

Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12, № 2. С. 253–267.

Journal of Medical and Biological Research, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 253–267.

Обзорная статья

УДК [612.181+612.172]:796

DOI: 10.37482/2687-1491-Z189

Общая мощность спектра и мощность HF-волн в зависимости от этапов годового цикла подготовки спортсменов и других факторов (обзор)

Денис Анатольевич Катаев^{*/**} ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-3521>

Виктор Иванович Циркин^{***} ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3467-3919>

Влада Викторовна Кишкина^{*/****} ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2467-5275>

Светлана Ивановна Трухина^{*} ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3888-1993>

Андрей Николаевич Трухин^{*} ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7259-7078>

^{*}Вятский государственный университет
(Киров, Россия)

^{**}Региональная общественная организация «Федерация лыжных гонок и биатлона» Республики Татарстан
(Казань, Россия)

^{***}Казанский государственный медицинский университет
(Казань, Россия)

^{****}Городская клиническая больница № 1 г. Челябинск
(Челябинск, Россия)

Аннотация. В рамках изучения природы таких показателей variability сердечного ритма (BCR), как общая мощность спектра TP, абсолютная мощность HF-волн (AMHF) и их относительная мощность, т. е. выраженная в процентах к TP (HF%), систематизированы данные литературы и результаты собственных исследований, касающихся значений этих показателей у спортсменов. Установлено, что TP, AMHF и HF% зависят от спортивной специализации (они максимальны при тренировках на выносливость), стажа занятий спортом (чем выше уровень спортивного мастерства, тем выше показатели), периодов годового цикла (возрастают в подготовительный период, но снижаются незначительно в соревновательный период, и более существенно – в переходный период). В частности, излагаются результаты исследования первого автора статьи, элитного спортсмена-лыжника Д.А. Катаева, который регистрировал у себя кардиоинтервалограмму, а также объем и интенсивность ежедневных тренировочных нагрузок в течение годового цикла. Это позволило оценить динамику TP, AMHF и HF% на протяжении трех его периодов и установить, что значения TP находятся в прямой зависимости от объема тренировочных нагрузок и их интенсивности. Но выявить подобную зависимость в отношении AMHF и HF% не удалось. Показано, что у 8 лыжников-гонщиков (членов сборной Республики Татарстан) значения TP, AMHF и HF% в подготовительный период были выше, чем в соревновательный. Авторы заключают, что значения TP, AMHF и HF% отражают глав-

Ответственный за переписку: Денис Анатольевич Катаев, адрес: 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36; e-mail: den.cataev2014@yandex.ru

ным образом влияние парасимпатического отдела автономной нервной системы на деятельность сердца спортсмена, а также активацию ее симпатического отдела при развитии предстартового эмоционального стресса в соревновательный период. Постулируется представление о формировании антиапоптической системы миокарда при тренировках на выносливость, в которую входят антиоксиданты, дофамин, серотонин, ацетилхолин, простагландины, оксид азота и другие вещества.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, общая мощность спектра, HF-волны, периоды годового тренировочного цикла, антиапоптическая система миокарда*

Для цитирования: Общая мощность спектра и мощность HF-волн в зависимости от этапов годового цикла подготовки спортсменов и других факторов (обзор) / Д. А. Катаев, В. И. Циркин, В. В. Кишкина, С. И. Трухина, А. Н. Трухин // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 253-267. – DOI 10.37482/2687-1491-Z189.

Review article

Total Spectrum Power and Power of HF Waves in Athletes Depending on the Phase of the Training Year and Other Factors (Review)

Denis A. Kataev*/** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-3521>
Viktor I. Tsirkin** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3467-3919>
Vlada V. Kishkina*/**** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2467-5275>
Svetlana I. Trukhina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3888-1993>
Andrey N. Trukhin* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7259-7078>

*Vyatka State University
(Kirov, Russia)

**Tatarstan Cross-Country Skiing and Biathlon Federation
(Kazan, Russia)

***Kazan State Medical University
(Kazan, Russia)

****Chelyabinsk City Clinical Hospital No. 1
(Chelyabinsk, Russia)

Abstract. As part of the study into the nature of such heart rate variability (HRV) indicators as total spectrum power (TP), absolute power of high frequency waves (HFAP) and their relative power (as a percentage of TP (HF%)), literature data and the results of our own research on the values of these indicators in athletes are systematized. It has been established that TP, HFAP and HF% depend on the type of sports (reaching their maximum in endurance training), experience in sports (the higher the level, the higher these indicators), and phase of the training year (increasing during the preparatory phase, but decreasing slightly in the competitive phase and more significantly during the transition phase). In particular, the paper presents the results of the study of the first author of this article, elite skier D.A. Kataev, who recorded his own cardiointervalogram and the volume and intensity of daily

Corresponding author: Denis Kataev, *address:* ul. Moskovskaya 36, Kirov, 610000, Russia; *e-mail:* den.cataev2014@yandex.ru

training loads during one training year. This made it possible to evaluate TP, HFAP and HF% dynamics over the three phases and to establish that TP values are directly dependent on the volume and intensity of training loads. However, no such relationship was established for HFAP and HF%. It was shown that in 8 cross-country skiers (members of the Tatarstan national team) TP, HFAP and HF% values during the preparatory phase were higher than in the competition phase. The authors conclude that TP, HFAP and HF% values mainly reflect the influence of the parasympathetic division of the autonomic nervous system (ANS) on athletes' cardiac activity, as well as on the activation of the sympathetic division of the ANS during the development of precompetition emotional stress in the competitive phase. An idea is postulated about the formation of the anti-apoptotic myocardial system during endurance training, which includes antioxidants, dopamine, serotonin, acetylcholine, prostaglandins, nitric oxide and other compounds.

Keywords: heart rate variability, total spectrum power, HF waves, phases of the training year, anti-apoptotic myocardial system

For citation: Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V., Trukhina S.I., Trukhin A.N. Total Spectrum Power and Power of HF Waves in Athletes Depending on the Phase of the Training Year and Other Factors (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 253–267. DOI: 10.37482/2687-1491-Z189

Оценка адаптивных способностей человека в физиологии спорта выполняется с помощью показателей variability сердечного ритма (BCP) [1], т. е. результатов анализа длительности R–R-интервалов электроэнцефалограммы (ЭКГ), т. к. BCP зависит от влияния симпатического (CO) и парасимпатического (ПО) отделов автономной нервной системы (АНС) и некоторых биологических активных веществ (БАВ). Рекомендовано использовать ряд временных и спектральных показателей BCP [1–3]. Среди них выделяют мощность трех основных видов спектра кардиоинтервалограммы (КИГ): 1) высокочастотного, или HF-волн, с границами 0,15–0,40 Гц; 2) низкочастотного, или LF-волн, с границами 0,04–0,15 Гц; 3) очень низкочастотного, или VLF-волн, с границами 0,003–0,04 Гц. При этом сумма всех мощностей спектра в диапазоне от 0,003 до 0,5 Гц, т. е. HF + LF + VLF, определяется как общий спектр колебаний, или общая мощность спектра (TP) [1–3].

