



© Г. С. Лалаева, А. Н. Захарова, А. В. Кабачкова

DOI: [10.15293/2226-3365.1601.13](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1601.13)

УДК 612.825.26 + 796

## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕТА-РИТМА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Г. С. Лалаева, А. Н. Захарова, А. В. Кабачкова (Томск, Россия)

В статье представлен анализ особенностей распределения паттернов тета-волн коры больших полушарий и их амплитудных характеристик у лиц с различным уровнем двигательной активности (низкий, средний, высокий с преобладанием динамических физических нагрузок, высокий с преобладанием статических нагрузок). У каждого обследуемого была проведена запись электроэнцефалограммы в состоянии относительного покоя, при открывании и закрывании глаз. В состоянии относительного покоя не выявлены различия в амплитудных показателях тета-ритма у представителей групп с различным уровнем двигательной активности. В свою очередь, функциональная подвижность более выражена в группах с высоким уровнем двигательной активности статического и динамического характера. В ходе проведения пробы с открыванием глаз в группе с преобладанием динамических нагрузок выявлено снижение тета-активности в височной области, а результаты пробы с закрыванием глаз – повышение. В группе с преобладанием статических нагрузок при открывании глаз отмечено повышение ритма в затылочной области и его снижению при закрывании. Таким образом, интенсивность и характер двигательной активности оказывают влияние на закономерности формирования паттернов альфа-активности коры полушарий головного мозга.

**Ключевые слова:** ритмическая деятельность головного мозга, тета-активность, тета-волны, межполушарная асимметрия, открывание глаз, закрывание глаз, динамическая физическая нагрузка, статическая физическая нагрузка, гиподинамия.

**Лалаева Галина Сергеевна** – аспирант, кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины, Национальный исследовательский Томский государственный университет.

E-mail: [galinalalaeva@mail.ru](mailto:galinalalaeva@mail.ru)

**Захарова Анна Николаевна** – аспирант, кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины, Национальный исследовательский Томский государственный университет.

E-mail: [azakharova91@gmail.com](mailto:azakharova91@gmail.com)

**Кабачкова Анастасия Владимировна** – кандидат биологических наук, доцент, кафедра спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины, Национальный исследовательский Томский государственный университет.

E-mail: [avkabachkova@gmail.com](mailto:avkabachkova@gmail.com)

Ритмичность электрической активности коры больших полушарий можно зарегистрировать с помощью электроэнцефалографии

(ЭЭГ). Этот метод позволяет оценить качественные и количественные параметры основных ритмов ЭЭГ, к которым относят альфа-, бета- и тета-ритмы [12–13] (рис.).

