

УДК 612.821

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ РЕАКТИВНОСТИ МЮ-РИТМА ЭЭГ И УРОВНЕМ ИНТЕЛЛЕКТА У ДЕТЕЙ 4-14 ЛЕТ

Кайда А. И., Махин С. А., Эйсмонт Е. В., 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 являлся анализ взаимосвязи между параметрами реактивности мю-ритма ЭЭГ в индивидуально рассчитанном частотном диапазоне и уровнем интеллекта у детей 4–14 лет (N=74). При реализации самостоятельных движений с помощью компьютерной мыши выявлено влияние фактора «Локус», а также значимые различия в реактивности мю-ритма при взаимодействии факторов «Возраст» и «Локус». В ситуации наблюдения за движениями другого человека значимое влияние на величину десинхронизации мю-ритма оказывал фактор «Локус» и его взаимодействие с факторами «Возраст» и «Интеллект». Ситуация подражания движениям другого человека показала значимое влияние на реактивность мю-ритма исключительно фактора «Интеллект».

Ключевые слова: ЭЭГ, сенсомоторный ритм, мю-ритм, интеллект, зеркальная система мозга, дети.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий биоэлектрическая активность мозга используется в качестве индикатора динамики разнообразных психических явлений. В результате многочисленных исследований было установлено, что процессы запоминания и извлечения памятного следа, активации внимания и принятия решений отражаются в изменении частотно-амплитудных параметров альфа-ритма ЭЭГ [1, 2]. При исследованиях уровня интеллекта (IQ) также было показано наличие положительной корреляции с мощностью альфа-ритма ЭЭГ, зарегистрированного у детей в состоянии относительного покоя [3]. Положительная связь с интеллектом была также найдена для таких показателей ЭЭГ, как когерентность в диапазоне альфа-ритма [4]. Также было показано, что для людей с более высоким уровнем общего интеллекта при обработке информации характерна большая активация левого полушария по сравнению с людьми с низкими его значениями. Данный феномен в записи ЭЭГ отражается большей депрессией альфа-ритма в левом полушарии [5].

Многочисленные исследования показали, что снижение амплитуды разновидности альфа-активности – мю-ритма (8–13 Гц), регистрируемого над сенсомоторной корой, отражает моторное моделирование, возникающее в ответ на подготовку и выполнение движений. Существует доказательства того, что мю-ритм регистрируется не только над центральными областями мозга. Так, в недавних

работах сообщается о десинхронизации мю-активности над теменными и лобными областями в ответ на выполнение действий [6, 7].

В последнее десятилетие мю-ритм привлек внимание и специалистов в области когнитивной нейробиологии, отчасти благодаря его связи с системой зеркальных нейронов человека [8]. Данная система у человека опосредует обучение посредством подражания [9]. В работе Gardony et al. было показано, что реактивность мю-ритма ЭЭГ может служить инструментом для оценки моторного моделирования в когнитивных задачах [10].

В одном из исследований с участием взрослых волонтеров было показано, что десинхронизация низкочастотного альфа-ритма была максимальной в группе людей с высоким уровнем интеллекта и минимальной – с низким. Значимая десинхронизация высокочастотного альфа-ритма имела место лишь в выборке с высокими показателями интеллекта и менее всего была выражена в выборке со средним уровнем интеллекта [11]. Однако вопрос об отражении уровня интеллекта в активности сенсомоторного ритма ЭЭГ детей остается неизученным. В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является анализ взаимосвязи между параметрами реактивности мю-ритма ЭЭГ и уровнем общего интеллекта у детей 4–14 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 74 ребенка в возрасте 4–14 лет (42 мальчика и 32 девочки). Регистрация, обработка и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр – 3» и двух персональных компьютеров. Для обработки данных использовалась компьютерная программа «EEG Mapping 3». ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно по системе 10–20. В дальнейшем анализе использовались фронтальные (F3, F4, Fz), центральные (C3, C4, Cz) и теменные (P3, P4, Pz) локусы. В качестве референтного электрода 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. Обработка сигналов производилась с помощью быстрого преобразования Фурье с последующим сглаживанием по методу Баттерворта. В качестве эпох анализа использовались временные интервалы по 3 секунды с перекрытием 50%.

