

НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Н.Н. Сентябрьев¹, nnsentyabrev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5253-7078>

И.В. Федотова¹, calin.fedotova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4713-7528>

С.С. Мирошникова¹, snmir@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4310-346X>

М.М. Богомолова¹, bmm66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6342-6242>

Е.А. Репникова², repnikova_76@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4734-9907>

¹ Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия

² Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия

Аннотация. Цель: определить эффективность нейробиоуправления по ЭЭГ в отношении состояния центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы. **Материалы и методы.** Экспериментальное исследование проведено с участием 12 спортсменов, занимающихся волейболом, возраст 18–20 лет. Для оценки ФСО использовали метод вариабельности сердечного ритма (ВСР). **Результаты.** Определены индивидуально-типологические особенности реализации медитации и концентрации в ходе сеансов индивидуально-ориентированной методики интерактивной стимуляции нейронных сетей посредством технологии нейробиоуправления для повышения стрессоустойчивости спортсменов летних командных видов спорта. Установлены среднегрупповые и индивидуально-личностные особенности состояния регуляторного аппарата по показателям ВСР – типы регуляции, соотношение влияния отделов автономной нервной системы и уровня централизации в механизмах регуляции ССС по итогам сеансов биоуправления. На основании полученных результатов спортсменов высоких квалификационных разрядов в процессе использования технологии БОС определены важные индивидуальные особенности механизмов регуляции ССС, определяющие эффекты процедуры биоуправления. **Заключение.** Процесс обучения нейробиоуправления уже после 3–4 сеансов дает заметные результаты в освоении медитации и концентрации, о чем можно судить по состоянию регуляторного аппарата ССС. Выявлена высокая индивидуальность эффективности медитации. При неблагоприятных типах регуляции ССС результативность медитативных методик заметно выше, что выражается в сдвигах типов регуляции к более благоприятным вариантам. Изменения состояния регуляторного звена могут быть фактором стабилизации устойчивости личности к негативным факторам.

Ключевые слова: нейробиоуправление, сердечно-сосудистая система, вариабельность сердечного ритма, спортсмены

Для цитирования: Нейробиоуправление состоянием центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы / Н.Н. Сентябрьев, И.В. Федотова, С.С. Мирошникова и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № S1. С. 59–67. DOI: 10.14529/hsm25s107

NEUROBIOLOGICAL CONTROL OF CENTRAL CARDIOVASCULAR REGULATORY MECHANISMS

N.N. Sentyabrev¹, nnsentyabrev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5253-7078>

I.V. Fedotova¹, calin.fedotova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4713-7528>

S.S. Miroshnikova¹, snmir@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4310-346X>

M.M. Bogomolova¹, bmm66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6342-6242>

E.A. Repnikova², repnikova_76@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4734-9907>

¹ Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia

² Vladimir State University n.a. A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia

Abstract. Aim. This study aimed to assess the efficacy of EEG-based neurobiological control in modulating central mechanisms of cardiovascular regulation. **Materials and methods.** Twelve volleyball athletes (aged 18–20 years) underwent heart rate variability analysis. **Results.** Distinct individual typologies emerged in meditation and concentration practices during personalized neurofeedback training incorporating interactive neural network stimulation, demonstrating this method's potential for improving stress resilience among summer team sport athletes. Heart rate variability analysis demonstrated group and individual differences in autonomic regulation, specifically classification of regulatory patterns, cardiac autonomic balance, and modulations in hierarchical control of cardiovascular function observed post-intervention. Highly skilled athletes demonstrated unique cardiovascular regulatory profiles during biofeedback sessions, with these individual differences predicting treatment efficacy outcomes. **Conclusion.** Neural control acquisition demonstrates measurable effects following 3–4 sessions, as evidenced by improved meditation and concentration skills and corresponding cardiovascular changes. Meditation efficacy exhibited significant inter-subject variability. Participants with baseline adverse CVS regulation types demonstrated pronounced improvements, manifesting as shifts towards more favorable autonomic profiles and enhanced resistance to negative factors.

