Дата публикации: 01.09.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_03_37
УДК 797.212; 612.062

Publication date: 01.09.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_03_37
UDC 797.212; 612.062

ГРУППОВЫЕ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЮНОШЕЙ-ПЛОВЦОВ

Ф.Б. Литвин[1], О.В. Калабин[2], Т.М. Брук[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный университет спорта», г. Смоленск, Россия
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

Аннотация. В исследовании приняли участие высококвалифицированные пловцы юношеского возраста. Целью исследования явилось изучение особенностей вариабельности сердечного ритма у высококвалифицированных юношей-пловцов с акцентом на персонифицированный подход на этапах годичного тренировочного цикла. У спортсменов с высокой функциональной подготовленностью на этапах годичного цикла сохраняется нормативная реакция на ортостаз. В межсоревновательный период происходит полное восстановление с элементами гиперадаптации к физическим нагрузкам. У пловцов с переутомлением при ортостатической пробе наблюдается парадоксальная реакция на ортостаз. В период между соревнованиями отсутствует полное восстановление организма.
Ключевые слова: спортсмены, этапы годичного тренировочного цикла, ортостаз, вариабельность сердечного ритма, индивидуальный подход.

GROUP AND INDIVIDUAL FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY IN QUALIFIED SWIMMERS

F.B. Litvin[1], O.V. Kalabin[2], T.M. Bruk[1]
[1]Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia
[2]Vyatka State University, Kirov, Russia

Annotation. Qualified young swimmers took part in the study. The aim of the research was to study the heart rate variability features in elite young swimmers with an emphasis on a personalized approach at the stages of a one-year training cycle. Athletes with high functional fitness have a standard reaction to orthostasis at the stages of the annual cycle. During the inter-competitive period, we have discovered a complete recovery with elements of hyperadaptation to exercise. During an orthostatic test, swimmers with fatigue had a paradoxical reaction to orthostasis. In the period between competitions, there was no complete recovery of the body.
Keywords: athletes, stages of the annual training cycle, orthostasis, heart rate variability, individual approach.

Введение. Адаптация пловцов к физическим нагрузкам принципиально отличается от других видов спорта по ряду позиций. К ним относятся выполнение физических нагрузок в горизонтальном положении тела, работа в водной среде и особенности дыхания. При занятиях плаванием формируется способность осуществлять легочную вентиляцию за счет редких и неглубоких вдохов, что, в свою очередь, обеспечивается перенастройкой нервной регуляции дыхания [1-3]. Физические тренировки с различным паттерном дыхания могут по-разному влиять на баланс активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [4-6]. Температурные условия водной среды влияют на реактивность и экономичность работы сердечно-сосудистой системы [7]. У пловцов адаптивные изменения направлены на усиление реактивности в ответ на рабочую гипоксию [8]. Указанные обстоятельства предъявляют повышенные требования к оценке

адаптационных резервов пловцов, к поиску маркёров, отражающих повышение спортивной результативности, к разработке критериев, характеризующих развитие дезадаптивных изменений на ранних стадиях [9-11]. В последние годы для определения функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы спортсменов активно используются изменения вариабельности сердечного ритма [12-16]. Показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) имеют высокую прогностическую значимость в спорте [13, 18, 19, 21-23].

Таким образом, постоянный рост физических нагрузок в современном спорте требует непрерывного мониторинга функционального состояния на каждом из этапов годичного тренировочно-соревновательного цикла.

Целью работы явилось изучение особенностей ВСР у высококвалифицированных юношей-пловцов с акцентом на персонифицированный подход на этапах годичного тренировочного цикла.

Методы и организация исследования. Для анализа вариабельности сердечного ритма использовали аппарат «Варикард 2.51» и программу «Иским 6» (ООО «Институт внедрения новых медицинских технологий РАМЕНА», г. Рязань). Общая продолжительность регистрации составила 10 минут, из них 5 минут в клиностазе и 5 минут в ортостазе. Рассчитывались общепринятые частотные показатели мощности: высокой частоты (HF, мс), низкой частоты (LF, мс) и очень низкой частоты (VLF, мс), общая мощность спектра (TP, мс), а также показатель вариационного размаха (MxDMn, мс) и индекс напряжения (ИН, усл.ед.).

