

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ РАЗНЫХ ИГРОВЫХ АМПЛУА В СОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ МАКРОЦИКЛЕ (ПО ДАННЫМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА)

Ф.Б. Литвин¹, bf-litvin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2281-8757>
Т.М. Брук¹, brykmtcenter@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1023-6642>
П.А. Гревцов², Pavel-gr74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3787-402X>
О.В. Калабин³, kalabinoleg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5383-5007>

¹ Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, Россия

² Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

³ Вятский государственный университет, Киров, Россия

Аннотация. Цель: изучить соподчиненность механизмов регуляции сердечного ритма в единстве решения соревновательных задач у высококвалифицированных волейболистов в зависимости от игрового амплуа. **Материал и методы.** Экспресс-анализ состояния центров регуляции на отдельных уровнях структурно-функциональной организации выполнен в группе высококвалифицированных волейболистов Суперлиги и Высшей лиги А чемпионата России разных амплуа: доигровщики (n = 8), либеро (n = 4), блокирующие (n = 8), диагональные (n = 4) и связующие (n = 4) игроки. Регистрацию кардиоритмограммы осуществляли с использованием программно-аппаратного комплекса «Омега-Спорт» (НПФ «Динамика», г. Санкт-Петербург, Россия). **Результаты.** В зависимости от игрового амплуа выявлена разная степень участия центров по управлению сердечной деятельностью у высококвалифицированных волейболистов. **Заключение.** Контроль над процессами регуляции позволяет сохранить высокую работоспособность волейболистов на протяжении всего соревновательного периода.

Ключевые слова: механизмы регуляции, вариабельность ритма сердца, волейбол, игровые амплуа

Для цитирования: Экспресс-анализ состояния регуляторных механизмов у высококвалифицированных волейболистов разных игровых амплуа в соревновательном макроцикле (по данным вариабельности сердечного ритма) / Ф.Б. Литвин, Т.М. Брук, П.А. Гревцов, О.В. Калабин // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 3. С. 23–30. DOI: 10.14529/hsm230303

RAPID ANALYSIS OF REGULATORY MECHANISMS IN HIGHLY SKILLED VOLLEYBALL PLAYERS OF DIFFERENT POSITIONS IN A COMPETITIVE MACROCYCLE (BY DATA ON HEART RATE VARIABILITY)

F.B. Litvin¹, bf-litvin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2281-8757>

T.M. Bruk¹, bryktmcenter@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1023-6642>

P.A. Grevtsov², Pavel-gr74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3787-402X>

O.V. Kalabin³, kalabinoleg@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5383-5007>

¹ Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia

² Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

³ Vyatka State University, Kirov, Russia

Abstract. Aim. The authors aim to identify the hierarchy of the mechanisms of heart rhythm regulation in solving competitive problems among highly skilled volleyball players, depending on their positions. **Materials and methods.** A rapid analysis of the state of regulation centers at individual structural and functional levels was performed on highly skilled volleyball players of different positions (Super League and Major League A, Russian Championship): outside hitters (n = 8), liberos (n = 4), blockers (n = 8), opposites (n = 4), and setters (n = 4). Heart rhythm recording was performed with the Omega-Sport software and hardware complex (Dinamika, St. Petersburg, Russia). **Results.** Depending on the volleyball position, a different participation of the centers responsible for heart rhythm regulation was recorded in highly skilled volleyball players. **Conclusion.** Control over regulatory processes allows for maintaining the high performance of volleyball players throughout the entire competitive period.