Keywords: neurobiology, cardiovascular system, heart rate variability, athletes

For citation: Sentyabrev N.N., Fedotova I.V., Miroshnikova S.S., Bogomolova M.M., Repnikova E.A. Neurobiological control of central cardiovascular regulatory mechanisms. *Human. Sport. Medicine.* 2025;25(S1):59–67. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm25s107

Введение. Функциональное состояние организма в значительной степени определяет возможности спортсмена – его общую и специальную работоспособность [1, 3], а также способность к их реализации при выступлении на соревнованиях [2]. Привлекает внимание проблема управления функциональным состоянием спортсменов (ФСО), что позволяет оптимизировать тренировочный процесс. Достаточно давно привлекает внимание метод управления ФСО с помощью биологической обратной связи (БОС) [6, 10, 12]. Единичные исследования посвящены изучению влияния тренировок с использованием нейробиоуправления на показатели центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС). Четкий протокол использования и оценки его эффективности в спорте недостаточно обоснованы [4, 5, 7, 12, 13]. Вышеска-

занное показывает актуальность настоящего исследования.

Материалы и методы. В исследовании участвовали спортсмены, специализирующиеся в летних командных видах спорта (волейбол), возраст 18–20 лет, группа – 12 человек. Период исследования проходил с 3.06.24 по 23.06.24 г. Были представлены спортивные специализации: плавание – 3 человека, баскетбол – 3 человека, волейбол – 2 человека, гандбол – 4 человека. Уровень подготовки участников: МС – 2 человека, КМС – 4 человека, 1-й взрослый разряд – 4 человека, 2-й взрослый разряд – 2 человека. Предварительный опрос и осмотр участников дал основания для заключения по их анамнезу. Все участники были здоровы, жалобы на самочувствие отсутствовали, они регулярно тренировались. Первый этап исследования заключался в оценке

Таблица 1
Table 1

Схема проведения сеансов биоуправления
Biofeedback protocols

Дни	Содержание
1–3	Фоновая запись ЭЭГ с закрытыми глазами 3 мин, с открытыми глазами – 1 мин
	Медитация с закрытыми глазами с регистрацией альфа-ритма 20 мин
	Фон с закрытыми глазами – 2 мин, с открытыми глазами – 1 мин
4–5	Фон запись ЭЭГ с закрытыми глазами – 3 мин, с открытыми глазами – 1 мин
	Медитация с закрытыми глазами с регистрацией альфа-ритма – 10 мин
	Концентрация с открытыми глазами – 2 мин, регистрация бета-ритма
	Медитация – 2 мин, концентрация – 2 мин, медитация – 5 мин
	Фон с закрытыми глазами – 2 мин, с открытыми глазами – 1 мин
6–8	Фон с закрытыми глазами – 3 мин, с открытыми глазами – 1 мин
	Медитация – 5 мин, концентрация – 2 мин
	Медитация – 3 мин, концентрация – 2 мин, медитация – 3 мин, концентрация – 2 мин, медитация – 5 мин
	Фон с закрытыми глазами – 2 мин, с открытыми глазами – 1 мин

фонового ФСО по данным ВСР [7–9]. На втором этапе проводили 8 сеансов коррекции ФСО с помощью нейроассистивных технологий – «Система для регистрации биологических сигналов «NeuoraPlay-6С» (табл. 1).

Для оценки состояния регуляции CCC у участников регистрировали кардиоритмограмму с помощью комплекса Варикард 2.52. Анализировали показатели: мода (Mo), амплитуда моды (AMo), вариационный размах (ΔX), стресс-индекс (SI), вегетативный показатель ритма ВПР, индекс вегетативного равновесия (ИВР), показатель адекватности процессов регуляции ПАПР, а также VLF, LF, HF.