Анализ динамики TP и мощности VLF-волн у элитного лыжника позволил нам прийти к выводу о том, что высокие значения абсолютной и относительной мощности VLF-волн являются признаками прохождения ненейронного

синтеза ацетилхолина в кардиомиоцитах [4, 5]. В данном обзоре рассматривается динамика абсолютной (AMHF) и относительной (HF%) мощности HF-волн. Считается [1–3, 5–7], что HF-волны отражают преимущественно влияние на сердце ПО АНС, а LF-волны – влияние CO АНС. Сведения о динамике абсолютной и относительной (в процентах от TP) мощности HF-волн у спортсменов, в т. ч. в зависимости от различных факторов, малочисленны. В связи с потребностью в диагностике состояния здоровья спортсменов (в т. ч. элитных) и оптимизации тренировочного процесса целью настоящего обзора является систематизация данных литературы и собственных исследований, касающихся абсолютной и относительной мощности HF-волн спортсменов, в т. ч. тренирующихся на выносливость, в зависимости от объема и интенсивности нагрузок и других факторов. В исследованиях [5, 8–25] оценивались значения TP, абсолютной и относительной мощности HF-волн у спортсменов, использовалась стандартная методика регистрации BCP, в частности метод КИГ, т. е. регистрация ЭКГ в течение 5 мин в положении лежа на спине (клиностаз) с применением таких систем, как «Поли-Спектр» и «ВНС-Спектр» («Нейро-

софт», Россия), «Варикард 2.51» («Аксион», Россия), «Кардиометр-МТ» («Микард-Лана», Россия), программно-аппаратный комплекс «Валента» («НЕО», Россия). Регистрация КИГ в указанных работах проводилась после ночного сна (до завтрака) в комфортных условиях, а статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета различных компьютерных программ типа BioStat [26, 27]. В отдельных публикациях отсутствовали значения HF%, поэтому при наличии в статье данных о TP и AMHF мы рассчитывали их сами, сопровождая символом «*». В обзоре приводятся либо средние значения, либо медианы, но без ошибки средней или центилей.

1. Значения TP, AMHF и HF% в зависимости от уровня двигательной активности. В работе Г.Н. Шангареевой [13] при обследовании 65 хоккеистов (средний возраст – 14,7 года, стаж – 8,7 года) и 30 здоровых подростков-неспортсменов, сопоставимых по возрасту, установлено, что значения TP, AMHF и HF% у первых были выше (5347 мс², 2367 мс² и 44,2 % соответственно), чем у вторых (3972 мс², 1620 мс² и 40,7 % соответственно). Аспирант Вятского государственного университета (ВятГУ), врач Челябинской городской больницы В.В. Кишкина (2017, неопубликованные данные) при суточном мониторинге ЭКГ в условиях стационара обнаружила, что значения AMHF у 15–16-летних подростков-неспортсменов были ниже (969 мс²), чем у сверстников, занимающихся легкой атлетикой или плаванием (1856 мс²) либо футболом или баскетболом (2285 мс²). У 22 волейболистов 18–21 лет молодежной сборной Ханты-Мансийского автономного округа – Югры значения TP и AMHF были выше, чем у 22 студентов медицинского вуза (4405 мс² против 1858 мс² и 979 мс² против 504 мс² соответственно), но HF%, наоборот, ниже (22,2 % против 27,1 %) [20]. У 16 элитных спортсменов, тренирующихся на выносливость ($n = 5$) или силу ($n = 11$), значения AMHF были выше, особенно у тренирующихся на выносливость, чем у 15 мужчин-неспортсменов [27]. И так, у спорт-

сменов по сравнению с неспортсменами выше значения TP [20] и AMHF (см.: [13, 20, 27] и др.), что говорит о доминировании у них ПО АНС в условиях покоя; но сведения о HF% неоднозначны [13, 20].

2. Значения TP, AMHF и HF% в зависимости от возраста юных спортсменов. Существует мнение, что с возрастом (т. е. с повышением стажа занятий спортом) TP, AMHF и HF% растут [6, 13, 18]. Однако у 32 лыжников 10 и 11 лет указанные показатели не зависели от возраста и стажа занятий, а определялись типом регуляции сердечной деятельности [14]. Несмотря на малочисленность данных, мы придерживаемся гипотезы о повышении TP, AMHF и HF% у спортсменов с возрастом [6, 13, 18].

3. Значения TP, AMHF и HF% в зависимости от стажа (тренированности) спортсмена и его мастерства. Имеются данные [1, 25, 28, 29], что по мере увеличения стажа спортсмена возрастают TP, AMHF и HF%, т. е. усиливается влияние ПО АНС на деятельность сердца в условиях покоя. Это особенно характерно для людей, тренирующихся на выносливость. Так, при обследовании 16 лыжников (18–25 лет) установлено, что в начале учебно-тренировочных сборов (УТС) медиана TP у спортсменов I разряда составила 5654 мс², у кандидатов в мастера спорта (КМС) – 7516 мс², а у мастеров спорта (МС) – 12 580 мс²; медиана AMHF – 1901, 3391 и 7263 мс² соответственно, а медиана HF%* – 33,6; 45,1 и 64,5 % [25]. У 14–15-летних пловцов ($n = 9$) значения TP, AMHF и HF% были выше (4536 мс², 1267 мс² и 27,9 %* соответственно), чем у 8–9-летних ($n = 45$) пловцов (3227 мс², 529 мс² и 16,4 %* соответственно) [28].

4. Значения TP, AMHF и HF% в зависимости от вида спортивной специализации. Существует предположение, что TP, AMHF и HF% зависят от спортивной специализации (см.: [8, 9, 17, 27] и др.). Так, при обследовании 18–19-летних спортсменов разных направлений [9] наибольшие значения TP фиксировались у хоккеистов (8649 мс²), меньшие –

у пловцов (4546 мс²), а наименьшие – у тяжелоатлетов (2871 мс²); значения АМНФ составили 2724, 1936 и 903 мс² соответственно, но HF%* у пловцов была выше (42,5 %), чем у хоккеистов и тяжелоатлетов (31,4 %), т. е. влияние ПО АНС на сердце оказалось сильнее у пловцов. У тренирующихся на выносливость ($n = 15$) значения АМНФ были выше, чем у тренирующихся на развитие силы ($n = 11$) [27]. У 66 лыжников в возрасте 18–23 лет значения ТР, АМНФ и HF% были больше (9709 мс², 5088 мс² и 52,4 % соответственно), чем у 20 пловцов (3310 мс², 920 мс² и 27,8 %) и 33 борцов греко-римского стиля (4668 мс², 2012 мс² и 43,1 %) того же возраста [17]. Аспирант ВятГУ В.В. Кишкина (2017, неопубликованные данные), проводя в условиях стационара суточное мониторирование ЭКГ у 40 обследуемых в возрасте 15–16 лет, установила, что у 20 юных спортсменов, занимающихся футболом или баскетболом, медиана АМНФ была выше (2285 мс²), чем у 20 подростков, занимающихся плаванием или легкой атлетикой (1856 мс²). В целом очевидно, что объединять сведения о ТР, АМНФ и HF% спортсменов разной специализации некорректно. Так, в исследовании Р.Я. Власенко и соавт. сообщается [18], что у 20-летних мужчин, занимающихся разными видами спорта, средние значения ТР, АМНФ и HF% составили 2420 мс², 791 мс² и 32,7 % соответственно. Однако в ряде работ утверждается, что данные показатели не зависят от спортивной специализации [10, 12]. Так, у 1005 мужчин (16–40 лет), 305 из которых занимались циклическими видами спорта, 200 – сложнокоординационными, 150 – игровыми и 350 – единоборствами, значения HF% составили 40,4; 42,3; 41,1 и 41,9 % соответственно, при отсутствии значимых различий между ними ($p > 0,05$) [10]. Н.И. Шлык [22] считает, что ТР, АМНФ и HF% зависят от типа регуляции сердечной деятельности, а не от специализации (см. разд. 7). Однако полагая, что ТР, АМНФ и HF% зависят от вида спортивной специализации, мы проанализировали сведения литературы о ТР, АМНФ и HF% при данном условии.