В исследовании приняло участие 19 спортсменов-пловцов мужского пола в возрасте от 17 до 23 лет. Все спортсмены имели звание «Мастер спорта». Для статистической обработки полученных данных использовали электронные таблицы с пакетом программ Microsoft Office и компонентов Excel версий 2013 с последующей статистической обработкой. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. Надежность функционирования сердечно-сосудистой системы при физических нагрузках и, в конечном итоге, профессиональную успешность в спорте определяют разные механизмы регуляции сердечного ритма. Залогом успешного выступления пловцов на этапах годичного цикла является, как минимум, восстановление показателей ВСР после очередных соревнований, и, как максимум, формирование гиперадаптивного состояния накануне очередных соревнований. По данным тренеров, у пловцов высокого уровня мастерства в течение года проходит до 6-7 соревнований и турниров от официальных до коммерческих. Успешность выступления зависит от устойчивости функциональных систем к физическим нагрузкам. Анохин П.К. [24] отмечает, что устойчивость – это свойство системы совпадать по признакам до и после изменений вызванных действием комплекса факторов. Невозвращение системы к исходному состоянию оценивается как неустойчивость. В спорте при систематической неустойчивости формируется хроническое напряжение с последующим развитием преморбидного, а затем и патологического состояния [10, 11, 25]. В работе по данным мониторинга функционального состояния каждого из испытуемых в составе команды выявлена групповая направленность по показателям ВСР, которая является результирующей вклада показателей каждого спортсмена и, в конечном итоге, определяет успех команды на этапах годичной подготовки (табл. 1).

Таблица 1

Показатели вариабельности сердечного ритма у юношей-пловцов (n=18) в клиностазе и ортостазе в предсоревновательный период, M±m

MxDMn, мс		ИН, усл.ед		TP, мс		HF, мс		LF, мс		VLF, мс	
лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя
483 ±42	332±36	29±3	74±7	10998 ±1063	6092 ±354	3297 ±282	713 ±115	4252 ±260	3771 ±244	1717 ±121	1160 ±105

Примечание: MxDMn – вариационный размах; ИН – индекс напряжения; TP – суммарная мощность спектра; HF – мощность высокочастотных волн; LF – мощность низкочастотных волн; VLF – мощность волн очень низкой частоты

У всех спортсменов по результатам группового анализа регистрируется умеренное преобладание автономного механизма регуляции сердечного ритма (III тип). В среднем по группе отмечается умеренная вегетативная реактивность на ортостаз. Однако, хорошо известно, что показатели группового анализа «маскируют» функциональное состояние отдельного спортсмена (Шлык). По этой причине нами сделан акцент на персонифицированный анализ динамики показателей ВСР в годичном цикле. В таблице 2 приведена динамика показателей ВСР успешно выступающего на протяжении 5 месяцев юноши-пловца Н.

Таблица 2

Динамика показателей вариабельности сердечного ритма успешного пловца на этапах годичного цикла

Этапы	MxDMn, мс		ИН, усл.ед		TP, мс		HF, мс		LF, мс		VLF, мс	
	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя
12.09-23.10 1 этап	304 ±66	187±45	50 ±14	655 ±237	5405 ±958	561 ±86	2861 ±750	115 ±33	1489 ±411	244 ±25	547 ±89	244 ±53
24.10-28.10 2 этап	388 ±75	89 ±34	44 ±12	1286 ±733	6234 ±995	376 ±59	3321 ±838	59 ±22	1491 ±389	212 ±29	991 ±115	88 ±34
08.12-16.01 3 этап	401 ±86	329 ±61	22 ±3	41 ±7	7089 ±1180	5840 ±872	2995 ±515	1146 ±482	2840 ±631	2063 ±505	1906 ±626	1025 ±486
18.01-21.01 4 этап	447 ±95	272 ±63	28 ±6	96 ±17	6584 ±995	3052 ±701	3047 ±824	343 ±82	1779 ±506	1508 ±430	1530 ±458	1079 ±531
24.01-25.02 5 этап	408 ±85	425 ±67	36 ±9	44 ±6	5205 ±798	9299 ±1314	1806 ±697	1013 ±452	2326 ±852	5821 ±802	867 ±135	1735 ±761