Результаты. Фоновый анализ среднegrupповых показателей показал, что у большинства участников исследования отмечен либо приемлемый 1-й тип, либо оптимальный 3-й тип регуляции по Н.И. Шлык [8, 9]. Распределение типов вегетативной регуляции в группе было различно. Отсутствовал второй, неоптимальный, тип управления с выраженным преобладанием центрального контура регуляции. Первый тип с умеренным преобладанием центрального контура регуляции отмечен у двоих участников. К третьему типу с умеренным преобладанием автономного контура регуляции и оптимальной реакции CCC без перенапряжения системы управления относились 4 участника. У двоих участников был четвертый тип регуляции с включением в управление дополнительных звеньев, что часто встречается при форсировании тренировочных нагрузок. При этом нужно указать, что один из участников имел значение MxDMn

приемлемой величины – 414 мс. У второго величина MxDMn не соответствовала минимально приемлемой (530 мс), достигая 558 мс. У одного обследованного был зарегистрирован неблагоприятный 5-й тип (IV патологический), хотя жалобы на ФСО у данного лица отсутствовали, а регулярное медицинское обследование в начале учебного года не выявило наличие патологий CCC. Значение MxDMn у данного участника составило 705,9 мс, подтверждением была также очень низкая величина SI – 8 у. е., т. е. очень неблагоприятный уровень (табл. 2). Для группы характерным было относительно меньшее участие центральных структур и относительно большая роль автономного контура регуляции (см. табл. 2). Это свидетельствовало о достаточно высокой активности парасимпатического отдела. Значение ВПР показывало невысокую степень оптимальности функционирования синусового узла. Величина ПАПР отражала относительно невысокие адаптивные возможности спортсменов.

Реакция на ортостатическую пробу отражала близкое к оптимальному состояние регуляторных систем. Значения SI выросли практически вдвое, а величины MxDMn, TP, HF уменьшились. Но рост показателей LF и VLF указывал на не вполне адекватную реакцию.

Сеансы медитации изменили ФСО участников исследования (см. табл. 2). Выявлен тренд, свидетельствовавший о релаксации. Для большинства показателей ВСР различия были близки к статистически значимым (см. табл. 2). Рост моды M указывал на развитие

процессов релаксации, равно как и повышенные значения общей мощности спектра TP и MxDMn. По данным SI уменьшилась напряженность механизмов регуляции.

Уменьшилась величина ВПР, т. е. состояние синусового узла улучшилось [7, 8]. Уменьшение показателя ПАПР (статистически не значимое) показало рост функциональных резервов адаптации. Уменьшение величины индекса вегетативного равновесия (ИВР) свидетельствовало о росте парасимпатических влияний. Малое, но статистически значимое увеличение IC показывало относительно небольшую выраженность этого процесса. Такие изменения показателей ВСР отразили развитие процессов релаксации, определенного уменьшения централизации процесса регуляции сердечного ритма.

Процедуры медитации обусловили улучшение ФСО участников исследования. Это является ведущим условием реализации возможностей спортсменов. При достижении высоких результатов у спортсменов регистрируют более низкие значения SDNN, индекса активности регуляторных систем, мощности низко- и высокочастотной части спектра и, наоборот, более высокие значения очень низкой части спектра VLF [12].

Результаты ортостатической пробы после медитации характеризовалась тем, что MxDMn была незначительно меньше (на 2,3 %), как и VLF (меньше на 1,06 %), чем в фоне. Значения SI выросли в 2,4 раза, увеличились величины LF и VLF. Уровень показателей MxDMn, TP, HF понизился. Это может быть условием оптимальности реакции регуляторных систем. Отметим количественные особенности произошедших реакций ортостаза. В фоне MxDMn уменьшилось на 32,8 %, после медитации – на 15,1 %. Общая мощность TP в фоне снизилась на 16,5 %, после медитации – на 41,0 %, высокочастотный компонент HF в фоне снизился на 60,5 %, а после медитации – на 78,8 %. Таким образом, очевидно, что после медитации реакция на ортостаз была более выражена, чем в фоне.