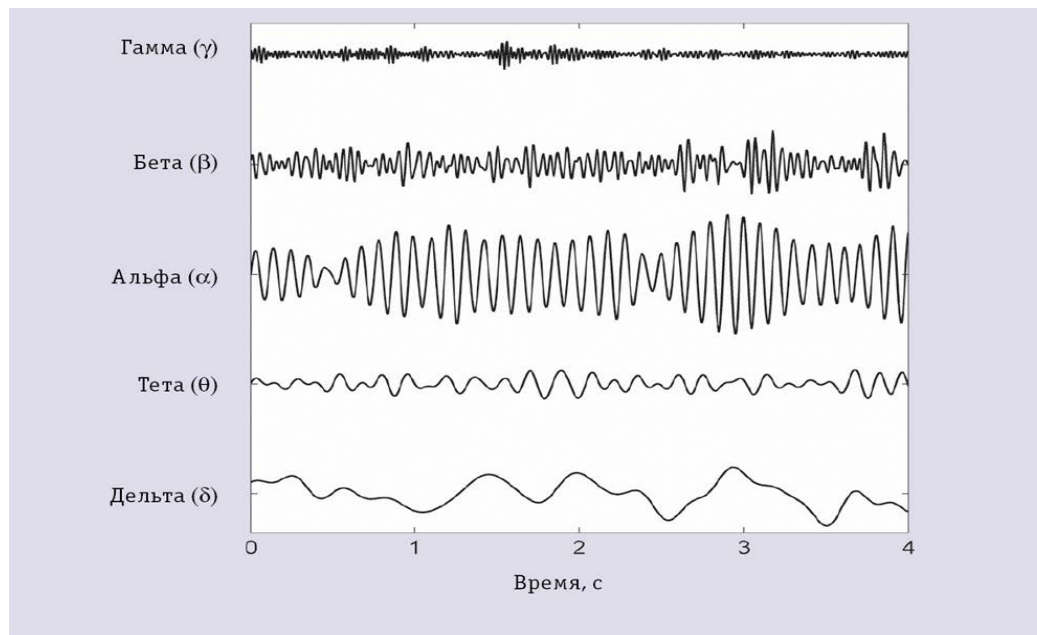


Рис. Примеры сигналов ЭЭГ в состоянии покоя с закрытыми глазами [11]

Fig. EEG waves during eyes-closed resting conditions

Выраженность этих волн будет зависеть от активности разных областей и структур головного мозга [6; 8]. При этом характер их взаимодействия может изменяться в различных ситуациях [10; 14; 17], например, в условиях экзаменационного стресса [4] или в ходе спортивной деятельности [5; 7; 9; 11; 16]. Мы предполагаем, что уровень двигательной активности может оказывать влияние на пространственное распределение основных ритмов ЭЭГ [2].

**Цель исследования** – оценить показатели тета-активности коры больших полушарий у лиц с различным уровнем двигательной активности.

**Методы и организация исследования**

В наблюдении участвовало 40 мужчин в возрасте от 17 до 20 лет без каких-либо психических и неврологических заболеваний. Все испытуемые были правшами. Были сформированы четыре однородные и равные по объему группы, различающиеся по уровню двигательной активности<sup>1</sup> [3]:

<sup>1</sup> Об утверждении государственных требований к уровню физической подготовленности населения при выполнении нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО) [Электронный

ресурс]: Приказ Минспорта России от 08 июля 2014 года № 575 // КонсультантПлюс : справ. правовая система. – Электрон. дан. – Москва [1997–2015]. – URL: [http:// www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/)

- низкий уровень – менее 9 часов в неделю;
- средний уровень – 9 часов в неделю;
- высокий уровень – более 9 часов в неделю;
- с преобладанием динамических нагрузок;
- с преобладанием статических нагрузок.

Электроэнцефалографическое обследование выполнялось на программно-аппаратном комплексе «Нейрон-спектр 3» (ООО «Нейрософт», Россия). Электроды располагались в соответствии с международной схемой «10–20» (монтаж монополярный, референтные электроды – ушные): лобные (*FP*), область центральной борозды (*C*), височные (*T*), затылочные (*O*). Регистрация показателей была проведена сидя с закрытыми глазами в состоянии относительного покоя (фоновая запись) и во время выполнения стандартных проб – «открывание/закрывание глаз». После записи ЭЭГ проводился ремонтаж и фильтрация в полосе от 1 до 150 Гц и удалением 50 Гц наводки от сети. Каждая запись ЭЭГ была автоматически просканирована на наличие артефактов. Участки ЭЭГ с амплитудой более 200 мкВ в пределах окна в 640 мс отмечались, как плохой канал; участки с амплитудой более 140 мкВ рассматривались как двигательный артефакт (*Net Station software*).

Артефакты ЭЭГ, связанные с движением глазных яблок при пробах с закрытием и открытием глаз в лобных отведениях, также были удалены. Глазодвигательные потенциалы регистрируются благодаря тому, что с электрической точки зрения глазное яблоко представляет диполь – позитивность роговицы по сравнению с негативным зарядом сетчатки. При закрытии глаз глазное яблоко рефлекторно отводится вверх (феномен Белла), что создает позитивный потенциал во фронтально-полярных отведениях (*FP1* и *FP2*) [12–13].