Примечание: MxDMn – вариационный размах; ИН – индекс напряжения; TP – суммарная мощность спектра; HF – мощность высокочастотных волн; LF – мощность низкочастотных волн; VLF – мощность волн очень низкой частоты

В предсоревновательный период с 12.09 по 23.10 2021 г у испытуемого регистрируется умеренный автономный тип регуляции (III тип) и гиперадаптивная реакция на ортостаз. При переходе в ортостаз скачкообразно повышается показатель ИН и стремительно снижается показатель дыхательного ритма (HF) (1 этап). В соревновательные дни (2 этап) вегетативная реакция на ортостаз усиливается. Увеличение симпатических индексов ВСР при интенсификации спортивных нагрузок рассматривают как положительный процесс, ведущий к максимальным проявлениям функциональных возможностей [6]. Важным дополне-

нием является и тот факт, что при пролонгированном гипоксическом состоянии в соревновательный период пловцы поддерживают высокий уровень сатурации за счет повышенного симпатического тонуса [8]. Не следует исключать и усиление психоэмоционального напряжения спортсмена во время соревнований. При проведении ортостатической пробы в дни соревнований показатель MxDMn снижается на 110%, TP – 49% HF – 95%, LF – 15% VLF – 178%, а ИН повышается на 196% относительно показателей в ортостазе в предсоревновательный период (2 этап). На рост индекса напряжения значительное влияние оказывает повышенная активность корково-гуморальных центров. Спортсмен на соревнованиях с 24.10 по 28.10. 2021 г. установил два личных рекорда. В ряде работ показано, что высокий уровень функционального состояния сердечно-сосудистой системы ассоциируется с повышением толерантности к гипоксии и преобладанием активности надсегментарного уровня регуляции ритма сердца [26]. Отметим, что в клиностазе в предсоревновательный и соревновательный периоды различия по показателям ВСР незначительные. На постсоревновательном этапе (3 этап) спортсмен восстанавливается, демонстрируя устойчивость регуляторных систем. Согласно учению П.К. Анохина о саморегуляции функций, устойчивость системы проявляется в том, что «отклонение результата деятельности функциональной системы от уровня, обеспечивающего нормальный метаболизм, немедленно вызывает цепь центрально-периферических процессов, направленных на восстановление оптимального уровня данного результата» [24]. В нашем случае у спортсмена устойчивость системы переходит в гипераддаптивное состояние, при котором в клиностазе наблюдается дальнейший рост показателей парасимпатического и снижение активности симпатического контура регуляции. Одновременно отмечается оптимальное снижение вегетативной реактивности на ортостаз до оптимальных значений (4 этап). К очередным соревнованиям у спортсмена высокая «боевая готовность», которая обеспечивает ему установление четырех личных рекордов на разных дистанциях, разными стилями плавания. На следующем за соревнованиями этапе восстановления появляются элементы недовосстановления, что наиболее ярко демонстрирует динамика показателей ВСР в ортостазе (5 этап). На этом этапе при отсутствии скрытых нарушений в регуляции сердечного ритма в клиностазе и, по-прежнему, сохраняющемся III типе регуляции, переход организма в ортостатическое положение вызывает появление парадоксальной реакции по большинству показателей. По временным показателям выраженность парадоксальной реакции незначительная, тогда как по спектральным величинам неустойчивость вегетативной реакции «демонстративно» высокая. Данные мониторинга пловца Н. созвучны с цитированиями авторов, которые считают сбалансированность индивидуальных количественных критериев функциональной подготовленности основным фактором успешного выступления спортсменов на главных соревнованиях в цикле подготовки [27-28]. Совершенно иная ситуация разворачивается при нарушении устойчивости функциональной системы. В качестве примера приведем динамику показателей ВСР на изложенных этапах годичного соревновательного цикла у пловца А., который по уровню вегетативного гомеостаза и вегетативной реактивности на ортостаз на отдельных этапах годичного тренировочного цикла отличается от пловца Н. (табл. 3). Следует отметить, что в покое у обоих доминирует автономный механизм регуляции. При этом пловец А. в клиностазе в подготовительном периоде по показателям ВСР приближается к IV типу регуляции.