Результатом тренировки в концентрации стал рост мобилизации ФСО спортсменов. Статистически значимо повысился уровень централизации регуляторных процессов ССС по данным амплитуды моды, IC и ПАПР. Близко к статистически значимому было влияние концентрации на другие показатели ВСР: LF\HF, ВПР. В итоге выросла централизация

регуляторных процессов, активность симпатического отдела ВНС, о чем свидетельствует рост SI. Влияние концентрации было еще более очевидно по сравнению с результатами медитации. Статистически значимо изменились семь из шестнадцати показателей ВСР: величины амплитуды моды, SI, IC, стандартного отклонения величин нормальных интервалов, показателя общей мощности ритма, мощности высоко- и низкочастотной составляющих спектра, а также показателя ПАПР.

Реакция на ортостаз несколько отличалась от таковой после медитации. После концентрации исходная величина MxDMN отражала то, что реакция регуляторных систем не должна отклоняться от оптимальной. На это указывали изменения SI MxDMN, TP, HF, VLF и LF. Хотя характер изменения показателей лишь в небольшой степени соответствует парадоксальной реакции обследованных лиц на данную пробу, но реакцию после концентрации нельзя считать вполне адекватной.

В целом в процессе концентрации у участников исследования повышалась централизация процесса регуляции сердечного ритма, наблюдался рост симпатических влияний и уменьшение гуморальных парасимпатических влияний. Тем не менее такое включение центрального контура нельзя считать чрезмерно выраженным, так как реакция на ортостаз незначительно отличалась от ее оптимального направления. Несмотря на отсутствие в ряде случаев статистически значимых различий, отметим принципиальную разницу направлений изменений после медитации и после концентрации. Тренды по сравнению с фоновым состоянием были противоположны.

Реакция обследованных лиц на сеансы биокоррекции по отношению к типам регуляции была неодинакова. Интересно то, что медитация у большинства участников практически не изменяла существующий тип регуляции. Исключений было всего два. У одного участника был 5-й, близкий к патологическому, тип регуляции. В этом случае произошло изменение на 4-й, более благоприятный, тип регуляции. Это подтвердилось снижением величины MxDMn, увеличением SI и оптимизацией величин соотношения активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС: ИВР, вегетативного баланса по ВПР и ПАПР, уровнем функционирования синусового узла. Но в одном случае 4-й тип изменился на 5-й.

Таблица 2
Table 2

Усредненные групповые показатели ВСР в различные моменты исследования
Group mean HRV parameters across study time points

Критические значения T при n = 9 для P < 0.01 = 3; P < 0,05 n = 8 Critical T values at P < 0.01 = 3, n = 9; P < 0.05, n = 8															
M	Ам	MxDMn	Si	ПАРС RPAI	IC	SDNN	LF/HF	TP	LF	HF	VLF	VLfmx	ВПР ARI	ИВР ABI	ПАПР RPAI
ФОН / BASELINE															
945,68 ± 49,16	34,68 ± 5,83	390,26 ± 55,33	80 ± 34,89	3,9 ± 1,22	1,36 ± 0,42	75,58 ± 23,62	0,99 ± 0,31	4917,32 ± 1536,66	1737,6 ± 507,70	1770,08 ± 661,75	656,02 ± 157,30	91,57 ± 23,23	3,54 ± 0,79	0,13 ± 0,04	39,90 ± 8,70
РАЗЛИЧИЯ: фон – медитация / DIFFERENCES: baseline – meditation															
1**	15	15	10	11	5*	19	11	16	15	11	21	18	10	13	9
РАЗЛИЧИЯ: Фон – Концентрация / DIFFERENCES: Baseline – Concentration															
17	7	16	12	11	6*	9	23	13	14	17	11	18	22	9	5*
МЕДИТАЦИЯ / MEDITATION															
996,82 ± 56,64	31,13 ± 4,72	398,01 ± 44,14	63,56 ± 26,2	4,11 ± 0,61	1,43 ± 0,32	79,16 ± 8,83	1,05 ± 0,24	5857,04 ± 1091,72	1928,58 ± 474,02	2507,69 ± 528,53	705,80 ± 182,77	76,83 ± 21,71	3,18 ± 0,67	0,11 ± 0,04	34,62 ± 7,74
РАЗЛИЧИЯ: медитация – концентрация / DIFFERENCES: meditation – concentration															
17	4*	12	3*	16	11	8*	21	8*	2**	2**	21	23	11	13	5*
КОНЦЕНТРАЦИЯ / CONCENTRATION															
916,10 ± 56,88	39,50 ± 4,69	327,28 ± 31,91	94,88 ± 30,45	4,25 ± 0,40	2,26 ± 0,53	60,13 ± 5,46	1,56 ± 0,37	3363,88 ± 587,24	945,74 ± 192,89	1201,60 ± 314,76	498,83 ± 137,90	78,49 ± 25,54	4,03 ± 0,75	0,15 ± 0,04	47,57 ± 9,33