Задачей исследования была регистрация паттернов ЭЭГ в рамках трех экспериментальных блоков: (1) выполнение самостоятельных движений мышью по кругу, (2) наблюдение за аналогичными движениями, выполняемыми экспериментатором и (3) имитация движений экспериментатора. Оценивался индекс реактивности мощности мю-ритма, диапазон которого определялся индивидуально для каждого испытуемого.

Методика расчета индивидуального частотного диапазона основывалась на выделении отрезка ЭЭГ в диапазоне от 6 до 13 Гц шириной 2 Гц, которому соответствует максимальная реакция десинхронизации (падения) в отведении С3 при совершении самостоятельно контролируемых движений правой рукой относительно

условия зрительной фиксации на видеоизображении неподвижно лежащей на столе компьютерной мыши. Сравнивались усредненные мощности биопотенциалов, зарегистрированные на протяжении одной минуты (2 x 30 секунд), соответствующие экспериментальным ситуациям фиксации взгляда на неподвижной компьютерной мыши и самостоятельных движений. Для этого полный частотный диапазон сенсомоторного ритма разбивался на отрезки шириной в один Гц, каждый из которых оценивался с целью поиска реакции максимальной десинхронизации. В зависимости от ее величины выбирались два смежных отрезка, демонстрирующие максимальное падение относительно других. Далее они рассматривались как индивидуальный частотный диапазон сенсомоторного ритма.

Для дальнейшего статистического анализа и сравнения показателей выборку детей разделили на 2 группы в соответствии с возрастом. В первую группу вошли 53 ребенка в возрасте от 4 до 9 лет. Во вторую группу вошел 21 ребенок в возрасте от 10 до 14 лет. Десятилетний возраст рассматривался нами как период, непосредственно предшествующий вхождению ребенка в ранний пубертат [12], который может выступать источником существенных изменений в ряде психофизиологических показателей, включая и функциональную реактивность ЭЭГ в задачах, содержащих элементы социального восприятия и взаимодействия.

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) [13]. Оба теста состоят из 5 вербальных и 5 невербальных субтестов, которые измеряют разные способности, а в сумме дают коэффициент умственного развития ребенка (показатель IQ). На основании результатов тестирования были сформированы 2 группы по интеллекту: $IQ \leq 110$ (нормальный и нормальный ниже среднего) – 43 ребенка и $IQ \geq 110$ (выше среднего) – 31 ребенок. Данный принцип деления использовался с целью выделения выборки индивидов с тенденцией к более высоким оценкам общего интеллекта для последующего сравнения их с группой среднего и ниже среднего уровня интеллекта в рамках нормальных значений.

Индекс реактивности рассчитывался с помощью логарифмирования (с помощью десятичного логарифма) отношения экспериментального условия к соответствующему ему исходному. Значения ниже нуля рассматриваются как десинхронизация (супрессия) мю-ритма, выше нуля – как синхронизация мю-ритма.

Значимость различий в индексах реактивности при сопоставлении экспериментальных условий оценивалась с помощью дисперсионного анализа с повторными измерениями (repeated measures ANOVA). Оценивалось влияние таких интересующих факторов, как возрастная группа («Возраст») и уровень интеллекта («Интеллект»), а также интрасубъектного фактора, в качестве которого выступал локус отведения ЭЭГ («Локус»): по схеме 2x2x9.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ситуация выполнения самостоятельных движений с помощью компьютерной мыши характеризовалась отсутствием влияния основных факторов «Интеллект» и «Возраст» на реактивность мощности индивидуального мю-ритма для всех

отведений ЭЭГ в совокупности. Однако выявлено влияние фактора «Локус» ($F(8, 552) = 32,934$; $\eta_p^2 = 0,323$; $p < 0,001$), а также значимые различия в реактивности мю-ритма при взаимодействии факторов «Возраст» и «Локус» ($F(8, 552) = 6,515$; $\eta_p^2 = 0,086$; $p < 0,001$). Ниже представлены возрастные различия в реактивности мощности мю-ритма в каждом из анализируемых отведений ЭЭГ (Рис. 1). Уровень значимости различий отдельно для каждого отведения определялся с помощью метода индивидуальных контрастов (F-статистика).