4.1. Лыжные гонки. Выявлено [25], что у 18–25-летних элитных лыжников-гонщиков (МС) даже на одном УТС медиана ТР варьировала от 11 258 до 10 279 мс², АМНФ – от 3391 до 7263 мс², а HF% – от 26,5 до 64,5 %. У 20–22-летних лыжников значения ТР на УТС варьировали от 3320 до 3399 мс², АМНФ – от 1017 до 1159 мс², а HF% – от 30,5 до 34,1 % [24]. При обследовании 34 лыжников (17–22 лет) отмечено [22], что ввиду наличия разных типов регуляции деятельности сердца для них характерна высокая степень вариации значений ТР (от 1515 до 14 486 мс²) и АМНФ (от 417 до 4066 мс²), хотя значения HF%* были относительно стабильными и варьировали лишь в пределах от 27,5 до 28 %. По нашим данным [5, 29], более детально изложенным ниже (разд. 5), у элитного лыжника-гонщика, МС Д.А. Катаева (далее – К.Д.) на протяжении сезона медианы ТР, АМНФ и HF% варьировали соответственно от 5754 до 11 099 мс², от 2478 до 4930 мс² и от 34,1 до 53,4 %. Итак, для лыжников-гонщиков характерны высокие значения ТР, АМНФ и HF% [5, 17, 22, 24, 25, 29], что, вероятно, свидетельствует о высокой активности ПО АНС.

4.2. Биатлон. У 25 биатлонисток (КМС, МС; средний возраст – 21,5 года) в июле (начало подготовительного периода), ноябре (конец подготовительного периода) и марте (конец соревновательного периода) значения ТР, АМНФ и HF%* варьировали от 5228 до 7059 мс², от 2730 до 2971 мс² и от 43,8 до 52 % соответственно [19]. Однако по данным других авторов [26], у 46 биатлонистов (КМС, МС; 18–25 лет) ТР, АМНФ и HF%* зависели от типа регуляции сердечной деятельности: при центральном типе регуляции ($n = 21$) их значения составили 2681 мс², 803 мс² и 29,9 % соответственно, а при автономном типе ($n = 25$) – 5735 мс², 1302 мс² и 22,7 % соответственно.

4.3. Плавание. У 8–9-летних пловцов значения ТР, АМНФ и HF%* составили 3227 мс², 529 мс² и 16,4 %, а у 14–15-летних – 4536 мс², 1267 мс² и 27,9 % [28]; у 18–19-летних – 4546 мс², 1936 мс² и 42,5 %* [9]; у 18–23-летних –

3310 мс², 920 мс² и 27,8 % [17] соответственно. Однако при исследовании 50 пловцов (средний возраст – 15,5 года) установлено [11], что TP, AMHF и HF%* зависят от типа регуляции сердечной деятельности – у симпатикотоников их значения составили 1173 мс², 322 мс² и 27,4 %, у нормотоников – 4234 мс², 1764 мс² и 41,6 %*, а у ваготоников – 10 370 мс², 8714 мс² и 84 %* соответственно.

4.4. Игровые виды спорта (хоккей, волейбол, гандбол, футбол, баскетбол). У 22 волейболистов (18–21 год) значения TP, AMHF и HF%* составили 4405 мс², 979 мс² и 22,2 % [20] соответственно; у 14–15-летних хоккеистов – 5347 мс², 2367 мс² и 44,2 % [13]; у 18-летних хоккеистов – 8649 мс², 2724 мс² и 31,4 % [9]. У 150 мужчин (16–40 лет), занимающихся игровыми видами спорта, значение HF% равнялось 41 % [10]. Обследуя 22 гандболистов (I взрослый разряд, КМС, МС; средний возраст – 20,3 года, стаж – 8–14 лет) 6 раз в течение годичного цикла, О.Н. Кудря [12] установила, что значения TP, AMHF и HF% варьировали у них от 2781 до 8015 мс²; от 1417 до 3289 мс² и от 24,8 до 37,6 % соответственно.

4.5. Единоборства (греко-римская борьба, тхэквондо, джиу-джитсу). У 33 борцов греко-римского стиля (18–23 года) значения TP, AMHF и HF% составили 4668 мс², 2012 мс² и 43,1 % соответственно [17]. У высококвалифицированных тхэквондистов (средний возраст – 23,5 года), членов сборной команды России, значения TP, AMHF и HF% варьировали от 5506 до 20 918 мс², от 2065 до 13 068 мс² и от 37,5 до 62,4 % для мужчин ($n = 7$) и от 3035 до 16 739 мс², от 782 до 10 871 мс² и от 25,7 до 64,9 % для женщин ($n = 7$) соответственно [21]. Таким образом, вне зависимости от пола обследуемых указанные показатели имели высокую вариативность. У 25-летних мужчин ($n = 18$), занимающихся бразильским джиу-джитсу, значения TP, AMHF и HF% составили 3283 мс², 1005 мс² и 28,0 % соответственно [15]. У 350 мужчин (16–40 лет), занимающихся единоборствами, HF% равнялось 41,9 % [10].

4.6. Другие виды спорта. У 23 мужчин (17–28 лет), занимающихся пулевой стрельбой, значения TP, AMHF и HF% составили 4475 мс², 1766 мс² и 35,1 % соответственно [23], а у 18-летних тяжелоатлетов – 2871 мс², 903 мс² и 31,4 %* [9].

4.7. Обобщение. Итак, высокие значения TP, AMHF и HF% свойственны спортсменам, тренирующимся на выносливость [5, 8, 17, 19, 27]. Среди них лидируют лыжники-гонщики [5, 8, 17] и биатлонисты [19]. Для спортсменов, занимающихся единоборствами [15, 17, 21], тяжелой атлетикой [9] или другими видами спорта [18, 23], характерны более низкие значения TP, AMHF и HF%. Но даже в одном и том же виде спорта может наблюдаться выраженный разброс значений исследуемых показателей, что, вероятно, зависит от степени тренированности и этапа подготовки, о чем детальнее сообщается в следующем разделе.

5. Значения TP, AMHF, HF% в зависимости от периода годичного цикла и характера тренировочных нагрузок. В годичном тренировочном цикле принято выделять подготовительный, соревновательный и переходный периоды [30]. Коллектив авторов [31] отмечает, что самые высокие значения TP, AMHF и HF% у лыжников характерны для завершения подготовительного периода, но в момент приближения к ответственному старту данные показатели могут снижаться [1, 29, 32]. Так, при обследовании 25 биатлонисток (КМС, МС; средний возраст – 21,5 года) в июле (начало подготовительного периода), ноябре (конец подготовительного периода и начало соревновательного) и марте (завершение соревновательного периода) установлено [19], что значения TP составили 5868, 5228 и 7059 мс² с; AMHF – 2971, 2730 и 2730 мс², а HF%* – 50,0; 52,0 и 43,8 % соответственно. Авторы делают вывод, что TP и AMHF относительно стабильны, в то время как HF% снижается к моменту завершения соревновательного периода; это объясняется развитием физического и психологического утомления, что компенсаторно активизирует СО АНС. У элитных волейболисток показатель HF% сни-

жается в предматчевый день и сохраняется на этом уровне в день матча [33], что, по нашему мнению, обусловлено активацией СО АНС. Обследуя 22 гандболистов (I взрослый разряд, КМС, МС; средний возраст – 20,3 года, спортивный стаж – 8–14 лет), при 6-кратной регистрации КИГ (в начале и конце подготовительного периода; в начале и конце 1-го круга игр; в начале и конце 2-го круга игр) О.Н. Кудря [12] зафиксировала следующие значения: ТР – 2781, 4664, 5275, 8015, 4431 и 3926 мс² соответственно; АМНФ – 6905, 1627, 1987, 3289, 1558 и 1417 мс², а HF% – 24,8; 34,8; 37,6; 41,0; 35,1 и 36,1 %. Автор сделала вывод, что в подготовительный период и в первой половине соревновательного происходит достоверный рост ТР, АМНФ и HF%, что свидетельствует о повышении тренированности спортсменов и активности ПО АНС. В то же время во 2-м круге соревнований отмечено снижение всех трех показателей, что объясняется развитием хронического утомления и компенсаторным повышением активности СО АНС.

