

СВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЭГ И УРОВНЯ КОГНИТИВНОГО РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ 4-6 ЛЕТ

Кайда А.И., Эйсмонт Е.В., Рахманова С.А., Павленко В. Б.

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

Целью настоящего исследования являлось установление связей между характеристиками ЭЭГ и уровнем интеллектуального развития, а также показателями произвольного внимания детей 4-6 лет (N=35). У детей регистрировали ЭЭГ при закрытых и открытых глазах в состоянии двигательного покоя. Длительность каждой записи составляла 120 секунд. Меньшим значениям относительной мощности дельта-ритма и большим значениям мощности альфа-ритма ЭЭГ соответствовали более высокие показатели точности внимания, определяемые с помощью корректурной пробы Бурдона-Анфимова. Также были выявлены положительные корреляции между значениями относительной мощности тета-ритма ЭЭГ и показателями вербального интеллекта, определяемые с помощью теста Векслера. Отрицательные корреляции были найдены между значениями относительной мощности дельта-ритма и показателями по вербальной шкале теста Векслера «Осведомленность».

Ключевые слова: ЭЭГ, дельта-ритм, тета-ритм, альфа-ритм, бета-ритм, когнитивные функции, 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]. В связи с наличием данных проблем все более актуальными становятся вопросы, связанные с диагностикой уровня развития когнитивных функций.

В изучении мозговых механизмов высших психических функций, а также в объективной диагностике состояния когнитивной сферы личности важную роль играют методы оценки биоэлектрической активности мозга [2]. В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных исследованию взаимосвязей спектральных характеристик ЭЭГ и уровня развития внимания [3, 4]. Так, в работе А. Г. Полуниной была продемонстрирована достоверная связь между частотой дельта-ритма в лобно-височном регионе и показателями интеллекта, между частотой тета-ритма в височных отведениях и объемом кратковременной памяти, между частотой альфа-ритма в центральном и теменно-затылочном регионах и показателями в пробах на зрительно-пространственный синтез, а также между мощностью бета-ритма и скоростью психомоторных реакций [5].

Кроме того, авторы отмечают, что когнитивные операции, осуществляемые несколькими регионами мозга, производятся с помощью медленно-волновых

осцилляций (дельта- и тета-ритмы), в то время как синтез простых зрительных паттернов осуществляется на более высоких частотах (альфа- и бета-диапазоны) [6].

Однако следует отметить, что многие подобные исследования проводились с участием взрослых испытуемых и подростков. В отношении детей более раннего возраста настоящие вопросы остаются малоизученными. В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является установление связей между характеристиками ЭЭГ и уровнем когнитивного развития детей 4-6 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 35 практически здоровых детей 4–6 лет (19 мальчиков и 16 девочек). Поскольку испытуемые не достигли пубертатного периода, то в дальнейшем показатели ЭЭГ и психологического тестирования рассматриваются для объединенной группы мальчиков и девочек. Регистрация, обработка и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-3» (фирма «Нейрософт», г. Иваново) и персонального компьютера. Для обработки данных использовалась компьютерная программа «EEG Mapping 3» (программист Е.Н. Зинченко). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от фронтальных (F3, F4, Fz), центральных (C3, C4, Cz), теменных (P3, P4, Pz), височных (T3, T4) и затылочных (O1, O2) локусов по системе 10–20. Референтным электродом служили объединенные контакты, закрепленные на мочках ушей. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли, соответственно, 1,5 и 35 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 250 Гц. Сигналы обрабатывались с помощью быстрых преобразований Фурье.

У детей регистрировали ЭЭГ при закрытых и открытых глазах в состоянии двигательного покоя. Длительность каждой записи составляла 120 секунд.

Определяли значения относительной мощности (ОМ) ЭЭГ в следующих частотных диапазонах, соответствующих: дельта- (1–4 Гц), тета- (4–8 Гц), альфа- (8–13 Гц), бета1- (14–20 Гц) и бета2- (21–30 Гц) ритмам. ОМ для каждого ритма ЭЭГ рассчитывалась как отношение мощности отдельного ритма к сумме мощностей всех исследованных ритмов диапазона 1–30 Гц в каждом отведении. 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.

Для оценки уровня интеллектуального развития детей 4-5 лет использовали тест Векслера (WPPSI). Для оценки уровня интеллектуального развития детей 6 лет использовали тест Векслера (WISC) [7]. Оба теста состоят из 5 вербальных и 5 невербальных субтестов, которые измеряют разные способности, а в сумме дают коэффициент умственного развития ребенка (показатель IQ).

