

ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОЗГА У ЛЮДЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ СИТУАТИВНОЙ ТРЕВОЖНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НЕВЕРБАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

С.И. Павленко^{1, 2}, Д.С. Громова², О.А. Ведясова¹, А.М. Ковалёв², А.И. Будаев^{1, 2}

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва,
Московское шоссе, д. 34, Самара, Россия, 443086

²Самарский государственный медицинский университет, Самарский государственный медицинский университет,
ул. Чапаевская, д. 89, Самара, Россия, 443099

Резюме. *Цель исследования:* сравнить параметры электроэнцефалограммы у лиц с различным уровнем тревожности при выполнении невербальных заданий. *Объект и методы.* Исследование проводилось на 20 студентах женского пола, возрастом от 18 до 22 лет. Все исследования осуществлялись на добровольной, письменно подтверждённой основе с соблюдением биоэтических норм, регламентирующих проведение наблюдений на человеке. Уровень ситуативной тревожности определяли с помощью теста Спилберга – Ханина. Спектральную мощность ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) регистрировали с помощью нейровизора «NVX 36 digital DC EEG» с использованием шапочки с набором электродов, которые располагались на голове испытуемых по международной системе «10–20». Запись ЭЭГ длилась 1–2 минуты до и в ходе выполнения невербальных заданий. В качестве невербальных заданий испытуемым предлагали выполнить лабиринтный тест Портсуса и интеллектуальный тест Кеттелла. Полученные результаты обрабатывали статистическими методами. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Все полученные данные представлены как средние арифметические \pm стандартные ошибки среднего, а также изменения средних значений в %. *Результаты исследования.* Установлено, что динамика параметров ЭЭГ в условиях выполнения невербальных заданий у студентов зависит от уровня их ситуативной тревожности. У лиц с низким уровнем ситуативной тревожности при выполнении невербальных заданий наблюдается рост спектральной мощности параметров ЭЭГ бета2- и гамма-волн в лобных, теменных, затылочных и центральных отведениях. У испытуемых со средним уровнем тревожности в условиях выполнения невербальных заданий заметно усилились параметры ЭЭГ бета2- и гамма-волн в лобных, затылочных и теменных отведениях. Лица с высоким уровнем тревожности отличаются ростом спектральной мощности альфа-, бета2- и гамма-ритмов в лобных, центральных, теменных и затылочных отведениях.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, ситуативная тревожность, невербальные задания, когнитивная нагрузка.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа поддержана грантом президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-4515.2022.2.

Соответствие нормам этики. Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо.

Для цитирования: Павленко С.И., Громова Д.С., Ведясова О.А., Ковалёв А.М., Будаев А.И. Особенности биоэлектрической активности мозга у людей с различным уровнем ситуативной тревожности при выполнении невербальных заданий. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2023;13(5):34–38. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2023.5.PHYS.3>

FEATURES OF BIOELECTRIC BRAIN ACTIVITY IN PEOPLE WITH DIFFERENT LEVEL OF SITUATIONAL ANXIETY WHEN PERFORMING NON-VERBAL TASKS

S.I. Pavlenko^{1, 2}, D.S. Gromova², O.A. Vedyasova¹, A.M. Kovalev¹, A.I. Budaev^{1, 2}

¹Samara University, 34 Moskovskoe shosse str., Samara, 443086, Russia

²Samara State Medical University, 89 Chapayevskaya str., Samara, 443099, Russia

Abstract. *The purpose of the study:* to analyze the parameters of the electroencephalogram in individuals with different levels of anxiety when performing non-verbal tasks. *Object and methods.* The study was conducted on 20 female students, aged 18 to 22 years. All studies were carried out on a voluntary basis, confirmed in writing, in compliance with bioethical standards governing the conduct of observations on humans. The level of situational anxiety was determined using the Spielberg-Khanin test. The spectral power of the electroencephalogram rhythms was recorded using the NVX 36 digital DC EEG neurovisor using a cap with a set of electrodes that were placed on the head of the subjects according to the international 10–20 system. The EEG recording lasted 1–2 minutes before and during the performance of nonverbal tasks. As non-verbal tasks, the subjects were asked to complete the Portus maze test and the Cattell intellectual test. The results obtained were statistically processed. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. All data obtained are presented as arithmetic means \pm standard errors of the mean, as well as changes in average values in %. *Research results.* It was found that the dynamics of EEG parameters in the performance of non-verbal tasks in students depends on the level of their situational anxiety. In persons with a low level of situational anxiety, when performing non-verbal tasks, an increase in the spectral power of the EEG parameters of beta2 and gamma waves in the frontal, parietal, occipital, and central leads is observed. In subjects with an average level of anxiety in the conditions of performing non-verbal tasks, the EEG parameters of beta2 and gamma waves in the frontal, occipital, and parietal leads noticeably increased. Persons with a high level of anxiety are characterized by an increase in the spectral power of alpha, beta2 and gamma rhythms in the frontal, central, parietal and occipital leads.