Статистическая обработка данных была проведена с помощью программы *Statistica 8.0* и включала расчет описательных выборочных

параметров, проверку на нормальность распределения данных (*Shapiro-Wilks test*), сравнительный анализ независимых (*Mann-Whitney test*) и зависимых (*Wilcoxon test*) выборок. За статистически значимое различие принимали  $p \leq 0.05$ .

### Результаты и обсуждение

Согласно рекомендациям Международной федерации клинической нейрофизиологии (*IFCN*), тета-ритм – это колебания частотой 4–8 Гц. Ритм амплитудой 25–35 мкВ является компонентом нормальной ЭЭГ. Например, познавательная активность приводит к увеличению мощности и пространственной синхронизации тета-волн. При этом пароксизмальные и асимметричные тета-волны в состоянии бодрствования могут свидетельствовать о патологии [12–13]. Тета-волны регистрируются в коре головного мозга человека билатерально, симметрично и синхронно.

Механизм генерации кортикальной тета-активности в настоящее время неизвестен. Есть основания полагать, что он имеет двойственную природу. Регистрируемый в коре ритм в одних случаях может являться результатом физического или электротонического распространения на кору активности гиппокампа [15], а в других – представлять собой низкочастотные колебания альфа-диапазона. Выраженность тета-ритма в ЭЭГ человека зависит от возраста и характера фоновой активности.

В состоянии относительного покоя во всех исследуемых группах средняя амплитуда тета-волн (табл.) не имеет статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). Ритм доминирует в височных отведениях. Градиент амплитуды колебаний можно представить следующим образом ( $T \rightarrow O \rightarrow FP \rightarrow C$  или  $T \rightarrow FP \rightarrow O \rightarrow C$ ). Функциональная асимметрия ритма не выявлена.