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 знаков, просмотренных 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 нажать на кнопку ведущей рукой со временем реакции не более эталонного 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 (в 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

Результаты корреляционного анализа показали наличие многочисленных статистически значимых связей между ОМ ритмов ЭЭГ при закрытых и открытых глазах в состоянии двигательного покоя с одной стороны, и показателями, характеризующими уровень развития когнитивных функций у детей 4-6 лет, с другой стороны.

Для показателя продуктивности внимания, определяемого с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова, были найдены положительные корреляции со значениями ОМ альфа-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (рис. 1).

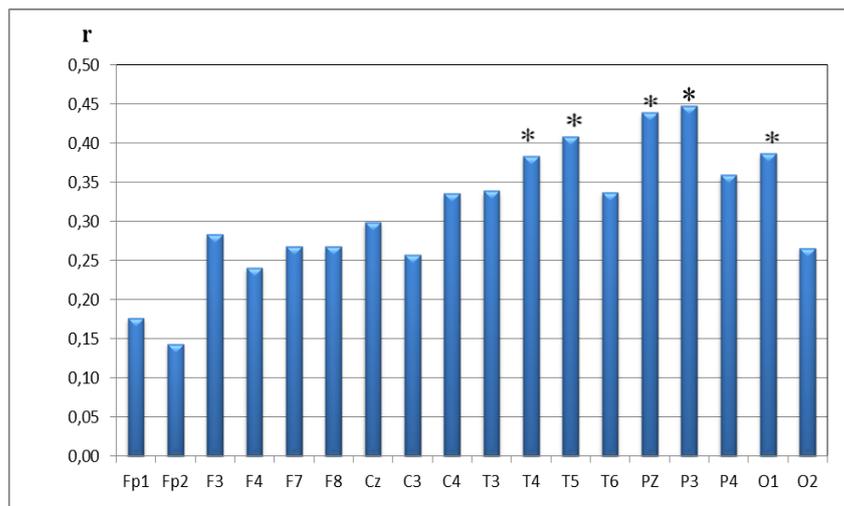


Рис. 1. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ альфа-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями продуктивности внимания, определяемыми с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова. По горизонтали – локусы отведений, по вертикали – значения коэффициентов корреляции (r). Звездочками отмечены случаи значимости корреляционной зависимости: * P < 0,05.

Также, для продуктивности внимания были найдены отрицательные корреляции со значениями ОМ дельта-ритма в отведении Т6 ЭЭГ при закрытых глазах ($r = -0,38$; $p = 0,05$). Преобладание медленной ритмики дельта-диапазона в основном рассматривается как свидетельство снижения тонуса коры, замедления течения нервных процессов [9]. Подавление медленноволновой активности рассматривается рядом исследователей как один из наиболее характерных признаков повышения функциональной активности мозга [10].

Положительные связи были выявлены между значениями точности внимания, определяемыми с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова, и значениями ОМ альфа-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (рис. 2).

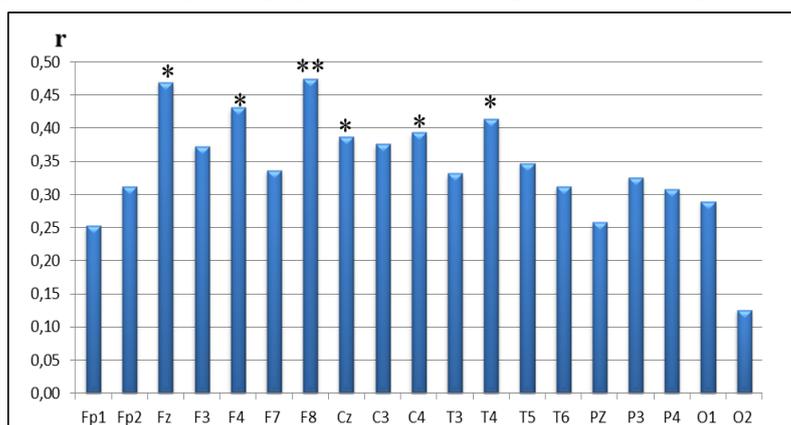


Рис. 2. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ альфа-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями точности внимания, определяемыми с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова. Двумя звездочками отмечен случай значимости корреляционной зависимости при $P < 0,01$. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Для точности внимания также были найдены положительные корреляции со значениями ОМ бета1-ритма в отведении F8 ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах ($r = 0,42$; $p = 0,03$). Кроме того, чем ниже были значения ОМ тета-ритма ЭЭГ в отведениях Cz и P4, зарегистрированной при открытых глазах, тем выше были показатели точности внимания ($-0,40 \leq r \leq -0,45$; $0,02 \leq p \leq 0,04$).

Также, чем ниже были значения ОМ дельта-ритма ЭЭГ при закрытых глазах, тем выше были показатели точности внимания (рис.3).

