

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС В СМЕШАННОМ БОЕВОМ ЕДИНОБОРСТВЕ

Е.В. Агеев, bleiz195@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3735-0982>

Т.А. Селитреникова, ser.selitrenikoff@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3659-080X>

Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Цель: изучить влияние курсового воздействия транскраниальной электростимуляции постоянным током (ТЭС_{пт}) дорсолатеральной префронтальной коры на психофизиологический статус спортсменов смешанного боевого единоборства (СБЕ) в предсоревновательном периоде подготовки. **Материалы и методы исследования.** В исследовании приняли участие 28 профессиональных спортсменов СБЕ – мужчин в возрасте $23 \pm 3,2$ года, имеющих не менее 6 проведенных профессиональных поединков. Участники были разделены на контрольную (КГ) и 3 экспериментальные группы (ЭГ1, ЭГ2, ЭГ3). В ходе исследования участники находились в предсоревновательном периоде подготовки к профессиональным поединкам и тренировались 2 раза в день в специально разработанном тренировочном микроцикле, направленном на совершенствование технико-тактических действий. В КГ не применялось никаких дополнительных воздействий. В экспериментальных группах применялся курс ТЭС_{пт}. Группы различались по времени воздействия однократного сеанса ТЭС_{пт}: в ЭГ1 – 10 мин, в ЭГ2 – 20 мин, в ЭГ3 – 30 мин в течение 8 дней. **Результаты.** Выявлено улучшение психофизиологических параметров при курсовом применении ТЭС_{пт}. Однако выраженность эффектов зависит от протокола стимуляции. Наиболее значимый эффект наблюдался в ЭГ3, менее выраженный – в ЭГ2. Эффекты в КГ и ЭГ статистически не различались и характеризовались снижением результативности в тестах «Кольца Ландольта», объем зрительного восприятия, простой и сложной сенсомоторной реакции в условиях распределённого внимания. **Заключение.** Продемонстрирована эффективность курсового влияния ТЭС_{пт} на психофизиологический статус профессиональных спортсменов СБЕ в предсоревновательном периоде подготовки. Изучение физиологических механизмов такого результата должно быть изучено в будущем, однако на данный момент очевидно, что 30-минутный протокол оказывает более выраженное действие на улучшение и сохранение психофизиологического статуса спортсменов СБЕ в предсоревновательном периоде подготовки.

Ключевые слова: ММА, tDCS, нейростимуляция, единоборства, оптимизация психофизиологического статуса.

Для цитирования: Агеев Е.В., Селитреникова Т.А. Влияние транскраниальной электростимуляции постоянным током на психофизиологический статус в смешанном боевом единоборстве // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S2. С. 7–13. DOI: 10.14529/hsm24s201

THE EFFECT OF TRANSCRANIAL DIRECT CURRENT STIMULATION ON THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATUS IN MIXED MARTIAL ARTS

E.V. Ageev, bleiz195@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3735-0982>

T.A. Selitrenikova, ser.selitrenikoff@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3659-080X>

Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health,
Saint Petersburg, Russia

Abstract. Aim. To investigate the effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) of the dorso-lateral prefrontal cortex on the psychophysiological status of mixed martial arts (MMA) athletes during the preparation period preceding competition. **Materials and methods.** Twenty-eight professional MMA athletes participated in the study (mean age 23 ± 3.2 years, with at least 6 professional bouts). Participants were assigned to either a control group (CG) or 3 experimental groups (EG1, EG2, EG3) receiving different durations of tDCS treatment (EG1: 10 minutes, EG2: 20 minutes, EG3: 30 minutes for 8 days). No additional interventions were proposed in the control group. In the preparation period, all subjects underwent intensive training sessions twice daily to enhance their technical and tactical actions. **Results.** The results obtained demonstrate that tDCS significantly improved psychophysiological measurements among MMA athletes. However, the severity of the effects varied depending on the duration of stimulation. The most significant effect was observed in EG 3, and a less pronounced effect in EG 2. The effects in CG and EG did not differ statistically and were characterized by decreased performance in the Landolt C, decreased visual perception, and decreased simple and complex sensorimotor responses. **Conclusion.** These findings demonstrate the effectiveness of tDCS in enhancing the psychophysiological status of professional MMA athletes during the preparation period. Future studies should focus on underlying physiological mechanisms responsible for these effects. The 30-minute protocol had the most significant effect on the psychophysiological status of MMA athletes during the preparation period.

