

УДК 612.822

ВЗАИМОСВЯЗЬ УРОВНЕЙ ОБЩЕГО И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА С АМПЛИТУДОЙ АЛЬФА- И БЕТА-РИТМОВ ЭЭГ ПОКОЯ

Павленко В. Б., Аликина М. А., Махин С. А.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: vprav55@gmail.com*

У 72 студентов в возрасте от 18 до 30 лет оценивали уровень общего интеллекта, выраженность показателей эмоциональной эмпатии и трудности идентификации чувств, а также определяли амплитуду альфа- и бета-ритмов ЭЭГ в ситуации относительного покоя. Выявлены значимые позитивные корреляции между уровнем общего интеллекта и амплитудой альфа-ритма в лобных и центральных отведениях. С показателем эмоциональной эмпатии значимо и позитивно коррелировала амплитуда бета-ритма (главным образом правого полушария). Показатель трудности идентификации чувств с амплитудой бета-ритма был связан значимо и негативно. Наиболее тесные связи при этом отмечены в локусах левого полушария. Полученные данные обсуждаются в свете концепции зеркальной системы мозга и функциональной асимметрии полушарий.

Ключевые слова: ЭЭГ, альфа- и бета-ритмы, общий интеллект, эмоциональный интеллект.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ нейрофизиологических механизмов, обеспечивающих когнитивные функции человека, является актуальной задачей современной физиологии ЦНС. Особый интерес представляет выявление взаимосвязей между паттерном ЭЭГ и уровнем развития интеллекта. Принято считать, что интеллект это совокупность разнообразных качеств личности, обеспечивающих способность рационально мыслить, целенаправленно действовать и на этой основе справляться с жизненными трудностями. При этом выделяют некий общий фактор g («генеральный фактор»), отражающий уровень ментальной энергии индивида и скорость мышления, а также отдельные факторы, обеспечивающий успешность человека в отдельных видах деятельности [1]. В качестве одного из таких факторов в последние годы рассматривают эмоциональный интеллект. Эмоциональный интеллект включает в себя способность человека к восприятию и пониманию эмоций других людей, рефлексию собственных эмоциональных состояний и управление ими, формирование эмоциональных знаний, умений и навыков. Люди с высокоразвитым эмоциональным интеллектом эффективно адаптируются к внутренним и внешним эмоциогенным событиям, успешны в социальной сфере, часто становятся эффективными лидерами социальной группы [2].

Особый интерес изучение нейрофизиологических механизмов общего и эмоционального интеллекта представляет в связи с концепцией зеркальной системы

мозга. Данная система отвечает за восприятие эмоций и действий окружающих людей, имплицитное понимание их целей (см. обзор [3]). Благодаря этой системе мы также способны эффективно взаимодействовать с другими индивидами в процессе обучения и, следовательно, успешно развивать свои интеллектуальные способности. Активность системы зеркальных нейронов сенсомоторной области коры проявляется в реактивности альфа-ритма, а моторной зоны коры – в реактивности бета-ритма ЭЭГ роландической области при восприятии действий окружающих. Указанные ритмы принято называть центральными, или сенсомоторными, их изучение позволяет объективно и неинвазивно оценивать активность зеркальной системы мозга человека [4–7]. Ранее в нашей лаборатории выявлены взаимосвязи между реактивностью сенсомоторных ритмов ЭЭГ студентов, зарегистрированных в ситуации наблюдения за движениями человека-модели и их воспроизведения, с одной стороны, и некоторыми характеристиками эмоционального интеллекта, с другой [8, 9]. Известно, что и в параметрах фоновой ЭЭГ (прежде всего в мощности и частоте альфа-ритма), зарегистрированной в состоянии относительного покоя, также отражается уровень общего интеллекта [10]. Однако взаимосвязь амплитуды альфа- и бета-ритмов покоя с уровнем общего и эмоционального интеллекта у одних и тех же испытуемых изучена недостаточно. В связи с этим, целью настоящего исследования было выявление возможных взаимосвязей между уровнями общего и эмоционального интеллекта молодых людей и амплитудой альфа- и бета-ритмов покоя центральных и иных отведений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 72 здоровых испытуемых в возрасте от 18 до 30 лет (23 мужчины и 49 женщин), являющихся студентами разных факультетов Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. ЭЭГ регистрировали при помощи 24-канального электроэнцефалографа «Нейрон спектр – 3» (фирма «Нейрософт», Иваново) в диапазоне частот от 1 до 30 Гц. ЭЭГ-потенциалы отводились монополярно от передних фронтальных (Fp1, Fp2), фронтальных (F3, F4, Fz), центральных (C3, C4, Cz), затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4, Pz), височных (T3, T4, T5, T6), затылочных (O1, O2) локусов в соответствии с международной системой наложения электродов 10-20. В качестве референтного электрода служили объединенные контакты, закрепленные на мочках ушей. Частота оцифровки ЭЭГ-сигналов составляла 250 Гц. Обработка сигналов производилась с помощью быстрых преобразований Фурье с последующим сглаживанием по методу Баттерворта.