Key words: EEG, situational anxiety, nonverbal tasks, cognitive load.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. The work was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists – candidates of sciences MK-4515.2022.2.

Compliance with ethical principles. The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary.

Cite as: Pavlenko S.I., Gromova D.S., Vedyasova O.A., Kovalev A.M., Budaev A.I. Features of bioelectric brain activity in people with different level of situational anxiety when performing non-verbal tasks. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health.* 2023;13(5):34–38. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2023.5.PHYS.3>

Введение

В настоящее время проблема изучения психоэмоционального состояния студентов приобретает всё большую актуальность, что связано с реализацией одного из приоритетных направлений – внедрением здоровьесберегающих технологий в образовательный процесс.

Последние годы в ряде исследований отмечается повышение уровня тревожности среди студентов и неудовлетворительный показатель здоровья, что, как известно, отражает уровень адаптационно-приспособительных возможностей человека [1, 2]. Повышенная тревожность негативно влияет на результативность деятельности, на психическое и соматическое здоровье, когнитивные способности и память. В настоящее время хорошо исследована взаимосвязь тревожности с когнитивными функциями у школьников. У учащихся с низким уровнем тревожности формируется более тонкая система анализа стимулов, связанная с развитием когнитивных структур, характеризующихся большей сложностью, обособлением и автономностью подструктур, отвечающих за обработку сложной информации [3].

Одним из наиболее удобных и информативных методов комплексного изучения механизмов адаптации у обучающихся является оценка функциональной активности центральной нервной системы, а именно анализ параметров электроэнцефалограммы (ЭЭГ) [4].

На сегодняшний день имеются только отдельные работы, указывающие на взаимосвязь параметров биоэлектрической активности мозга и тревожности [5–7]. Доказано, что каждый уровень тревожности сопровождается своим определённым изменением ритмов биоэлектрической активности. Так, лица с высоким уровнем тревожности обладают повышенной тета-активностью. Поэтому этот ритм называют «стресс-ритмом» или ритмом напряжения. Увеличение мощности тета-ритма указывает на эмоциональное возбуждение, которое обусловливается кортико-лимбическим взаимодействием и активацией коры больших полушарий со стороны лимбической системы [5, 8].

Однако вопрос о взаимодействии полушарий у людей с различной тревожностью в ходе выполнения невербальных заданий до сих пор остаётся практически не изученным, что и определило наше исследование.

Цель данной работы: сравнить параметры электроэнцефалограммы у лиц с различным уровнем тревожности при выполнении невербальных заданий.

Объект и методы

Исследование проводилось на 20 студентах женского пола, возрастом от 18 до 22 лет, обучающихся на биологическом факультете Самарского университета. Все исследования осуществлялись на добровольной, письменно подтверждённой основе с соблюдением биоэтических норм, регламентирующих проведение наблюдений на человеке.

Уровень ситуативной тревожности определяли с помощью теста Спилберга – Ханина. По итогам тестирования формировали три группы испытуемых: 1) с высоким уровнем тревожности; 2) со средним уровнем тревожности; 3) с низким уровнем тревожности.

Спектральную мощность ритмов электроэнцефалограммы регистрировали с помощью нейровизора «NVX 36 digital DC EEG» с использованием шапочки с набором электродов, которые располагались на голове испытуемых по международной системе «10–20». Запись ЭЭГ осуществлялась с помощью отводящих электродов биполярным способом. Кривую ЭЭГ регистрировали в стандартных отведениях: в лобных (Fp1, Fp2, F4, F3), височных (T4, T3), центральных (C4, C3), в затылочных (O2, O1) и теменных (P4, P3) долях. Во время проведения исследования все испытуемые находились в положении сидя в состоянии относительного психоэмоционального покоя с закрытыми глазами в помещении со свето- и звукоизоляцией. Запись ЭЭГ длилась 1–2 минуты до и в ходе выполнения невербальных заданий.