Таблица 3

Динамика показателей вариабельности сердечного ритма у пловца с признаками перенапряжения на этапах годичного цикла

Этапы	MxDMn, мс		ИН, усл.ед		TP, мс		HF, мс		LF, мс		VLF, мс	
	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя	лежа	стоя
12.09-23.10 1 этап	549 ±62	355 ±48	15 ±3	45 ±10	10222 ±1299	6111 ±840	3581 ±621	387 ±65	2336 ±719	3505 ±758	1059 ±495	1571 ±662
24.10-28.10 2 этап	251 ±38	400 ±54	83 ±9	34 ±5	4057 ±530	6553 ±819	983 ±104	1339 ±395	1244 ±400	2160 ±882	950 ±372	2175 ±669
08.12-16.01 3 этап	563 ±69	502 ±59	16 ±4	23 ±5	13012 ±1493	11270 ±1251	2392 ±784	752 ±88	4504 ±740	4438 ±695	3161 ±516	3363 ±577
18.01-21.01 4 этап	211 ±34	291 ±42	191 ±26	136 ±20	5907 ±762	6237 ±829	1557 ±471	400 ±69	2101 ±584	3914 ±727	1702 ±549	1860 ±622
24.01-25.02 5 этап	430 ±56	410 ±50	48 ±11	35 ±8	5034 ±708	7104 ±953	2417 ±799	746 ±91	1816 ±553	4374 ±790	657 ±72	850 ±84

Примечание: MxDMn – вариационный размах; ИН – индекс напряжения; TP – суммарная мощность спектра; HF – мощность высокочастотных волн; LF – мощность низкочастотных волн; VLF – мощность волн очень низкой частоты

Казалось бы, в соревновательный период спортсмен должен продемонстрировать высокие функциональные возможности в сочетании с успешным выступлением на соревнованиях (2 этап). Однако вегетативная реакция на ортостаз показала низкую функциональную готовность организма. В ортостазе у спортсмена регистрируется парадоксальная реакция в виде снижения показателя ИН и повышения показателей TP, LF, VLF и гипореакция по показателю MxDMn. В результате в дни соревнований в клиностазе происходит тотальный рост напряжения регуляторных систем с понижением показателей MxDMn, TP, HF, LF, VLF и повышением ИН. Но наиболее ярко перетренированность организма просматривается при проведении ортопробы [29-30]. В этом случае парадоксальная реакция регистрируется исключительно по всем показателям ВСР. В дальнейшем на протяжении 2,5 месяцев после соревновательного периода в клиностазе показатели ВСР возвращаются к исходному уровню (3 этап). Вместе с тем, при проведении ортопробы восстановление следует принимать как некоторую «условность». Система по-прежнему остается неустойчивой, о чем свидетельствует гипореакция по одним показателям (MxDMn, ИН, TP, LF) и парадоксальный ответ по другим (VLF). Хроническое недовосстановление проявляется усилением негативного парадоксального ответа на ортостаз на очередном восстановительном этапе (5 этап). В нашем случае выраженное преобладание автономного контура регуляции (IV тип) является ярким примером срыва адаптации, ведущего к ухудшению работоспособности и снижению спортивных результатов [28, 29, 31]. Важно понимать, что вегетативная дизрегуляция и ортостатическая неустойчивость – это ранние признаки дистрофии миокарда на фоне хронического, физического перенапряжения [25, 32, 33].