Настоящее исследование является частью более широкой, комплексной исследовательской программы, направленной на изучение электрофизиологических и гуморальных коррелятов различных аспектов социальной перцепции и поведения [см. 8, 9]. В данной работе анализируется блок экспериментальных данных, описывающих показатели фоновой активности сенсомоторных ритмов, зарегистрированных во фронтальных, центральных и теменных отведениях, а также альфа- и бета-ритмы других отведений в состоянии относительного покоя. Запись проводили при открытых и закрытых глазах (в каждой ситуации общая

продолжительность записи составила по две минуты). В ситуации с открытыми глазами испытуемому давалась инструкция смотреть на экран компьютера с изображением неподвижной компьютерной мыши. В качестве частотного диапазона альфа-ритма был выбран интервал 8–13 Гц, бета-ритма – 14–30 Гц. Определяли среднюю амплитуду ритмов в указанных диапазонах, выраженную в микровольтах.

Уровень общего интеллекта испытуемых оценивали с помощью тестовой методики «Стандартные прогрессивные матрицы Равена» [11]. Данная методика предполагает выявление закономерностей в отношениях между абстрактными графическими элементами и является традиционным и одним из наиболее валидных инструментов для измерения фактора общего интеллекта g [1]. Для оценки отдельных аспектов развития эмоционального интеллекта у испытуемых использовалась модифицированная методика диагностики эмпатии А. Меграбяна и Н. Эпштейна [12] и опросник «Торонтская шкала алекситимии» (TAS-20) [13]. Опросник Меграбяна-Эпштейна – классическая методика, которая позволяет оценить общий уровень эмоциональной эмпатии, понимаемый как совокупность таких параметров, как восприятие и понимание чувств окружающих, а также выраженность способности к эмоциональному отклику на переживания. Из опросника TAS-20 для дальнейшего анализа брались оценки испытуемых по шкале «Трудность идентификации чувств». Высокие значения данного показателя указывает на сниженную способность к осознанию как собственных эмоциональных переживаний, так и эмоций других людей, что характерно для людей с выраженной алекситимией и нарушениями эмоционального интеллекта.

Статистические связи между значениями выделенных переменных анализировали с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена.

Настоящее исследование проводилось в соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации 1964 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значения показателей интеллекта обследованных испытуемых приведены в таблице 1. Как видно из указанной таблицы, крайние значения указанных показателей варьируют в значительных пределах. Можно предположить, что одной из причин таких вариаций являются особенности функционирования ЦНС, лежащие в основе разной быстроты мышления и разной эмоциональной чувствительности.

Таблица 1.

Показатели интеллекта у 72 испытуемых-студентов

Показатели интеллекта (баллы)	Среднее	Стандартное отклонение	Крайние значения
общий интеллект	47,57	7,35	19,00 – 60,00
эмоциональная эмпатия	22,50	6,32	7,00 – 33,00
трудность идентификации чувств	17,49	6,09	7,00 – 31,00

Указанные особенности в развитии ЦНС, как мы полагаем, могут отражаться в специфическом паттерне сенсомоторных ритмов ЭЭГ. Для проверки этого предположения нами вычислены коэффициенты корреляций по Спирмену между значениями альфа- и бета-ритмов, с одной стороны, и показателями общего и эмоционального интеллекта, с другой. Величины коэффициентов корреляций между уровнем показателя общего интеллекта и амплитудами указанных ритмов в состоянии относительного покоя представлены на рис. 1.

