

## ЦЕРЕБРАЛЬНАЯ ГЕМОДИНАМИКА В МЕХАНИЗМАХ ЭРГОГЕНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

**Н.Н. Сентябрьев**, [nsvgsp@rambler.ru](mailto:nsvgsp@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5253-7078>  
**С.С. Мирошникова**, [snmir@mail.ru](mailto:snmir@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4310-346X>  
**А.Г. Камчатников**, [griffon123@mail.ru](mailto:griffon123@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5068-467X>  
**В.А. Лиходеева**, [v-lihoodeeva@mail.ru](mailto:v-lihoodeeva@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3162-8234>  
*Волгоградская академия физической культуры, Волгоград, Россия*

**Аннотация.** **Цель:** оценка значимости состояния кровообращения мозга в возможных механизмах эргогенических воздействий. **Материалы и методы.** Был проведен анализ многолетних исследований авторов, проведенных с участием квалифицированных спортсменов. Оценивали реоэнцефалографические (РЭГ) показатели церебральной гемодинамики, состояние спортивной работоспособности после применения различных эргогенических воздействий. **Результаты.** Показаны особенности изменения показателей РЭГ после значительных тренировочных нагрузок. Выявлена статистически значимая смена полушарных отношений по большей части показателей РЭГ на фоне выраженного утомления. Установлено нормализующее влияние электроимпульсных воздействий по методу электросна на системную и, в первую очередь, церебральную гемодинамику и положительные изменения спортивного результата. Систематические тренировки с дыхательным тренажером способствовали нормализации величин мозгового кровотока, оптимизации асимметричности полушарной гемодинамики. Биологически активные добавки (БАД), направленные на нормализацию состояния микробиоты, и БАД на основе пчелопродуктов повышали адаптивные возможности по данным ВСП и оказывали положительное воздействие на специальную спортивную работоспособность. Воздействия на организм спортсмена с помощью функциональной музыки, эфирных масел приводили к положительным изменениям церебральной гемодинамики, улучшению мышечной координации, повышали экономичность, эффективность и результативность мышечной деятельности (результат бега на короткие дистанции). **Заключение.** Приведенные данные указывают на общность целого ряда эргогенических средств, во многом за счет оптимизации состояния церебральной гемодинамики.

**Ключевые слова:** эргогенические средства и методы, церебральный кровоток, реоэнцефалография, спортивная работоспособность

**Для цитирования:** Церебральная гемодинамика в механизмах эргогенических воздействий / Н.Н. Сентябрьев, С.С. Мирошникова, А.Г. Камчатников, В.А. Лиходеева // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 29–35. DOI: 10.14529/hsm24s104

Original article  
DOI: 10.14529/hsm24s104

## CEREBRAL HEMODYNAMICS IN MECHANISMS OF ERGOGENIC EFFECTS

**N.N. Sentiabrev**, [nsvgsp@rambler.ru](mailto:nsvgsp@rambler.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5253-7078>  
**S.S. Miroshnikova**, [snmir@mail.ru](mailto:snmir@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4310-346X>  
**A.G. Kamchatnikov**, [griffon123@mail.ru](mailto:griffon123@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5068-467X>  
**V.A. Likhodeeva**, [v-lihoodeeva@mail.ru](mailto:v-lihoodeeva@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3162-8234>  
*Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, Russia*

**Abstract. Aim.** This study aims to investigate the current state of cerebral blood circulation in relation to ergogenic substances. **Materials and methods.** This article presents a comprehensive analysis of the results of many years of research with the involvement of elite athletes. The methodology encompasses the evaluation of rheoencephalographic (REG) parameters to assess cerebral hemodynamics and the subsequent impact