Keywords: regulatory mechanisms, heart rate variability, volleyball, volleyball position

For citation: Litvin F.B., Bruk T.M., Grevtsov P.A., Kalabin O.V. Rapid analysis of regulatory mechanisms in highly skilled volleyball players of different positions in a competitive macrocycle (by data on heart rate variability). *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(3):23–30. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230303

Введение. Особенности отдельных видов спорта заставляют по-разному оценивать вклад центральных и автономных механизмов в управление сердечным ритмом [1, 3, 4, 9, 11, 20]. В видах спорта с ведущим качеством выносливости максимальную функциональную готовность определяет автономный механизм регуляции [2, 16, 22]. В скоростных, скоростно-силовых, силовых и координационных видах спорта адаптационный потенциал определяется работой высших корковых центров [7, 8, 21]. В частности, у элитных волейболистов при проведении исследования вариабельности сердечного ритма до и во время соревнований обнаружено, что по мере приближения к решающему матчу происходило достоверное снижение автономного (HF) и повышение центрального (VLF) контура регуляции [17]. Авторы считают, что существует тесная корреляционная связь между симпатической активностью и успешностью соревновательной деятельности в волейболе [17].

Гипотеза: в условиях многоразовых тренировочных нагрузок с высокой плотностью соревновательной деятельности реализация задач по успешной подготовке команды высококвалифицированных волейболистов возможна при согласованной, координированной работе нервных и гуморально-гормональных центров, базирующихся на разных уровнях структурной и функциональной организации организма.

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 28 высококвалифицированных волейболистов Суперлиги и Высшей лиги А чемпионата России разных амплуа: доигровщики (n = 8), либеро (n = 4), блокирующие (n = 8), диагональные (n = 4) и связующие (n = 4) игроки. Оценку вариабельности сердечного ритма (ВСП) спортсменов проводили с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-Спорт» (НПФ «Динамика», г. Санкт-Петербург, Россия). Запись кардиоинтервалограмм продолжитель-

ностью 5 минут проводили по общепринятой методике в положении лежа. Оценивали следующие количественные показатели ВСП: ЧСС, показатели, характеризующие активность автономного (мощность спектра колебаний ритма сердца – TP, мощность высокочастотных колебаний – HF) и центрального механизмов регуляции (мощность низкочастотных колебаний – LF, мощность ультранизкочастотных колебаний – VLF), индекс вегетативного равновесия (LF/HF), показатель преобладания центральных механизмов регуляции над автономными (индекс напряжения регуляторных систем – SI). Полученные результаты обрабатывали с использованием пакета программ Microsoft Office Excel и Statistica 10.0 методами параметрической и непараметрической статистики. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Изучена работа регуляторных механизмов на протяжении макроцикла у высококвалифицированных волейболистов разных игровых амплуа. По данным экспресс-оценки текущего состояния регуляторных систем, у блокирующих игроков максимально высокая напряженность стресс-реакции ($141,0 \pm 14,52$ усл. ед.) (табл. 1).

На протяжении четырех месяцев соревновательной деятельности сохраняется высокий уровень активности эрготропного контура управления, включающего надсегментарные центральные структуры с показателем VLF, равным $1456 \pm 142,22$ мс². Это сочетается

с максимальным вкладом центра симпатoadреналовой системы (LF) продолговатого мозга при незначительном ингибировании парасимпатического отдела (HF). Показатель симпато-парасимпатического баланса (LF/HF) предельно высокий. По мнению Д.И. Жемайтиса [6], выявленная соподчиненность регуляторных центров отражает высокие функциональные возможности организма и встречается в основном у успешных спортсменов [12, 14, 22].

Функциональное состояние сопровождается, как правило, хорошей гемодинамикой, реактивностью и переносимостью нагрузок, высокой работоспособностью. У диагональных игроков напряженность регуляторных систем статистически надежно ниже с величиной стресс-индекса, не превышающей $97,0 \pm 9,60$ усл. ед. ($p < 0,05$). Снижение сопряжено с ослаблением влияния на работу сердца высших церебральных эрготропных и гуморально-метаболических контуров управления и центра продолговатого мозга при одновременном усилении активности парасимпатического отдела ВНС. В частности, показатель VLF, по сравнению с блокирующими, снижается на 22 %, LF снижается на 130 % ($p < 0,05$), а показатель HF повышается на 46 % ($p < 0,05$). Показатель симпато-парасимпатического баланса LF/HF также достоверно снижается на 46 % ($p < 0,05$).