Keywords: MMA, tDCS, neurostimulation, martial arts, psychophysiological status

For citation: Ageev E.V., Selitrenikova T.A. The effect of transcranial direct current stimulation on the psychophysiological status in mixed martial arts. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S2):7–13. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s201

Введение. Смешанное боевое единоборство (СБЕ) – стремительно развивающийся вид спорта, сочетающий в себе технический арсенал из многих видов единоборств [13]. Большая вариативность стратегий для победы в поединке наряду с физической и технико-тактической подготовкой предъявляет высокие требования к психофизиологическому статусу спортсмена [6–8].

Рабочая память, способность к быстрому переключению внимания, оперативному анализу, антиципации, реагированию на двигательные паттерны противника являются наиболее важными показателями, определяющими психофизиологический статус в единоборствах [2, 11].

Дорсолатеральной префронтальной коре (ПФК_{дл}) отводится центральная роль в исполнительной функции, оказывающей прямое или косвенное влияние на вышеописанные

психофизиологические показатели [12, 15]. Однако именно ПФК_{дл} является областью, наиболее чувствительной к стрессогенному влиянию [5, 17]. Таким стрессогенным фактором в СБЕ может выступать предсоревновательный период [1], включающий весогонку, высокие физические нагрузки и психическое напряжение [7].

В современных исследованиях [3, 19] показано, что одним из методов, избирательно влияющих на деятельность ПФК_{дл}, является транскраниальная электростимуляция постоянным током (ТЭС_{пт}). Данный метод предполагает избирательную стимуляцию структур головного мозга постоянным током малой силы (до 2 мА) и вызывающим модуляцию (анод) или ингибирование (катод) возбудимости структур головного мозга [4]. Существуют исследования, демонстрирующие эффективность использования ТЭС_{пт} ПФК_{дл} в спортив-

ной практике с целью улучшения психофизиологических показателей [3, 9, 14, 16, 20]. Также встречаются работы, показывающие эффективность сочетанного использования ТЭС_{пт} и физических упражнений для оптимизации психофизиологических показателей [10, 18]. Однако эти работы демонстрируют различия в протоколах исследований, не позволяющие переносить их на высококвалифицированных спортсменов-единоборцев, тем более находящихся в стрессогенных условиях. Нами не обнаружено исследований, посвящённых изучению влияния ТЭС_{пт} на психофизиологический статус спортсменов СБЕ в предсоревновательном периоде подготовки, что и явилось предпосылкой для настоящего исследования.

Цель исследования: изучить влияние курсового воздействия транскраниальной электростимуляции постоянным током дорсолатеральной префронтальной коры на психофизиологический статус спортсменов смешанного боевого единоборства в предсоревновательном периоде подготовки.

Методы и организация. Исследование проходило в период с 2020 по 2023 год на базе кафедры физиологии НГУ им. П.Ф. Лесгафта при участии спортсменов из клубов смешанных единоборств городов Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону и Махачкала. В нем добровольно, приняли участие 28 профессиональных спортсменов СБЕ – мужчин в возрасте $23 \pm 3,2$ года, имеющих не менее 6 проведенных профессиональных поединков.

Критерием включения в исследование было отсутствие противопоказаний к ТЭС_{пт} [4]. Предварительное медицинское обследование спортсмены проходили на базе СПб ГБУЗ «Городская поликлиника № 34». В случайном порядке участники были разделены на контрольную (КГ) и 3 экспериментальные группы (ЭГ1, ЭГ2, ЭГ3). Во время исследования участники находились в предсоревновательном периоде подготовки к профессиональным поединкам и тренировались 2 раза в день в специально разработанном тренировочном микроцикле, направленном на совершенствование технико-тактических действий. В КГ не применялось никаких дополнительных воздействий. В экспериментальных группах применялся курс ТЭС_{пт}. Группы различались по времени воздействия ТЭС_{пт}: в ЭГ1 – 10 мин, в ЭГ2 – 20 мин, в ЭГ3 – 30 мин за

один сеанс в течение 8 дней с помощью нейростимулятора Brainstorm. Сила тока составляла 2 мА. Схема наложения электродов предполагала биполярное расположение электродов на область ПФК_{дл}, согласно ЭЭГ классификации «10–20»: анод – F3, катод – F4. Сеансы проходили во второй половине дня за 2–3 ч до вечерней тренировки.