on athletic performance following the application of various ergogenic substances. **Results.** This section presents the findings regarding the alterations in REG data after extensive physical activity. A statistically significant alteration in hemispheric relations was observed for the majority of REG indicators, particularly in the context of severe fatigue. The restorative effects of electrosleep, utilizing electric pulse stimulation, were demonstrated in enhancing both systemic and, predominantly, cerebral hemodynamics, as well as positive changes in athletic performance. Systematic training with a respiratory simulator contributed to the normalization of cerebral circulation and the reduction of hemispheric asymmetry. Dietary supplements aimed at restoring microbiota balance and those derived from bee products were shown to enhance adaptive capabilities, as evidenced by heart rate variability, positively influencing athletic performance. The application of functional music and essential oils in conjunction with ergogenic substances led to improvements in cerebral hemodynamics, enhanced muscle coordination, and augmented the economy, efficiency, and effectiveness of muscle activity, as evidenced by short-distance running performance. **Conclusion.** The findings of this study underscore the synergistic effects of various ergogenic interventions, primarily through the optimization of cerebral hemodynamics, thereby highlighting the commonality of these means in enhancing athletic performance.

**Keywords:** ergogenic aids and methods, cerebral blood flow, rheoencephalography, athletic performance

**For citation:** Sentiabrev N.N., Miroshnikova S.S., Kamchatnikov A.G., Likhodeeva V.A. Cerebral hemodynamics in mechanisms of ergogenic effects. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S1):29–35. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s104

**Введение.** В современном спорте кроме основных тренировочных средств широко используют различные дополнительные методы воздействия на организм. В основном с их помощью решаются задачи оптимизации текущих функциональных состояний, повышения специальной физической работоспособности и ускорения восстановления [8]. Исходя из современных представлений такие методы называют эргогеническими [19]. К эргогенным вспомогательным методам и средствам относятся вещества, повышающие работоспособность, пищевые добавки и различные методики, направленные на повышение работоспособности спортсмена [13, 14, 25]. Зарубежные исследователи зачастую ограничивают представления об эргогенических средствах, сводя их к дополнению к основным питательным продуктам, оказывающим влияние на адаптацию и рост физической работоспособности [24]. Тем не менее в ряде зарубежных публикаций к эргогеническим средствам причисляют методы воздействия на функцию дыхания, например, тренировку мышц вдоха [18], что давно практикуется в отечественной литературе [7]. Мы полагаем, что при изучении влияния эргогенических средств и методов на физическую работоспособность необходимо формирование представлений о физиологических механизмах их воздействия. Но во многом исследования проблемы эргогенов направлены на локальные феномены. Недостаточно изучены центральные эффекты, определяемые функциональным состоянием ЦНС и, что осо-

бенно важно, обеспечением ее метаболизма адекватным церебральным кровотоком. Длительное время считалось, что кровообращение мозга практически неизменно [22]. В настоящее время есть много свидетельств об изменении церебральной гемодинамики, в частности в процессе выполнения физических упражнений [1, 4, 12, 17]. Такая динамика определяется интенсивностью мышечной деятельности, при высокой ее мощности кровотоки мозга снижаются, хотя его метаболические потребности растут [20, 21].

Эти сведения обозначили **цель исследования:** оценка значимости состояния кровообращения мозга в возможных механизмах эргогенических воздействий.

**Материалы и методы.** Основным методом исследования в соответствии с его задачей была оценка состояния церебральной гемодинамики с помощью реоэнцефалографии. Этот метод в настоящее время вновь привлекает внимание исследователей [2, 16, 20]. Он широко используется при оценке функционального состояния спортсменов [5, 10]. Во всех сериях оценивали уровень специальной физической работоспособности методами, адекватными для изучаемых групп спортсменов.

**Результаты.** Ранее наши исследования показали особенности изменения показателей РЭГ после значительных тренировочных нагрузок [15]. На первом этапе исследований на фоне тренировок относительно малого объема и интенсивности реографический индекс,

показывающий относительное пульсовое кровенаполнение (ОПК) ведущего полушария, снижался от  $0,218 \pm 0,014$  до  $0,186 \pm 0,011$  Ом ( $P < 0,01$ ). Аналогично изменялось ОПК контралатерального полушария – от  $0,176 \pm 0,013$  до  $0,154 \pm 0,011$  Ом ( $P < 0,05$ ). На втором этапе нагрузки и их интенсивность выросли. При этом степень изменения ОПК стала меньше: у левого (ведущего) полушария от  $0,243 \pm 0,090$  до  $0,192 \pm 0,012$  Ом ( $P < 0,05$ ), у контралатерального – от  $0,210 \pm 0,012$  до  $0,198 \pm 0,014$  Ом. Индивидуальный анализ показал, что в отдельных случаях происходила смена полушарных отношений по кровотоку. Третий этап исследований проходил в начале соревновательного периода при большом объеме тренировок со значительной скоростной направленностью. Были отмечены значительные изменения церебральной гемодинамики. При этом наиболее характерной была статистически значимая смена полушарных отношений по большей части показателей РЭГ на фоне выраженного утомления [11].