Заключение. Результаты собственного исследования показали, что у высококвалифицированных пловцов адекватной реакцией на тренировочные и соревновательные нагрузки на этапах годичного цикла оптимум функционального состояния являются относительное повышение парасимпатической активности в автономной регуляции ритма сердца в клиностазе и

«отмена» повышенного вагусного влияния на сердечный ритм в ортостазе. Применение ортостатической нагрузки позволяет раскрыть тонкие механизмы индивидуальных функциональных резервов организма пловцов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочаров, М. И. Реакция гемодинамики человека на разные по величине гипоксические воздействия / М. И. Бочаров // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2012. – № 3. – С. 138-145.
2. Counsilman, J. E. Competitive swimming manual for coaches and swimmers / J. E. Counsilman. – Bloomington, Indiana, Counsilman Co. – 1977. – 165 p.
3. Shields, R. W. Jr. Heart rate variability with deep breathing as a clinical test of cardiovagal function. / R.W. Shields Jr. // Cleve Clin J Med. – 2009. – № 76(2). – pp. 37-40.
4. Effects of intermittent hypoxia on heart rate variability during rest and exercise / Povea C., Schmitt L., Brugniaux J. [et al] // High Alt. Med. Biol. – 2005. – Vol. 6. – № 3. – pp. 215-225.
5. Effects of intermittent normobaric hypoxia training on heart rate variability / Xu X. Lu L., Chen Z. [et al] // Space Med. Eng. (Beijing). – 2004. – Vol.17. – № 5. – pp. 334-339.
6. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high performance world class athletes / Iellamo F., Legramante J. M., Pigozzi F. [et al] // Circulation. − 2002. − Vol. 105. − pp. 2719-2724.
7. Интегральные критерии системообразующих факторов функциональной системы организма спортсменов высокой квалификации разных видов спорта / Исаев А., Эрлих В., Шевцов А. [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21. – № 2. – С. 7-18.
8. Реактивность и экономичность кардиореспираторной системы на гипоксию и физическую нагрузку у пловцов и лыжников / С. Кривощеков, С. Водяницкий, В. Диверт, Л. Гиренко // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2012. – № 4. – С. 102-113.
9. Внезапная сердечная смерть в спорте. Современные представления / Гаврилова Е. А., Чурганов О. А., Белодедова М. Д. [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 5. – С. 76-79.
10. Шлык, Н. И. Вариабельность сердечного ритма в тренировочном процессе спортсменов циклических видов спорта (на примере биатлона). Методические рекомендации / Н. И. Шлык. – М., 2021. – 84 с.
11. Postural imbalance is accompanied by changes in cardiac rhythm and conduction in young athletes / Epishev V. V., Korableva Yu. B., Naumova K. A. [et al] // Human. Sport. Medicine. – 2022. – Vol. 22. – № 3. – pp. 91-101.
12. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 2. – С. 70-82.
13. Шлык, Н. И. Вариабельность сердечного ритма и методы определения у спортсменов в тренировочном процессе / Н. И. Шлык. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2022. – 93 с.
14. Булатецкий, С. В. Динамика компонентов волновой структуры сердечного ритма при их синхронизации / С. В. Булатецкий, А. К. Одегов, Ю. Н. Семенов // Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение в спорте и массовой физкультуре: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ижевск, 25–26 мая 2021 года. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2021. – С. 96-101. EDN: JZFPYH.
15. Sztajzel, J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system / J. Sztajzel // Swiss Med Wkly. – 2004. – № 134. – pp. 514-522.
16. Buchheit, M. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load / M. Buchheit, C. Gindre // American Journal Physiology. – 2006. – № 291. – P. 451.
17. Ng, J. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise / J. Ng, S. Sundaram, A. H. Kadish // American Journal Physiology. – 2009. – № 297(4). – pp. 1421-1428.
18. Литвин, Ф. Б. Индивидуально-дифференцированный подход к изучению вариабельности сердечного ритма у тяжелоатлетов с учетом типов вегетативной регуляции / Ф. Б. Литвин,