Примечание: М – Мода, мс; Ам – амплитуда моды, %; MxDMn – вариационный размах, мс; Si – индекс централизации; SDNN – стандартное отклонение величин нормальных (NN) интервалов; LF/HF – соотношение мощности низкочастотной и высокочастотной спектров; TP – суммарная мощность спектра; LF – мощность низкочастотной составляющей спектра; HF – высокочастотная составляющая спектра; VLF – мощность «очень» низкочастотной составляющей спектра, мс²; VLfmx – максимум мощности спектра сверхнизкочастотного компонента вариабельности, мс²/Гц; ВПР – вегетативный показатель ритма; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции. * – статистически значимые различия между показателями, при p < 0,05; ** – статистически значимые различия между показателями, при p < 0,001.

Note: Mo – Mode, ms; Amo – Mode amplitude, %; MxDMn – variation range, ms; Si – stress index (Baevsky's tension index); RPAI – regulatory processes activity indicator; CI – centralization index; SDNN – standard deviation of NN intervals; LF/HF – low-frequency to high-frequency power ratio; TP – total spectral power, ms²; LF – low-frequency power, ms²; HF – high-frequency power, ms²; VLF – very low-frequency power, ms²; VLfmx – peak power of ultra-low frequency component, ms²/Hz; ARI – autonomic rhythm indicator; ABI – autonomic balance index; RPAI – regulatory processes adequacy indicator. * – level of statistical significance, p < 0.05; ** – level of statistical significance, p < 0.001.

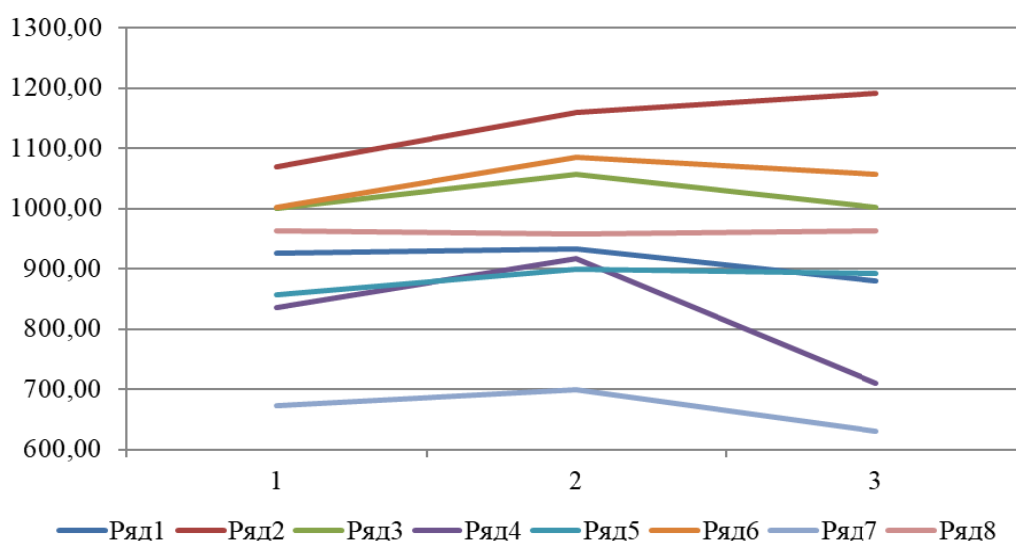


Рис. 1. Реакция на медитацию (2) и концентрацию (3) по данным моды
Fig. 1. Meditation (2) and concentration (3) responses based on mode analysis