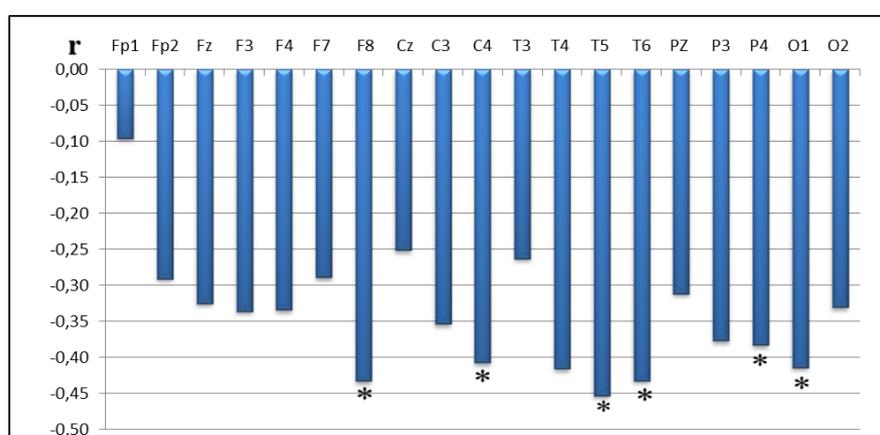


Рис.3. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ дельта-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями точности внимания, определяемыми с помощью корректурной пробы Бурдона–Анфимова. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Для показателей, получаемых в результате проведения go/no-go-теста, были установлены следующие связи с параметрами ЭЭГ. Так, среднее время реакции имело отрицательные корреляции со значениями ОМ альфа-ритма ЭЭГ при открытых глазах (рис. 4).

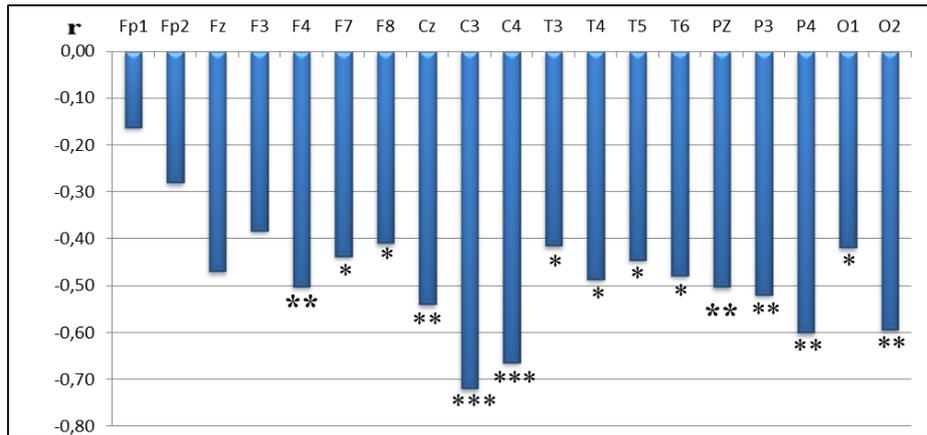


Рис. 4. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ альфа -ритма ЭЭГ при открытых глазах с показателями среднего времени реакции в тесте go/no-go. Три звездочки отмечены случаи значимости корреляционной зависимости при $P < 0,001$. Остальные обозначения те же, что на рис. 1 и 2.

Для ситуации спокойного бодрствования с закрытыми глазами были получены отрицательные корреляции среднего времени реакции со значениями ОМ бета1-ритма ЭЭГ (в отведении Т6; $r = -0,42$; $p = 0,04$). Также, среднее время реакции имело положительные корреляции со значениями ОМ тета-ритма ЭЭГ (в отведениях С4, Р4, О1; $0,43 \leq r \leq 0,47$; $0,02 \leq p \leq 0,04$).

Число ошибок пропуска значимых стимулов имело положительные корреляции с показателями ЭЭГ при открытых глазах, а именно, со значениями ОМ тета-ритма (рис. 5).

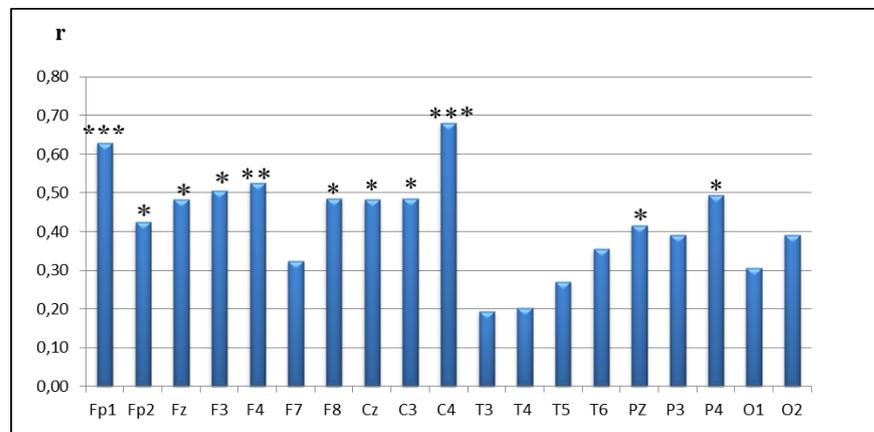


Рис. 5. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ тета-ритма ЭЭГ при открытых глазах с числом ошибок пропуска значимых стимулов в тесте go/no-go. Обозначения те же, что на предыдущих рисунках.