У связующих игроков по показателю стресс-индекса напряженность адаптационных механизмов понижается на 93 % по срав-

Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у волейболистов в зависимости от игрового амплуа ($M \pm m$, $n = 28$)
Features of autonomic cardiac regulation in volleyball players depending on the volleyball position ($M \pm m$, $n = 28$)

Игровое амплуа Volleyball position	Показатели Parameter						
	ЧСС, уд. мин. Heart rate, bpm	SI, усл. ед. SI, c. u.	TP, мс ² TP, ms ²	VLF, мс ² VLF, ms ²	LF, мс LF, ms ²	HF, мс HF, ms ²	LF/HF, усл. ед. LF/HF, c. u.
Блокирующие Middle Blocker	$69,3 \pm 2,01$	$141,0 \pm 14,52$	$3574 \pm 265,10$	$1456 \pm 142,22$	$1878 \pm 127,05$	$325,8 \pm 44,92$	$5,65 \pm 0,64$
Диагональные Opposite	$59,2 \pm 1,88$	$97,0 \pm 9,60$	$2487 \pm 179,66$	$1195 \pm 99,66$	$818 \pm 77,34$	$475,5 \pm 52,69$	$3,86 \pm 0,45$
Связующие Setter	$70,9 \pm 2,35$	$72,5 \pm 7,73$	$3069 \pm 245,21$	$976 \pm 71,21$	$1522 \pm 133,91$	$572,0 \pm 63,51$	$3,35 \pm 0,61$
Либеро Libero	$71,0 \pm 2,19$	$70,1 \pm 9,00$	$2821 \pm 143,13$	$1395 \pm 123,53$	$940 \pm 85,05$	$486,4 \pm 46,04$	$2,56 \pm 0,44$
Доигровщики Outside Hitter	$61,6 \pm 1,73$	$49,8 \pm 6,04$	$5633 \pm 301,44$	$1338 \pm 141,09$	$2987 \pm 161,10$	$1172,7 \pm 107,58$	$2,69 \pm 0,42$

нению с блокирующими и на 33 % с диагональными игроками ($p < 0,05$). С учетом функциональных особенностей связующих игроков, которые постоянно находятся в поиске оптимального выхода из игровой ситуации, происходит скачкообразный подъем активности симпатического отдела ВНС с ростом на 86 % величины LF по сравнению с диагональными игроками. По показателю LF судят о скорости вхождения в игру. Эту компоненту сердечного ритма характеризуют как стресс-реализующую. Последняя имеет большее значение в мобилизации важных качеств спортсменов [3, 19]. Эрготропная и гуморально-метаболическая нагрузка на корковые центры снижается, о чем свидетельствует снижение показателя VLF на 22 % ($p < 0,05$). Уровень активности парасимпатического отдела (HF) практически не изменяется, так же как и величина симпато-парасимпатического баланса LF/HF.

У либеро уровень активности регуляторных механизмов по изученным характеристикам близкий к таковому у связующих. Показатель SI равняется $70,1 \pm 9,00$ усл. ед. Различия состоят в том, что у либеро доминирующими центрами выступают корковые и гуморально-гормональные структуры с понижением активности стволовых центров. Спектральная мощность VLF колебаний на 43 % ($p < 0,05$) выше по сравнению со связующими, а спектральная мощность LF колебаний, напротив, снижается на 62 % ($p < 0,05$). Существенных изменений в работе парасимпатического отдела ВНС не выявлено. Спектральная мощность HF колебаний статистически значимо не изменяется. Примечательно то, что по показателю активности церебральных и гормонально-метаболических центров либеро «приближаются» к блокирующим, а по показателю LF – к диагональным игрокам. Как отмечает Г.Р. Данилова [5], либеро обладают сильной, подвижной и хорошо сбалансированной нервной системой, что позволяет им надежно действовать в психологически напряженных ситуациях. Игроки либеро владеют хорошей интуицией и возможностью предугадывать направление полета мяча, целостного развития игровой ситуации.