И. В. Быкова, Г. М. Бойко // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_8
19. Шилович, Л. Л. Перспективы диагностического применения метода анализа вариабельности сердечного ритма в спорте / Л. Л. Шилович // Проблемы здоровья и экологии. – 2012. – №3. – С. 59-63.
20. Сурина-Малышева, Е. Ф. Индивидуально-типологический подход в анализе вариабельности сердечного ритма хоккеистов 7-16 лет / Е. Ф. Сурина-Малышева, А. А. Епишева, Е. Н. Ермолаева // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т.22. – №3. – С. 70-79.
21. The Muscle Typology of Elite and World-Class Swimmers / Bellinger, P., Lievens E., Kennedy B. [et al] // Int J Sports Physiol Perform. – 2022 – № 17(8). – pp. 1179-1186. DOI: 10.1123/ijspp.2022-0048.
22. Dose-response relationship of endurance training for autonomic circulatory control in healthy seniors / Okazaki K., Iwasaki K., Prasad A. [et al] // Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985). − 2005. − Vol. 99. − pp. 1041-1049.
23. Silverman, M. N. Biological mechanisms underlying the role of physical fitness in health and resilience / M. N. Silverman, P. A. Deuster // Interface Focus. − 2014. − Vol. 4. − № 5. – P. 20140040. DOI: 10.1098/rsfs.2014.0040
24. Анохин, П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П. К. Анохин // Принципы системной организации функций. – М.: Наука, 1973. – С. 5-61.
25. Гаврилова, Е. А. Спорт, стресс, вариабельность: монография. – М.: Спорт, 2015, 168 с.
26. Кайкан, С. М. Показатели нейровегетативной регуляции ритма сердца конькобежцев высокой квалификации с различным уровнем функционального состояния / С. М. Кайкан // Психолого-педагогические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта: матер. II Всерос. науч.-практ. конф. – Челябинск, 2010. – С. 151-154.
27. Melo, R. C. High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men / R. C. Melo, R. J. Quiterio, A. C. M. Takahashi // Sports Med. – 2008. – № 42. – P. 59.
28. Колмогоров, С. В. Взаимосвязь функциональной, силовой и технической подготовленности элитных пловцов на дистанции 200 метров в большом тренировочном цикле / С. В. Колмогоров, А. Р. Воронцов, О. А. Румянцева // Человек. Спорт, Медицина. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 102-111.
29. Шлык, Н. И. Показатели вариабельности сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значения MxDMn и их изменение у легкоатлетов-бегунов в тренировочном процессе / Н. И. Шлык, А. Е. Алабужев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 46–66.
30. Шлык, Н. И. Вариабельность сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значений MxDMn у лыжниц-гонщиц в тренировочном процессе / Н. И. Шлык // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т.8. – № 1. – С. 83-96.
31. Three Weeks of Overload Training Increases Resting Muscle Sympathetic Activity / Coates A. M., Incognito A. V., Seed J. D. [et al] // Medicine and science in sports and exercise. − 2018. – Vol. 50. − №8. − P. 1721.
32. Смоленский, А. В. Сердечно-сосудистые заболевания и внезапная смерть в спорте / А. В. Смоленский // Материалы научной конференции «Спортивная кардиология и физиология кровообращения». – М., 2006. – С. 82-84.
33. Halawa, B. Cardiovascular diseases as a cause of sudden death in athletes / B. Halawa // Pol Merkur Lekarsk. – 2004. – № 16(91). – pp. 5-7.