В качестве невербальных заданий испытуемым предлагали выполнить лабиринтный тест Портсуса и интеллектуальный тест Кеттелла.

Полученные результаты обрабатывали статистическими методами, используя Normality Test (Shapiro-Wilk) для оценки распределения изучаемых показателей, парный t-test для сравнения значений показателей ЭЭГ у испытуемых с одинаковым уровнем тревожности в состоянии покоя и при выполнении невербальных заданий. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$. Все полученные данные представлены как средние арифметические \pm стандартные ошибки среднего, а также изменения средних значений в %.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе исследования были выявлены определённые различия в изменениях спектральной мощности ритмов ЭЭГ у испытуемых с различным уровнем ситуативной тревожности в условиях выполнения невербальных заданий.

Было установлено, что у лиц с низким уровнем ситуативной тревожности под влиянием невербальных заданий различия в спектральной мощности ЭЭГ касались только бета2- и гамма-ритмов. При работе самые существенные отклонения показателя спектральной мощности бета2-ритмов у низкотревожных лиц были зафиксированы в затылочных отведениях (О2). В результате выполнения невербальных заданий мощность бета2-ритмов у испытуемых возрастала от $4,62 \pm 0,77$ до $7,20 \pm 1,40$ Гц ($p < 0,05$).

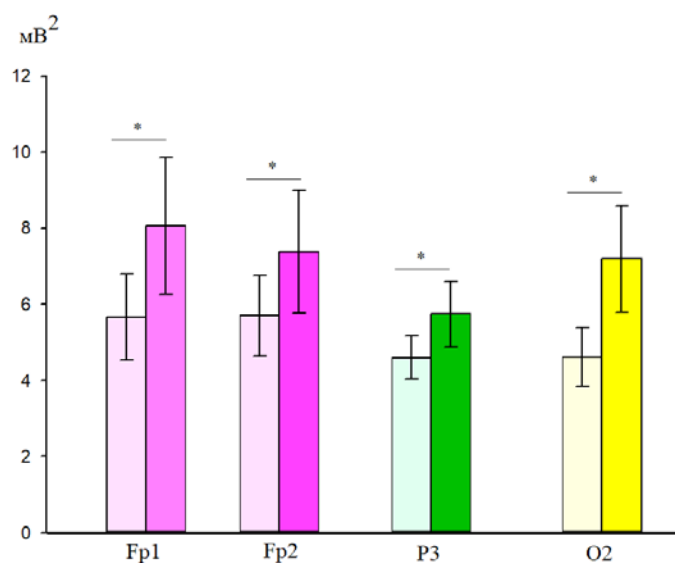


Рисунок 1. Изменения спектральной мощности бета2-волн в лобных (Fp1, Fp2), теменных (P3) и затылочных (O2) отведениях больших полушарий у испытуемых с низким уровнем ситуативной тревожности в ходе выполнения невербальных заданий. Светлые столбики – значения в состоянии покоя, тёмные – при выполнении заданий. * ($p < 0,05$) – статистически значимые различия с исходным уровнем

Figure 1. Changes in β 2-wave spectral power in frontal (Fp1, Fp2), parietal (P3) and occipital (O2) leads of the large hemispheres in subjects with a low level of situational anxiety during the performance of nonverbal tasks. Light bars – values at rest, dark bars – during task performance. * ($p < 0,05$) – statistically significant differences with the initial level

При обследовании лиц со средним уровнем тревожности было выявлено, что под воздействием невербальных заданий различия в спектральной мощности ЭЭГ, также как и у лиц с низким уровнем тревожности, касались только бета2- и гамма-ритмов. При анализе изменений спектральной мощности бета2-волн было установлено, что максимальное увеличение спектральной мощности во время выполнения невербальных заданий отмечалось в затылочных отведениях (O2) от $6,84 \pm 0,67$ до $10,33 \pm 1,19$ Гц ($p < 0,01$). Помимо этого, статистически значимый рост по сравнению с состоянием покоя обнаружен и в лобных отведениях (F4 и F3) – 32,58 % и 46,86 % ($p < 0,05$) соответственно. Спектральная мощность гамма-

В то время как увеличение спектральной мощности бета2-ритмов в лобных отведениях – Fp1 и Fp2 составило 42,40 % и 29,47 % ($p < 0,05$) соответственно. Спектральная мощность бета2-ритмов в теменных отведениях (P3) после выполнения тестовых заданий статистически значимо изменялась от $4,60 \pm 0,57$ до $5,74 \pm 0,86$ Гц (рис. 1).