Эти исследования показали высокую зависимость между характером выполняемых спортивных нагрузок, развивающимся утомлением и характером изменений кровообращения мозга.

Далее были проведены исследования возможных механизмов эффектов эргогенических средств и возможной роли церебральной гемодинамики [11]. Последовательно было установлено нормализующее влияние электроимпульсных воздействий по методу электросна на системную и, в первую очередь, церебральную гемодинамику. Одновременно улучшалось состояние ЦНС (сенсомоторные реакции, электрокожное сопротивление и т. п.), снижалась напряженность регуляторного звена (ИН Баевского), улучшался психоэмоциональный статус. Все это обуславливало положительные изменения спортивного результата [11].

Специальная серия исследований определила эффекты многократного (несколько серий) использования дыхательного тренажера регулярно тренирующимися и участвующими в соревнованиях спортсменками. В ответ на воздействие гиперкапнического стимула улучшались показатели системной и церебральной гемодинамики. Систематические тренировки с дыхательным тренажером способствовали нормализации величин мозгового кровотока, оптимизации асимметричности полушарной гемодинамики. Улучшался ряд показателей

вариабельности сердечного ритма, снижалась напряженность механизмов регуляции сердечной деятельности. Также при использовании регламентированного дыхания с помощью дыхательного тренажера развивалась психоэмоциональная релаксация. Такие регламентированные режимы дыхания можно рассматривать не только как способ роста устойчивости к гиперкапнии организма спортсмена, но и как метод повышения адаптивных возможностей [6].

Серия исследований эффектов воздействия на организм биологически активных добавок, направленных на нормализацию состояния микробиоты, улучшала не только функцию пищеварения, но также состояние ЦНС и системы регуляции ССС [3]. Другая группа БАД (пчелопродукты) оптимизировала метаболические запросы организма [9]. Обе группы повышали адаптивные возможности по данным ВСП и оказывали положительное воздействие на специальную спортивную работоспособность.

Были исследованы эффекты воздействия на организм спортсмена с помощью функциональной музыки, эфирных масел, а также их сочетаний. Выявлены положительные изменения церебральной гемодинамики, ускорение сенсомоторных реакций, улучшение ряда важных для спортивной деятельности когнитивных функций, а также повышение показателей спортивной работоспособности [23]. Этими исследованиями было показано, что существенное значение имеет не только непосредственное влияние ЭМ на центры восприятия запаха, также значима приятность / неприятность запахов и уровень их предпочтений. Результатом воздействия с помощью ЭМ и музыки является улучшение мышечной координации, при этом повышается экономичность, эффективность и результативность мышечной деятельности (результат бега на короткие дистанции). Существенное значение имеет не только непосредственное влияние ЭМ на центры восприятия запаха. На значимость корковых процессов в эффектах одорантных воздействий указывает значение выбора: приятность/неприятность запахов и уровень их предпочтений.

В связи с вышеизложенным можно считать, что эфирные масла и их сочетание с функциональной музыкой воздействуют на структуру функциональной системы (ФС) спортивной деятельности. Совершенствуется ее центральная архитектура, о чем косвенно свидетель-

ствуется изменение координации сложных двигательных действий прицельного характера и бегового шага, а также собственно эффекторная, исполнительная часть ФС (результат). Модифицируется стадия эфферентного синтеза ФС, т. е. программы действия, на что указывает ускорение принятия решений (по данным сложной двигательной реакции). Оптимизируются межполушарные отношения, в частности за счет достижения адекватности полушарного кровотока: активность и гемодинамика ведущего и контрлатерального полушарий [23].