Индивидуальный анализ основных показателей ВСР показал некоторые отличия реакций участников исследования на изученные процедуры. Один из участников по данным показателя «мода» практически не реагировал ни на медитацию, ни на концентрацию, т. е. реакция его вегетативной системы не была отчетливо выражена (см. рисунок). Реакция SI свидетельствовала о небольшом росте напряженности механизмов регуляции. Реакция других показателей была практически аналогична. Таким образом, для данного лица можно утверждать незначительные изменения выраженности механизмов регуляции, выразившиеся в небольшом росте симпатико-тонических влияний, гуморального канала.

У большей части обследованных влияние медитации выразилось в увеличении значения показателя М. Это могло отражать то, что у них был определенный рост симпатико-тонических влияний, гуморального канала и некоторое уменьшение механизмов централизации. У этих лиц изменения SI, отражавшего изменения напряженности регуляторных механизмов и рост влияния центрального контура регуляции, были невелики.

Таким образом, у большинства участни-

ков изменения, происходившие при медитации, заключались в снижении роли центрального контура регуляции и тенденции к росту нейрогуморальных влияний.

Заключение. Проведенное исследование установило эффективность использования технологии нейробиоуправления для коррекции ФСО спортсменов, занимающихся летними видами спорта. Процесс обучения дает заметные результаты в освоении медитации, что косвенно подтверждается снижением напряженности механизмов регуляции ССС. Но этот процесс весьма индивидуален. При неблагоприятных типах регуляции ССС результативность медитативных методик заметно выше, что выражается в сдвигах типов регуляции к более благоприятным вариантам. Изменения состояния регуляторного звена могут указывать на стабилизацию устойчивости личности к негативным факторам, т. е. повышают стрессоустойчивость [10, 11, 14, 15]. Результаты исследования позволили разработать протокол индивидуально-ориентированной методики интерактивной стимуляции нейронных сетей посредством технологии нейробиоуправления для повышения стрессоустойчивости спортсменов летних командных видов спорта.

Список литературы

1. Завалишина, С.Ю. Физиологические изменения в сердечно-сосудистой системе при вестибулярном раздражении у представителей игровых видов спорта / С.Ю. Завалишина, Е.С. Каченкова // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 8. – С. 24–26.
2. Изменение функционального состояния спортсменов экстремальных видов спорта в ответ на экзогенный стресс / В.И. Пустовойт, Е.И. Балакин, Н.Ф. Максютков и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № S2. – С. 22–29. DOI: 10.14529/hsm22s203