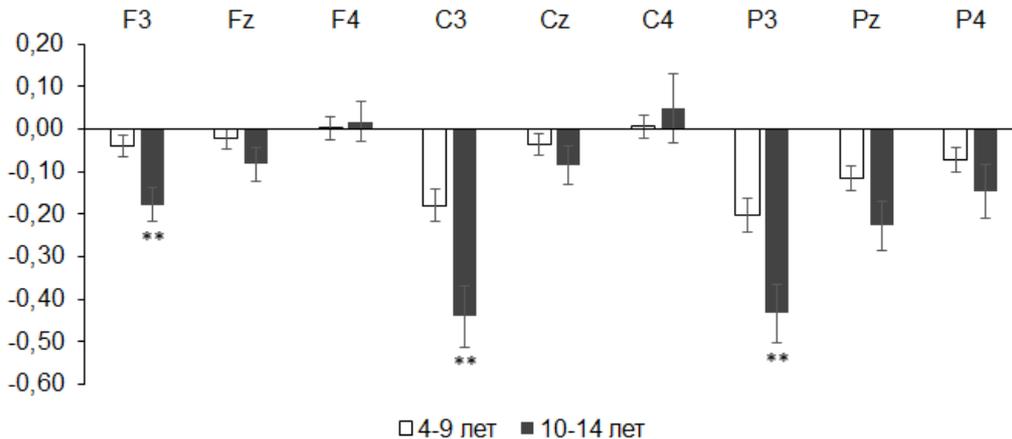


Рис. 1. Величины индексов десинхронизации индивидуального мю-ритма ЭЭГ в отведениях F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4 в группах детей в возрасте 4–9 и 10–14 лет. Значимые межгрупповые различия обозначены символами «**» и соответствуют уровню значимости $p < 0,01$.

Наиболее выраженные и значимые различия между двумя возрастными группами детей в величине реактивности индивидуального мю-ритма при реализации самостоятельных движений с помощью компьютерной мыши имеют место в левом полушарии и локализованы в отведениях F3, C3 и P3. Старшая выборка детей демонстрирует более высокую депрессию мю-ритма в зонах коры, контралатеральных используемой испытуемыми правой руке. По-видимому, данный феномен можно объяснить более развитой у них системой планирования (фронтальная кора, локус F3), реализации (центральная область коры, локус C3) и сенсомоторной интеграцией (теменная область, локус P3) выполняемых в соответствии с инструкцией экспериментатора движений.

Выраженная десинхронизация не только в центральных, но и в теменных отведениях может быть результатом процесса синтеза визуо-моторной информации, необходимого для лучшей координации движений и опосредованного задней теменной корой [7].

Анализ ситуации наблюдения за движениями другого человека выявил значимое влияние на величину десинхронизации мю-ритма фактора «Локус» ($F(8, 560) = 13,014$; $\eta_p^2 = 0,157$; $p < 0,001$), его взаимодействия с фактором «Возраст» ($F(8, 560) = 3,772$; $\eta_p^2 = 0,051$; $p < 0,001$), а также совместного взаимодействия с

факторами «Возраст» и «Интеллект» ($F(8, 560) = 2,227$; $\eta_p^2 = 0,031$; $p = 0,024$). Особенности влияния фактора «Возраст» на реактивность мю-ритма отдельно для каждого отведения ЭЭГ в сопоставлении для двух выборок с различным уровнем общего интеллекта представлены на рисунке (Рис. 2).