Также, число ошибок пропуска значимых стимулов имело отрицательные корреляции со значениями ОМ дельта-ритма (в отведениях Fp1, Fz, F3, F8; $-0,41 \leq r \leq -0,46$; $0,02 \leq p \leq 0,048$) ЭЭГ при открытых глазах. Значимые положительные корреляции были также получены для значений ОМ тета-ритма (в отведении С3; $r = 0,44$; $p = 0,03$) и отрицательные корреляции для значений ОМ бета1-ритма (в отведении F8; $r = -0,45$; $p = 0,03$) ЭЭГ при закрытых глазах.

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 [11, 12]. Однако электроэнцефалографическая реакция на новые стимулы у детей представлена усилением выраженности медленных волн тета-диапазона, что отличает ее от зрелого электроэнцефалографического компонента ориентировочной реакции в виде блокады альфа-ритма.

Многочисленные корреляции были выявлены между оценками по вербальным и невербальным шкалам Теста Векслера и значениями ОМ ЭЭГ. Так, для вербального субтеста «Осведомленность» положительные связи были обнаружены со значениями ОМ тета-ритма ЭЭГ (в отведениях С4, Т4; $0,34 \leq r \leq 0,37$; $0,03 \leq p \leq 0,04$), зарегистрированной при закрытых глазах. Для ситуации спокойного бодрствования с открытыми глазами были получены положительные корреляции со значениями ОМ тета-ритма ЭЭГ (в отведениях Cz, Т5, Pz, О1, О2; $0,35 \leq r \leq 0,45$; $0,007 \leq p \leq 0,04$) и ОМ бета2-ритма (в отведениях Cz, С4; $0,35 \leq r \leq 0,39$; $0,02 \leq p \leq 0,04$).

Обратные зависимости были выявлены между оценками по вербальному субтесту «Осведомленность» и значениями ОМ дельта-ритма ЭЭГ при открытых глазах (рис. 6).

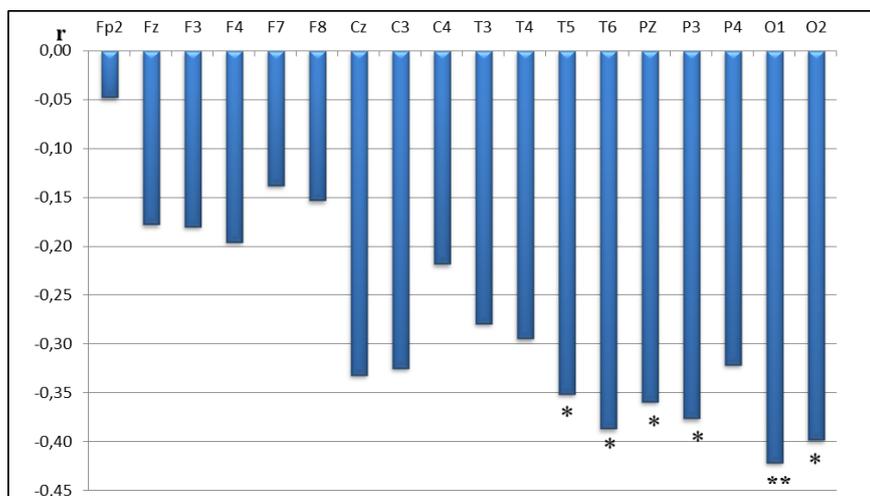


Рис. 6. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ дельта-ритма ЭЭГ при открытых глазах с показателями по вербальному субтесту «Осведомленность» в тесте Векслера. Обозначения те же, что на предыдущих рисунках.