Оценка психофизиологического статуса проводилась с помощью АПК «ПАКПФ-02» и «СИГВЕТ-РИТМ». Для решения цели исследования были выбраны следующие тесты: «Кольца Ландольта» – оценка пропускной способности зрительного анализатора и устойчивости внимания; тест Горбова – Шульте – оценка скорости переключения внимания; объем зрительного восприятия; простая (ПСМР) и сложная (ССМР) сенсомоторные реакции; простая (ПСМР_{вУРВ}) и сложная (ССМР_{вУРВ}) сенсомоторные реакции в условиях распределенного внимания. Математико-статистический анализ проводился с помощью программы JASP 0.17.3.0. Нормальность данных определялась с помощью теста Шапиро – Уилка. Для сравнения групп применялся непараметрический критерий Краскела – Уоллиса (ANOVA). Апостериорный анализ проводился путем множественных сравнений с использованием поправки Бонферонни. Значения были представлены в виде среднего значения и ошибки среднего.

Результаты исследования. На момент начала исследования не было обнаружено статистически значимых различий во всех группах (табл. 1), что свидетельствует о том, что группы были сформированы правильно.

Результаты оценки психофизиологического статуса спортсменов СБЕ на момент окончания исследования представлены в табл. 2.

Тест «Кольца Ландольта» продемонстрировал статистически значимое ($p < 0,05$) снижение скорости переработки информации и увеличение времени, затрачиваемого на прохождение теста в КГ и ЭГ1, и снижение времени в ЭГ2 и ЭГ3 при сохранении результата. При исследовании скорости переключения внимания отмечено статистически значимое снижение ($p < 0,05$) времени на прохождение теста лишь в ЭГ3. Оценка объема зрительного восприятия выявила статистически значимое снижение ($p < 0,05$) процента воспроизведенной информации в КГ и ЭГ1 и снижение времени, затрачиваемого на прохождение теста,

в ЭГ3. В ЭГ2 наблюдалась тенденция к снижению времени прохождения теста. Оценка простой и сложной сенсомоторных реакций в условиях распределенного внимания выявила статистически значимое ($p < 0,05$) увлечение времени реагирования в КГ, ЭГ1 и ЭГ2, в то время как в ЭГ3 отмечается сохранение результата для ПСМРвУРВ и снижение времени реагирования для ССМРвУРВ. Не обнаружено статистически достоверных различий при оценке ПСМР и ССМР ни в одной из исследуемых групп.

Снижение результатов (в тестах «Объем зрительного восприятия» и «Кольца Ландольта»), увеличение времени реакции (в ПСМРвУРВ и ССМРвУРВ) и времени прохождения теста «Кольца Ландольта» мы связываем с нахождением спортсменов в предсоревновательном периоде.

Времени стимуляции в ЭГ1 недостаточно для выявления каких-либо эффектов на исследуемые психофизиологические параметры, что подтверждается отсутствием каких-либо

статистических отличий от результатов КГ. Исходя из вышесказанного, эффекты, достигнутые в ЭГ2 и ЭГ3, не ограничиваются улучшением результата. Отсутствие улучшений в тестах «Кольца Ландольта» и объеме зрительного восприятия рассматривается нами как сохранение уже имеющегося результата в ответ на стрессорное воздействие либо как эффект «потолка», достигнуто у данной выборки спортсменов.

Вопреки ряду исследований [3, 14, 20], в нашем исследовании обнаружено оптимальное время стимуляции, составляющее 30 минут. По-видимому, именно время стимуляции определяет выраженность эффектов ТЭС_{пт} в данных условиях. Изучение физиологических механизмов такого результата должно быть исследовано в будущем, однако на данный момент очевидно, что 30-минутный протокол оказывает более выраженное действие на улучшение и сохранение психофизиологического статуса спортсменов СБЕ в предсоревновательном периоде подготовки.