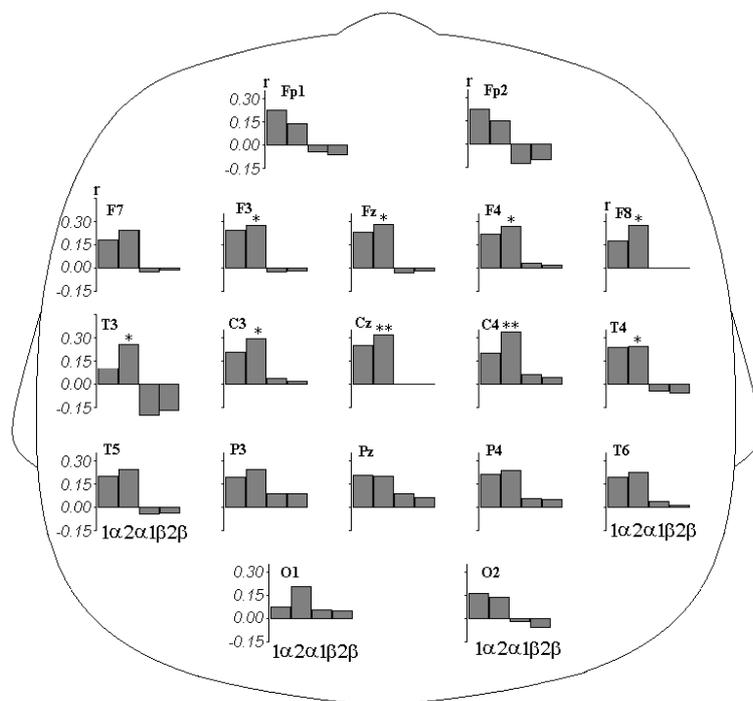


Рис. 1. Значения коэффициентов корреляций амплитуды ЭЭГ 72 испытуемых с показателями общего интеллекта.

Расположение диаграмм соответствует локусам регистрации ЭЭГ. По оси абсцисс: 1α и 1β – альфа- и бета-ритмы при закрытых глазах; 1α и 1β – те же ритмы при открытых глазах. По оси ординат: величины коэффициентов корреляций (r). * – корреляции значимы при $P < 0,05$, ** – при $P < 0,01$.

Как видно из рисунка 1, показатель общего интеллекта позитивно коррелирует с амплитудой альфа-ритма, зарегистрированного во фронтальных и центральных отведениях у испытуемых в ситуации при открытых глазах. Мы предлагаем следующую интерпретацию данной взаимосвязи. Как уже отмечалось, альфа-ритм центральных отведений генерируется в сенсомоторных областях коры. Альфа-ритм фронтальных отведений отражает функционирование лобных областей неокортекса, играющих ключевую роль в поддержании и переносе произвольного внимания.

Данные ритмы в ситуации относительного покоя хорошо выражены у индивидов с высокоразвитой системой избирательного торможения, лежащего в основе произвольного внимания. Хорошо развитое произвольное внимание обеспечивает успешное решение задач, требующих сосредоточенности и подавления посторонних помех, что и проявляется в высоких значениях интеллекта у данных индивидов.

Величины коэффициентов корреляций между уровнем показателей эмоциональной эмпатии и амплитудами ритмов ЭЭГ в состоянии относительного покоя представлены на рис. 2.