Анализ изменений спектральной мощности гамма-волн у низкотревожных лиц показал более выраженное увеличение в затылочных отведениях (O2) от $4,74 \pm 0,93$ до $7,66 \pm 1,63$ Гц ($p < 0,05$). Кроме этого, статистически значимая тенденция к росту была выявлена в лобных (F3), центральных (C3) и теменных (P3, P4) отведениях. Средняя разница спектральной мощности гамма-волн в указанных выше отведениях составила $1,84 \pm 0,12$ Гц (рис. 2).

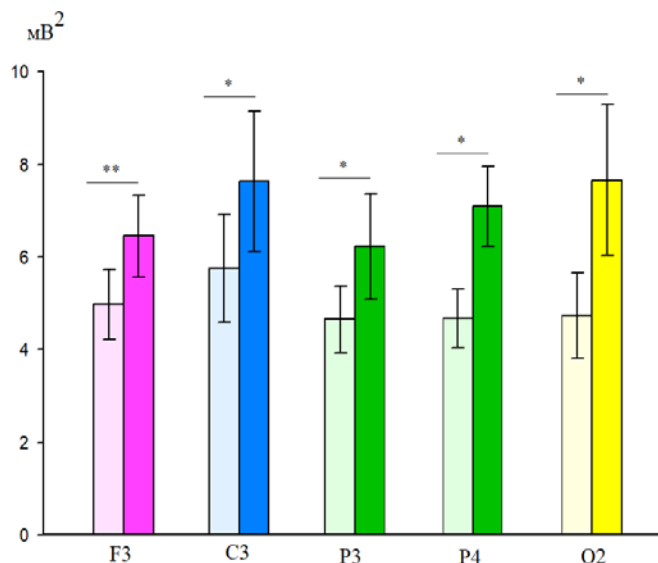


Рисунок 2. Изменения спектральной мощности гамма-волн в лобных (F3), центральных (C3), теменных (P3, P4) и затылочных (O2) отведениях больших полушарий у испытуемых с низким уровнем ситуативной тревожности в ходе выполнения невербальных заданий. Светлые столбики – значения в состоянии покоя, тёмные – при выполнении заданий. * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$) – статистически значимые различия с исходным уровнем

Figure 2. Changes in the spectral power of γ waves in frontal (F3), central (C3), parietal (P3, P4) and occipital (O2) leads of the large hemispheres in subjects with a low level of situational anxiety during the performance of nonverbal tasks. Light bars – values at rest, dark bars – during task performance. * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$) – statistically significant differences with the baseline level

ритмов с большей выраженностью увеличивалась в теменных отведениях (P3) от $5,83 \pm 0,63$ до $11,76 \pm 2,65$ Гц ($p < 0,05$). Кроме того, после выполнения невербальных заданий спектральная мощность статистически значимо изменялась от $6,23 \pm 0,42$ до $8,81 \pm 1,21$ Гц в лобных отведениях (F4) и от $7,07 \pm 0,84$ до $12,07 \pm 1,25$ Гц в затылочных отведениях (O2).

У лиц с высоким уровнем ситуативной тревожности достоверные отличия наблюдались в изменениях спектральной мощности альфа-, бета2- и гамма-ритмов. Анализ показал, что спектральная мощность альфа-ритмов наиболее существенно в указанных условиях увеличивалась в затылочных (O1) отведениях от $8,12 \pm 1,22$ до $25,56 \pm 5,05$ Гц ($p < 0,01$), а в лобных отведениях (F3) –

от $7,14 \pm 0,37$ до $11,66 \pm 1,72$ Гц ($p < 0,05$). Значения бета2-ритмов резко возрастали в центральных отведениях (C4 и C3). В среднем увеличение мощности, по сравнению с состоянием покоя, составило 107,81 % ($p < 0,05$). Спектральная мощность бета2-ритмов в теменных отведениях (P3) после выполнения тестовых заданий возросла с $6,30 \pm 0,30$ до $12,74 \pm 2,04$ Гц ($p < 0,05$). Кроме этого, статистически значимая тенденция к росту была выявлена в лобных (Fp1, F4, F3) отведениях. Средняя разница спектральной мощности бета2-волн в указанных выше отведениях составила 132,42 % ($p < 0,01$) (рис. 3).