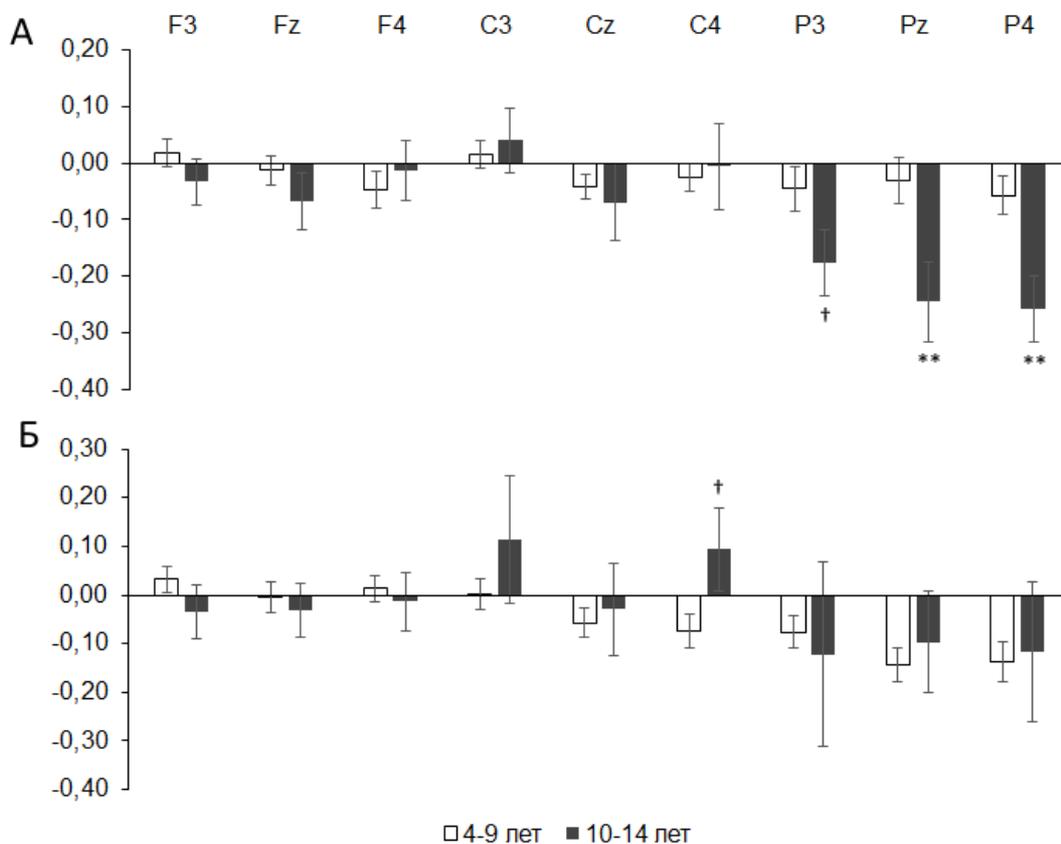


Рис. 2. Величины индексов десинхронизации индивидуального мю-ритма ЭЭГ в отведениях F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4 в группах детей в возрасте 4–9 и 10–14 лет отдельно для выборок детей с уровнем общего интеллекта, соответствующим средним и ниже среднего (А) и выше среднего (Б) показателям. Значимые возрастные различия обозначены символами «**» для уровня значимости $p < 0,01$ и «†» для $p < 0,10$.

Исходя из данных, полученных методом индивидуальных контрастов и представленных на рисунке выше, можно заключить, что относительно высокий уровень общего интеллекта нивелирует возрастные различия в показателях реактивности мю-ритма детей при условии наблюдения ими движений, осуществляемым другим человеком. Для уровня общего интеллекта, соответствующего средним и ниже среднего показателям (в пределах возрастной нормы), наблюдение действий другого человека вызывает значимо более высокую

десинхронизацию мю-ритма в группе детей в возрасте 10–14 лет по сравнению с выборкой детей в возрасте 4–9 лет. У детей старшего возраста мю-ритм десинхронизируется в наибольшей степени в зонах ассоциативной теменной коры. Вероятно, данный феномен отражает активацию большего объема когнитивных ресурсов, обеспечивающих восприятие ребенком старшего возраста сложного пространственно-временного паттерна наблюдаемых действий. Ранее нами уже была выявлена взаимосвязь между десинхронизацией альфа-ритма во фронтальных, центральных, и теменных отведениях в процессе наблюдения за действиями других и уровнем общего интеллекта у взрослых испытуемых [11].

Младшая выборка детей, возможно, характеризовалась тенденцией к пассивному наблюдению за действиями экспериментатора без существенных когнитивных усилий. В недавнем исследовании было показано, что для детей с лучшими сенсомоторными способностями характерно более быстрое и точное выполнение когнитивных задач [2].

Ситуация синхронного подражания движениям другого человека показала значимое влияние на реактивность мю-ритма исключительно фактора «Интеллект» ($F(1, 70) = 5,883$; $\eta_p^2 = 0,078$; $p = 0,018$), которое не дифференцировалось в связи с влиянием других изучаемых факторов. В качестве демонстрации однонаправленности влияния данного фактора на динамику мощности индивидуального мю-ритма в контексте рассматриваемого экспериментального условия ниже приведена соответствующая гистограмма (Рис. 3).