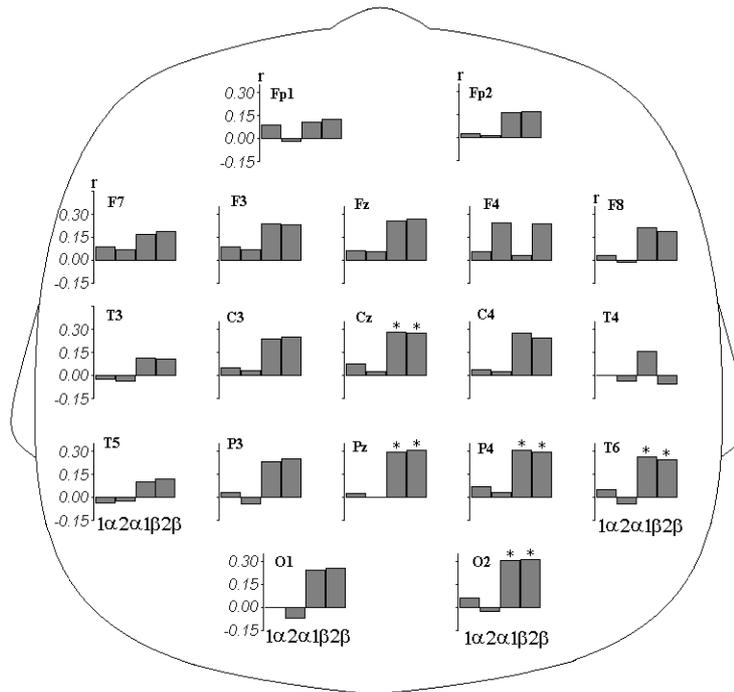


Рис. 2. Значения коэффициентов корреляций амплитуды ЭЭГ 72 испытуемых с показателем эмоциональной эмпатии. Обозначения как на рис. 1.

Как видно из рисунка 2, показатель эмоциональной эмпатии позитивно коррелирует с амплитудой бета-ритма, зарегистрированного в сагиттальных отведениях центрального и теменного регионов неокортекса, а также в теменных и затылочных отведениях правого полушария (которое традиционно связывают с функционированием эмоциональной сферы).

Величины коэффициентов корреляций между уровнем показателя трудности идентификации чувств и амплитудами ритмов ЭЭГ испытуемых представлены на рис. 3.

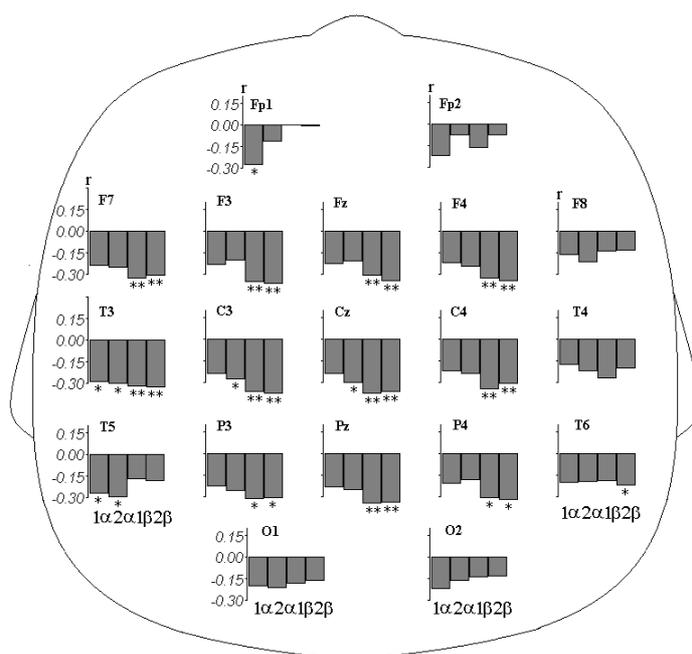


Рис. 3. Значения коэффициентов корреляций амплитуды ЭЭГ 72 испытуемых с показателем трудности идентификации чувств. Обозначения как на рис. 1.

Паттерн взаимосвязей, представленных на рисунке 3, свидетельствует о том, что чем ниже трудности идентификации чувств у данного индивида, т.е., чем выше его эмоциональный интеллект, тем больше амплитуда его альфа-ритмов левого полушария и бета-ритмов в большинстве отведений обоих полушарий (при этом теснота связей выше для локусов левого полушария).

Анализ взаимосвязей показателей эмоционального интеллекта с паттерном ЭЭГ позволяет предложить следующие интерпретации. Известно, что генерация бета-ритма отражает активацию тормозящих ГАМК-эргических клеток неокортекса [14], а также снижение активности основной массы нейронов моторной зоны коры [6]. Такие особенности функционирования неокортекса в условиях покоя, не требующих эмоционального отклика, могут, по нашему мнению, являться предпосылкой к высокой реактивности указанных областей коры мозга. Чем выше исходная активность ГАМК-эргических нейронов, тем больше их потенциальная возможность к регулированию активности неокортекса в эмоциогенных ситуациях. Хорошее развитие тормозных систем коры позволяет человеку без чрезмерных стрессовых реакций воспринимать и анализировать эмоциональные состояния окружающих и адекватно реагировать на них. Также индивиды с высокой выраженностью альфа- и бета-ритмов покоя левого полушария способны лучше отрелексировать и контролировать собственные эмоциональные состояния, в том числе, в сложных социальных ситуациях.