Таблица

## Средняя амплитуда тета-ритма в наблюдаемых группах, мкВ

Table

 Average amplitude of theta rhythm in study samples,  $\mu V$ 

Отведение	Группа наблюдения				Проба	
	СДА	ВДА <sub>д</sub>	ВДА <sub>с</sub>	НДА		
FP	лев.	1,05 (0,86; 1,17)	1,22 (0,92; 1,55)	1,20 (1,04; 1,20)	1,61 (0,93; 1,86)	фон
		<b>2,14(1,57; 2,60)</b>	<b>2,49 (1,81; 3,07)</b>	<b>3,86 (3,16; 5,19)<sup>1,2</sup></b>	2,8 (1,64; 3,79)	открывание глаз
		1,15(0,97; 1,34)	1,35 (1,09; 1,65)	1,30(1,21; 1,30)	1,20 (1,02; 1,32)	закрывание глаз
	пр.	1,06(1,00; 1,14)	1,25 (1,00; 1,54)	1,24 (0,99; 1,36)	1,58 (1,02; 1,62)	фон
		<b>2,00(1,30; 2,29)</b>	<b>2,42 (1,62; 3,26)</b>	<b>3,69 (2,98; 4,67)<sup>1,2</sup></b>	2,72 (1,52; 3,56)	открывание глаз
		1,15(0,99; 1,39)	1,32 (1,10; 1,45)	1,38(1,30; 1,44)	1,23 (1,13; 1,38)	закрывание глаз
C	лев.	1,27(1,03; 1,39)	1,24 (0,98; 1,46)	1,26 (1,13; 1,50)	1,4 (1,1; 1,65)	фон
		1,41(1,17; 1,56)	1,26 (0,97; 1,53)	1,57 (1,36; 1,77)	1,26 (0,99; 1,48)	открывание глаз
		1,34(1,15; 1,62)	1,33 (1,08; 1,54)	1,23(1,06; 1,38)	1,17(1,03; 1,27)	закрывание глаз
	пр.	1,26(1,12; 1,42)	1,30 (1,02; 1,45)	1,27 (1,20; 1,44)	1,26 (1,08; 1,54)	фон
		1,31(1,13; 1,42)	1,28 (1,05; 1,46)	1,55 (1,35; 1,90)	1,28 (0,84; 1,41)	открывание глаз
		1,35(1,12; 1,43)	1,32 (1,13; 1,58)	1,26(1,10; 1,37)	1,19 (1,02; 1,25)	закрывание глаз
O	лев.	1,00(0,92; 1,04)	1,09 (0,84; 1,40)	1,03 (1,01; 1,10)	1,28 (0,93; 1,56)	фон
		1,02(0,76; 1,21)	0,98 (0,70; 1,14)	1,14 (0,94; 1,26)	1,00 (0,79; 1,15)	открывание глаз
		1,00(0,84; 1,16)	1,15 (0,85; 1,51)	1,02(0,96; 1,19)	1,05 (0,78; 1,23)	закрывание глаз
	пр.	1,08(1,02; 1,24)	1,15 (0,80; 1,70)	0,99 (0,97; 1,06)	1,19 (0,89; 1,51)	фон
		1,03(0,81; 1,26)	1,04 (0,84; 1,27)	1,14 (0,92; 1,09)	1,03 (0,63; 1,25)	открывание глаз
		1,06(0,83; 1,38)	1,28 (0,88; 1,61)	1,01(0,88; 0,29)	1,07 (0,93; 1,29)	закрывание глаз
T	лев.	0,96(0,77; 1,08)	0,95 (0,73; 1,23)	0,86 (0,77; 0,96)	1,24 (0,81; 1,22)	фон
		1,16(0,94; 1,50)	1,04 (0,79; 1,31)	1,25 (0,98; 1,28)	1,72 (0,81; 1,37)	открывание глаз
		1,00(0,81; 1,11)	1,01 (0,83; 1,34)	0,83(0,80; 0,92)	0,86 (0,66; 0,91)	закрывание глаз
	пр.	1,03(0,94; 1,12)	1,07 (0,85; 1,20)	0,98 (0,89; 1,15)	0,91 (0,64; 1,15)	фон
		1,06(0,84; 1,18)	1,05 (0,92; 1,25)	1,25 (1,10; 1,51)	0,98 (0,60; 1,22)	открывание глаз
		1,07(0,84; 1,25)	1,06 (0,85; 1,36)	0,94(0,89; 0,98)	0,82 (0,67; 1,02)	закрывание глаз

*Примечание:* запись выборочных данных представлена в форме  $Me (Q_{25}; Q_{75})$ ; FP – лобные отведения, C – отведения области центральной борозды, O – затылочные отведения, T – височные отведения; СДА – средний уровень двигательной активности, ВДА<sub>д</sub> – высокий уровень двигательной активности с преобладанием динамических нагрузок, ВДА<sub>с</sub> – высокий уровень двигательной активности с преобладанием статических нагрузок, НДА – низкий уровень двигательной активности.

<sup>1</sup> – статистически значимые различия между показателями при сравнении с группой СДА ( $p \leq 0,05$ ),

<sup>2</sup> – статистически значимые различия между показателями групп ВДА<sub>д</sub> и ВДА<sub>с</sub> ( $p \leq 0,05$ ),

<sup>3</sup> – статистически значимые различия между показателями при сравнении с группой НДА ( $p \leq 0,05$ ).

*Note:* The data are presented in the form of  $Me (Q_{25}; Q_{75})$ ; FP – frontal leads, C – central leads, O – occipital leads, T – temporal leads; MPA is a moderate level of physical activity, HPAd is a high level of physical activity with a predominance of dynamic loads, HPAs is a high level of physical activity with a predominance of static loads, LPA is a low level of physical activity.