Минимально низкая напряженность регуляторных систем регистрируется у доигровщиков. Средняя величина стресс-индекса не превышает $49,8 \pm 6,04$ усл. ед. ($p < 0,05$). На высокую устойчивость регуляторных ме-

ханизмов указывает максимальный показатель суммарной мощности спектра ($p < 0,05$). Уровень активности церебральных и гормонально-метаболических центров остается стабильно высоким VLF ($1338 \pm 141,09$ мс²), как у игроков других амплуа. Вклад симпатоадреналового центра управления сердечным ритмом скачкообразно нарастает. В частности, показатель LF повышается на 218 % по сравнению с либеро, на 96 % – со связующими, на 265 % – с диагональными и на 59 % – с блокирующими (во всех случаях $p < 0,05$). По всей видимости, у доигровщиков адаптационные процессы «разворачиваются» на уровне вегетативной нервной системы и центров ствола мозга, что связано, в большинстве случаев, с реализацией стандартных игровых ситуаций. По данным А.П. Романчука [10], характерным критерием высокого уровня работоспособности спортсмена является повышение мощности общего волнового спектра за счет увеличения LF и HF-компонент и интактности VLF-компоненты ВРС.

Таким образом, все многообразие регуляторных механизмов, связанное с расширением адаптационных возможностей организма высококвалифицированных волейболистов, следует рассматривать как единое целое по реализации функциональной системы, включающей в себя компартменты афферентного синтеза, блока принятия решения, формирования акцептора действия с предстоящим ответом, и, наконец, успешное решение поставленной задачи [15]. На основе выявленного в макроцикле синхронизма по направленности и выраженности работы механизмов по обеспечению адаптационных процессов у волейболистов с учетом игровых амплуа, целесообразно дифференцировать объем и интенсивность физических нагрузок, выбор средств восстановления и продолжительность отдыха [13].

Выводы:

1. У высококвалифицированных волейболистов при системном ответе на физические нагрузки ведущая роль в адаптационных реакциях принадлежит высшим корковым центрам управления сердечной деятельностью, для которых характерна «точечная» адресная настройка на решение спортивной задачи. Стволовые центры в этой ситуации выполняют вспомогательную роль.

2. Степень напряженности регуляторных систем определяется характером и специфичностью физической нагрузки в каждом из ви-

дов игрового амплуа (силовая, скоростно-силовая, взрывная и координационная), которая жестко ограничена по времени ответа в сочетании с психоэмоциональной составляющей.

3. Исследование variability сердечного ритма может быть полезным инструментом для оценки конкурентоспособности спортсменов.