3. Критерии оценки функционального состояния организма спортсменов-кикбоксеров в современных эмпирических исследованиях / Ю.Н. Романов, Д.З. Шибкова, Л.А. Романова, А.А. Захарев // *Физ. воспитание и спортивная тренировка*. – 2023. – № 4 (46). – С. 105–114.
4. Моисеенко, В.А. Применение БОС в спорте / В.А. Моисеенко // *Вопросы устойчивого развития общества*. – 2020. – № 9. – С. 507–511. DOI: 10.34755/IROK.2020.40.84.071
5. Развитие навыка саморегуляции у спортсменов сборных команд России методом БОС-технологий: метод. рек. / И.Н. Митин, Е.И. Разумец, А.П. Середа и др. – М.: Федер. науч.-клинич. центр спортивной медицины и реабилитации Федер. мед.-биол. агентства, 2018. – 65 с.
6. Сочетанное применение методов адаптивного биоуправления по ЭЭГ и гипокситерапии для оптимизации функционального состояния человека / Г.С. Джунусова, Н.У. Сатаева, С.Б. Ибраимов и др. // *Изв. Нац. Академии наук Кыргызской Республики*. – 2024. – № 2. – С. 22–29.
7. Федотова, Е.В. Современные подходы к разработке и использованию методов идентификации порогов вариабельности сердечного ритма при тестировании и в тренировке спортсменов в циклических видах спорта (теоретический анализ научных работ) / Е.В. Федотова // *Вестник спортивной науки*. – 2022. – № 3. – С. 41–46.
8. Шлык, Н.И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе: метод. пособие / Н.И. Шлык. – Ижевск: Удмурт. гос. ун-т, 2022. – 80 с.
9. Шлык, Н. И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма у исследуемых 16–21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции / Н.И. Шлык, Э.И. Зурфарова // *Вестник Удмурт. ун-та. Серия «Биология. Науки о Земле»*. – 2013. – № 4. – С. 96–105.
10. Яхутов, М.Р. Новые подходы к повышению стрессоустойчивости в физической культуре и спорте / М.Р. Яхутов, Е.В. Данилов // *Проблемы соврем. пед. образования*. – 2017. – № 55–7. – С. 353–358.
11. Domingos, C. Session frequency matters in neurofeedback training of athletes / C. Domingos et al. // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*. – 2021. – Vol. 46. – P. 195–204.
12. Jiménez Morgan, S. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review / S. Jiménez Morgan, J.A. Molina Mora // *Appl Psychophysiol Biofeedback*. – 2017. – Vol. 42 (3). – P. 235–245. DOI: 10.1007/s10484-017-9364-2. PMID: 28573597.
13. RESTORE trial team. Cognitive functional therapy with or without movement sensor biofeedback versus usual care for chronic, disabling low back pain (RESTORE): a randomised, controlled, three-arm, parallel group, phase 3, clinical trial / P. Kent, T. Haines, P. O'Sullivan et al. // *Lancet*. – 2023. – Vol. 3, no. 401 (10391). – P. 1866–1877. DOI: 10.1016/S0140-6736(23)00441-5
14. Rusciano, A. Neuroplus biofeedback improves attention, resilience, and injury prevention in elite soccer players / A. Rusciano, G. Corradini, I. Stoianov // *Psychophysiology*. – 2017. – Vol. 54 (6). – P. 916–926. DOI: 10.1111/psyp.12847. Epub 2017 Feb 21. PMID: 28220500.
15. Stepanyan, L. Heart rate variability features and their impact on athletes' sports performance / L. Stepanyan, G. Lalayan // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2023. – Vol. 23. – P. 2156–2163. DOI: 10.7752/jpes.2023.08247

References

1. Zavalishina S.Yu., Kachenkova E.S. [Physiological Changes in the Cardiovascular System During Vestibular Stimulation in Representatives of Game Sports]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2021, no. 8, pp. 24–26. (in Russ.)
2. Pustovoit V.I., Balakin E.I., Maksyutov N.F. et al. Changes in the Functional State of Extreme Sports Athletes in Response to Exogenous Stress. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. S2, pp. 22–29. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm22s203
3. Romanov Yu.N., Shibkova D.Z., Romanova L.A., Zakharyets A.A. [Criteria for Assessing the Functional State of the Body of Kickboxers in Modern Empirical Studies]. *Fizicheskoye vospitaniye i sportivnaya trenirovka* [Physical Education and Sports Training], 2023, no. 4 (46), pp. 105–114. (in Russ.)
4. Moiseenko V.A. [Application of BFB in Sports]. *Voprosy ustoychivogo razvitiya obshchestva* [Issues of Sustainable Development of Society], 2020, no. 9, pp. 507–511. (in Russ.) DOI: 10.34755/IROK.2020.40.84.071
5. Mitin I.N., Razumets E.I., Sereda A.P. et al. *Razvitiye navyka samoregulyatsii u sportstmenov sbornnykh komand Rossii metodom BOS-tekhnologiy: metodicheskiye rekomendatsii* [Development

of Self-regulation Skills in Athletes of the Russian National Teams Using BFB Technologies. Methodological Recommendations]. Moscow, Federal Scientific Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical and Biological Agency Publ., 2018. 65 p.