REFERENCES

1. Bocharov M.I. Reaction of human hemodynamic on different values of hypoxia intervention. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*, 2012, no. 3, pp. 138-145. (in Russ.)
2. Counsilman J.E. Competitive swimming manual for coaches and swimmers. Bloomington, Indiana, Counsilman Co., 1977. 165 p.
3. Shields R.W.Jr. Heart rate variability with deep breathing as a clinical test of cardiovagal function. *Cleve Clin J Med*, 2009, no. 76(2), pp. 37-40.
4. Povea C., Schmitt L., Brugniaux J., Nicolet G., Richalet J.-P., Fouillot J.-P. Effects of intermittent hypoxia on heart rate variability during rest and exercise. *High Alt. Med. Biol*, 2005, vol. 6, no. 3, pp. 215-225.
5. Xu X., Lu L., Chen Z., Liu X., Li Y. Effects of intermittent normobaric hypoxia training on heart rate variability. *Space Med. Eng. (Beijing)*, 2004, vol. 17, no. 5, pp. 334-339.
6. Iellamo F. Legramante J.M., Pigozzi F., Spataro A., Norbiato G., Lucini D., Pagani M. Conversion from vagal to sympathetic dominance with strenuous training in high performance world class athletes. *Circulation*, 2002, vol. 105, pp. 2719-2724.

7. Isaev A., Erlikh V., Shevtsov A., Bychkovskikh V., Korableva Yu. Integral criteria for system forming characteristics of the functional system in highly skilled athletes from different sports. *Human. Sport. Medicine,* 2021, vol. 21, no. 2, pp. 7-18. (in Russ.)
8. Krivoshchekov S.G., Vodyanitskij S.N., Divert V.E., Girenko L.A. Reactivity and effectiveness of the cardiorespiratory system of swimmers and skiers to hypoxia and physical exercise. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*, 2012, no. 4, pp. 102-113. (in Russ.)
9. Gavrilova E.A., Churganov O.A., Belodedova M.D., Yakovlev Yu.V., Rogozhnikov M.A. Sudden cardiac deaths in sports: global statistics analysis. *Theory and Practice of Physical Culture,* 2021, no. 5, pp. 76-79. (in Russ.)
10. Shlyk N.I. Heart rate variability in the training process of cyclic sports athletes (on the example of biathlon). Methodological guidelines. Moscow, 2021, 84 p. (in Russ.)
11. Epishev V.V. Korableva Yu.B., Naumova K.A., Laffaye G., Delafontaine A. Neural imbalance is accompanied by changes in cardiac rhythm and conduction in young athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 3, pp. 91-101. (in Russ.)
12. Baevskij R.M. Analysis of heart rate variability in space medicine. *Human Physiology,* 2002, vol.28, no. 2, pp. 70-82. (in Russ.)
13. Shlyk N.I. Heart rate variability and identification methods in athletes during the training process. Izhevsk: Publishing Center "Udmurt University", 2022, 93 p. (in Russ.)
14. Bulatetskij S.V., Odegov A.K., Semenov Yu.N. Dynamics of the components of the wave structure of the heart rhythm during their synchronization. Heart Rate Variability: Theoretical Aspects and Practical Application in Sports and Mass Physical Culture: materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Oarticipation. Izhevsk: Udmurt State University, 2021. pp. 96-101. EDN: JZFPYH. (in Russ.)
15. Sztajzel, J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Med Wkly*, 2004, no. 134, pp. 514-522.
16. Buchheit M., Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal Physiology*, 2006, no. 291, pp. 451.
17. Ng J., Sundaram S., Kadish A.H. Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise. *American Journal Physiology*, 2009, no. 297(4), pp. 1421-1428.
18. Litvin F.B., Bykova I.V., Bojko G.M. Individually differentiated approach to the study of heart rate variability in weightlifters, taking into account the types of autonomic regulation. *Modern Issues of Biomedicine,* 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_8. (in Russ.)
19. Shilovich, L.L. Prospects of diagnostic application of heart rhythm variability method in sport (literature review). *Health and Ecology Issues*, 2012, no. 3, pp. 59-63. (in Russ.)
20. Surina-Malysheva E.F., Episheva A.A., Ermolaeva E.N. individual typological approach to heart rate variability in hockey players aged from 7 to 16 years. *Human. Sport. Medicine,* 2022, vol. 22, no. 3, pp. 70-79. (in Russ)
21. Bellinger P., Lievens E., Kennedy B., Rice H., Derave W., Minahan C., The Muscle Typology of Elite and World-Class Swimmers. *Int J Sports Physiol Perform,* 2022, no. 17(8), pp. 1179-1186. DOI: 10.1123/ijspp.2022-0048.
22. Okazaki K., Iwasaki K., Prasad A., Palmer M.D., Martini E.R., Fu Q., Arbab Zadeh A., Zhang R., Levine B.D. Dose-response relationship of endurance training for autonomous circulatory control in healthy seniors. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 2005, vol. 99, pp. 1041-1049.
23. Silverman M.N., Deuster P.A. Biological mechanisms underlying the role of physical fitness in health and resilience. Interface Focus, 2014, vol. 4, no. 5, p. 20140040. DOI: 10.1098/rsfs.2014.0040
24. Anokhin, P.K. Fundamental questions of the general theory of functional systems. Principles of the systemic organization of functions. Moscow: Nauka. 1973. pp. 5-61. (in Russ.)
25. Gavrilova E.A. Sport, stress, variability: a monograph. Moscow: Sport, 2015, 168 p. (in Russ.)
26. Kajkan S.M. Indicators of neurovegetative regulation of the heart rhythm of elite skaters with different functional state levels. Psychological, Pedagogical and Biomedical Issues of Physical Culture and Sports: materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference, Chelyabinsk, 2010, pp. 151-154. (in Russ.)
27. Melo, R.C. Quiterio R.J., Takahashi A.C.M. High eccentric strength training reduces heart rate variability in healthy older men. *Sports Med,* 2008, no. 42, pp. 59.
28. Kolmogorov S.V., Vorontsov A.R., Rumyantseva O.A. The relationship of functional, strength and technical fitness in elite swimmers in the 200-meter events during the training macrocycle. *Human. Sport. Medicine,* 2022, vol. 22, no. 3, pp. 102-111. (in Russ.)