Список литературы

1. Власенко, Н.Ю. Исследование показателей variability сердечного ритма и особенностей синдрома эмоционального выгорания у пожарных-спасателей / Н.Ю. Власенко, И.И. Макарова, Н.А. Беличенко // Ульяновский мед.-биол. журнал. – 2017. – № 3. – С. 165–172.
2. Variability сердечного ритма как отражение эффективности учебно-тренировочных сборов / Ф.Б. Литвин, О.В. Калабин, И.А. Васильева, И.А. Злобина // Современ. вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 3 (20). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_13
3. Гаврилова, Е.А. Variability ритма сердца и спорт. Прогноз функционального состояния и соревновательной деятельности спортсмена / Е.А. Гаврилова. – СПб.: Palmarium Academic Publishing, 2017. – 180 с.
4. Гуштурова, И.В. Особенности variability сердечного ритма и центральной гемодинамики у спортсменов-легкоатлетов в предсоревновательном периоде / И.В. Гуштурова, В.Н. Теленов // Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение: материалы V Всерос. симп. с междунар. участием. – Ижевск, 2011. – С. 248–251.
5. Данилова, Г.Р. Психологические особенности игроков различных амплуа / Г.Р. Данилова // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2007. – № 3. – С. 162–172.
6. Жемайтите, Д.И. Вегетативная реакция синусового узла сердца у здоровых и больных. Анализ сердечного ритма / Д.И. Жемайтите. – Вильнюс, 1982. – 522 с.
7. Иорданская, Ф.А. Variability сердечного ритма в оценке функционального состояния волейболистов (по программе «Omega-S») / Ф.А. Иорданская, Р.В. Малкин // Вестник спортивной науки. – 2019. – № 1. – С. 55–60.
8. Калабин, О.В. Динамический контроль функционального состояния волейболистов методом анализа variability сердечного ритма / О.В. Калабин, С.А. Молчанов, А.П. Спицин // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 42–49. DOI: 10.14529/hsm220106
9. Митин, М.С. Распространенность и выраженность вегетативной дисфункции среди молодых спортсменов / М.С. Митин // Науч. результат. Серия «Медицина и фармация». – 2015. – Т. 1. – № 2. – С. 30–38.
10. Романчук, А.П. Спироартериокардиографические критерии физической работоспособности высокого уровня / А.П. Романчук // Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Методы оценки и повышения работоспособности у спортсменов». – Одесса, 2013. – С. 84–87.
11. Суммарный показатель клеточно-автоматного метода анализа variability сердечного ритма и его связь с классическими показателями / П.С. Замышляев, В.А. Зотов, Н.А. Замышляева, Л.А. Балыкова // Рос. кардиол. журнал. – 2021. – Т. 26. – № S6. – С. 9.
12. Терехов, П.А. Особенности ортостатической реакции спортсменов при разных типах вегетативной регуляции сердечного ритма / П.А. Терехов, Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин // Физ. воспитание и спорт. тренировка. – 2020. – № 4 (34). – С. 155–164.
13. Фудин, Н.А. Медико-биологические технологии в физической культуре и спорте: моногр. / Н.А. Фудин, А.А. Хадарцев, В.А. Орлов. – М.: Спорт. Человек, 2018. – 320 с.
14. Шлык, Н.И. Оценка качества тренировочного процесса у спортсменов на основе экспресс-анализа variability сердечного ритма с учетом индивидуального типа регуляции / Н.И. Шлык, Е.С. Лебедев, О.С. Вершинина // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 2. – С. 18–20.
15. Шлык, Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца / Н.И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 81–91. DOI: 10.7868/S0131164616060187
16. Cardiac Autonomic Modulation in Response to Muscle Fatigue and Sex Differences During Consecutive Competition Periods in Young Swimmers: A Longitudinal Study / M. Castillo-Aguilar, P. Valdés-Badilla, T. Herrera-Valenzuela et al. // Frontiers in Physiology. – 2021. – No. 18 (12). – P. 769–785. DOI: 10.3389/fphys.2021.769085

17. D'Ascenzi, F. *Precompetitive assessment of heart rate variability in elite female athletes during play offs* / F. D'Ascenzi, F. Alvino, B.M. Natali // *Clinical Physiology and Functional Imaging*. – 2014. – No. 34 (3). – P. 230–236. DOI: 10.1111/cpf.12088
18. *Heart rate-based indices to detect parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. A meta-analysis.* / A. Manresa-Rocamora, A.A. Flatt, A. Casanova-Lizón et al. // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. – 2021. – No. 31 (6). – P. 1164–1182. DOI: 10.1111/sms.13932
19. *Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review* / V.P. Silva, N.A. Oliveira, H. Silveira et al. // *Annals of Noninvasive Electrocardiology*. – 2015. – No. 20 (2). – P. 108–118. DOI: 10.1111/anec.12237
20. Mainwaring, L. *Post-concussion stress in asymptomatic athletes* / L. Mainwaring, A. Senthinathan, M. Hutchison // *British Journal of Sports Medicine*. – 2014. – No. 48. – P. 630–631. DOI: 10.1136/bjports-2014-093494.191
21. *Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis.* / C.R. Bellenger, J.T. Fuller, R.L. Thomson et al. // *Sports Medicine*. – 2016. – No. 46 (10). – P. 1461–1486. DOI: 10.1007/s40279-016-0484-2
22. Stanley, J. *Cardiac parasympathetic activity and race performance: an elite triathlete case study* / J. Stanley, S. D'Auria, M. Buchheit // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2015. – No. 10 (4). – P. 528–534. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0196