**Заключение.** Ведущий критерий эффективности эргогенических воздействий – положительные изменения показателей спортивной деятельности, повышение спортивной работоспособности, улучшение результативности спортивной деятельности. Физиологические механизмы во многом определяются конкретным видом эргогенов. Тем не менее наши данные указывают на общность целого ряда эргогенических средств. Можно полагать, что в физиологических механизмах изученных эргогенических воздействий (трансцеребральная электростимуляция, функцио-

нальная музыка, эфирные масла, использование ряда дыхательных практик и тренажеров, дополнение питания с помощью БАД, воздействующих на состояние микробиоты) ведущим является прямое или опосредованное влияние на состояние двигательного отдела центральной нервной системы. Оно в ряде случаев сопряжено с влиянием на эмоциогенные центры, а также на отделы ЦНС, планирующие, управляющие и координирующие движение. Во многом такие положительные влияния реализуются за счет оптимизации состояния церебральной гемодинамики, достижения адекватной асимметрии полушарных отношений по кровотоку, что обеспечивает улучшение трофики нейрональных механизмов, участвующих в организации и регуляции двигательной деятельности.

Механизмы воздействия изученных эргогенических воздействий можно охарактеризовать как многоаспектный процесс, захватывающий всю структуру поведенческого акта и повышающий адаптивные возможности организма, что позволяет улучшать показатели ряда видов спортивной деятельности.

#### Список литературы

1. Биоэлектрическая активность головного мозга и церебральная гемодинамика у спортсменов при сочетании когнитивной и физической нагрузки / Л.В. Капилевич, Г.С. Ежова, А.Н. Захарова и др. // Физиология человека. – 2019. – Т. 45, № 2. – С. 58–69.
2. Васильева, Р.М. Реография – неинвазивный метод исследования кровообращения у детей и взрослых: успехи и перспективы / Р.М. Васильева // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, № 2. – С. 125–136.
3. Влияние регулярного приема БАД «Рекицен-РД» на функциональное состояние бегунов / Н.Н. Сентябрев, А.Г. Камчатников, Е.П. Горбанева и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2017. – № 5. – С. 78–82.
4. Влияние физических нагрузок на церебральный кровоток при выполнении когнитивного теста / А.В. Кабачкова, Г.С. Лалаева, А.Н. Захарова, Л.В. Капилевич // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 8. – С. 89–90.
5. Гонохова, А.С. Состояние кровотока головного мозга у спортсменов силовых видов спорта и его оптимизация методом транскраниальной электростимуляции / А.С. Гонохова, Т.П. Замчий // Ученые записки Казанской гос. академии ветеринар. медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 239, № 3. – С. 89–94.
6. Горбанева, Е.П. Гиперкапническая стимуляция и ее влияние на циклическую динамику функционального состояния организма спортсменов / Е.П. Горбанева, Н.Н. Сентябрев // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т. 2, № 3 (4). – С. 57–63.
7. Интеграция двигательных заданий и дополнительных эргогенических средств в тренировке легкоатлетов / В.В. Чемов, А.В. Масленников, Д.С. Зайко, И.В. Дмитриев // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 5 (171). – С. 372–376.
8. Медико-биологическое обеспечение подготовки хоккеистов / Л.М. Гунина, А.В. Дмитриев, Ю.Д. Винничук и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Спорт, 2020. – 360 с.
9. Особенности изменений работоспособности и функционального состояния юных спортсменов при использовании пчелиной перги / Н.В. Серединцева, Н.Н. Сентябрев, Е.П. Горбанева и др. // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 9 (175). – С. 266–270.