Для вербального субтеста «Словарный» были обнаружены положительные связи со значением ОМ тета-ритма ЭЭГ (в отведениях F7, T5; $0,38 \leq r \leq 0,41$; $0,01 \leq p \leq 0,02$) зарегистрированной при закрытых глазах. Известно, что ритмические колебания тета-диапазона связаны с осуществлением когнитивных процессов – селективным фокусированием внимания, ассоциативным обучением, кратковременной памятью, извлечением следов памяти, эмоциональным реагированием [13, 14]. 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

Для вербального субтеста «Понятливость» были получены положительные корреляции со значениями ОМ тета-ритма (в отведении O2; $r = 0,49$; $p = 0,003$), а также отрицательные корреляции со значениями ОМ дельта-ритма ЭЭГ (в отведении O2; $r = -0,34$; $p = 0,05$) и значениями ОМ бета1-ритма ЭЭГ (в отведении O1; $r = -0,34$; $p = 0,04$), зарегистрированной при открытых глазах. Положительные связи были установлены со значением ОМ тета-ритма (в отведениях C3, Pz, P3, P4; $0,36 \leq r \leq 0,42$; $0,01 \leq p \leq 0,04$) ЭЭГ при закрытых глазах.

Для невербального субтеста «Сходство» были обнаружены положительные корреляции со значением ОМ тета-ритма (в отведениях P4, O2; $0,34 \leq r \leq 0,37$; $0,03 \leq p \leq 0,05$) и отрицательные корреляции со значениями ОМ дельта-ритма (в отведениях C3, T6, P3, P4; $-0,36 \leq r \leq -0,43$; $0,009 \leq p \leq 0,02$) ЭЭГ при открытых глазах и ОМ бета2-ритма (в отведении F8; $r = -0,39$; $p = 0,02$) ЭЭГ при закрытых глазах. Также были получены положительные корреляции с ОМ тета-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах (рис. 7).

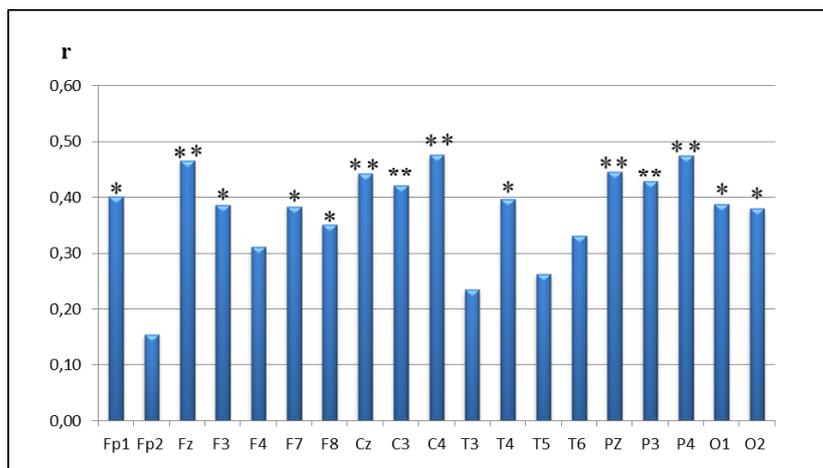


Рис.3.7. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ тета-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями по невербальному субтесту «Сходство» в тесте Векслера. Обозначения те же, что на предыдущих рисунках.

Для невербального субтеста «Шифровка» были получены положительные связи со значениями ОМ дельта-ритма (в отведениях F7, F8, T4; $0,44 \leq r \leq 0,48$; $0,02 \leq p \leq$

0,04) и отрицательные со значениями ОМ тета-ритма (в отведениях F8, T4; $-0,51 \leq r \leq 0,55$; $0,008 \leq p \leq 0,01$) ЭЭГ при открытых глазах, а также отрицательные корреляции со значениями ОМ тета-ритма (в отведениях T3, T5; $-0,50 \leq r \leq -0,55$; $0,02 \leq p \leq 0,04$) ЭЭГ при закрытых глазах.

Положительные корреляции были получены между оценками по невербальным субтестам «Дома животных\Шифровка» и значениями ОМ бета1-ритма (в отведениях F8, T4, T6; $0,335 \leq r \leq 0,337$; $0,047 \leq p \leq 0,048$) и со значениями ОМ бета2-ритма (в отведениях T3, T4; $0,36 \leq r \leq 0,37$; $0,027 \leq p \leq 0,03$), отрицательные корреляции были получены со значениями ОМ тета-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах (рис. 8).