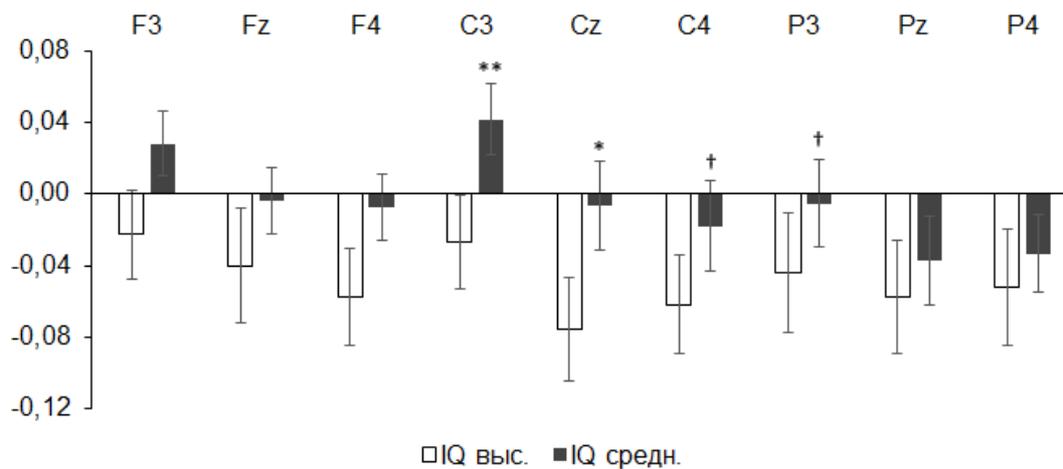


Рис. 3. Величины индексов десинхронизации индивидуального мю-ритма ЭЭГ в отведениях F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4 в сопоставлении выборок детей с различным уровнем общего интеллекта. «IQ выс.» – уровень общего интеллекта выше среднего. «IQ средн.» – уровень общего интеллекта средний и ниже среднего. Значимые возрастные различия обозначены символами «**» для уровня значимости $p < 0,01$, «*» для $p < 0,05$ и «†» для $p < 0,10$.

Исходя из характера закономерностей, представленных на рисунке, можно говорить о том, что относительно высокий уровень интеллекта предсказывает в целом бóльшую реактивность мю-ритма в ситуации синхронного подражания движениям другого человека. Полученные данные согласуются с результатами других исследований, проведенных с участием взрослых испытуемых [14]. Так у взрослых волонтеров с высоким уровнем невербального интеллекта, определенного с помощью теста Векслера [15] или диагностируемого с помощью опросника С. А. Беляева «Уровень эмоционального интеллекта» [14], десинхронизация мю-ритма была более выражена, чем у людей с низким уровнем невербального интеллекта

Связь между степенью десинхронизации мю-ритма детей при имитации движений взрослого экспериментатора и уровнем их интеллекта может быть объяснена исходя из представлений о зеркальной системе мозга. Поскольку реактивность данного ритма, как предполагают, отражает изменение активации зеркальных нейронов, расположенных в соматической зоне коры, а зеркальная система является критически важным компонентом понимания действий окружающих [8, 16, 17], мы предполагаем, что дети лучше воспринимающие и понимающие действия взрослых успешнее обучаются и развивают свой интеллект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенного исследования были выявлены особенности реактивности мю-ритма ЭЭГ у детей с разным уровнем общего интеллекта.
2. При выполнении самостоятельных движений с помощью компьютерной мыши наиболее выраженные и значимые различия в величине реактивности индивидуального мю-ритма между двумя возрастными группами детей (4–9 лет и 10–14 лет) были зарегистрированы в левом полушарии в отведениях F3, C3 и P3.
3. В ситуации наблюдения за движениями другого человека более выраженная десинхронизация мю-ритма была выявлена в группе детей в возрасте 10–14 лет в отведениях Pz и P4 по сравнению с выборкой детей в возрасте 4–9 лет.
4. Ситуация подражания движениям другого человека продемонстрировала положительную связь между степенью десинхронизации мю-ритма и уровнем интеллекта в обеих возрастных группах детей.

