Дата публикации: 01.06.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_22
УДК 612.821.1

Publication date: 01.06.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_22
UDC 612.821.1

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА БОРЦОВ В СРАВНЕНИИ С ЛИЦАМИ, НЕ ЗАНИМАЮЩИМИСЯ СПОРТОМ

Н.Ю. Тарабрина[1], Н.П. Мишин[2]
[1]Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия
[2]Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, г. Симферополь, Россия

Аннотация. С целью изучения особенностей электрической активности мозга борцов в сравнении с лицами, не занимающимися спортом, у 60 юношей 19-20 лет (30 борцов и 30 неспортсменов), анализировали частотные диапазоны дельта-, тета-, альфа-, бета-1 и бета-2 ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в состоянии покоя. Показано, что у борцов нейронное преимущество перед неспортсменами выражено только в снижении колебаний альфа-ритма. Вовлечение меньшего количества нейронных ресурсов без снижения эффективности подтверждает гипотезу «нейронной гибкости» работы мозга спортсменов.
Ключевые слова: ЭЭГ, электрическая активность мозга, борцы, спортсмены, неспортсмены, центральная нервная система.

FEATURES OF THE ELECTRICAL ACTIVITY OF THE WRESTLERS' BRAIN IN COMPARISON WITH PEOPLE WHO DO NOT PLAY SPORTS

N.Yu. Tarabrina[1], N.P. Mishin[2]
[1]Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia
[2]V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Annotation. In order to study the features of the electrical activity of the wrestlers' brain in comparison with non-athletes, the authors of this study have analyzed the frequency ranges of delta, theta, alpha, beta 1 and beta 2 rhythms of the electroencephalogram at rest in 60 boys aged 19-20 (30 wrestlers and 30 non-athletes) years. It is shown that the neural advantage of wrestlers over non-athletes is expressed only in a decrease in alpha rhythm fluctuations. The involvement of fewer neural resources without reducing efficiency confirms the hypothesis of “neural flexibility” of the athletes' brain.
Keywords: EEG, electrical activity of the brain, wrestlers, athletes, non-athletes, central nervous system.

Введение. Биоэлектрическая активность головного мозга спортсменов сегодня все чаще привлекает внимание нейробиологов, так как спортсмены элитного уровня являются идеальной моделью для изучения нейронных адаптаций, связанных с интенсивными тренировками и спецификой двигательной деятельности [1]. Сегодня успех в спортивной борьбе зависит не только от превосходной физической формы, но и от эмоционально-психологической устойчивости, когнитивной выносливости, индивидуально-личностных качеств, характера спортсмена и в целом от уровня когнитивно-психологической подготовленности [2].

Среди современных методов нейровизуализации, таких как функциональная магнитная резонансная томография, электроэнцефалография (ЭЭГ), ближняя инфракрасная топография и спектроскопия, благодаря неинвазивному характеру и высокому временному разрешению наиболее широко применяется метод ЭЭГ [3]. Стоит сказать, что ЭЭГ является одним из старейших методов оценки взаимосвязи между мозгом и поведением, и многие исследователи сходятся во мнении, что он позволяет получить представление о нейронных механизмах, лежащих в основе спортивных результатов [3-4].

За последние 10 лет за рубежом опубликованы два обширных нарративных обзора, посвященных изучению ЭЭГ-профилей спортсменов [3-4]. Однако работ, в которых изучаются различия между нейронными профилями спортсменов-борцов и лиц, не занимающихся спортом, а именно мета-анализов, количественно определяющих разницу между ними, недостаточно.

Цель работы – изучить особенности электрической активности мозга борцов в сравнении с лицами, не занимающимися спортом.