<sup>1</sup> – statistical significance differences with a group of MPA ( $p \leq 0.05$ ),

<sup>2</sup> – statistical significance differences between HPAd and HPAs ( $p \leq 0.05$ ),

<sup>3</sup> – statistical significance differences with a group of LPA ( $p \leq 0.05$ )



*Проба с открытием глаз* позволяет оценить реактивность регистрируемых ритмов, обычно происходит подавление основного затылочного ритма (альфа-ритм). На остальные ритмы открытие глаз не оказывает столь существенного влияния [12–13]. Так, при открывании глаз ритм становится выраженным в лобных отведениях – увеличение амплитуды на  $\frac{1}{4}$ . Аналогичные изменения отмечены в группе с высокой двигательной активностью (преобладание статических нагрузок) в височных отведениях, в области центральной извилины. При этом преобладание динамических физических нагрузок сопровождается снижением амплитуды тета-ритма более чем на  $\frac{1}{4}$  в указанных отведениях. Стоит отметить, что статистически значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) выявлены в лобных отведениях. Ритм доминирует в затылочных отведениях, а амплитуда снижается сзади наперед. У лиц с недостаточной двигательной активностью зарегистрирована межполушарная асимметрия градиента амплитудных изменений (слева  $O \rightarrow C \rightarrow T \rightarrow FP$ , справа  $T \rightarrow O \rightarrow C \rightarrow FP$ ).

*При закрывании глаз* наблюдалась противоположная реакция – снижение амплитуды более чем на 25 % в лобных отведениях. Снижение амплитуды на  $\frac{1}{4}$  в височных отведениях зарегистрировано как у лиц с низким уровнем

двигательной активности, так и в группе с преобладанием статических нагрузок. Доминирование ритма отмечено в височных отведениях практически у всех, за исключением группы со средним уровнем двигательной активности. У представителей той группы ритм доминирует в затылочных отведениях. Градиент амплитуды тета-ритма  $T \rightarrow O \rightarrow C \rightarrow FP$  и  $O \rightarrow T \rightarrow FP \rightarrow C$ , соответственно.

### Заключение

Интенсивность и характер двигательной активности может оказывать влияние на закономерности формирования паттернов тета-активности коры полушарий головного мозга. Отмечено, что у лиц с высоким уровнем двигательной активности выражена функциональная подвижность (степень реакции на пробы с открыванием и закрыванием глаз) в лобных отведениях. Результаты исследования согласуются с тем, что ведущая роль в механизмах формирования функционального состояния центральной нервной системы принадлежит лобным отделам коры, которые выступают в роли интегративно-пусковых структур [1], определяющих готовность центральной нервной системы к деятельности в экстремальных условиях (например, условия спортивной деятельности).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Адрианов О.С.** О принципах организации интегративной деятельности мозга. – М.: Медицина, 1976. – 280 с.
2. **Захарова А. Н., Кабачкова А. В., Лалаева Г. С., Капилевич Л. В.** Распределение ритмов ЭЭГ у спортсменов циклических и силовых видов спорта // Современные проблемы системной регуляции физиологических функций: материалы IV Международной междисциплинарной конференции (17–18 сентября 2015 г.). Москва, 2015. – С. 254–258. DOI: 10.12737/12352
3. **Кабачкова А. В., Фомченко В. В., Фролова Ю. С.** Двигательная активность студенческой молодежи // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – № 392. – С. 175–178. DOI: 10.17223/15617793/392/29