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

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

Список литературы

1. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // *Brain Res Rev.* – 1999. – No 29. – P. 169–95.
2. Mierau A. The interrelation between sensorimotor abilities, cognitive performance and individual EEG alpha peak frequency in young children / A. Mierau, M. Felsch, J. Mierau [et al.] // *Clin Neurophysiol.* – 2016 – No 127(1). – P. 270–276.
3. Schmid R. G. Correlation between spectral EEG parameters and intelligence test variables in school-age children / R. G. Schmid, W. S. Tirsch, H. Scherb // *Clin Neurophysiol.* – 2002. – No 113(10). – P. 1647–56.
4. Thatcher R. W. Intelligence and EEG measures of information flow: efficiency and homeostatic neuroplasticity / R. W. Thatcher, E. Palmero-Soler, D. M. North [et al.] // *Sci Rep.* – 2016. – Vol. 20, No 6. – P. 388–90.
5. Jausovec N. Differences in EEG current density related to intelligence / N. Jausovec, K. Jausovec // *Brain Res. Cogn. Brain Res.* – 2001. – Vol. 12, No 1. – P. 55–60.
6. Frenkel-Toledo S. Dynamics of the EEG power in the frequency and spatial domains during observation and execution of manual movements / S. Frenkel-Toledo, S. Bentin, A. Perry [et al.] // *Brain Res.* – 2013. – No 1509. – P. 43–57.
7. Thorpe S. G. Spectral and source structural development of mu and alpha rhythms from infancy through adulthood / S. G. Thorpe, E. N. Cannon, N. A. Fox // *Clin Neurophysiol.* – 2016. – No 127(1). – P. 254–269.
8. Pineda J. A. The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing” / J. A. Pineda // *Brain Research Reviews.* – 2005. – Vol. 50, No 1. – P. 57–68.
9. Cattaneo L. The mirror neuron system / L. Cattaneo, G. Rizzolatti // *Arch Neurol.* – 2009. – No 66(5). – P. 557–60.
10. Gardony A. L. Cognitive strategies in the mental rotation task revealed by EEG spectral power / A. L. Gardony, M. D. Eddy, T.T. Brunye [et al.] // *Brain Cogn.* – 2017. – No 118. – P. 1–18.
11. Аликина М. А. Люди с высоким уровнем общего интеллекта демонстрируют более выраженную десинхронизацию мю-ритма при наблюдении за действиями других / М. А. Аликина, С. А. Махин, В. Б. Павленко // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия.* – 2018. – Том 4 (70), №3. – С. 26–34.
12. Kail R.V. Cengage Advantage Books: Human Development: A Life-Span View. / R.V. Kail – Wadsworth Cengage Learning, 2010. – 768 p.
13. Ильина М. Н. Психологическая оценка интеллекта у детей / М. Н. Ильина – П.: Питер, 2006. – 368 с.
14. Махин С. А. Взаимосвязь между индивидуальным уровнем эмоционального интеллекта и реактивностью сенсомоторного ритма при синхронной имитации движений другого человека / С. А. Махин, А. А. Макаричева, Н. В. Луцюк [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия».* – 2013. – Т. 26 (65). – С. 121–131.
15. Anwar M.N. possible correlation between performance IQ, visuomotor adaptation ability and mu suppression / M. N. Anwar, M. S. Navid, M. Khan, [et al.] // *Brain Res.* – 2015. – No .1603. – P. 84–93.
16. Rizzolatti G. Mirrors in the brain: how our minds share actions and emotions / G. Rizzolatti, C. Sinigaglia. – Oxford University Press, 2008. – 242 p.
17. Pineda J. A. Sensorimotor cortex as a critical component of an 'extended' mirror neuron system: does it solve the development correspondence and control problems in mirroring? / J. A. Pineda // *Behavioral and Brain Functions.* – 2008. – Vol. 4, No 47. – P. 1–16.