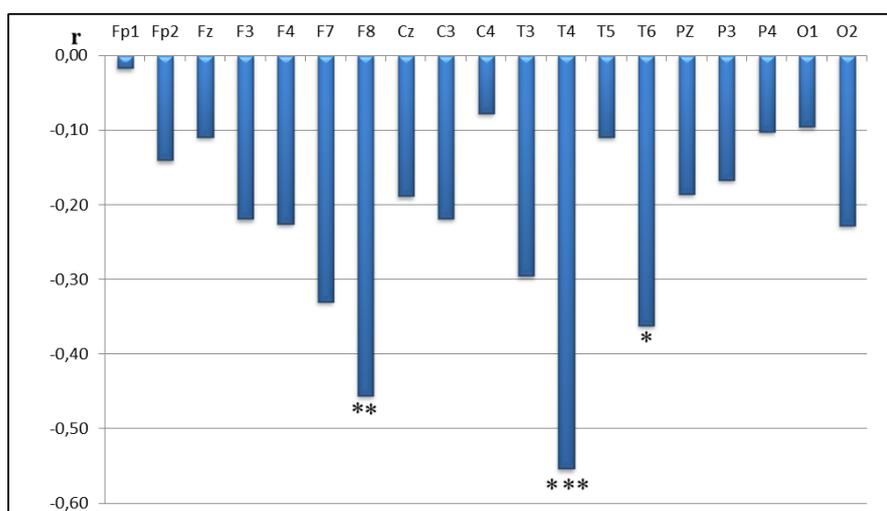


Рис. 8. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ тета-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями по невербальным субтестам «Дома животных\Шифровка» в тесте Векслера. Обозначения те же, что на предыдущих рисунках.

Также для данных шкал были найдены положительные связи со значениями ОМ бета2-ритма (в отведении F7; $r = 0,35$; $p = 0,04$) ЭЭГ при закрытых глазах.

Для невербального субтеста «Последовательные картинки» были обнаружены отрицательные корреляции со значениями ОМ тета-ритма (в отведении T4; $r = -0,47$; $p = 0,03$), ОМ бета1-ритма ЭЭГ (в отведении T5; $r = -0,50$; $p = 0,02$), зарегистрированной при закрытых глазах.

Также для данного субтеста были обнаружены отрицательные корреляции со значениями ОМ бета2-ритма ЭЭГ при закрытых глазах (рис. 9).

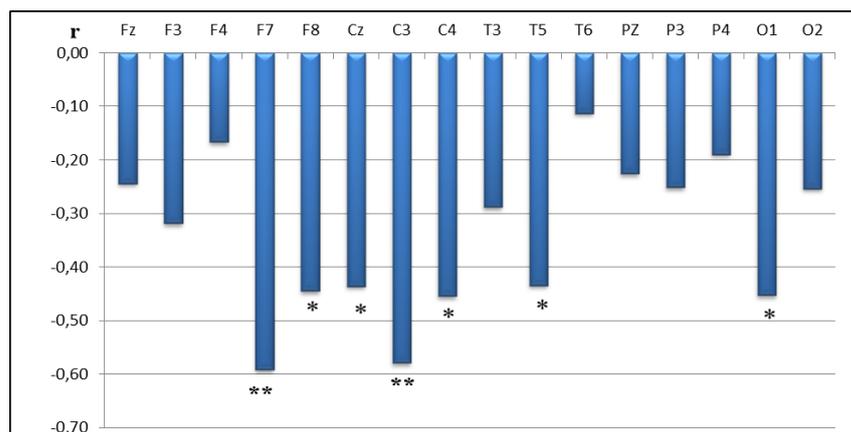


Рис. 9. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ бета2-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями по невербальному субтесту «Последовательные картинки» в тесте Векслера. Обозначения те же, что на предыдущих рисунках.

Положительные связи были получены между оценками по невербальной шкале «Лабиринты» и значениями ОМ альфа-ритма (в отведениях Pz, P3; $0,57 \leq r \leq 0,64$; $0,02 \leq p \leq 0,04$), а также значениями ОМ бета2-ритма (в отведении T3; $r = 0,55$; $p = 0,05$) ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. Отрицательные связи были получены со значениями по данному субтесту и ОМ дельта-ритма (в отведении O1; $r = -0,61$; $p = 0,03$) ЭЭГ, зарегистрированной также при открытых глазах. Для ситуации спокойного бодрствования с закрытыми глазами были получены отрицательные корреляции со значениями ОМ бета2-ритма ЭЭГ (в отведении O1; $r = -0,69$; $p = 0,008$).

Для невербального субтеста «Складывание фигур» были обнаружены отрицательные корреляции со значениями ОМ бета2-ритма (в отведениях F7, F8; $-0,57 \leq r \leq 0,68$; $0,02 \leq p \leq 0,0005$) ЭЭГ при открытых глазах и значениями ОМ бета2-ритма (в отведении F8; $r = 0,47$; $p = 0,03$) ЭЭГ при закрытых глазах.

Положительные связи были получены между общим уровнем вербального интеллекта и значениями ОМ тета-ритма (в отведениях Pz, P4, O1, O2; $0,34 \leq r \leq 0,53$; $0,0009 \leq p \leq 0,04$), ЭЭГ при открытых глазах. Отрицательные связи были обнаружены со значениями ОМ дельта-ритма ЭЭГ (в отведениях T6, P3; $-0,35 \leq r \leq -0,36$; $0,036 \leq p \leq 0,037$), зарегистрированной при открытых глазах.