4. **Трушина Д. А., Ведясова О. А., Парамонова М. А.** Пространственная картина распределения ритмов электроэнцефалограммы у студентов-правшей во время экзамена // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 3 (114). – С. 202–212.
5. **Черепкина Л. П., Тристан В. Г.** Особенности биоэлектрической активности головного мозга спортсменов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2011. – № 39 (256). – С. 27–31.
6. **Babiloni C., Del Percio C., Vecchio F.** et al. Alpha, beta and gamma electrocorticographic rhythms in somatosensory, motor, premotor and prefrontal cortical areas differ in movement execution and observation in humans // *Clin. Neurophysiol.* – 2016. – Vol. 127. – № 1. – P. 641–654.
7. **Babiloni C., Marzano N., Iacoboni M.** et al. Resting state cortical rhythms in athletes: a high-resolution EEG study. // *Brain Res. Bull.* – 2010. – Vol. 81, № 1. – P. 149–156.
8. **Brokaw K., Tishler W., Manceor S.** et al. Resting State EEG Correlates of Memory Consolidation // *Neurobiol. Learn. Mem.* – 2016. – Vol. 130. – P. 17–25
9. **Del Percio C., Infarinato F., Marzano N.** et al. Reactivity of alpha rhythms to eyes opening is lower in athletes than non-athletes: a high-resolution EEG study. // *Int. J. Psychophysiol.* – 2011. – Vol. 82. – № 3. – P. 240–247.
10. **Hall E. E., Ekkekakis P., Petruzzello S. J.** Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry // *Biol. Psychol.* – 2007. – Vol. 75. – № 2. – P. 194–200.
11. **Krivoschekov S. G., Lushnikov O. N.** Sport addiction EEG indices: Perspectives for neurofeedback treatment // *Int. J. Psychophysiol.* – 2012. – Vol. 85. – № 3. – P. 350.
12. **MacDonald D. B.** International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. – Elsevier, 2015.
13. **Millett D., Coutin-Churchman P., Stern J. M.** Brain Mapping. – Elsevier, 2015.
14. **Miraglia F., Vecchio F., Bramanti P., Rossini P. M.** EEG characteristics in ‘eyes-open’ versus ‘eyes-closed’ conditions: Small-world network architecture in healthy aging and age-related brain degeneration // *Clin. Neurophysiol.* – 2015. – Vol. 127, № 2. – P. 1261–1268.
15. **Petsche H., Stumpf C., Gogolák G.** The significance of the rabbit's septum as a relay station between the midbrain and the hippocampus. I. The control of hippocampus arousal activity by the septum cells // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* 1962. – № 14. – P. 202–211. DOI: 10.1016/0013-4694(62)90030-5.
16. **Schneider S., Brümmer V., Abel T.,** et al. Changes in brain cortical activity measured by EEG are related to individual exercise preferences // *Physiol. Behav.* – 2009. – Vol. 98. – № 4. – P. 447–452.
17. **Vecchio F., Miraglia F., Quaranta D.** et al. Cortical connectivity and memory performance in cognitive decline: a study via graph theory from EEG data // *Neuroscience.* – 2015. – Vol. 316. – P. 143–150.



DOI: [10.15293/2226-3365.1601.13](https://doi.org/10.15293/2226-3365.1601.13)

Lalaeva Galina Sergeevna, Postgraduate, Department of Sports Tourism, Sports Physiology and Medicine, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.

E-mail: [galinalalaeva@mail.ru](mailto:galinalalaeva@mail.ru)

Zakharova Anna Nikolaevana, Postgraduate, Department of Sports Tourism, Sports Physiology and Medicine, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.

E-mail: [azakharova91@gmail.com](mailto:azakharova91@gmail.com)

Kabachkova Anastasia Vladimirovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Sports Tourism, Sports Physiology and Medicine National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.

ORCID iD [0000-0003-1691-0132](https://orcid.org/0000-0003-1691-0132)

E-mail: [avkabachkova@gmail.com](mailto:avkabachkova@gmail.com)

## THE INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY STATUS ON THE THETA RHYTHM DISTRIBUTION

### Abstract

*The aim of this research is to analyze the theta rhythm distribution in volunteers with a different physical activity status. We examine forty healthy males divided into four groups according to degree with physical activity (low, moderate, high dynamic and high static). The electroencephalographic data are recorded during both eyes-closed and eyes-open resting conditions. Resting state recordings had no differences in terms of the amplitude of the theta rhythm in representatives of groups. In their turn, the changes during eyes-closed and eyes-open conditions are more pronounced in the groups with high physical activity. For example, theta activity in high dynamic group decreases in the temporal region during eyes-open and increases in eyes-closed conditions. This rhythm in high static group increases in the occipital region during eyes-open and reduces in eyes-closed conditions. We assume that a physical activity status influences the formation of theta waves.*

### Keywords

*Rhythmic activity, theta activity, theta band, hemispheric asymmetry, eyes-closed, eyes-open, dynamic exercise, static exercise, physical inactivity.*