References

1. Vlasenko N.Yu., Makarova I.I., Belichenko N.A. [Study of Indicators of Heart Rate Variability and Features of Emotional Burnout Syndrome in Firefighters-Rescuers]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Biomedical Journal], 2017, no. 3, pp. 165–172. (in Russ.)
2. Litvin F.B., Kalabin O.V., Vasil'yeva I.A., Zlobina I.A. [Heart Rate Variability as a Reflection of the Effectiveness of Training Camps]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2022, vol. 6, no. 3 (20). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_03_13
3. Gavrilova E.A. *Variabel'nost' ritma serdtsa i sport. Prognoz funktsional'nogo sostoyaniya i so-revnovatel'noy deyatelnosti sportsmen* [Heart Rate Variability and Sport. Forecast of the Functional State and Competitive Activity of an Athlete]. St. Petersburg, Palmarium Academic Publ., 2017. 180 p.
4. Gushturova I.V., Telepov V.N. [Features of Heart Rate Variability and Central Hemodynamics in Athletes-Athletes in the Pre-Competitive Period]. *Variabel'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskiye aspekty i prakticheskoye primeneniye: materialy V Vserossiyskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiyem* [Heart Rate Variability. Theoretical Aspects and Practical Application. Proceedings of the V All-Russian Symposium with International Participation], 2011, pp. 248–251. (in Russ.)
5. Danilova G.R. [Psychological Features of Players of Various Roles]. *Pedagogiko-psikhologicheskkiye i mediko-biologicheskkiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-Psychological and Medical-Biological Problems of Physical Culture and Sports], 2007, no. 3, pp. 162–172. (in Russ.)
6. Zhemaytite D.I. [Vegetative Reaction of the Sinus Node of the Heart in Healthy and Sick People. Heart Rate Analysis]. *Vil'nyus* [Vilnius], 1982, 522 p. (in Russ.)
7. Iordanskaya F.A., Malkin R.V. [Heart Rate Variability in Assessing the Functional State of Volleyball Players (According to the “Omega-S” Program)]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2019, no. 1, pp. 55–60. (in Russ.)
8. Kalabin O.V., Molchanov S.A., Spitsin A.P. Dynamic Control of the Functional State of Volleyball Players by Analyzing Heart Rate Variability. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 42–49. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm220106
9. Mitin M.S. [Prevalence and Severity of Autonomic Dysfunction Among Young Athletes]. *Nauchnyy rezul'tat. Seriya: Meditsina i farmatsiya* [Scientific Result. Series. Medicine and Pharmacy], 2015, vol. 1, no. 2, pp. 30–38. (in Russ.) DOI: 10.18413/2313-8955-2015-1-2-30-38
10. Romanchuk A.P. [Spiroarteriocardiorhythmographic Criteria for High-Level Physical Performance]. *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem “Metody otsenki i povysheniya rabotosposobnosti u sportsmenov”* [All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation Methods for Assessing and Improving the Performance of Athletes], 2013, pp. 84–87.