Таблица 1
Table 1

Оценка психофизиологических параметров профессиональных спортсменов смешанного боевого единоборства в предсоревновательном периоде на момент начала исследования (n = 28)
Baseline psychophysiological measurements in professional MMA athletes during the preparation period (n = 28)

Показатель / Parameter	КГ / CG (n = 7)	ЭГ1 / EG1 (n = 7)	ЭГ2 / EG2 (n = 7)	ЭГ3 / EG3 (n = 7)
«Кольца Ландольта» / Landolt C				
Скорость переработки информации (бит/с) Information processing speed (bits/s)	2,20 ± 0,03	2,27 ± 0,03	2,30 ± 0,03	2,25 ± 0,04
Затраченное время (с) / Time (s)	230,1 ± 2,9	229,5 ± 4,1	238,1 ± 4,7	234,0 ± 4,2
Тест Горбова – Шульце / Gorbov – Schulte test				
Затраченное время (с) / Time (s)	168,1 ± 3,2	171,5 ± 2,6	177,0 ± 3,8	170,8 ± 3,5
Объем зрительного восприятия / Visual perception				
Воспроизведенная информация (%) Reproduced information (%)	92,0 ± 0,4	91,7 ± 0,5	91,7 ± 0,6	93,4 ± 0,6
Затраченное время (с) / Time (s)	90,8 ± 2,2	96,2 ± 2,5	89,4 ± 2,1	94,5 ± 2,2
Простая сенсомоторная реакция / Simple sensorimotor reaction				
Общее время (мс) / Total time (ms)	231,0 ± 6,0	228,5 ± 4,1	220,1 ± 5,3	228,8 ± 3,7
Сложная сенсомоторная реакция / Complex sensorimotor reaction				
Время реагирования (мс) / Response time (ms)	335,8 ± 5,5	341,5 ± 3,5	324,4 ± 3,1	332,1 ± 5,3
Простая сенсомоторная реакция в условиях распределенного внимания Simple sensorimotor reaction under distributed attention				
Время реагирования (мс) / Response time (ms)	325,7 ± 4,9	333,5 ± 2,9	314,2 ± 3,2	320,0 ± 6,3
Сложная сенсомоторная реакция в условиях распределенного внимания Complex sensorimotor reaction under distributed attention				
Время реагирования (мс) / Response time (ms)	375,8 ± 5,3	367,4 ± 4,6	372,7 ± 3,3	380,1 ± 6,2

Примечание. М ± m – среднее значение ± стандартная ошибка среднего.

Note. M ± m – mean value ± Standard error of the mean.

Таблица 2
Table 2

**Оценка психофизиологических параметров
профессиональных спортсменов смешанного боевого единоборства
в предсоревновательном периоде на момент окончания исследования (n = 28)
Psychophysiological measurements in professional MMA athletes
during the preparation period at the end of the study (n = 28)**

Показатель / Parameter	КГ / CG (n = 7)	ЭГ1 / EG1 (n = 7)	ЭГ2 / EG2 (n = 7)	ЭГ3 / EG3 (n = 7)
«Кольца Ландольта» / Landolt C				
Скорость переработки информации (бит/с) Information processing speed (bits/s)	1,74 ± 0,02 [∇]	1,79 ± 0,05 [∇]	2,15 ± 0,02	2,34 ± 0,02
Затраченное время (с) / Time (s)	245,2 ± 4,5 ^Δ	238,5 ± 5,2	204,4 ± 5,1 [∇]	196,5 ± 2,8 [∇]
Тест Горбова – Шульте / Gorbov – Schulte test				
Затраченное время (с) / Time (s)	177,7 ± 3,4	173,5 ± 4,1	168,0 ± 2,2	154,2 ± 2,7 [∇]
Объем зрительного восприятия / Visual perception				
Воспроизведенная информация (%) Reproduced information (%)	78,8 ± 1,1 [∇]	79,4 ± 1,0 [∇]	85,8 ± 0,9	91,5 ± 0,5
Затраченное время (с) / Time (s)	99,7 ± 2,2	91 ± 3,3	80,2 ± 2,2	74,1 ± 3,2 [∇]
Простая сенсомоторная реакция / Simple sensorimotor reaction				
Общее время (мс) / Total time (ms)	224,1 ± 4,8	223,5 ± 3,9	216,5 ± 1,9	223,8 ± 5,0
Сложная сенсомоторная реакция / Complex sensorimotor reaction				
Время реагирования (мс) / Response time (ms)	338,8 ± 6,9	349,1 ± 3,0	329,2 ± 5,6	326,7 ± 5,5
Простая сенсомоторная реакция в условиях распределенного внимания Simple sensorimotor reaction under distributed attention				
Время реагирования (мс) / Response time (ms)	344,8 ± 5,9 ^Δ	347,8 ± 5,6 ^Δ	331,1 ± 3,6 ^Δ	318,8 ± 5,3
Сложная сенсомоторная реакция в условиях распределенного внимания Complex sensorimotor reaction under distributed attention				
Время реагирования (мс) / Response time (ms)	402,8 ± 3,6 ^Δ	395,2 ± 5,6 ^Δ	386,5 ± 3,7 ^Δ	360,7 ± 2,6 [∇]