RELATIONSHIP BETWEEN THE EEG MU-RHYTHM REACTIVITY AND INTELLIGENCE IN CHILDREN AGED 4-14

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

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

The aim of the present study was to analyze the relationship between the EEG mu-rhythm reactivity in the individual frequency range and the level of intelligence in children 4–14 years old (N = 74). 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 mu-rhythm reactivity index was measured in view of the range, individually for each determined subject. The significance of differences in reactivity indices was assessed with the help of ANOVA with repeated measures. The within-subjects factor was the EEG locus (nine leads), the between-subjects factors were age group («Age») and level of intelligence («Intelligence»). The condition of performed self-paced movements showed the influence of the «Locus» factor as well as significant differences in the mu-rhythm reactivity in the interaction of the «Age» and «Locus» factors. The most pronounced and significant differences in the mu-rhythm reactivity between the two age groups of children (4–9 years and 10–14 years) were recorded in the left hemisphere (leads F3, C3 and P3). The condition of movement observation, the «Locus» factor and its interaction with the «Age» and «Intelligence» factors had a significant impact on the mu-rhythm desynchronization. Significant mu-rhythm desynchronization was detected in the group of children aged 10–14 in leads Pz and P4 compared with a sample of children aged 4–9. The condition of movements imitation showed a significant effect on the mu-rhythm reactivity exclusively of the «Intelligence» factor. This condition showed a positive relationship between the degree of mu-rhythm desynchronization and the level of intelligence in both age groups.

Keywords: EEG, sensorimotor rhythm, mu-rhythm, intelligence, mirror neuron system, children.

References

1. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis, *Brain Res Rev.*, **29**, 169 (1999).
2. Mierau A., Felsch M., Mierau J., Bullermann P. The interrelation between sensorimotor abilities, cognitive performance and individual EEG alpha peak frequency in young children, *Clin Neurophysiol.*, **127**(1), 270 (2016).
3. Schmid R. G., Tirsch W. S., Scherb H. Correlation between spectral EEG parameters and intelligence test variables in school-age children, *Clin Neurophysiol.*, **113**(10), 1647 (2002).
4. Thatcher R. W., Palmero-Soler E., North D. M., Biver C. J. Intelligence and EEG measures of information flow: efficiency and homeostatic neuroplasticity, *Sci Rep.*, **20**(6.), 388 (2016).
5. Jausovec N., Jausovec K. Differences in EEG current density related to intelligence, *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, **12**(1), 55 (2001).
6. Frenkel-Toledo S., Bentin S., Perry A., Liebermann D. G., Soroker N. Dynamics of the EEG power in the frequency and spatial domains during observation and execution of manual movements, *Brain Res.*, **1509**, 43 (2013).

7. Thorpe S. G., Cannon E. N., Fox N. A. Spectral and source structural development of mu and alpha rhythms from infancy through adulthood, *Clin Neurophysiol.*, **127**(1), 254 (2016).
8. Pineda J. A., The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”, *Brain Research Reviews*, **50** (1), 57 (2005).
9. Cattaneo L., Rizzolatti G. The mirror neuron system, *Arch Neurol.*, **66**(5), 557 (2009).
10. Gardony A. L., Eddy M. D., Brunye T. T., Taylor H. A. Cognitive strategies in the mental rotation task revealed by EEG spectral power, *Brain Cogn.*, **118**, 1 (2017).
11. Alikina M. A., Makhin S. A., Pavlenko V. B. People with high level of general intelligence show more pronounced mu-rhythm desynchronization when observing actions performed by others, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University*, **4**(70), 3, 26 (2018).
12. Kail R.V. Cengage Advantage Books: Human Development: A Life-Span View, Wadsworth Cengage Learning, 768 (2010).
13. Iina M. N. Psychological evaluation of intelligence in children, Peter, 368 (2006).
14. Makhin S. A., Makaricheva A. A., Lutsyuk N. V., Cherny S. V. and Orekhova L. S., Interrelation between individual level of emotional intelligence and EEG sensomotor rhythm reactivity at the time of synchronized imitation of another person’s movement, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University*, **26**(65), 121 (2013).
15. Anwar M. N., Navid M. S, Khan M., A possible correlation between performance IQ, visuomotor adaptation ability and mu suppression, *Brain Res.*, **1603**, 84 (2015).
16. Rizzolatti G. and Sinigaglia C. *Mirrors in the brain: how our minds share actions and emotions*, 242 p. (Oxford University Press, 2008).
17. Pineda J. A., Sensorimotor cortex as a critical component of an ‘extended’ mirror neuron system: does it solve the development correspondence and control problems in mirroring?, *Behavioral and Brain Functions*, **4** (47), 1 (2008).