Методы и организация исследования. Для выявления различий между спортсменами и неспортсменами в характеристиках центральной нервной системы (ЦНС) на нейронном уровне у 60 юношей 19-20 лет – 30-ти спортсменов, занимающихся спортивной борьбой, имеющих квалификацию КМС и МС (спортсмены) и 30 условно здоровых юношей, не занимающихся спортом (неспортсмены), анализировали частотные диапазоны дельта-, тета-, альфа- и бета-1 и бета-2 ритмов в качестве основных показателей ЭЭГ-активности коры головного мозга. Отведение и анализ ЭЭГ осуществляли по общепринятой методике с использованием автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа ЭЭГ-16S (“Medicor”, Венгрия), лабораторного интерфейса и компьютера IBM PC. Для регистрации ЭЭГ была выбрана стандартная полоса частот усилительного тракта (верхняя граница частотного диапазона – 70 Гц, постоянная времени, определяющая нижнюю границу – 0,3 с). Сигналы обрабатывали с использованием преобразования Фурье, получая для анализа спектры мощности ЭЭГ. Для этой цели использовали программу Polygraph (программист – А.В. Сухинин). Текущую ЭЭГ регистрировали в 2 отведениях (С3 и С4) по стандартной системе «10-20». Данный выбор основывался на том, что ЭЭГ, регистрируемая в центральных отведениях, отражает моторные компоненты, а также на том, что в центральных отведениях регистрируются все три компонента альфа-ритма [5]. Запись ЭЭГ потенциалов проводилась в три эпохи по 15 серий в каждой: закрытые глаза (ЗГ), открытые глаза (ОГ), закрытые глаза (ЗГ). Статистический анализ данных проводили с использованием программы Microsoft Excel и программы STATISTICA 10.0. Достоверность различий определяли по критерию Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение. Представленные в таблице данные показывают, что самым низкочастотным является дельта-ритм, представленный в картине текущей ЭЭГ медленными волнами с частотой 1-4 Гц [5]. Так как в ЭЭГ здорового человека он наиболее выражен во время сна, то отсутствие достоверных различий по этому диапазону между двумя изучаемыми группами вполне понятно (табл.).

Тета-ритм складывается из ритмических колебаний частотой 4-8 Гц. Генерацию тета-колебаний активируют лобные корковые области, которые отвечают за процессы внимания [1, 4]. Поэтому лобная тета-активность считается показателем внимания и повышенной умственной активности.

Как видно из данных, представленных в таблице, в наших исследованиях не выявлено достоверных различий по этому показателю. Вероятно, это связано с тем, что дизайн исследования не подразумевал повышенную умственную нагрузку, все участники обследовались в обычном психическом состоянии, и перед ними не ставилась задача вкладывать интенсивные умственные усилия.

Альфа-ритм состоит из волн частотой 8-14 Гц. Он является наиболее доминирующей частотой в ЭЭГ взрослых и отражает тормозную функцию, а также наиболее широко изучается в научной литературе [6-9].

Таблица

Показатели нормированной мощности ритмов электроэнцефалограммы, зарегистрированной у спортсменов (n=30) и лиц, не занимающихся спортом (n=30), мкВ^2/Гц, M±m