Примечание. М ± m – среднее значение ± стандартная ошибка среднего; Δ – статистически достоверное увеличение показателя (p < 0,05); ∇ – статистически достоверное снижение показателя (p < 0,05).

Note. M ± m – mean value ± Standard error of the mean; Δ – level of significance for increase (p < 0.05); ∇ – level of significance for decrease (p < 0.05).

Заключение. Данное исследование демонстрирует эффективность отдельных протоколов курсового влияния ТЭС_{пт} ПФК_{дл} на психофизиологический статус профессиональных спортсменов СБЕ в предсоревновательном периоде подготовки. Выраженность эффектов зависит от времени стимуляции. Наиболее значимый эффект наблюдался при 30-минутной стимуляции, значительно менее выраженный наблюдался при 20-минутной

стимуляции. Эффекты в контрольной группе и группе, использующей 10-минутный протокол стимуляции, статистически не различались и характеризовались снижением психофизиологических параметров, связанных, по-видимому, с периодом спортивной подготовки. Таким образом, использование ТЭС_{пт} может быть благоприятным дополнением при подготовке к соревнованиям в СБЕ.

Список литературы / References

1. Габелкова, О.Е. Проявление факторов стресса в разных видах спорта // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2009. № 1. С. 38–42. [Gabelkova O.E. [Manifestation of Stress Factors in Different Types of Sports]. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskiye problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Pedagogy, Psychology and Medical and Biological Problems of Physical Education and Sports], 2009, no. 1, pp. 38–42. (in Russ.)]
2. Коваленко Е.В., Ляпин В.А. Сравнительный анализ отдельных психофизиологических реакций в соревновательной деятельности у спортсменов, занимающихся различными видами восточных единоборств // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 483–490. [Kovalenko E.V., Lyapin V.A. [Comparative Analysis of Individual Psychophysiological Reactions in Competitive Activity Among Athletes Engaged in Various Types of Martial Arts]. *Sovremennyye*

problemy nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education], 2013, no. 5, pp. 483–490. (in Russ.)]

3. Abedanzadeh R., Alboghebish S., Barati P. The Effect of Transcranial Direct Current Stimulation of Dorsolateral Prefrontal Cortex on Performing a Sequential Dual Task: a Randomized Experimental Study. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 2021, vol. 34, no. 1, p. 30. DOI: 10.1186/s41155-021-00195-8

4. Antal A., Alekseichuk I., Bikson M. et al. Low Intensity Transcranial Electric Stimulation: Safety, Ethical, Legal Regulatory and Application Guidelines. *Clinical Neurophysiology*, 2017, vol. 128, no. 9, pp. 1774–1809. DOI: 10.1016/j.clinph.2017.06.001

5. Arnsten A.F., Jin L.E. Molecular Influences on Working Memory Circuits in Dorsolateral Prefrontal Cortex. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 2014, no. 122, pp. 211–231. DOI: 10.1016/B978-0-12-420170-5.00008-8

6. Chen M.A., Cheesman D.J. Mental Toughness of Mixed Martial Arts Athletes at Different Levels of Competition. *Perceptual and Motor Skills*, 2013, vol. 116, no. 3, pp. 905–917. DOI: 10.2466/29.30.PMS.116.3.905-917