Мы установили, что у элитного лыжника-гонщика К.Д. ТР, АМНФ и HF% варьируют в течение всего годичного цикла (методика этого исследования описана в [4, 5, 29]). Действительно, медиана ТР менялась на протяжении спортивного сезона (от 5754 до 11 099 мс²), в т. ч. повышалась в подготовительный (до 9473 мс²), сохранялась высокой в соревновательный (8047 мс²) и снижалась в переходный (6961 мс²) периоды (рис. 1). В подготовительный и переходный периоды медиана ТР претерпевала колебания от месяца к месяцу, в то время как в соревновательный период она была относительно стабильной. Расчет коэффициента Спирмена показал, что ТР находится в прямой зависимости от объема тренировочной нагрузки, выраженного длиной маршрута за день тренировки ($V_{км}$), а также от интенсивности тренировочной нагрузки ($N_{чсс}$), оцениваемой по величине рабочего пульса (уд/мин) в процессе тренировки.

Мы установили (рис. 1), что медиана АМНФ у спортсмена К.Д. также менялась на протя-

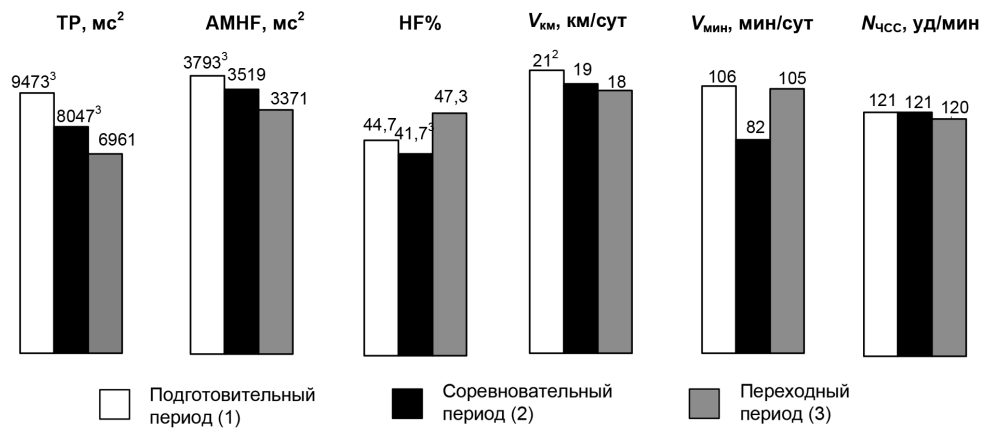


Рис. 1. Динамика медиан ТР, АМНФ и HF%, а также объема тренировочных нагрузок, выраженного в километрах пройденного пути в сутки ($V_{км}$) или минутах тренировки в сутки ($V_{мин}$), и ее интенсивности, оцениваемой по величине рабочего пульса ($N_{чсс}$), в подготовительный, соревновательный и переходный периоды у элитного лыжника-гонщика К.Д. (цифры в индексе означают, что различие с соответствующим периодом статистически значимо, $p < 0,05$)

Fig. 1. Dynamics of the median values of TP, HFAP and HF%, as well as of the training load volume in kilometers per day ($V_{км}$) or minutes of training per day ($V_{мин}$), and its intensity, evaluated by the “working” pulse ($N_{чсс}$), during the preparatory, competitive and transition phases in elite cross-country skier Kataev (index numbers mean that the difference from the corresponding phase is statistically significant, $p < 0.05$)

жении годового сезона (от 2478 до 4930 мс²), в т. ч. повышалась в подготовительный (3793 мс²), сохранялась высокой в соревновательный (3519 мс²) и снижалась в переходный (3371 мс²) периоды. При этом во все три периода между отдельными месяцами выявлены статистически значимые различия (рис. 2).

дународного класса) на протяжении подготовительного и соревновательного периодов медианы TP, АМНФ и HF% примерно такие же, как у спортсмена К.Д. При этом в соревновательный период медианы TP, АМНФ и HF% были статистически значимо ($p < 0,05$) ниже, чем в подготовительный (7864 мс², 3077 мс² и 37,2 %

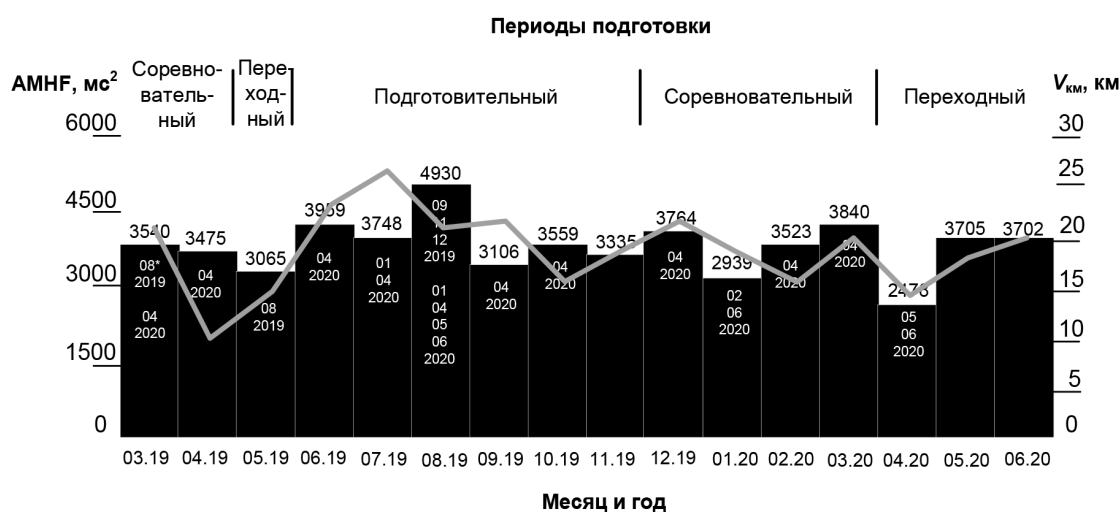


Рис. 2. Динамика медиан АМНФ (столбцы) и объема ($V_{км}$) тренировочной нагрузки (линейный график) элитного лыжника-гонщика К.Д. (числа внутри столбцов отражают месяцы, от которых данный месяц статистически значимо (критерий Манна–Уитни, $p < 0,05$) отличается по значениям АМНФ)

Fig. 2. Dynamics of the median values of HFAP (columns) and volume ($V_{км}$) of the training load (line graph) in elite cross-country skier Kataev (numbers inside the columns reflect the months from which this month is statistically significantly (according to the Mann–Whitney U test, $p < 0.05$) different in terms of HFAP values)

Медиана HF% у К.Д. также менялась на протяжении спортивного сезона (от 34,1 до 53,4 %). В подготовительный период она составляла 44,7 %, незначительно снижалась в соревновательный (41,7 %) и статистически значимо повышалась в переходный (47,3 %) (рис. 1). При этом между отдельными месяцами подготовительного и соревновательного периодов имелись статистически значимые различия, а в переходный период таких различий не обнаружено.

На рис. 3 также показано, что у 8 членов сборной команды Республики Татарстан по лыжным гонкам (6 МС и 2 мастера спорта России меж-

против 9923 мс², 4082 мс² и 43,6 % соответственно). Это снижение мы объясняем возрастанием влияния СО АНС в соревновательный период (для которого характерно формирование чувства тревожности [34]), что обнаруживается даже в условиях покоя.