Также положительные корреляции были получены между общим уровнем вербального интеллекта и значениями ОМ тета-ритма ЭЭГ при закрытых глазах (рис. 10).

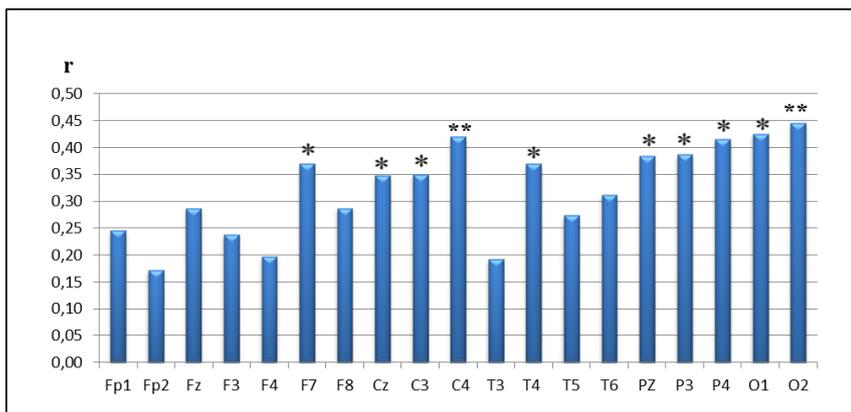


Рис.3.10. Значения коэффициентов корреляции (r) ОМ тета-ритма ЭЭГ при закрытых глазах с показателями по шкале «Вербальный интеллект» в тесте Векслера. Обозначения те же, что на предыдущих рисунках.

Отрицательные связи были получены между общим уровнем невербального интеллекта и значениями ОМ бета2-ритма (в отведениях F7, F8; $-0,34 \leq r \leq -0,38$; $0,02 \leq p \leq 0,05$) ЭЭГ при открытых глазах, а также положительные связи со значениями ОМ бета1-ритма ЭЭГ (в отведении Fp1; $r = 0,37$; $p = 0,03$), зарегистрированной при открытых глазах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенного исследования были выявлены статистически значимые корреляции между характеристиками ЭЭГ и показателями, характеризующими уровень когнитивного развития, у детей 4-6 лет.

2. Меньшим значениям мощности дельта-ритма и большим значениям мощности альфа-ритма ЭЭГ у детей 4-6 лет соответствовали статистически значимо более высокие показатели точности внимания, определяемые с помощью корректурной пробы Бурдона-Анфимова.

3. Более высоким значениям мощности тета-ритма ЭЭГ соответствовали статистически значимо более высокие показатели вербального интеллекта, определяемые с помощью теста Векслера; меньшим значениям мощности дельта-ритма соответствовали более высокие показатели по вербальной шкале теста Векслера «Осведомленность».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования, науки и молодежи Республики Крым в рамках научного проекта № 17-415-92001.

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

Список литературы

1. Пизова Н. В. Когнитивные нарушения в детском возрасте / Н. В. Пизова // Педиатрия. – 2011. – № 4.
2. Кропотов Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Ю. Д. Кропотов. – Донецк: Издатель Заславкий Ю. А., 2010. – 506 с.
3. 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.
4. Луцюк Н. В. Связь характеристик ЭЭГ-потенциалов с уровнем развития показателей внимания у детей 12-13 лет / Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко // Нейрофизиология. Neurophysiology. – 2006. – Т. 38, № 3. – С. 248-256.
5. Polunina A. G. EEG correlates of Wechsler Adult Intelligence Scale / A. G. Polunina, D. M. Davydov // Int. J. Neuroscience. – 2006. – V. 116. – P. 1231–1248.
6. Полунина А. Г. Интеллект и биоэлектрическая активность головного мозга у детей: возрастная динамика в норме и при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью. / А. Г. Полунина, Е. А. Брюн Русский журнал детской неврологии. Т.5 №3 2010 С. 31-46.
7. Ильина, М. Н. Психологическая оценка интеллекта у детей / М. Н. Ильина – П.: Питер, 2006. – 368 с.
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. Delta rhythm in wakefulness: evidence from intracranial recordings in human beings / R N, Sachdev, N. Gaspard, J.L. Gerrard, L. J. Hirsch, D. D. Spencer, H. P. Zaveri // J. Neurophysiol. 2015 Aug;114(2):1248-54.
11. Jensen O. On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling / O. Jensen, P. Goel, N. Kopell [et al.] 11. NeuroImage, 26, 2, 347 (2005).
12. Яковенко И. А. Изменения бета-ритма при введении сигналов go/ного в паузе между целевым и пусковым стимулами / И. А. Яковенко, Е. А. Черемушкин, М. К. Козлов // Журнал ВНД им. И.П. Павлова том: 65 номер: 4 год: 2015 страницы: 410.
13. 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.
14. Colgin L L. Mechanisms and functions of theta rhythms / L. L. Colgin // Annu Rev Neurosci. 2013 Jul 8; 36:295-312.