7. Cooper S., Lochbaum M. A Systematic Review of the Sport Psychology Mixed Martial Arts Literature: Replication and Extension. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 77–90. DOI: 10.3390/ejihpe12020007

8. Faro H.K., Fortes L.S., Machado D.G. Dynamics of Cognitive Performance at Rest and After Exhaustive Exercise in Top-three World-ranked Mixed Martial Arts Athletes: a Series of Case Studies. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2020, vol. 60, no. 4, pp. 664–668. DOI: 10.23736/S0022-4707.19.10207-1

9. Gold J., Ciorciari J. Impacts of Transcranial Direct Current Stimulation on the Action Observation Network and Sports Anticipation Task. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2021, vol. 43, no. 4, pp. 310–322. DOI: 10.1123/jsep.2020-0109

10. Jung J., Salazar Fajardo J.C., Kim S. et al. Effect of tDCS Combined With Physical Training on Physical Performance in a Healthy Population. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2023, vol. 10, pp. 1–8. DOI: 10.1080/02701367.2023.2166894

11. Katić R., Blazević S., Zagorac N. The Impact of Cognitive Processors and Conative Regulators on Specific Motor Abilities in Boxers. *Collegium Antropologicum*, 2006, vol. 30, no. 4, pp. 829–836.

12. Knight H.C., Smith D.T., Ellison A. The Role of the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex in Attentional Bias. *Neuropsychologia*, 2020, no. 148, 107631. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2020.107631

13. Miarka B., Vecchio F.B., Camey S., Amtmann J.A. Comparisons: Technical-Tactical and Time-Motion Analysis of Mixed Martial Arts by Outcomes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2016, vol. 30, no. 7, pp. 1975–1984. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001287

14. Moreira A., Machado D.G.D.S., Bikson M. et al. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on Professional Female Soccer Players' Recovery Following Official Matches. *Perceptual and Motor Skills*, 2021, vol. 128, no. 4, pp. 1504–1529. DOI: 10.1177/00315125211021239

15. Panikratova Y.R., Vlasova R.M., Akhutina T.V. et al. Functional Connectivity of the Dorsolateral Prefrontal Cortex Contributes to Different Components of Executive Functions. *International Journal of Psychophysiology*, 2020, no. 151, pp. 70–79. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2020.02.013

16. Panitz M., Deserno L., Schlagenhaut F. Anodal tDCS Over the Medial Prefrontal Cortex Enhances Behavioral Adaptation After Punishments During Reversal Learning Through Increased Updating of Unchosen Choice Options. *Cerebral Cortex Communications*, 2022, vol. 3, no. 1, tgac006. DOI: 10.1093/texcom/tgac006

17. Qin S., Hermans E.J., van Marle H.J. et al. Acute Psychological Stress Reduces Working Memory-related Activity in the Dorsolateral Prefrontal Cortex. *Biological Psychiatry*, 2009, vol. 66, no. 1, pp. 25–32. DOI: 10.1016/j.biopsych.2009.03.006

18. Thomas F., Steinberg F., Pixa N.H. et al. Prefrontal High Definition Cathodal tDCS Modulates Executive Functions Only when Coupled with Moderate Aerobic Exercise in Healthy Persons. *Scientific Reports*, 2021, vol. 11, no. 1, 8457. DOI: 10.1038/s41598-021-87914-4

19. Vignaud P., Adam O., Palm U. et al. Can a Single Session of Noninvasive Brain Stimulation Applied Over the Prefrontal Cortex Prevent Stress-induced Cortisol Release? *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 2023, vol. 8, no. 121, 110667. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2022.110667

20. Zhu F.F., Yeung A.Y., Poolton J.M. et al. Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation Over Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Area Promotes Implicit Motor Learning in a Golf Putting Task. *Brain Stimulation*, 2015, vol. 8, no. 4, pp. 784–796. DOI: 10.1016/j.brs.2015.02.005

Информация об авторах

Агеев Евгений Владимирович, аспирант кафедры физиологии, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия.

Селитреникова Татьяна Анатольевна, доктор педагогических наук, доцент кафедры физиологии, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, Россия.

Information about the authors

Evgeny V. Ageev, Postgraduate Student, Department of Physiology, Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russia.

Tatiana A. Selitrenikova, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02.01.2024

The article was submitted 02.01.2024