При анализе изменений спектральной мощности гамма-волн наблюдался статистически значимый рост спектральной мощности центральных (C4 и C3) отведений в среднем от $5,86 \pm 0,69$ до $12,58 \pm 1,87$ Гц. После выполнения невербальных заданий спектральная мощность в теменных отведениях (P3) увеличивалась на 102,22 % ($p < 0,05$) по сравнению с состоянием покоя. Выполнение умственной нагрузки вызывало достоверное увеличение спектральной мощности в лобных (Fp1, F4 и F3) отведениях в среднем на 132,35 % ($p < 0,05$) (рис. 4).

Таким образом, в ходе исследования было выявлено, что у лиц с высоким уровнем тревожности динамика параметров ЭЭГ выражена сильнее, чем у лиц с низким уровнем. Изменения наблюдались при анализе бета2- и гамма-

ритмов. Бета-активность связана с процессами внимания, а высокочастотные составляющие данного ритма – с неблагоприятным эмоциональным состоянием: тревожностью, страхом и раздражительностью. Гамма-ритм возникает при сосредоточенности на поставленной задаче, во время учёбы. Мощность альфа-ритмов у лиц с высоким уровнем тревожности значительно увеличивалась в лобных и центрально-теменных отделах. Спектральная мощность альфа-волн возрастала при экспериментальных тревожных мыслях. У всех групп испытуемых значимый рост спектральной мощности имели лобные отведения. Это может свидетельствовать об эмоциональном подъёме и творческом подходе к заданию. Кроме того, у лиц с высоким и низким уровнем тревожности заметно возрастала спектральная мощность в теменных отведениях. В лобных и теменных долях мозга находятся структуры лимбической системы, отвечающие за возникновение эмоций. В затылочных отведениях наблюдался рост спектральной мощности параметров ЭЭГ во всех группах испытуемых, что может быть связано с зрительным восприятием.

В целом же можно говорить о том, что более адаптивный тип реагирования параметров ЭЭГ к условиям выполнения невербальных заданий присущ лицам с низким уровнем тревожности, а менее адаптивный – с высоким.

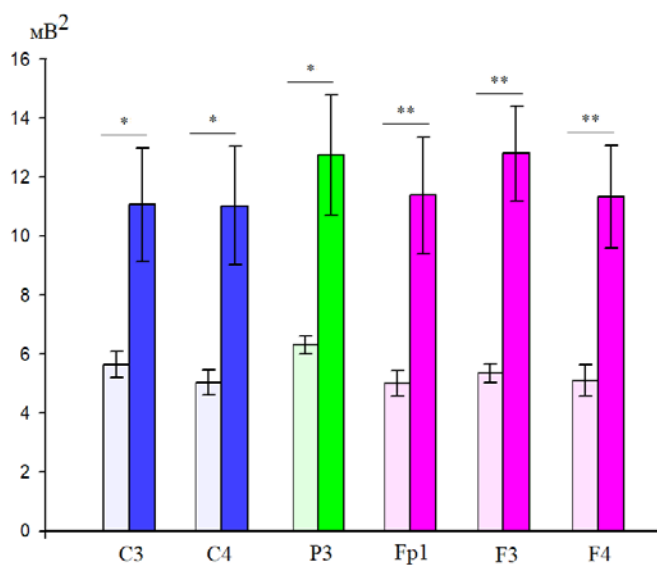


Рисунок 3. Изменения спектральной мощности бета2-волн в лобных (Fp1, F4 и F3), центральных (C4 и C3) и теменных (P3) отведениях больших полушарий у испытуемых с высоким уровнем ситуативной тревожности в ходе выполнения невербальных заданий. Светлые столбики – значения в состоянии покоя, тёмные – при выполнении заданий. *($p < 0,05$), **($p < 0,01$) – статистически значимые различия с исходным уровнем

