пизова // Педиатрия. – 2011. – № 4.
3. Кропотов Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Кропотов Ю. Д. – Донецк: Издатель Заславский А. Ю., 2010. – 512 с.
4. Луцок Н. В. Связь характеристик ЭЭГ-потенциалов с уровнем развития показателей внимания у детей 12–13 лет / Н. В. Луцок, Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2006. – Т. 38, № 3. – С. 248–256.
5. Луцок Н. В. Электрофизиологический анализ развития внимания у детей с помощью биологической обратной связи по электроэнцефалограмме: автореф. дисс. на соискание научной степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н. В. Луцок. – Симферополь, 2007. – 20 с.
6. Любар Д. Ф. Биоуправление, дефицит внимания и гиперактивность / Д. Ф. Любар // Биоуправление – 3: теория и практика. Новосибирск: ИМБК СО РАМН, 1998. – С. 142–162.
7. Barry R. J. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography / R. J. Barry, A. R. Clarke, S. J. Johnstone // Clin. Neurophysiology. – 2003. – Vol. 114, № 2. – P. 171–183.
8. Рогов Е. И. Настольная книга практического психолога в образовании / Е. И. Рогов. – М.: ВЛАДОС, 1995.
9. Умрюхин Е. А. Индивидуальные особенности достижения результатов целенаправленной деятельности и спектральные характеристики ЭЭГ студентов в предэкзаменационной ситуации / Е. А. Умрюхин, Т. Д. Джебраилова, И. И. Коробейникова // Психологический журнал. – 2005. – Т. 26, № 4. – С. 57–65.
10. Русалов И. М. Биологические основы индивидуально-психических различий / И. М. Русалов – М.: Наука, 1979. – 350 с.
11. Ройтбак А. И. К вопросу о природе коркового торможения // Механизмы деятельности головного мозга / А. И. Ройтбак. – Тбилиси, 1975. – С. 248–364.
12. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга / Гусельников В. И. – М.: Высшая школа, 1976. – 423 с.
13. Русинов В. С. Биопотенциалы мозга человека: Математический анализ / В. С. Русинов, О. М. Гриндель, Г. Н. Болдырева, Е. М. Вакар. – М.: Медицина, 1987. – 285 с.

14. Русинов В. С. Функциональное значение процессов головного мозга / В. С. Русинов. – М.: Наука, 1977. – 420 с.
15. Фарбер Д. А. Электроэнцефалограмма детей и подростков / Д. А. Фарбер, В. В. Алферова. – М.: Педагогика, 1972. – 216 с.
16. Basar E. The selectively distributed theta-system: Function / E. Basar, M. Schurman, O. Sakowitz // Int. J. Psychophysiol. – 2001. – V. 39, № 2-3. – P. 197–103.
17. Basar-Eroglu C. Even-related theta oscillations: An integrative and comparative approach in the human and animal brain / C. Basar-Eroglu, T. Demiralp // Int. J. Psychophysiol. – 2001. – V. 39, № 2-3. – P. 167–172.
18. Klimesch W. Episodic and semantic memory: An analysis in the EEG theta and alpha band / W. Klimesch, H. Schimke, J. Schwaiger // EEG and Clin. Neurophysiol. – 1994. – V. 91. – P. 428–434.
19. Test-retest consistency of the ERD/ERS of the 4-6, 6-8, 8-10 and 10-12 Hz frequency bands during a memory task / C. Krause, L. Sillanmaki, A. Haggqvist [et al.] // Clin. Neurophys. – 2001. – V. 112. – P. 750–756.
20. 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.
21. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell [et al.] // NeuroImage. – 2005. – V. 26, № 2. – P.347–355.
22. Дубровинская Н. В. Нейрофизиологические механизмы внимания. / Дубровинская Н. В. – Л., 1985. – 144 с.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE EEG INDICES AND LEVELS OF DEVELOPMENT OF VOLUNTARY ATTENTION IN THE CHILDREN AGED 5-9

Eismont E. V.¹, Kaida A. I., Bakunova A. V.

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

The study involved 27 practically healthy children aged 5–9 years. The EEG (16 channels) was recorded during the eyes-closed and eyes-open resting conditions. The level of voluntary attention development was evaluated with the Bourdon-Anfimova “proofreading test” and go/no-go test. The obtained results suggest that the level of voluntary attention development in the children of the studied age is objectively reflected in the spectral characteristics of their EEG. The voluntary attention scores most closely correlated with the amplitude values of alpha rhythm and its sub-bands and also with the amplitude ratios of alpha sub-bands to theta rhythms. The higher values of alpha rhythm amplitude were accompanied by the higher scores in attention accuracy measured by the Bourdon-Anfimova “proofreading test”. The fewer accidental pressing occasions during the go/no-go test were characteristic for the children showing higher amplitudes of alpha1- and alpha2-rhythms. The alpha3 amplitude was negatively correlated with the number of missed ‘go’ responses during go/no-go test.