Кроме того, в центральных областях неокортекса, а также в окружающих их регионах предположительно локализуются зеркальные нейроны человека [3]. Чем выше реактивность сенсомоторных альфа- и бета-ритмов, тем активнее зеркальная система мозга, больше способность индивида воспринимать и имплицитно интерпретировать эмоциональные состояния окружающих в процессе социального взаимодействия. Одним из факторов, обеспечивающих такую реактивность компонентов указанных частотных ЭЭГ и может являться высокая исходная амплитуда альфа- и бета-ритмов у людей с развитым эмоциональным интеллектом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлены значимые позитивные корреляции между уровнем общего интеллекта и амплитудой альфа-ритма в лобных и центральных отведениях. Данный ритм в ситуации относительного покоя хорошо выражен у индивидов с высокоразвитой системой избирательного торможения, лежащего в основе произвольного внимания. Такие особенности функционирования неокортекса обеспечивают успешное выполнение задач, требующих особой сосредоточенности.
2. С показателем эмоциональной эмпатии позитивно коррелировала амплитуда бета-ритма (главным образом правого полушария). Показатель трудности идентификации чувств с амплитудой бета-ритма был связан значимо и негативно. Наиболее тесные связи при этом отмечены в локусах левого полушария. Выявленные связи эмоционального интеллекта с амплитудой фонового бета-ритма могут указывать на хорошее развитие тормозных механизмов неокортекса, а также оптимальное состояние системы зеркальных нейронов мозга. Такие особенности развития ЦНС индивида позволяют ему эффективно воспринимать и анализировать эмоциональные состояния окружающих и адекватно реагировать на них. Также индивиды с высокой выраженностью альфа- и бета-ритмов покоя левого полушария способны лучше отразить и контролировать собственные эмоциональные состояния, в том числе, в сложных стрессогенных социальных ситуациях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-015-00074.

Использовано оборудование ЦКП ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Список литературы

1. Анастаси А. Психологическое тестирование / А. Анастаси, С. Урбина. – СПб. : Питер, 2007. – 688 с.
2. Андреева И. Н. Эмоциональный интеллект как феномен современной психологии / И. Н. Андреева. – Новополюк : ПГУ, 2011. – 388 с.
3. Rizzolatti G. Mirrors in the brain: how our minds share actions and emotions / G. Rizzolatti, C. Sinigaglia. – Oxford University Press, 2008. – 242 p.
4. 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.

5. 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.
6. Babiloni C. Alpha, beta and gamma electrocorticographic rhythms in somatosensory, motor, premotor and prefrontal cortical areas differ in movement execution and observation in humans / C. Babiloni, C. D. Percio, F. Vecchio [et al.] // Clinical Neurophysiology. – 2016. – Vol. 127, No 1. – P. 641–654.
7. Аликина М. А. Амплитудно-частотные, топографические, возрастные особенности и функциональное значение сенсомоторного ритма ЭЭГ / М. А. Аликина, С. А. Махин, В. Б. Павленко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия биология, химия. – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 3–24.
8. Махин С. А. Исследование реактивности мю-ритма при наблюдении, слуховом восприятии и имитации движений: взаимосвязь со свойствами личности, определяющими эмпатию / С. А. Махин, А. А. Макаричева, Н. В. Луцок, В. Б. Павленко // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 6. – С. 28–35.
9. Аликина М. А. Особенности реактивности сенсомоторного ритма в связи с алекситимическими чертами личности / М. А. Аликина, С. А. Махин, В. Б. Павленко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия биология, химия. – 2017. – Т. 3 (69), № 1. – С. 3–17.
10. Bazanova O. M. Interpreting EEG alpha activity / O. M. Bazanova, D. Vernon // Neurosci. Biobehav. Rev. – 2014. – Vol. 44. – P. 94–110.
11. Равен Дж. К. Руководство к Прогрессивным Матрицам Равена и Словарным Шкалам / Дж. К. Равен, Дж. Х. Корт, Равен Дж. – М. : Когито-Центр, 2012. – 144 с.
12. Крылов А. А. Практикум по общей, экспериментальной и прикладной психологии / А. А. Крылов, С. А. Маничева. – СПб. : Питер, 2003. – 560 с.
13. Старостина Е. Г. Торонтская шкала алекситимии (20 пунктов): валидизация русскоязычной версии на выборке терапевтических больных / Е. Г. Старостина, Г. Д. Тэйлор [и др]. // Социальная и клиническая психиатрия. – 2010. – Т. 20, №4. – С. 31–38.
14. Kropotov Ju. D. Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy / Ju. D. Kropotov. – Academic Press, 2009. – 542 p.