Figure 3. Changes of β_2 -wave spectral power in frontal (Fp1, F4 and F3), central (C4 and C3) and parietal (P3) leads of the large hemispheres in subjects with a high level of situational anxiety during performance of nonverbal tasks. Light bars – values at rest, dark bars – during task performance. *($p < 0,05$), **($p < 0,01$) – statistically significant differences with the baseline level

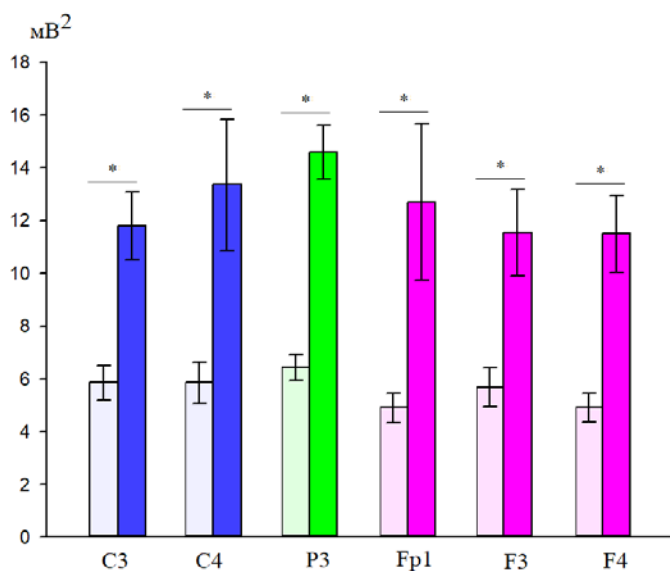


Рисунок 4. Изменения спектральной мощности гамма-волн в лобных (Fp1, F4 и F3), центральных (C4 и C3) и теменных (P3) отведениях больших полушарий у испытуемых с высоким уровнем ситуативной тревожности в ходе выполнения невербальных заданий. Светлые столбики – значения в состоянии покоя, тёмные – при выполнении заданий. *($p < 0,05$) – статистически значимые различия с исходным уровнем

Figure 4. Changes in the spectral power of γ waves in frontal (Fp1, F4 and F3), central (C4 and C3) and parietal (P3) leads of the large hemispheres in subjects with a high level of situational anxiety during the performance of nonverbal tasks. Light bars – values at rest, dark bars – during task performance. *($p < 0,05$) – statistically significant differences with the baseline level

Литература [References]

- Ходжиев М., Прокопенко Л.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Гуломова Р.А. Физиологическое определение степени адаптационно-приспособительных реакций к трудовому и учебному процессам у мигрантов и студентов. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНИСО*. 2019;3(312):94–99. [Khodzhiyev M., Prokopenko L.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Gulomova R.A. Physiological determination of the degree of adaptive reactions to labor and educational processes in migrants and students. *Public health and life environment – PH&LE*. 2019;3(312):94–99. (In Russ)].
- Грехов Р.А., Сулейманова Г.П., Адамович Е.И. Роль тревоги в психофизиологии стресса. *Естественные науки*. 2017;1:89–91. [Grekhov R.A., Suleymanova G.P., Adamovich E.I. The role of anxiety in the psychophysiology of stress. *Natural sciences*. 2017; 1:89–91. (In Russ)].
- Gut Yu. N., Kabardov M. K., Kosheleva Yu. P., Moskvitina, O. A. Cognitive functions and personality traits of students in different educational environments. *Perspektivy nauki i obrazovaniya*. 2021;53(5):323–333. <https://doi.org/10.32744/pse.2021.5.22>
- Асташенко А.П., Горбатенко Н.Б., Дорохов Е.В., Варварова С.И., Зяблова П.В. Влияния тревожности, связанной с экзаменационным стрессом, на смещение зрительного внимания и электрическую активность фронтальных зон коры. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2020;2:113–119. [Astashchenko A.P., Gorbatenko N.B., Dorokhov E.V., Varvarova S.I., Zablova P.V. The effects of anxiety associated with exam stress on the shift of visual attention and electrical activity of the frontal cortex. *Ulyanovsk Medical and Biological Journal*. 2020;2:113–119. (In Russ)].
- Джебраилова Т.Д., Коробейникова И.И., Каратыгин Н.А., Бирюкова Е.В., Венерина Я.А. Динамика спектральных характеристик ЭЭГ у лиц с разной личностной тревожностью при когнитивной деятельности. *Физиология человека*. 2021;1:20–30. [Dzhebrailova T. D., Korobeynikova I.I., Karatygin N.A., Biryukova E.V., Venerina YA.A. Dynamics of spectral characteristics of EEG in individuals with different personality anxiety in cognitive activity. *Human physiology*. 2021;1:20–30. (In Russ)].
- Каратыгин Н.А., Коробейникова И.И., Венерина Я.А., Бирюкова Е.В. Связь личностной тревожности со спектрально-когерентными характеристиками α 1-ритма электроэнцефалограммы человека. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2018;9:91–97. [Karatygin N.A., Korobeynikova I.I., Venerina YA.A., Biryukova E.V. The relationship of personal anxiety with the spectral-coherent characteristics of the α 1 rhythm of the human electroencephalogram. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2018;9:91–97. (In Russ)].
- Черкесова Д.У., Рабаданова А.Р. Особенности межполушарной асимметрии электрической активности мозга у лиц юношеского возраста с высоким уровнем личностной тревожности. *Молодые учёные в решении актуальных проблем современной физиологии*. 2020:80–83. [Cherkesova D.U., Rabadanova A.R. Features of interhemispheric asymmetry of electrical activity of the brain in adolescents with a high level of personal anxiety. *Young scientists in solving urgent problems of modern physiology*. 2020:80–83. (In Russ)].
- Грибанов А.В., Панков М.Н., Депутат И.С., Нехорошкова А.Н., Старцева Л.Ф., Кожевникова И.С. Нейрофизиологические подходы к оценке тревожности у детей. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;6:33–40. [Gribanov A.V., Pankov M.N., Deputat I.S., Nekhoroshkova A.N., Startseva L.F., Kozhevnikova I.S. Neurophysiological approaches to assessing anxiety in children. *Modern problems of science and education*. 2018;6:33–40. (In Russ)].