10. Применение реоэнцефалографии как метода оценки функциональной латеральной организации в молодежной выборке / П.А. Кулагин, М.М. Лапкин, Е.А. Трутнева и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2023. – № 1. – С. 31–34.
11. Сентябров, Н.Н. Динамика кровенаполнения сосудов мозга у высокоотренированных гребцов при различных режимах спортивной тренировки // Диагностика и методы повышения функциональной подготовленности спортсменов: сб. – Волгоград, 1980. – С. 24–31
12. Совершенствование тренировочного процесса биатлонистов 16–17 лет на основе применения гипоксически-гиперкапнических экспозиций и контроля изменений преморбидного состояния сердечно-сосудистой системы в базовом блоке подготовки / Д.О. Малеев, Е.Г. Виноградов, А.П. Исаев, В.А. Ходкевич // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 14–21. DOI: 10.14529/hsm200202
13. Тамбовцева, Р.В. Кинетические показатели анаэробной производительности спортсменов-легкоатлетов при использовании метаболических эргогенических средств / Р.В. Тамбовцева, Ю.Л. Войтенко, Е.В. Плетнева // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 4. – С. 12–14.
14. Эргогенические вещества в спортивном питании: научное обоснование их эффективности / О.Ю. Чашкова, В.А. Шарбатов, В.Е. Исычко, М.А. Зайцев // Наука. Техника. Технологии (политехн. вестник). – 2023. – № 2. – С. 427–429.
15. Яхонтов, В.И. Динамика кровенаполнения сосудов мозга у высококвалифицированных гребцов при различных режимах спортивной тренировки / В.И. Яхонтов, Н.Н. Сентябров // Диагностика и методы повышения функциональной подготовленности спортсменов. – Волгоград, 1980. – С. 24–31.
16. Bodó, M. “A noninvasive, continuous brain monitoring method: rheoencephalography (REG)” / M. Bodó // DRC Sustainable Future. – 2020. – No. 1 (2). – P. 103–119.
17. Dynamic MR imaging of cerebral perfusion during bicycling exercise / I.H. Mast, K.P.A. Baas, H.T. Jørstad, J.C. Wood, A.J. Nederveen, A.J. Bakermans // Neuroimage. – 2022. – Vol. 15, no. 250. – P. 118961. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.118961
18. Inspiratory Muscle Training Program Using the PowerBreath®: Does It Have Ergogenic Potential for Respiratory and/or Athletic Performance? A Systematic Review with Meta-Analysis / D. Fernández-Lázaro, D. Gallego-Gallego, L.A. Corchete et al. // Int J Environ Res Public Health. – 2021. – Vol. 22, No. 18 (13). – P. 6703. DOI: 10.3390/ijerph18136703
19. Ketterly, J. Sports Medicine: Ergogenic Aids / J. Ketterly // FP Essent. – 2022. – Vol. 518. – P. 23–28.
20. Noninvasive neuromonitoring with rheoencephalography: a case report / L.A. Cannizzaro, I. Iwuchukwu, V. Rahaman et al., M. Hirzallah, M. Bodo // J Clin Monit Comput. – 2023. – No. 37 (5). – 1413–1422. DOI: 10.1007/s10877-023-00985-8
21. Ogoh, S. Cerebral blood flow during exercise: mechanisms of regulation / S. Ogoh, P.N. Ainslie // J Appl Physiol. – 2009. – Vol. 107 (5). – P. 1370–1380. DOI: 10.1152/jappphysiol.00573.2009
22. Querido, J.S. Regulation of cerebral blood flow during exercise / J.S. Querido, A.W. Sheel // Sports Med. – 2007. – Vol. 37 (9). – P. 765–782.
23. System analysis of mechanisms of effect of essential oils / N.N. Sentyabrev, A.N. Doletskii, S.S. Miroshnikova, A.G. Kamchatnikov // Head and Neck. – 2022. – Vol. 10, no. S2. – P. 134–136.
24. Timing of ergogenic aids and micronutrients on muscle and exercise performance / R.A. Stecker, P.S. Harty, A.R. Jagim et al. // J Int Soc Sports Nutr. – 2019. – Vol. 2, no. 16 (1). – P. 37. DOI: 10.1186/s12970-019-0304-9
25. Vicente-Salar, N. Nutritional Ergogenic Aids in Racquet Sports: A Systematic Review / N. Vicente-Salar, G. Santos-Sánchez, E. Roche // Nutrients. – 2020. – Vol. 17, no. 12 (9). – P. 2842. DOI: 10.3390/nu12092842

## References

1. Kapilevich L.V., Ezhova G.S., Zakharova A.N. et al. [Bioelectrical Activity of the Brain and Cerebral Hemodynamics in Athletes with a Combination of Cognitive and Physical Load]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2019, vol. 45, no. 2, pp. 58–69. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119719010080
2. Vasil'yeva R.M. [Rheography is a Non-invasive Method for Studying Blood Circulation in Children and Adults. Successes and Prospects]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2017, vol. 43, no. 2, pp. 125–136. (in Russ.)