6. Dzhunusova G.S., Sataeva N.U., Ibraimov S.B. et al. [Combined Use of Adaptive Biofeedback Methods Based on EEG and Hypoxygenation to Optimize the Functional State of a Person]. *Izvestiya Natsional'noy Akademii nauk Kyrgyzskoy Respubliki* [Bulletin of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic], 2024, no. 2, pp. 22–29. (in Russ.)

7. Fedotova E.V. [Modern Approaches to the Development and Use of Methods for Identifying Heart Rate Variability Thresholds in Testing and Training Athletes in Cyclic Sports (Theoretical Analysis of Scientific Papers)]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2022, no. 3, pp. 41–46. (in Russ.)

8. Shlyk N.I. *Variabel'nost' serdechnogo ritma i metody ego opredeleniya u sportsmenov v trenirovochnom protsesse: metodicheskoye posobiye* [Heart Rate Variability and Methods for its Determination in Athletes in the Training Process. Methodological Manual]. Izhevsk, Udmurt State University Publ., 2022. 80 p.

9. Shlyk N.I., Zufarova E.I. [Standards of Heart Rate Variability Indicators in 16–21 Year Old Subjects with Different Predominant Types of Autonomic Regulation]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* [Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences], 2013, no. 4, pp. 96–105. (in Russ.)

10. Yakhutov M.R., Danilov E.V. [New Approaches to Increasing Stress Resistance in Physical Education and Sports]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya* [Problems of Modern Pedagogical Education], 2017, no. 55–7, pp. 353–358. (in Russ.)

11. Domingos C. et al. Session Frequency Matters in Neurofeedback Training of Athletes. *Appl. Psychophysiology Biofeedback*, 2021, vol. 46, pp. 195–204. DOI: 10.1007/s10484-021-09505-3

12. Jiménez Morgan S., Molina Mora J.A. Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. *Appl Psychophysiology Biofeedback*, 2017, vol. 42 (3), pp. 235–245. DOI: 10.1007/s10484-017-9364-2. PMID: 28573597.

13. Kent P., Haines T., O'Sullivan P. et al. RESTORE Trial Team. Cognitive Functional Therapy with or without Movement Sensor Biofeedback Versus Usual Care for Chronic, Disabling Low Back Pain (RESTORE): a Randomised, Controlled, Three-arm, Parallel Group, Phase 3, Clinical Trial. *Lancet*, 2023, vol. 3, no. 401 (10391), pp. 1866–1877. DOI: 10.1016/S0140-6736(23)00441-5

14. Rusciano A., Corradini G., Stoianov I. Neuroplus Biofeedback Improves Attention, Resilience, and Injury Prevention in Elite Soccer Players. *Psychophysiology*, 2017, vol. 54 (6), pp. 916–926. DOI: 10.1111/psyp.12847. Epub 2017 Feb 21. PMID: 28220500.

15. Stepanyan L., Lalayan G. Heart Rate Variability Features and Their Impact on Athletes' Sports Performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 2023, vol. 23, pp. 2156–2163. DOI: 10.7752/jpes.2023.08247

Информация об авторах

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

Федотова Ирина Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

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

Богомолова Марина Матвеевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин, Волгоградская государственная академия физической культуры, Волгоград, Россия.

Репникова Елена Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания, Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия.

Information about the authors

Nikolay N. Sentyabrev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia.

Irina V. Fedotova, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia.

Snezhana S. Miroshnikova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia.

Marina M. Bogomolova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Disciplines, Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia.

Elena A. Repnikova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Vladimir State University n. a. A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 01.12.2024

The article was submitted 01.12.2024