Показатели	Спортсмены	Неспортсмены	Разница, %	P
ДЕЛЬ_ЗГ_ЛП, мкВ^2/Гц	1,81±0,09	1,91±0,09	5,52	0,497293
ДЕЛЬ_ЗГ_ПП, мкВ^2/Гц	1,80±0,09	1,96±0,10	8,88	0,205889
ТЕТА_ЗГ_ЛП, мкВ^2/Гц	1,35±0,07	1,42±0,07	5,18	0,484350
ТЕТА_ЗГ_ПП, мкВ^2/Гц	1,35±0,07	1,39±0,06	2,96	0,440522
АЛЬФ_ЗГ_ЛП, мкВ^2/Гц	1,23±0,10	1,44±0,10	17,07	**0,054149** ♦
АЛЬФ_ЗГ_ПП, мкВ^2/Гц	1,21±0,10	1,42±0,10	17,35	**0,038723** ♦
БЕТ1_ЗГ_ЛП, мкВ^2/Гц	0,48±0,04	0,53±0,03	10,41	0,314667
БЕТ1_ЗГ_ПП, мкВ^2/Гц	0,46±0,04	0,51±0,03	10,86	0,393335
БЕТ2_ЗГ_ЛП, мкВ^2/Гц	0,31±0,03	0,29±0,03	-6,45	0,571646
БЕТ2_ЗГ_ПП, мкВ^2/Гц	0,28±0,03	0,28±0,03	0	0,958990
ДЕЛЬ_ОГ_ЛП, мкВ^2/Гц	1,60±0,06	1,69±0,05	5,62	0,271156
ДЕЛЬ_ОГ_ПП, мкВ^2/Гц	1,64±0,07	1,78±0,06	8,53	0,113249
ТЕТА_ОГ_ЛП, мкВ^2/Гц	1,19±0,04	1,26±0,04	5,88	0,271156
ТЕТА_ОГ_ПП, мкВ^2/Гц	1,22±0,05	1,33±0,05	9,01	0,113249
АЛЬФ_ОГ_ЛП, мкВ^2/Гц	0,85±0,05	1,03±0,06	21,17	**0,010140** ♦♦
АЛЬФ_ОГ_ПП, мкВ^2/Гц	0,83±0,06	0,99±0,05	19,27	**0,017519** ♦
БЕТ1_ОГ_ЛП, мкВ^2/Гц	0,40±0,02	0,47±0,03	17,5	0,188050
БЕТ1_ОГ_ПП, мкВ^2/Гц	0,40±0,03	0,44±0,02	10,0	0,459021
БЕТ2_ОГ_ЛП, мкВ^2/Гц	0,28±0,03	0,30±0,03	7,14	0,837038
БЕТ2_ОГ_ПП, мкВ^2/Гц	0,26±0,02	0,29±0,03	11,53	0,813017

Примечание: ДЕЛЬ, ТЕТА, АЛЬФ, БЕТ – ритмические составляющие ЭЭГ; ЗГ – закрытые глаза; ОГ – открытые глаза; ЛП – левое полушарие; ПП – правое полушарие; ♦ – $p<0,05$; ♦♦ – $p<0,01$; достоверность различий по критерию Манна-Уитни

В наших исследованиях определено, что альфа-ритм спортсменов и неспортсменов статистически различается (табл.). Так, у спортсменов при закрытых глазах в правом полушарии он составил 1,21±0,10 мкВ^2/Гц, а в левом – 1,23±0,10 мкВ^2/Гц, а при открытых глазах – 0,83±0,06 мкВ^2/Гц и 0,85±0,05 мкВ2/Гц соответственно. У неспортсменов при закрытых глазах в правом полушарии этот показатель составил 1,42±0,10 мкВ^2/Гц и 1,44±0,10 мкВ^2/Гц, а при открытых глазах – 0,99±0,05 мкВ^2/Гц и 1,03±0,06 мкВ^2/Гц соответственно. При закрытых глазах разница диапазона альфа-волн между двумя группами в левом полушарии составила 17,07% ($p<0,05$), а в правом – 17,35% ($p<0,05$). С открытыми глазами в левом полушарии разница составила 21,17% ($p<0,01$), а в правом – 19,27% ($p<0,05$).

Электрические колебания коры головного мозга на частоте 14-30 Гц (бета-ритм) отражают обработку информации, связанную с моторикой [9]. Более низкая мощность бета-ритма указывает на повышенную возбудимость нейронов моторной коры, что связано с более быстрыми двигательными реакциями [8]. Недавние исследования нейровизуализации показали,

что снижение мощности бета-ритма у спортсменов возникает при воображении или наблюдении за движением, что приводит к увеличению умственной вовлеченности в обработку, связанную с моторикой [8]. В наших исследованиях выявлено, что группа спортсменов имела более низкие значения бета-ритма по сравнению с неспортсменами, что указывает на повышенную возбудимость нейронов моторной коры, однако обнаруженные различия не достигли статистической значимости.

Анализ коэффициента реактивности, который характеризует динамические свойства корковых нейронов при поступлении зрительных сигналов в кору и прерывании потока сенсорных (зрительных) сигналов в экспериментальной парадигме (Закрытые_Открытые_Закрытые) рассчитывали, как отношение мощности альфа-ритма при открытых глазах к закрытым.