Авторская справка

Павленко Снежанна Ивановна

Канд.биол. наук, доцент, доцент кафедры физиологии человека и животных. Доцент кафедры физиологии с курсом безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф.

ORCID 0000-0001-5506-5328; pavlenko.snezhanna@mail.ru

Вклад автора: общая концепция выполнения работы.

Горомова Дарья Сергеевна

Старший преподаватель кафедры общей и молекулярной биологии.

ORCID 0000-0003-0650-0252; d.s.gromova@samsmu.ru

Вклад автора: формулирование выводов.

Ведаева Ольга Александровна

Д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры физиологии человека и животных.

ORCID 0000-0002-3392-6112; o.a.vedyasova@gmail.com

Вклад автора: написание текста работы.

Ковалев Александр Михайлович

Аспирант кафедры физиологии человека и животных. Ассистент кафедры физиологии с курсом безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф.

ORCID 0000-0002-3729-0430

Вклад автора: написание текста работы.

Будаев Александр Иванович

Аспирант кафедры физиологии человека и животных. Ассистент кафедры физиологии с курсом безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф.

ORCID 0000-0002-3729-0430

Вклад автора: подготовка числовых данных.

Author's reference

Snezhanna I. Pavlenko

Cand. Sci. (Biol.), Docent, Associate Professor of the Department of Human and Animal Physiology. Associate Professor of the Department of Physiology with the course of life safety and disaster Medicine.

ORCID 0000-0001-5506-5328; pavlenko.snezhanna@mail.ru

Author's contribution: general concept of work performance.

Darja S. Gromova

Senior Lecturer of the Department of General and Molecular Biology.

ORCID 0000-0003-0650-0252; d.s.gromova@samsmu.ru

Author's contribution: drawing conclusions.

Olga A. Vedyasova

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Professor of the Department of Human and Animal Physiology.

ORCID 0000-0002-3392-6112; o.a.vedyasova@gmail.com

Author's contribution: paper writing.

Alexandr M. Kovalev

Postgraduate student of the Department of Human and Animal Physiology. Assistant of the Department of Physiology with a course in life safety and disaster medicine.

ORCID 0000-0002-3729-0430

Author's contribution: paper writing.

Aleksandr I. Budaev

Postgraduate student of the Department of Human and Animal Physiology. Assistant of the Department of Physiology with the course of life safety and Disaster Medicine.

ORCID 0000-0002-3729-0430

Author's contribution: numerical data preparation.