11. Zamyshlyayev P.S., Zotov V.A., Zamyshlyayeva N.A., Balykova L.A. [The Total Indicator of the Cellular Automaton Method for Analyzing Heart Rate Variability and its Relationship with Classical Indicators]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* [Russian Journal of Cardiology], 2021, vol. 26, no. S6, p. 9. (in Russ.)
12. Terekhov P.A., Bruk T.M., Litvin F.B. [Features of the Orthostatic Reaction of Athletes with Different Types of Autonomic Regulation of the Heart Rhythm]. *Fizicheskoye vospitaniye i sportivnaya trenirovka* [Physical Education and Sports Training], 2020, no. 4 (34), pp. 155–164. (in Russ.)
13. Fudin N.A., Khadartsev A.A., Orlov V.A. *Mediko-biologicheskiye tekhnologii v fizicheskoy kul'ture i sporte* [Medico-Biological Technologies in Physical Culture and Sports]. Moscow, Sport. Human. Publ., 2018. 320 p.
14. Shlyk N.I., Lebedev E.S., Vershinina O.S. [Evaluation of the Quality of the Training Process in Athletes Based on Express Analysis of Heart Rate Variability, Taking into Account the Individual Type of Regulation]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 2, pp. 18–20. (in Russ.)
15. Shlyk N.I. [Management of the Training Process of Athletes Taking into Account the Individual Characteristics of Heart Rate Variability]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2016, vol. 42, no. 6, pp. 81–91. DOI: 10.7868/S0131164616060187
16. Castillo-Aguilar M., Valdés-Badilla P., Herrera-Valenzuela T. et al. Cardiac Autonomic Modulation in Response to Muscle Fatigue and Sex Differences During Consecutive Competition Periods in Young Swimmers: A Longitudinal Study. *Frontiers in Physiology*, 2021, no. 18 (12), pp. 769–785. DOI: 10.3389/fphys.2021.769085
17. D'Ascenzi F., Alvino F., Natali B.M. Precompetitive Assessment of Heart Rate Variability in Elite Female Athletes During Play Offs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2014, no. 34 (3), pp. 230–236. DOI: 10.1111/cpf.12088
18. Manresa-Rocamora A., Flatt A.A., Casanova-Lizón A. et al. Heart Rate-Based Indices to Detect Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes. A Meta-Analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 2021, no. 31 (6), pp. 1164–1182. DOI: 10.1111/sms.13932
19. Silva V.P., Oliveira N.A., Silveira H. et al. Heart Rate Variability Indexes as a Marker of Chronic Adaptation in Athletes: a Systematic Review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 2015, no. 20 (2), pp. 108–118. DOI: 10.1111/anec.12237
20. Mainwaring L., Senthinathan A., Hutchison M. Post-Concussion Stress in Asymptomatic Athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, no. 48, pp. 630–631. DOI: 10.1136/bjsports-2014-093494.191
21. Bellenger C.R., Fuller J.T., Thomson R.L. et al. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 2016, no. 46 (10), pp. 1461–1486. DOI: 10.1007/s40279-016-0484-2
22. Stanley J., D'Auria S., Buchheit M. Cardiac Parasympathetic Activity and Race Performance: an Elite Triathlete Case Study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, no. 10 (4), pp. 528–534. DOI: 10.1123/ijsp.2014-0196

Информация об авторах

Литвин Федор Борисович, доктор биологических наук, профессор кафедры биологических дисциплин, Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, Россия.

Брук Татьяна Михайловна, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой биологических дисциплин, Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, Россия.

Гревцов Павел Александрович, соискатель, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Калабин Олег Владимирович, кандидат биологических наук, доцент кафедры физвоспитания, Вятский государственный университет, Киров, Россия.

Information about the authors

Fedor B. Litvin, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia.

Tatyana M. Bruk, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biological Disciplines, Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia.

Pavel A. Grevtsov, external doctorate student, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia.

Oleg V. Kalabin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Physical Education, Vyatka State University, Kirov, 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 conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.06.2023

The article was submitted 12.06.2023