В целом, результаты наших исследований согласуются с данными литературы, согласно которым в подготовительный период у лыжников-гонщиков наблюдаются высокие значения TP и АМНФ [1, 24, 31, 32] и HF% [19, 24, 33], а в соревновательный они частично снижаются [1, 32]. Это говорит о том, что в подготовитель-

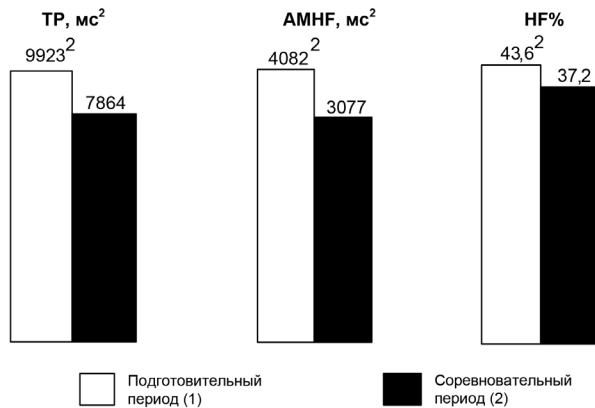


Рис. 3. Динамика медиан TP, AMHF и HF% в подготовительный и соревновательный периоды у 8 лыжников-гонщиков сборной команды Республики Татарстан (цифры в индексе означают, что различия с соревновательным периодом статистически значимы по критерию Манна–Уитни, $p < 0,05$)

Fig. 3. Dynamics of the median values of TP, HFAP and HF% in the preparatory and competitive phases in 8 skiers of the Tatarstan national team (index numbers mean that the differences from the competitive phase are statistically significant according to the Mann–Whitney U test, $p < 0.05$)

ный период удельный вклад ПО АНС в общую регуляцию работы сердца постепенно возрастает под влиянием тренировок на выносливость, а в соревновательный – снижается, что, возможно, обусловлено повышением активности СО АНС, происходящим в ответ на формирование чувства тревожности, которое уменьшается в переходный период, как у спортсмена К.Д. (см. рис. 1). Не исключено, что чем дольше спортсмен находится в данном эмоциональном состоянии, тем сильнее снижение HF% в соревновательный период.

6. Динамика значений TP, AMHF и HF% на УТС. У лыжников указанные показатели могут изменяться в течение одного микро-, мезо-, макроцикла. Так, Ф.Б. Литвин и соавт. обнаружили, что у 18–25-летних лыжников-гонщиков (МС) медиана TP в начале УТС составляла 11 258 мс², а по окончании – 12 779 мс², медиана AMHF – 7263 и 3391 мс² соответственно, а медиана HF% – 64,5 и 26,5 % [25]; авторы считают снижение AMHF и HF%

следствием развития перетренированности (утомления) и компенсаторного повышения активности СО АНС. У 20 лыжников-гонщиков (20–22 года) до начала УТС и после их завершения TP составили 3399 и 3320 мс², AMHF – 1159 и 1017 мс², а HF% – 34,1 и 30,5 % соответственно, т. е. значимо не менялись [24]. По нашим данным, у спортсмена К.Д. даже на протяжении одного месяца каждого периода происходят статистически значимые волнообразные изменения медиан TP, AMHF (рис. 2) и HF%, которые являются следствием изменения объема тренировочных нагрузок.

7. Значения TP, AMHF и HF% у спортсменов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечной деятельности. Ряд исследователей считают, что у спортсменов TP, AMHF и HF% существенно зависят от типа регуляции сердечной деятельности [11, 14, 16, 22, 26]. В частности, на основании значений стресс-индекса (SI) и абсолютной мощности VLF-волн (AMVLF) постулируется наличие 4 типов [16, 22] спортсменов: I и II типы – это лица с умеренным ($SI > 100$ у. е., $AMVLF > 240$ мс²) или выраженным ($SI > 100$ у. е., $AMVLF < 240$ мс²) преобладанием центральной (симпатической) регуляции, а III и IV типы – с умеренным ($SI = 30–100$ у. е., $AMVLF > 240$ мс²) или выраженным ($SI < 30$ у. е., $AMVLF > 500$ мс²) преобладанием автономной (парасимпатической) регуляции. Так, при исследовании 46 биатлонистов (КМС, МС; 18–25 лет) установлено [26], что при центральном типе регуляции ($n = 21$) значения TP, AMHF и HF%* составили 2681 мс², 803 мс² и 29,9 % соответственно, а при автономном типе ($n = 25$) – 5735 мс², 1302 мс² и 22,7 %. Для 34 лыжников-гонщиков (17–22 лет) вследствие наличия 4 типов регуляции была характерна высокая вариация значений TP (от 1515 до 14 486 мс²) и AMHF (от 417 до 4066 мс²), в то время как значения HF% оставались стабильными и варьировали в незначительных пределах (от 27,5 %* до 28 %*) [22]. Другим вариантом классификации спортсменов является выделение симпатикотоников, ваготоников и нормото-

ников, а критерием такого деления можно считать значения TP, AMHF и HF% – чем они выше, тем выше вероятность ваготонии [11, 14]. Так, при обследовании 50 пловцов (средний возраст – 15,5 года) выявлено [11], что у симпатикотоников значения TP, AMHF и HF%* составили 1173 мс², 322 мс² и 27,4 % соответственно, у нормотоников – 4234 мс², 1764 мс² и 41,6 %, а у ваготоников – 10 370 мс², 8714 мс² и 84 %. Для юных лыжников-гонщиков 10 и 11 лет ($n = 32$) установлено [14], что у симпатикотоников ($n = 6$) значения TP, AMHF и HF%* составили 1798 мс², 625 мс² и 34 % соответственно, у нормотоников ($n = 14$) – 5621 мс², 2845 мс² и 50 %*, а у ваготоников ($n = 12$) – 19 028 мс², 13 160 мс² и 69 %*.

Заключение. Считается, что AMHF отражает процесс адаптации к физическим нагрузкам и стрессовым факторам [1, 31] и коррелирует с уровнем тренированности и спортивным результатом, главным образом в тех спортивных дисциплинах, где требуется выносливость [35]. Анализ литературы позволяет утверждать, что при высокой двигательной активности, т. е. при занятии многими видами спорта аэробной направленности, возрастает степень влияния ПО АНС на деятельность сердца, это выражается в повышении средних значений или медиан TP [13, 20], AMHF (см. [13, 20, 27] и др.) и HF% [13], хотя имеются сведения о снижении значений HF% [20]. Такая же тенденция наблюдается при повышении мастерства у юных спортсменов [6, 13, 28]. Можно утверждать, что при тренировках на выносливость (лыжные гонки и др.) отсутствие роста анализируемых показателей в ходе тренировочного процесса говорит о его неэффективности [1, 12, 25, 28, 35], а существенное падение этих показателей отражает формирование хронического утомления, т. е. перетренированности [22, 36], в связи с чем происходит активация СО АНС.

Установлено, что даже у представителей одного вида спорта наблюдается нестабильность значений TP, AMHF и HF%, которая зависит от этапа годичного цикла подготовки. В частности, показано, что у элитных лыжни-

ков в подготовительный период наблюдается волнообразное изменение значений TP и AMHF [1, 4, 5, 24, 31, 32] и HF% [5, 19, 24, 33]. В соревновательный период значения TP, AMHF и HF% могут снижаться [1, 5, 32], что расценивается нами и другими авторами [5, 29, 34] как следствие формирования эмоционального стресса, вызванного тревожным состоянием накануне соревнований. Вероятно, чем выше уровень предстартовой тревожности, тем значительнее снижение этих показателей. Однако данное утверждение требует дополнительных доказательств. Установлено, что значения TP, AMHF и HF могут изменяться на протяжении одного UTC, в т. ч. в связи с утомлением спортсмена [25] и, вероятно, скоростью процессов восстановления после очередной тренировки. Поэтому оценка динамики показателей ВСР является перспективным методом контроля эффективности тренировочного и восстановительных процессов.

По мнению ряда авторов, на TP, AMHF и HF% влияет не вид спортивной специализации, не уровень тренированности и наличие эмоционального стресса, а тип регуляции сердечной деятельности [11, 14, 16, 22, 25], в т. ч. врожденная степень влияния СО и ПО АНС на деятельность сердца. Но это положение требует более убедительных доказательств. Не исключено, что выбор вида спорта определяется первыми успехами юного спортсмена, что, возможно, обусловлено врожденными особенностями регуляции сердечной деятельности, в которой участвуют не только ПО и СО АНС, но и ряд БАВ, в т. ч. эндогенные антиоксиданты (например, аскорбиновая кислота), свободные аминокислоты (гистидин, триптофан, тирозин, дофамин, серотонин), простагландины типа ПГФ_{2α}, ПГЕ₂, оксид азота, ненейрональный ацетилхолин, мелатонин и другие вещества, которые, как показано в литературе [37], способствуют жизнеспособности кардиомиоцитов в условиях больших по объему и интенсивности тренировок на выносливость и сохранению высокой эффективности активации адренорецепторов и М-холинорецепторов миокарда.