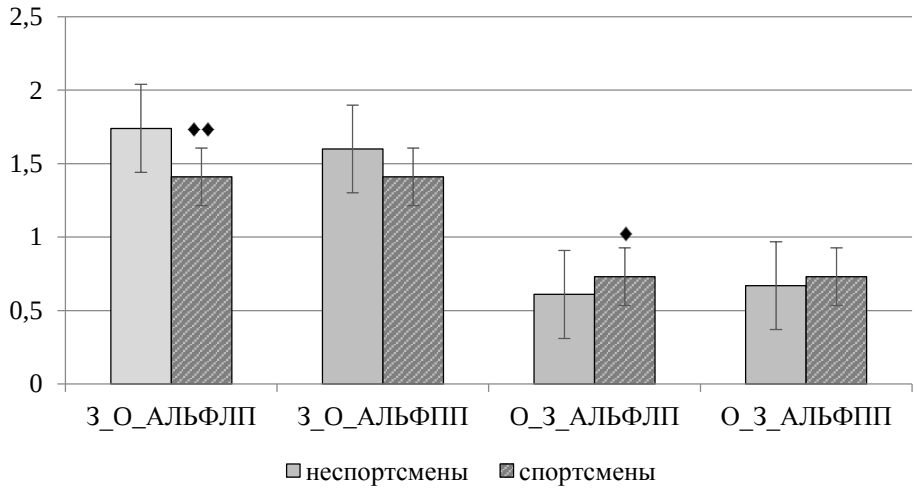


Рис. Значения коэффициента реактивности альфа-ритма электроэнцефалограммы у спортсменов (n=30) и неспортсменов (n=30)

Примечание: АЛЬФ – альфа-ритм ЭЭГ; З – закрытые глаза; О – открытые глаза; ЛП – левое полушарие; ПП – правое полушарие; ♦ – $p<0,05$; ♦♦ – $p<0,01$; достоверность различий по критерию Манна-Уитни

Как показано на рисунке, у спортсменов более выраженная альфа-десинхронизация в левом полушарии, отраженная в коэффициенте реактивности (О_З), указывает на функциональный дисбаланс активации мозга, предполагая повышенную кортикальную активацию в ответ на стимул, разница по этому параметру составила 20% ($p<0,05$). С другой стороны, у спортсменов обнаружена альфа-синхронизация в левом полушарии, отраженная в параметре (З_О) на уровне 1,74±0,41 усл.ед против 1,41±0,22 усл.ед. у лиц, не занимающихся спортом. Разница по этому показателю составила 18% ($p<0,01$), что вероятно представляет собой функциональный коррелят торможения, который часто наблюдается в спокойном состоянии. В правом полушарии коэффициент реактивности альфа-ритма у исследуемых групп не отличался.

Таким образом, у спортсменов реактивность альфа-ритма ЭЭГ наиболее ярко выражена в левом полушарии, отвечающем за осуществление процессов абстрактной, символической и интеллектуальной деятельности. Известно, что правое полушарие контролирует основные сенсорные функции левой стороны тела. А так как по современным литературным данным большинство единоборцев элитного уровня (ЗМС, МСМК, Чемпионы России и Олимпийских игр) являются «левостоечниками», правое полушарие у них должно отражать повышенную кортикальную активацию [9].

Следовательно, изменения в электрической активности ритмов именно правого полушария головного мозга могут служить надежным маркером позитивного влиянии коррекционных воздействий активации моторных центров головного мозга спортсменов.

Оценивая полученные результаты, можно предположить, что в группе спортсменов когнитивно-моторные показатели лучше, а нейронный ответ быстрее. Хотя представленные различия могут свидетельствовать о функциональных изменениях альфа-уровней в результате интенсивных тренировок, говорить о том, что именно спортивная деятельность приводит к наблюдаемым различиям, основываясь на опубликованных результатах последних лет [1, 4], будет неверным. Например, весьма вероятно, что две изучаемые группы статистически могут различаться по ряду таких важных аспектов, влияющих на мозговую деятельность, как индивидуально-типологические характеристики личности [9-10], а также уровень усталости или сонливости [11]. По современным научным данным, генетические, анатомические, физиологические и психологические факторы оказывают значительное влияние на силу и диапазон базовых уровней альфа-ритма в ЭЭГ человека [7].