RELATIONSHIPS BETWEEN GENERAL AND EMOTIONAL INTELLIGENCE LEVELS AND EEG ALPHA AND BETA RHYTHM AMPLITUDE AT REST

Pavlenko V. B., Alikina M. A., Makhin S. A.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: vpav55@gmail.com*

In 72 students aged 18 to 30 years were measured the level of general intelligence, emotional empathy score and difficulty identifying feeling index, as well as the amplitude of the EEG alpha and beta rhythms under condition of relative rest.

Significant positive correlations were found between the level of general intelligence and the amplitude of alpha rhythm in frontal and central loci. This oscillations are well pronounced at rest in people with a highly developed system of selective inhibition underlying voluntary attention. This functional feature of neocortex assures a successful execution of tasks that require high attentional focus.

The amplitude of beta rhythm (mostly over the right hemisphere) positively correlated with the score of emotional empathy. The difficulty identifying feeling index negatively correlated with the beta rhythm amplitude. The strongest relationships were observed for

the electrodes over the left hemisphere. The discovered correlations between emotional intelligence and the amplitude of beta rhythm at rest may be an indicator of highly developed inhibition mechanisms in neocortex, as well as an optimal functional state of the brain mirror neuron system in people who possess a high level of this cognitive sphere. Such characteristics of individual level of CNS development assure effective understanding and analysis of emotional states in others, and relevant responses to them. Individuals with a relatively high amplitude of alpha and beta rhythms at rest over the left hemisphere seem to be more successful in reflecting and controlling their own emotional states, including those occurring in difficult social situations.

Keywords: EEG, alpha and beta rhythms, general intelligence, emotional intelligence.

References

1. Anastasi A. and Urbina S., *Psychological testing* (Prentice Hall, 2007).
2. Andreeva I. N. *Emotsionalnyiy intellekt kak fenomen sovremennoy psihologii* (Novopolotsk.: PGU, 2011).
3. Rizzolatti G. and Sinigaglia C. *Mirrors in the brain: how our minds share actions and emotions* (Oxford University Press, 2008).
4. Pineda J. A., The functional significance of mu rhythms: Translating “seeing” and “hearing” into “doing”, *Brain Research Reviews*, **50**, 57 (2005).
5. 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**, 1 (2008).
6. Babiloni C., Percio C. D., Vecchio F. and Sebastiano F., Alpha, beta and gamma electrocorticographic rhythms in somatosensory, motor, premotor and prefrontal cortical areas differ in movement execution and observation in humans, *Clinical Neurophysiology*, **127**, 641 (2016).
7. Alikina M. A., Makhin S. A., and Pavlenko V. B., EEG sensorimotor rhythm: amplitude, frequency, topography, age-dependency and functional meaning, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **2 (68)**, 3 (2016).
8. Makhin S. A., Makaricheva A. A., Lutsuk N. V., Pavlenko V. B. Study of the reactivity of the μ rhythm during observation, auditory perception, and movement imitation: Correlation with empathic ability, *Human Physiology*, **41**, 593 (2015).
9. Alikina M. A., Makhin S. A. and Pavlenko V. B. Reactivity indices of sensorimotor rhythm in connection with alexithymic personality traits, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **3 (69)**, 3 (2017).
10. Bazanova O. M. and Vernon D. Interpreting EEG alpha activity, *Neurosci. Biobehav. Rev.*, **44**, 94 (2014).
11. Raven Dzh. K., Raven Dzh. and Kurt Dzh. Kh., *Rukovodstvo k Progressivnym Matritsam Ravena i Slovarnym shkalam* (Moscow: Kogito-Tsentr, 1997).
12. Kryilov A. A. and Manicheva S. A., *Praktikum po obschey, eksperimentalnoy i prikladnoy psihologii* (Piter, SPb., 2003).
13. Starostina E. G., Tailor G. D. et al. Torontskaya shkala aleksitimii (20 punktov): validizatsiya russkoyazychnoy versii na vyborke terapevticheskikh bolnykh, *Social and Cnical Psychiatry*, **20**, 31 (2010).
14. Kropotov Ju. D. *Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy* (Academic Press, San Diego, 2009).