В связи с дискуссией о типах регуляции сердечной деятельности и ее влиянии на показатели ВСР у спортсменов, мы выдвигаем гипотезу о формировании у лыжников-гонщиков и представителей других видов спорта, требующих большой выносливости, так называемой антиапоптической системы, компонентом которой являются как минимум перечисленные выше БАВ. Мы не исключаем, что тип регуляции сердечной деятельности зависит от компонентов антиапоптической системы миокарда, состав которой во многом может быть индивидуален, в т. ч. с учетом возможных генетических

мутаций. Вероятно, природные (врожденные) качества антиапоптической системы миокарда у людей различаются и во многом определяют успешность спортивной карьеры и мотивацию к занятиям теми видами спорта, где требуется высокая выносливость. В то же время мы полагаем, что общие закономерности зависимости TP, AMHF и HF% от вида спортивной специализации, уровня спортивного мастерства, периодов тренировочного макроцикла, объема и интенсивности тренировочного занятия будут характерны для спортсмена независимо от типа регуляции сердечной деятельности.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов: Катаев Д.А. – регистрация КИГ в полевых условиях, анализ ее параметров, написание статьи, анализ литературы; Циркин В.И. – руководство научной работой, анализ литературы, работа над статьей; Кишкина В.В. – проведение суточного мониторинга ЭКГ 60 подростков; Трухин А.Н., Трухина С.И. – научное редактирование, оформление статьи и необходимой документации.

Authors' contributions: D.A. Kataev recorded cardiointervalograms in the field and analysed their parameters, as well as wrote the manuscript and analysed literature; V.I. Tsirkin supervised the research, analysed literature and worked on the manuscript; V.V. Kishkina conducted daily ECG monitoring of 60 adolescents; A.N. Trukhin and S.I. Trukhina performed scientific editing and formatting of the manuscript, as well as prepared the necessary documentation.

Список литературы

1. Гаврилова Е.А. Спорт, стресс, варибельность: моногр. М.: Sport, 2015. 167 с.
2. Catai A.M., Pastre C.M., Godoy M.F., da Silva E., de Medeiros Takahashi A.C., Vanderlei L.C.M. Heart Rate Variability: Are You Using It Properly? Standardisation Check List of Procedures // Braz. J. Phys. Ther. 2020. Vol. 24, № 2. P. 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.02.006>
3. Perek S., Raz-Pasteur A. Heart Rate Variability: The Age-Old Tool Still Remains Current // Harefuah. 2021. Vol. 160, № 8. P. 533–536.
4. Катаев Д.А., Циркин В.И., Кишкина В.В., Трухина С.И., Трухин А.Н. Природа общей мощности спектра и очень низкочастотных волн кардиоинтервалограммы с позиций адаптации организма человека к двигательной активности (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 1. С. 95–107. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z134>
5. Катаев Д.А., Циркин В.И., Завалин Н.С., Морозова М.А., Трухин А.Н., Трухина С.И. Динамика TP, HF-, LF- и VLF-волн кардиоинтервалограммы (в условиях клиностаза) элитного лыжника-гонщика в подготовительном, соревновательном и переходном периодах в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок // Физиология человека. 2023. Т. 49, № 5. С. 87–100.
6. Михайлов В.М. Варибельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново: Нейрософт, 2017. 516 с.
7. Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. Review // Front. Public Health. 2017. Vol. 5. Art. № 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>

8. Белова Е.Л., Румянцева Н.В. Адаптация к условиям ортостатической пробы у юных спортсменов в зависимости от особенностей тренировочного процесса // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 3(37). С. 21–24.
9. Кудря О.Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на вариабельность ритма сердца у спортсменов // Бюл. сиб. медицины. 2009. Т. 8, № 1. Р. 36–42.
10. Иванова Н.В. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности в соревновательном периоде подготовки // Вестн. спортив. науки. 2011. № 1. С. 64–68.
11. Русанов В.Б. Типологические особенности вегетативной регуляции ритма сердца подростков в условиях различной двигательной активности // Вестн. Челябин. гос. пед. ун-та. 2011. № 6. С. 313–324.
12. Кудря О.Н. Оценка функционального состояния и физической подготовленности спортсменов по показателям вариабельности сердечного ритма // Вестн. Новосибир. гос. пед. ун-та. 2014. № 1(17). С. 185–195.
13. Шангареева Г.Н. Показатели вариабельности сердечного ритма у юных хоккеистов олимпийского резерва // Мед. вестн. Башкортостана. 2014. Т. 9, № 1. С. 49–52.
14. Ефремова Р.И., Стицин А.П., Воронина Г.А. Реактивность регуляторных систем юных лыжников в зависимости от типа вегетативной регуляции // Вят. мед. вестн. 2015. № 4(48). С. 15–18.
15. Крылова И.Ф., Балтабаев Ф.Е., Новиченко А.О., Куликов В.Ю., Пиковская Н.Б. Анализ параметров кардиоинтервалограммы у спортсменов, занимающихся бразильским джиу-джитцу в процессе тренировки // Медицина и образование в Сибири. 2015. № 3. Ст. № 86.
16. Шлык Н.И. Экспресс-оценка функциональной готовности организма спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) // Наука и спорт: современ. тенденции. 2015. Т. 9, № 4(9). С. 5–15.
17. Викулов А.Д., Бочаров М.В., Каунина Д.В., Бойков В.Л. Регуляция сердечной деятельности у спортсменов высокой квалификации // Вестн. спортив. науки. 2017. № 2. С. 31–36.
18. Власенко Р.Я., Балашова А.Д., Лесько А.Ю. Изучение кардиоритма профессиональных спортсменов с учетом их личностных особенностей при выполнении стандартного нагрузочного теста PWC₁₇₀ // Вестн. Новгород. гос. ун-та. 2021. № 1(122). С. 104–107. [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.1\(122\).104-107](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.1(122).104-107)
19. Кальсина В.В., Кудря О.Н., Реуцкая Е.А. Оценка функционального состояния биатлонисток высокой квалификации по показателям вариабельности ритма сердца // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2021. № 8(198). С. 111–118. <https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2021.8.p111-118>
20. Литовченко О.Г., Максимова А.С., Чирков А.А. Особенности вариабельности сердечного ритма у молодых спортсменов-волейболистов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Современ. вопр. биомедицины. 2021. Т. 5, № 4(17). Ст. № 18. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_04_18
21. Мищенко И.А., Волынская Е.В., Коробова С.А. Мониторинг функционального состояния тхэквондистов по показателям вариабельности сердечного ритма в предсоревновательном микроцикле // Человек. Спорт. Медицина. 2021. Т. 21, № 2. С. 42–50.
22. Шлык Н.И. Нормативы вариационного размаха кардиоинтервалов в покое и ортостазе при разных типах регуляции у лыжников-гонщиков в тренировочном процессе // Наука и спорт: современ. тенденции. 2021. Т. 9, № 4. С. 35–50. <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-4-35-50>
23. Корепанов А.Л., Бобрик Ю.В., Титаренко А.А., Пономарев В.А. Динамика показателей вариабельности сердечного ритма в процессе тренинга внимания у спортсменов-стрелков высокой квалификации // Теория и практика физ. культуры. 2022. № 4. С. 54–56.
24. Рудь Е.А., Кудря О.Н. Показатели вариабельности сердечного ритма лыжников-гонщиков в условиях учебно-тренировочных сборов при использовании транскраниальной электростимуляции // Современ. вопр. биомедицины. 2022. Т. 6, № 1(18). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_25
25. Литвин Ф.Б., Аносов И.П., Асямолов П.О., Васильева Г.В., Мартынов С.В., Жигало В.Я. Сердечный ритм и система микроциркуляции у лыжников в предсоревновательном периоде спортивной подготовки // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер.: Биология. Наука о земле. 2012. № 1. С. 67–74.
26. Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Терехов П.А., Осипова Н.В. Особенности анаэробной работоспособности биатлонистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 4. С. 368–377. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-2020>
27. Kaltsatou A., Kouidi E., Fotiou D., Deligiannis P. The Use of Pupillometry in the Assessment of Cardiac Autonomic Function in Elite Different Type Trained Athletes // Eur. J. Appl. Physiol. 2011. Vol. 111, № 9. P. 2079–2087. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1836-0>

28. Брынцева Е.В., Гаврилова Е.А., Загородный Г.М., Чурганов О.А., Белодедова М.Д. Прогноз успешности пловцов-юниоров на основе оценки вариабельности сердечного ритма // Приклад. спортив. наука. 2020. № 2(12). С. 61–69.