Таким образом, наблюдаемые различия в альфа-ритмах в состоянии покоя могут рассматриваться и с точки зрения наследственных генетических характеристик, которые являются лишь предикторами спортивной успешности, а не следствием влияния занятий борьбой и интенсивных нагрузок.

Заключение. На основании результатов проведённого исследования можно заключить, что у спортсменов-борцов нейронное преимущество перед неспортсменами выражено только в колебаниях альфа-ритма, что свидетельствует о более низкой кортикальной активности. Выявленные различия говорят о том, что вовлечение меньшего количества нейронных ресурсов без снижения эффективности подтверждает гипотезу «нейронной гибкости» работы мозга спортсменов, что можно интерпретировать как благоприятный признак.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Impact of sport training on adaptations in neural functioning and behavioral performance: A scoping review with meta-analysis on EEG research / Q. Fang, C. Fang, L. Li, Y. Song // Journal of Exercise Science & Fitness. – 2022. – pp. 206-215.
2. Tarabrina, N. Yu. Physiological characteristics of strength component of special endurance in rugby players / N. Yu. Tarabrina, T. Wilczewski // Human. Sport. Medicine. – 2022. – Vol. 22. – № 2. – pp. 7-14.
3. Characteristics of the athletes' brain: evidence from neurophysiology and neuroimaging / H. Nakata, M. Yoshie, A. Miura, K. Kudo // Brain Res Rev. 2010. – Vol. 62(2). – pp. 197-211.
4. Park, J. L. Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance / J. L. Park, M. M. Fairweather, D. I. Donaldson // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2015. – Vol. 52. – pp. 117-130.
5. Resting state cortical rhythms in athletes: a high-resolution EEG study / Babiloni C., Marzano N., Iacoboni M. [et al] // Brain Research Bulletin. – 2010. – Vol. 81. – № 1. – pp. 149-156.
6. Reactivity of alpha rhythms to eyes opening is lower in athletes than non-athletes: a high-resolution EEG study / Del Percio C., Infarinato F., Marzano N. [et al] // International Journal of Psychophysiology. – 2011. – Vol. 82. – № 3. – pp. 240-247.
7. Bazanova O. M. Interpreting EEG alpha activity / O. M. Bazanova, D. Vernon // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2014. – Vol. 44. – pp. 94-110.
8. Are expert athletes' "expert" in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise / Voss M. W., Kramer A. F., Basak C. [et al] // Applied cognitive psychology. – 2010. – Vol. 24. – № 6. – pp. 812-826.
9. Di Nota, P. M. Experience-dependent modulation of alpha and beta during action observation and motor imagery / P. M. Di Nota, J. M. Chartrand, G. R. Levkov // BMC neuroscience. – 2017. – Vol. 18. – № 1. – pp. 1-14.
10. Tran, Y. Extraversion–introversion and 8-13 Hz waves in frontal cortical regions / Y. Tran, A. Craig, P. McIsaac // Personality and

Individual Differences. – 2001. – Vol. 30. – № 2. – pp. 205-215.
11.Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness / Borghini G., Astolfi L., Vecchiato G. [et al] // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2014. – Vol. 44. – pp. 58-75.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Юрьевна Тарабрина – доцент, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, e-mail: nata-tarabrina@mail.ru.
Николай Петрович Мишин – старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, e-mail: mishinnick@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natal'ya Yur'evna Tarabrina – Associate Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, e-mail: nata-tarabrina@mail.ru.
Nikolaj Petrovich Mishin – Senior Lecturer, V.I. Vernadskij Crimean Federal University, Simferopol, e-mail: mishinnick@yandex.ru.

Для цитирования: Тарабрина Н. Ю. Особенности электрической активности мозга борцов в сравнении с лицами, не занимающимися спортом / Н. Ю. Тарабрина, Н. П. Мишин // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_22

For citation: Tarabrina N.Yu., Mishin N.P. Features of the electrical activity of the wrestlers' brain in comparison with people who do not play sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_22