3. Sentyabrev N.N., Kamchatnikov A.G., Gorbaneva E.P. et al. [The Influence of Regular Intake of Dietary Supplement “Rekitsen-RD” on the Functional State of Runners]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 5, pp. 78–82. (in Russ.)
4. Kabachkova A.V., Lalayeva G.S., Zakharova A.N., Kapilevich L.V. [The Influence of Physical Activity on Cerebral Blood Flow During a Cognitive Test]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 8, pp. 89–90. (in Russ.)
5. Gonokhova A.S., Zamchiy T.P. [The State of Cerebral Blood Flow in Athletes of Power Sports and its Optimization by the Method of Transcranial Electrical Stimulation]. *Uchenyye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoy meditsiny imeni N.E. Baumana* [Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine N.E. Bauman], 2019, vol. 239, no. 3, pp. 89–94. (in Russ.) DOI: 10.31588/2413-4201-1883-239-3-89-94
6. Gorbaneva E.P., Sentyabrev N.N. [Hypercapnic Stimulation and its Influence on the Cyclic Dynamics of the Functional State of the Body of Female Athletes]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2018, vol. 2, no. 3 (4), pp. 57–63. (in Russ.)
7. Chemov V.V., Maslennikov A.V., Zayko D.S., Dmitriyev I.V. [Integration of Motor Tasks and Additional Ergogenic Aids in the Training of Track and Field Athletes]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2019, no. 5 (171), pp. 372–376. (in Russ.)
8. Gunina L.M., Dmitriyev A.V., Vinnichuk Yu.D. et al. *Mediko-biologicheskoye obespecheniye podgotovki khokkeistov* [Medical and Biological Support for the Training of Hockey Players], 2nd ed. Moscow, Sport Publ., 2020. 360 p.
9. Seredintseva N.V., Sentyabrev N.N., Gorbaneva E.P. et al. [Features of Changes in the Performance and Functional State of Young Athletes when Using Bee Bread]. *Uchenyye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University P.F. Lesgaft], 2019, no. 9 (175), pp. 266–270. (in Russ.)
10. Kulagin P.A., Lapkin M.M., Trutneva E.A. et al. [Application of Rheoencephalography as a Method for Assessing Functional Lateral Organization in a Youth Sample]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2023, no. 1, pp. 31–34. (in Russ.)
11. Sentyabrev N.N. *Dinamika krovenapolneniya sosudov mozga u vysokotrenirovannykh grebtsov pri razlichnykh rezhimakh sportivnoy trenirovki* [Dynamics of Blood Supply to the Brain Vessels in Highly Trained Rowers Under Various Sports Training Regimes]. *Diagnostika i metody povysheniya funktsional'noy podgotovlennosti sportsmenov* [Diagnostics and Methods for Increasing the Functional Readiness of Athletes]. Volgograd, 1980, pp. 24–31.
12. Maleev D.O., Vinogradov E.G., Isayev A.P., Khodkevich V.A. Improving the Training Process of Biathletes Aged 16–17 Years Based on the Use of Hypoxic-hypercapnic Exposures and Monitoring Changes in the Premorbid State of the Cardiovascular System in the Basic Training Block. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 14–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200202
13. Tambovtseva R.V., Voytenko Yu.L., Pletneva E.V. [Kinetic Indicators of Anaerobic Performance of Track and Field Athletes Using Metabolic Ergogenic Aids]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 4, pp. 12–14. (in Russ.)
14. Chashkova O.Yu., Sharbatov V.A., Isychko V.E., Zaytsev M.A. [Ergogenic Substances in Sports Nutrition. Scientific Substantiation of Their Effectiveness]. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnicheskiiy vestnik)* [Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin)], 2023, no. 2, pp. 427–429. (in Russ.)
15. Yakhontov V.I., Sentyabrev N.N. [Dynamics of Blood Supply to Cerebral Vessels in Highly Qualified Rowers Under Various Sports Training Regimes]. *Diagnostika i metody povysheniya funktsional'noy podgotovlennosti sportsmenov* [Diagnostics and Methods for Increasing the Functional Readiness of Athletes]. Volgograd, 1980, pp. 24–31. (in Russ.)
16. Bodó M. “A Noninvasive, Continuous Brain Monitoring Method: Rheoencephalography (REG).” *DRC Sustainable Future*, 2020, no. 1 (2), pp. 103–119. DOI: 10.37281/1.2.3
17. Mast I.H., Baas K.P.A., Jørstad H.T. et al. Dynamic MR Imaging of Cerebral Perfusion During Bicycling Exercise. *Neuroimage*, 2022, vol. 15, no. 250, p. 118961. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2022.118961
18. Fernández-Lázaro D., Gallego-Gallego D., Corchete L.A. et al. Inspiratory Muscle Training Program Using the PowerBreath®: Does It Have Ergogenic Potential for Respiratory and/or Athletic Performance? A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal Environment Research Public Health*, 2021, vol. 22, no. 18 (13), p. 6703. DOI: 10.3390/ijerph18136703