29. Катаев Д.А., Циркин В.И., Завалин Н.С., Морозова М.А., Трухин А.Н., Трухина С.И. Динамика ТР- и HF-волн кардиоинтервалограммы лыжника-гонщика в подготовительном, соревновательном и переходном периодах в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок // Вестн. спортив. науки. 2023. № 1. С. 46–54.

30. Миссина С.С., Адодин Н.В., Крючков А.С., Мякинченко Е.Б. Модели периодизации нагрузок силовой направленности в мезоциклах подготовки лыжников-гонщиков высокого класса // Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. 2022. Т. 17, № 3. С. 23–30.

31. Daniłowicz-Szymanowicz L., Figura-Chmielewska M., Raczak A., Szwoch M., Ratkowski W. The Assessment of Influence of Long-Term Exercise Training on Autonomic Nervous System Activity in Young Athletes Preparing for Competitions // Pol. Merkur. Lekarski. 2011. Vol. 30, № 175. P. 19–25.

32. Cervantes Blásquez J.C., Rodas Font G., Capdevila Ortís L. Heart-Rate Variability and Precompetitive Anxiety in Swimmers // Psicothema. 2009. Vol. 21, № 4. P. 531–536.

33. D'Ascenzi F., Alvino F., Natali B.M., Cameli M., Palmitesta P., Boschetti G., Bonifazi M., Mondillo S. Precompetitive Assessment of Heart Rate Variability in Elite Female Athletes During Play Offs // Clin. Physiol. Funct. Imaging. 2014. Vol. 34, № 3. P. 230–236. <https://doi.org/10.1111/cpf.12088>

34. Palazzolo J. Anxiety and Performance // Encephale. 2020. Vol. 46, № 2. P. 158–161. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2019.07.008>

35. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Абуталимова С.М., Тер-Акопов Г.Н. Вегетативная регуляция сердечного ритма высококвалифицированных лыжников-гонщиков в условиях тренировки в среднегорье // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры. 2021. Т. 98, № 3-2. С. 98. <https://doi.org/10.17116/kurort20219803221>

36. Hedelin R., Wiklund U., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Pre- and Post-Season Heart Rate Variability in Adolescent Cross-Country Skiers // Scand. J. Med. Sci. Sports. 2020. Vol. 10, № 5. P. 298–303. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010005298.x>

37. Циркин В.И., Трухин А.Н., Трухина С.И. Холин- и моноаминергические транзиттерные системы в норме и патологии: моногр. Киров: Вят. гос. ун-т, 2020. 296 с.

References

- Gavrilova E.A. *Sport, stress, variabel'nost'* [Sport, Stress, Variability]. Moscow, 2015. 167 p.
- Catai A.M., Pastre C.M., de Godoy M.F., da Silva E., de Medeiros Takahashi A.C., Vanderlei L.C.M. Heart Rate Variability: Are You Using It Properly? Standardisation Check List of Procedures. *Braz. J. Phys. Ther.*, 2020, vol. 24, no. 2, pp. 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.02.006>
- Perek S., Raz-Pasteur A. Heart Rate Variability: The Age-Old Tool Still Remains Current. *Harefuah*, 2021, vol. 160, no. 8, pp. 533–536.
- Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V., Trukhina S.I., Trukhin A.N. The Nature of Total Power and Very Low Frequency Waves on the Interval Electrocardiogram from the Standpoint of the Human Body's Adaptation to Motor Activity (Review). *J. Med. Biol. Res.*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 95–107. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z134>
- Kataev D.A., Tsirkin V.I., Zavalin N.S., Morozova M.A., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamics of TP, HF-, LF-, and VLF-Waves of the Cardiointervalogram (in Clinostasis Conditions) of an Elite Ski Racer in the Preparatory, Competition, and Transition Periods Depending on the Volume and Intensity of Training Loads. *Hum. Physiol.*, 2023, vol. 49, no. 5, pp. 87–100. <https://doi.org/10.1134/S0362119723700408>
- Mikhaylov V.M. *Variabel'nost' ritma serdtsa (novyy vzglyad na staruyu paradigmu)* [Heart Rate Variability (a New Look at the Old Paradigm)]. Ivanovo, 2017. 516 p.
- Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. Review. *Front. Public Health*, 2017, vol. 5. Art. no. 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Belova E.L., Rummyantseva N.V. Adaptatsiya k usloviyam ortostaticheskoy proby u yunyh sportmenov v zavisimosti ot osobennostey trenirovochnogo protsessa [Adaptation to Conditions of Orthostatic Tests of Young Sportsmen Depending on Features of Training Process]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2008, no. 3, pp. 21–24.
- Kudrya O.N. Vliyanie fizicheskikh nagruzok raznoy napravlenosti na variabel'nost' ritma serdtsa u sportmenov [The Influence of the Different Direction Physical Tensions for Heart Rate Variability of the Sportsmen]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2009, vol. 8, no. 1, pp. 36–42.