## REFERENCES

1. Adrianov O.S. *Brain integrative activity: principles of organization*. Moscow: Medicine Publ., 1976, 280 p. (In Russian)
2. Zacharova A. N., Kabachkova A. V., Lalaeva G. S., Kapilevich L. V. Distribution of EEG rhythms in athletes of cyclic and power sport. *Modern Problems of System Regulation of Physiological Functions*. IV International Interdisciplinary Conference (17–18 September 2015). Moscow, 2015, pp. 254–258. (In Russian) DOI: [10.12737/12352](https://doi.org/10.12737/12352)
3. Kabachkova A. V., Fomchenko V. V., Frolova Yu. S. Student physical activity. *Tomsk State University Journal*. 2015, no. 392, pp. 175–178. (In Russian) DOI: [10.17223/15617793/392/29](https://doi.org/10.17223/15617793/392/29)



4. Trushina D. A., Vedyasova O. A., Paramonova M. A. The spatial distribution of EEG rhythms in right-hander students during the exam. *Samara State University Journal*. 2014, no. 3 (114), pp. 202–212. (In Russian)
5. Cherapkina L. P., Tristan V. G. Features of the brain activity in athletes. *South Ural State University Journal. Series: Education, Health, Physical Education*. 2011, no. 39 (256), pp. 27–31. (In Russian)
6. Babiloni C., Del Percio C., Vecchio F. et al. Alpha, beta and gamma electrocorticographic rhythms in somatosensory, motor, premotor and prefrontal cortical areas differ in movement execution and observation in humans. *Clin. Neurophysiol.* 2016, vol. 127, no. 1, pp. 641–654.
7. Babiloni C., Marzano N., Iacoboni M. et al. Resting state cortical rhythms in athletes: a high-resolution EEG study. *Brain Res. Bull.* 2010, vol. 81, no. 1, pp. 149–156.
8. Brokaw K., Tishler W., Manceor S. et al. Resting State EEG Correlates of Memory Consolidation. *Neurobiol. Learn. Mem.* 2016, vol. 130, pp. 17–25.
9. Del Percio C., Infarinato F., Marzano N. et al. Reactivity of alpha rhythms to eyes opening is lower in athletes than non-athletes: a high-resolution EEG study. *Int. J. Psychophysiol.* 2011, vol. 82, no. 3, pp. 240–247.
10. Hall E. E., Ekkekakis P., Petruzzello S. J. Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry. *Biol. Psychol.* 2007, vol. 75, no. 2, pp. 194–200.
11. Krivoschekov S. G., Lushnikov O. N. Sport addiction EEG indices: Perspectives for neurofeedback treatment. *Int. J. Psychophysiol.* 2012, vol. 85, no. 3, p. 350.
12. MacDonald D. B. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. Elsevier, 2015.
13. Millett D., Coutin-Churchman P., Stern J. M. *Brain Mapping*. Elsevier, 2015.
14. Miraglia F., Vecchio F., Bramanti P., Rossini P. M. EEG characteristics in ‘eyes-open’ versus ‘eyes-closed’ conditions: Small-world network architecture in healthy aging and age-related brain degeneration. *Clin. Neurophysiol.* 2015, vol. 127, no. 2, pp. 1261–1268.
15. Petsche H., Stumpf C., Gogolák G. The significance of the rabbit's septum as a relay station between the midbrain and the hippocampus. I. The control of hippocampus arousal activity by the septum cells. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1962, no. 14, pp. 202–211. DOI: 10.1016/0013-4694(62)90030-5.
16. Schneider S., Brümmer V., Abel T. et al. Changes in brain cortical activity measured by EEG are related to individual exercise preferences. *Physiol. Behav.* 2009, vol. 98, no. 4, pp. 447–452.
17. Vecchio F., Miraglia F., Quaranta D. et al. Cortical connectivity and memory performance in cognitive decline: a study via graph theory from EEG data. *Neuroscience*. 2015, vol. 316, pp. 143–150.