19. Ketterly J. Sports Medicine: Ergogenic Aids. *FP Essent*, 2022, vol. 518, pp. 23–28.
20. Cannizzaro L.A., Iwuchukwu I., Rahaman V. et al. Noninvasive Neuromonitoring with Rheoencephalography: a Case Report. *Journal Clinical Monit Comput.*, 2023, no. 37 (5), pp. 1413–1422. DOI: 10.1007/s10877-023-00985-8
21. Ogoh S., Ainslie P.N. Cerebral Blood Flow During Exercise: Mechanisms of Regulation. *Journal Appl Physiology*, 2009, vol. 107 (5), pp. 1370–1380. DOI: 10.1152/jappphysiol.00573.2009
22. Querido J.S., Sheel A.W. Regulation of Cerebral Blood Flow During Exercise. *Sports Medicine*, 2007, vol. 37 (9), pp. 765–782. DOI: 10.2165/00007256-200737090-00002
23. Sentyabrev N.N., Doletskii A.N., Miroshnikova S.S., Kamchatnikov A.G. System Analysis of Mechanisms of Effect of Essential Oils. *Head and Neck*, 2022, vol. 10, no. S2, pp. 134–136.
24. Stecker R.A., Harty P.S., Jagim A.R. et al. Timing of Ergogenic Aids and Micronutrients on Muscle and Exercise Performance. *Journal International Society Sports Nutr.*, 2019, vol. 2, no. 16 (1), p. 37. DOI: 10.1186/s12970-019-0304-9
25. Vicente-Salar N., Santos-Sánchez G., Roche E. Nutritional Ergogenic Aids in Racquet Sports: A Systematic Review. *Nutrients*, 2020, vol. 17, no. 12 (9), p. 2842. DOI: 10.3390/nu12092842

#### **Информация об авторах**

**Сентябрев Николай Николаевич**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры медико-биологических дисциплин, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

**Мирошникова Снежана Сергеевна**, кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры медико-биологических дисциплин, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

**Камчатников Алексей Геннадьевич**, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

**Лиходеева Вера Александровна**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры медико-биологических дисциплин, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

#### **Information about the authors**

**Nikolay N. Sentiabrev**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, Russia.

**Snezhana S. Miroshnikova**, Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, Russia.

**Aleksey G. Kamchatnikov**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, Russia.

**Vera A. Likhodeeva**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, Russia.

#### **Вклад авторов:**

Сентябрев Н.Н. – научное руководство; концепция исследования; участие в организации исследований; конечный вариант текста и итоговые выводы.

Мирошникова С.С., Камчатников А.Г., Лиходеева В.А. – организация и проведение исследования; подготовка исходного текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Contribution of the authors:**

Sentiabrev N.N. – scientific supervision; study concept; research organization; final version of the text and conclusive findings.

Miroshnikova S.S., Kamchatnikov A.G., Likhodeeva V.A. – organization and execution of the research; preparation of the draft text.

The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 29.10.2023**

**The article was submitted 29.10.2023**