10. Ivanova N.V. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya kardiorespiratornoy sistemy sportsmenov s razlichnoy spetsifikoy myshechnoy deyatelnosti v sorevnovatel'nom periode podgotovki [Evaluation of Cardiorespiratory Functional State in Athletes with Different Regimens of Muscular Activity During Competition Stage of Training]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2011, no. 1, pp. 64–68.
11. Rusanov V.B. Tipologicheskie osobennosti vegetativnoy regulyatsii ritma serdtsa podrostkov v usloviyakh razlichnoy dvigatel'noy aktivnosti [Typological Characteristics of Teenagers' Heart Rhythm Vegetative Regulation During Different Physical Activity]. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2011, no. 6, pp. 313–324.
12. Kudrya O.N. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya i fizicheskoy podgotovlennosti sportsmenov po pokazatelyam variabel'nosti serdechnogo ritma [Evaluation of Functional State and Physical Preparedness of Athletes on Indicators of the Heart Rate Variability]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2014, no. 1, pp. 185–195.
13. Shangareeva G.N. Pokazateli variabel'nosti serdechnogo ritma u yunyh khokkeistov olimpiyskogo rezerva [Heart Rate Variability Indices of Young Hockey Players of Olympic Reserve]. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 49–52.
14. Efremova R.I., Spitsin A.P., Voronina G.A. Reaktivnost' regulyatornykh sistem yunyh lyzhnikov v zavisimosti ot tipa vegetativnoy regulyatsii [Reactivity of Young Skiers' Regulatory System in Different Types of Vegetative Regulation]. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik*, 2015, no. 4, pp. 15–18.
15. Krylova I.F., Baltabaev F.E., Novichenko A.O., Kulikov V.Yu., Pikovskaya N.B. Analiz parametrov kardiointervalogrammy u sportsmenov, zanimayushchikhsya brazil'skim dzhiu-dzhitsu v protsesse trenirovki [Analysis of Cardiointervalography Parameters at Brazilian Jujutsu Sportsmen During Training]. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri*, 2015, no. 3. Art. no. 86.
16. Shlyk N.I. Ekspress-otsenka funktsional'noy gotovnosti organizma sportsmenov k trenirovochnoy i sorevnovatel'noy deyatelnosti (po dannym analiza variabel'nosti serdechnogo ritma) [Express-Evaluation of the Functional Readiness of the Organism of Athletes for Training and Competitive Activity (According to the Analysis of Heart Rate Variability)]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*, 2015, vol. 9, no. 4, pp. 5–15.
17. Vikulov A.D., Bocharov M.V., Kaunina D.V., Boykov V.L. Regulyatsiya serdechnoy deyatelnosti u sportsmenov vysokoy kvalifikatsii [Regulation of Cardiac Activity in Highly Qualified Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2017, no. 2, pp. 31–36.
18. Vlasenko R.Ya., Balashova A.D., Les'ko A.Yu. The Study of the Heart Rate Among Professional Athletes, Taking into Account Their Personal Characteristics When Performing the PWC170 Standard Exercise Test. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2021, no. 1, pp. 104–107 (in Russ.). [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.1\(122\).104-107](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2021.1(122).104-107)
19. Kal'sina V.V., Kudrya O.N., Reutskaya E.A. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya biatlonistok vysokoy kvalifikatsii po pokazatelyam variabel'nosti ritma serdtsa [Assessment of the Functional State of Highly Qualified Biathletes by Indicators of Heart Rate Variability]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2021, no. 8, pp. 111–118. <https://doi.org/10.34835/issn.2308-1961.2021.8.p111-118>
20. Litovchenko O.G., Maksimova A.S., Chirkov A.A. Osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u molodykh sportsmenov-voleybolistov Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry [Features of Heart Rate Variability in Young Volleyball Players of Khanty-Mansijsk Autonomous Okrug – Yugra]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*, 2021, vol. 5, no. 4. Art. no. 18. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2021_05_04_18
21. Mishchenko I.A., Volynskaya E.V., Korobova S.A. Functional State Monitoring in Taekwondo Athletes by Means of Heart Rate Variability in the Pre-Competition Period. *Hum. Sport Med.*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 42–50 (in Russ.).
22. Shlyk N.I. Standards of the Variational Range of Cardiac Intervals at Rest and During an Orthostatic Challenge with Different Types of Regulation in Ski Racers in the Training Process. *Sci. Sport Curr. Trends*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 35–50 (in Russ.). <https://doi.org/10.36028/2308-8826-2021-9-4-35-50>
23. Korepanov A.L., Bobrik Yu.V., Titarenko A.A., Ponomarev V.A. Dinamika pokazateley variabel'nosti serdechnogo ritma v protsesse treninga vnimaniya u sportsmenov-strelkov vysokoy kvalifikatsii [Dynamics of Heart Rate Variability Indicators in the Process of Attention Training in Athletes-Highly Qualified Shooters]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2022, no. 4, pp. 54–56.

24. Rul' E.A., Kudrya O.N. Indicators of Heart Rate Variability of Ski Racers in the Conditions of Training Camps Using Transcranial Electrical Stimulation. *Mod. Iss. Biomed.*, 2022, vol. 6, no. 1 (in Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_25

25. Litvin F.B., Anosov I.P., Asyamolov P.O., Vasil'eva G.V., Martynov S.V., Zhigalo V.Ya. Serdechnyy ritm i sistema mikrotsirkulyatsii u lyzhnikov v pedsorevnovatel'nom periode sportivnoy podgotovki [Heart Rhythm and Microcirculation System in Skiers During the Precompetition Period of Sports Training]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser.: Biologiya. Nauki o zemle*, 2012, no. 1, pp. 67–74.

26. Litvin F.B., Bruk T.M., Terekhov P.A., Osipova N.V. Anaerobic Capacity in Biathletes Depending on the Type of Autonomic Heart Rate Regulation. *J. Med. Biol. Res.*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 368–377. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z029>

27. Kaltsatou A., Kouidi E., Fotiou D., Deligiannis P. The Use of Pupillometry in the Assessment of Cardiac Autonomic Function in Elite Different Type Trained Athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2011, vol. 111, no. 9, pp. 2079–2087. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1836-0>

28. Bryntseva E.V., Gavrilova E.A., Zagorodnyy G.M., Churganov O.A., Belodedova M.D. Prognoz uspesnosti plovtsov-yuniorov na osnove otsenki variabel'nosti serdechnogo ritma [Prognosis of the Success of Junior Swimmers Based on an Assessment of Heart Rate Variability]. *Prikladnaya sportivnaya nauka*, 2020, no. 2, pp. 61–69.

29. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Zavalin N.S., Morozova M.A., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dinamika TP- i HF-voln kardiointervalogrammy lyzhnika-gonshchika v podgotovitel'nom, sorevnovatel'nom i perekhodnom periodakh v zavisimosti ot ob'ema i intensivnosti trenirovochnykh nagruzok [Dynamics of TP- and HF-Waves of a Ski Racer's Cardiac Intervalogram in the Preparatory, Competitive and Transitional Periods, Depending on the Volume and Intensity of Training Loads]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2023, no. 1, pp. 46–54.

30. Missina S.S., Adodin N.V., Kryuchkov A.S., Myakinchenko E.B. The Models of Strength-Oriented Loads Periodization in Mesocycles of Training High-Class Racing Skiers. *Russ. J. Phys. Educ. Sport*, 2022, vol. 17, no. 3, pp. 23–30 (in Russ.).

31. Daniłowicz-Szymanowicz L., Figura-Chmielewska M., Raczak A., Szwoch M., Ratkowski W. The Assessment of Influence of Long-Term Exercise Training on Autonomic Nervous System Activity in Young Athletes Preparing for Competitions. *Pol. Merkur. Lekarski*, 2011, vol. 30, no. 175, pp. 19–25.

32. Cervantes Blásquez J.C., Rodas Font G., Capdevila Ortís L. Heart-Rate Variability and Precompetitive Anxiety in Swimmers. *Psicothema*, 2009, vol. 21, no. 4, pp. 531–536.

33. D'Ascenzi F., Alvino F., Natali B.M., Cameli M., Palmitesta P., Boschetti G., Bonifazi M., Mondillo S. Precompetitive Assessment of Heart Rate Variability in Elite Female Athletes During Play Offs. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*, 2014, vol. 34, no. 3, pp. 230–236. <https://doi.org/10.1111/cpf.12088>

34. Palazzolo J. Anxiety and Performance. *Encephale*, 2020, vol. 46, no. 2, pp. 158–161. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2019.07.008>

35. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Abutalimova S.M., Ter-Akopov G.N. Vegetativnaya regulyatsiya serdechnogo ritma vysokokvalifitsirovannykh lyzhnikov-gonshchikov v usloviyakh trenirovki v srednegor'e [Autonomic Regulation of Heart Rate in Elite Cross-Country Skiers During Training in Middle Altitudes]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kul'tury*, 2021, vol. 98, no. 3-2, p. 98. <https://doi.org/10.17116/kurort20219803221>

36. Hedelin R., Wiklund U., Bjerle P., Henriksson-Larsén K. Pre- and Post-Season Heart Rate Variability in Adolescent Cross-Country Skiers. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2020, vol. 10, no. 5, pp. 298–303. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2000.010005298.x>

37. Tsirkin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. *Kholin- i monoaminergicheskie transmitternye sistemy v norme i patologii* [Cholinergic and Monoaminergic Transmitter Systems in Health and Disease]. Kirov, 2020. 296 p.

*Поступила в редакцию 05.05.2023 / Одобрена после рецензирования 06.12.2023 / Принята к публикации 25.01.2024.
Submitted 5 May 2023 / Approved after reviewing 6 December 2023 / Accepted for publication 25 January 2024.*