29. Shlyk N.I., Alabuzhev A.E. Indicators of heart rate variability at rest and during an orthostatic challenge at different ranges of MxDMn value and their change in track and field athletes in the training process. *Science and sport: current trends*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 46-66. (in Russ.)
30. Shlyk N.I. Heart rate variability at rest and during an orthostatic challenge at different ranges of MxDMn values in female skiers in the training process. *Science and sport: current trends*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 83-96. (in Russ.)
31. Coates A.M., Incognito A.V., Seed J.D., Doherty C.J., Millar P.J., Burr J.F. Three Weeks of Overload Training Increases Resting Muscle Sympathetic Activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 2018, vol. 50, no. 8, p. 1721.
32. Smolenskij A.V. Cardiovascular diseases and sudden death in sports. Proceedings of the scientific conference "Sports Cardiology and Physiology of Blood Circulation". Moscow, 2006. pp. 82-84. (in Russ.)
33. Halawa B. Cardiovascular diseases as a cause of sudden death in athletes. *Pol Merkur Lekarsk*, 2004, no. 16(91). pp. 5-7.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Федор Борисович Литвин – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биологических дисциплин, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, e-mail: bf-litvin@yandex.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2281-8757.
Олег Владимирович Калабин – кандидат биологических наук, доцент кафедры физвоспитания, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: kalabinoleg@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5383-5007.
Татьяна Михайловна Брук – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет спорта», Смоленск, e-mail: bryktmcenter@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-1023-6642.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Fedor Borisovich Litvin – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Biological Subjects Department, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: bf-litvin@yandex.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2281-8757.
Oleg Vladimirovich Kalabin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Physical Education Department, Vyatka State University, Kirov, e-mail: kalabinoleg@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5383-5007.
Tat'yana Mikhajlovna Bruk – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Biological Subjects Department, Smolensk State University of Sports, Smolensk, e-mail: bryktmcenter@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-1023-6642.

Для цитирования: Литвин, Ф. Б. Групповые и индивидуальные особенности вариабельности сердечного ритма у квалифицированных юношей-пловцов / Ф. Б. Литвин, О. В. Калабин, Т. М. Брук // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_03_37

For citation: Litvin F.B., Kalabin O.V., Bruk T.M. Group and individual features of heart rate variability in qualified swimmers. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_03_37