The number of the “false alarm” errors negatively correlated with the amplitude ratios of alpha1 to theta and alpha2 to theta rhythms. The amplitude ratios of alpha3- to theta rhythms positively correlated with the overall attention performance. In addition, there was found that the lower values of delta-rhythm amplitude and alpha3 band modal frequency matched the more developed attention.

Keywords: voluntary attention, EEG, alpha rhythm, children.

References

1. Antropov Yu. F. Osobennosti klinicheskikh proyavlenij psihosomaticheskikh rasstrojstv u detej i podrostkov, *Pediatrics*, **1**, 106 (1996).
2. Pizova N. V. Kognitivnye narusheniya v detskom vozraste, *Pediatrics*, **4** (2011).
3. Kropotov Yu. D. Kolichestvennaya EHEHG, kognitivnye vyzvannye potentsialy mozga cheloveka i nejroterapiya, 512 s. (Doneck: Izdatel' Zaslavskij A.YU., 2010).
4. Lucyuk N. V., Eismont E. V., Pavlenko V. B. Svyaz' harakteristik EEG-potencialov s urovnem razvitiya pokazatelej vnimaniya u detej 12–13 let // *Nejrofiziologiya / Neurophysiology*, **38, 3**, 248 (2006).
5. Lucyuk N. V. Elektrofiziolgicheskij analiz razvitiya vnimaniya u detej s pomoshch'yu biolo-gicheskoy obratnoj svyazi po ehlektroehncefalogramme: avtoref. diss. na soiskanie nauchnoj stepeni kand. biol. nauk : spec. 03.00.13 «Fiziologiya cheloveka i zhivotnyh», 20 s. (Simferopol', 2007).
6. Lyubar D. F. Bioupravlenie, deficit vnimaniya i giperaktivnost', *Bioupravlenie - 3: teoriya i praktika.*– 142 (Novosibirsk: IMBK SO RAMN, 1998)
7. Barry R. J., Clarke A. R., Johnstone S. J. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography, *Clin. Neurophysiology*, **114, 2**, 171 (2003).
8. Rogov E. I. *Nastol'naya kniga prakticheskogo psihologa v obrazovanii*, (M.: VLADOS, 1995).
9. Umryuhin E. A., Dzhebrailova T. D., Korobejnikova I. I. Individual'nye osobennosti dostizheniya rezul'tatov celenapravlennoj deyatel'nosti i spektral'nye harakteristiki EEG studentov v predekhzamenacionnoj situacii, *Psihologicheskij zhurnal*, **26, 4**, 57 (2005).
10. Rusalov I. M. Biologicheskie osnovy individual'no-psihicheskikh razlichij, 350 s. (M. : Nauka, 1979).
11. Rojtbak A. I. K voprosu o prirode korkovogo tormozheniya, *Mekhanizmy deyatel'nosti golov-nogo mozga*, 248 (Tbilisi, 1975).
12. Gusel'nikov V. I. *Elektrofiziologiya golovnogogo mozga*, 423. (M.: Vysshaya shkola, 1976).
13. Rusinov V. S., Grindel' O. M., Boldyreva G. N., Vakar E. M. *Biopotencially mozga cheloveka: Matematicheskij analiz*, 285 s. (M.: Medicina, 1987).
14. Rusinov V. S. *Funkcional'noe znachenie processov golovnogogo mozga*, 420. (M.: Nauka, 1977).
15. Farber D. A., Alferova V. V. *Elektroehncefalogramma detej i podrostkov*, 216 (M.: Pedagogika, 1972)
16. Basar E., Schurman M., Sakowitz O. The selectively distributed theta-system: Function, *Int. J. Psychophysiol*, **39, 2-3**, 197 (2001).
17. Basar-Eroglu C., Demiralp T. Even-related theta oscillations: An integrative and comparative approach in the human and animal brain, *Int. J. Psychophysiol*, **39, 2-3**, 167 (2001)
18. Klimesch W., Schimke H., Schwaiger J. Episodic and semantic memory: An analysis in the EEG theta and alpha band, *EEG and Clin. Neurophysiol*, **91**, 428 (1994).
19. Krause C., Sillanmaki L., Haggqvist A. [et al.] Test-retest consistency of the ERD/ERS of the 4-6, 6-8, 8-10 and 10-12 Hz frequency bands during a memory task, *Clin. Neurophys.*, **112**, 750–756 (2001).
20. Gomez C. M., Vazquez M., Vaquero E. Frequency analysis of the EEG during spatial selective attention, *Int. J. Neurosci*, **95, 1–2**, 17 (1998).
21. Jensen O., Goel P., Kopell N. [et al.] On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling, *NeuroImage*, **26, 2**, 347 (2005).
22. Dubrovinskaya N. V. *Nejrofiziologicheskie mekhanizmy vnimaniya*, 144 s. (L., 1985).