THE RELATIONS BETWEEN EEG CHARACTERISTICS AND LEVEL OF COGNITIVE DEVELOPMENT IN CHILDREN AGED 4-6

Kaida A. I., Eismont E. V., Rahmanova S. A., Pavlenko V. B.

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

The aim of the current study was to establish links between the EEG characteristics and the level of cognitive development, as well as values of voluntary attention of children aged 4-6. A total of 35 practically healthy children participated in this study. The EEG parameters were recorded, processed, and analyzed according to the standard technique using an automatic complex consisting of an electroencephalograph (Neuron Spectrum-

3) and a personal computer. The intelligence quotient was assessed using the Wechsler test (WISC) and (WPPSI). The values of voluntary attention were evaluated using the Bourdon-Anfimov proof-reading test and the «go/no-go» test. The EEG was recorded in a state of motor rest, the children were asked to relax for 120 s with closed and opened eyes. The values of the EEG relative power were measured in the following frequency ranges: delta (1-4 Hz), theta (4-8 Hz), alpha (8-13 Hz), beta1- (14-20 Hz) and beta2- (21-30 Hz) rhythms. The differences in the EEG rhythms power were analyzed under the electrodes F_z, F₃, F₄, C_z, C₃, C₄, P_z, P₃, P₄, T₃, T₄ and O₁, O₂. The lower values of the delta-rhythm relative power and the greater values of the alpha-rhythm power corresponded to higher accuracy indicators, determined using the Bourdon-Anfimov proof reading. Also, positive correlations were found between values of the theta-rhythm relative power and quantity of verbal intelligence in the Wechsler test. The average reaction time in the «go/no-go» test had negative correlations with the values of alpha-rhythm relative power. Negative correlations were found between the values of the delta rhythm relative power and the values of the «Information» scale in the Wechsler test.

Keywords: electroencephalogram, delta-rhythm, theta-rhythm, alpha-rhythm, beta-rhythm, cognitive functions, children.

References

1. Pizova N. V. Cognitive impairment in childhood, *Pediatrics*, **4** (2011).
2. Kropotov Y. D., Quantitative EEG, cognitive evoked potentials of the human brain and neurotherapy, *Donetsk: Publisher Zaslavkiy Y. A.*, 506 (2010)
3. 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).
4. Lutsyuk N. V, Eismont E.V., Pavlenko V. B. Relationship between the characteristics of EEG potentials and the level of development of attention indices in children 12-13 years, *Neurophysiology*, **38**(3), 248 2006.
5. Polunina A.G. Davydov D. M. EEG correlates of Wechsler Adult Intelligence Scale, *Int. J. Neuroscience*. **116**, 1231 (2006).
6. Polunina AG, Brun E.A. Intellect and bioelectrical activity of the brain in children: age dynamics in norm and in attention deficit disorder with hyperactivity. *Russian Journal of Pediatric, Neurology*, **5**(3), 31 (2010).
7. Ilina M. N. Psychological evaluation of intelligence in children, *Peter*, 368 (2006).
8. Rogov, E.I. Handbook of a practical psychologist in education, *Moscow: Vldos*, (1995).
9. Umryukhin E.A. Dzhebrailova T. D., Korobeinikova I. I. Individual features of achieving the results of purposeful activity and spectral characteristics of students' EEG in the pre-examination situation, *Psychological Journal*, **26**(4), 57 (2005).
10. Sachdev R. N, Gaspard N., Gerrard J. L., Hirsch L. J., Spencer D. D, Zaveri H. P., Delta rhythm in wakefulness: evidence from intracranial recordings in human beings, *J. Neurophysiol.* **114**(2), 1248 (2015).
11. Jensen O., Goel P., Kopell N. [et al.], On the human sensorimotor-cortex beta rhythm: Sources and modeling, *NeuroImage*, **26**(2), 347 (2005).
12. Yakovenko I. A., Cheremushkin E. A., Kozlov M. K., Changes in the beta-rhythm with the introduction of go / nogo signals in the pause between the target and the trigger stimuli, *VNI them. I.P. Pavlova*, **65**(4), 410 (2015).
13. Basar E., Schurman M., Sakowitz O., The selectively distributed theta-system: Function, *Int. J. Psychophysiol.*, **39**(2-3), 197 (2001).
14. Colgin L. L., Mechanisms and functions of theta rhythms, *Annu Rev Neurosci.* **8** (36), 295 (2013).