

**ДИНАМИКА TP- и HF-ВОЛН
КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАММЫ ЛЫЖНИКА-ГОНЩИКА
В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ, СОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ
И ПЕРЕХОДНОМ ПЕРИОДАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМА
И ИНТЕНСИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК**

Д.А. КАТАЕВ,
ФЛГиБ, г. Казань,
Республика Татарстан, Россия;
В.И. ЦИРКИН,
КГМУ, г. Казань,
Республика Татарстан, Россия;
Н.С. ЗАВАЛИН,
КГМУ, г. Киров, Россия;
М.А. МОРОЗОВА, А.Н. ТРУХИН,
С.И. ТРУХИНА,
ВятГУ, г. Киров, Россия

Аннотация

У 27-летнего мастера спорта России по лыжным гонкам (спортсмена К.Д.) на протяжении двух неполных лыжных сезонов (2018/2019 и 2019/2020 гг.) почти ежедневно проводили 5-минутную регистрацию кардиоинтервалограммы (КИГ) в положении «лёжа», оценивая динамику медиан таких трех показателей КИГ, как общая мощность спектра (TP), абсолютная мощность (AMHF) и относительная мощность (в % к TP, т.е. HF%) высокочастотных (HF-) волн, сопоставляя их с объемом ($V_{км}$, $V_{мин}$) и интенсивностью ($N_{ЧСС}$) тренировочных нагрузок. Установлено, что медиана TP возрастает в подготовительном, сохраняется на этом уровне в соревновательном и снижается в переходном периоде; медиана AMHF возрастает в подготовительном, сохраняется высокой (или незначительно снижается) в соревновательном и снижается в переходном периоде. Медиана HF% в подготовительном периоде находится на низком уровне, дополнительно снижается в соревновательном и достоверно возрастает в переходном периоде. Для медиан TP, AMHF и HF% каждого периода (особенно подготовительного) характерны периодические изменения (рост и снижение) от месяца к месяцу. Расчеты коэффициента корреляции Спирмена выявили, что медиана TP возрастает с повышением объема тренировочных нагрузок, выраженных в км бега ($V_{км}$), и с повышением их интенсивности ($N_{ЧСС}$), судя по величине «рабочего пульса». Подтвердить эту закономерность в отношении медиан AMHF и HF% статистически значимо не удалось. Результаты подтверждают, что тренировки на выносливость повышают активность парасимпатического отдела (ПО) автономной нервной системы (АНС), но в соревновательном периоде вследствие формирования тревожности (эмоционального стресса) дополнительно возрастает активность симпатического отдела (СО), индикатором чего является снижение медианы мощности HF%.

Ключевые слова: лыжник-гонщик, автономная нервная система, вариабельность сердечного ритма, TP-волны, HF-волны, периоды годичного тренировочного цикла, предстартовое эмоциональное состояние.

**DYNAMICS OF TP- and HF-WAVES
OF A SKI RACER'S CARDIOINTERVALOGRAM
IN THE PREPARATORY, COMPETITIVE AND TRANSITIONAL PERIODS,
DEPENDING ON THE VOLUME AND INTENSITY OF TRAINING LOADS**

D.A. KATAEV,
FSR&B, Kazan city, Republic of Tatarstan, Russia;
V.I. TSIRKIN,
KSMU, Kazan city, Republic of Tatarstan, Russia;
N.S. ZAVALIN,
KSMU, Kirov city, Russia;
M.A. MOROZOVA, A.N. TRUKHIN, S.I. TRUKHINA,
VyatSU, Kirov city, Russia



Abstract

The 27-year-old master of Sports of Russia in cross-country skiing (athlete K.D) for two incomplete ski seasons (2018/2019 and 2019/2020) almost daily conducted a 5-minute registration of a cardiointervalogram (CIG) in the prone position, assessing the dynamics of the medians of the three indicators of CIG, as the total power of the spectrum (TP), absolute power (HF) and relative power (in% to TR, i.e. HF%) of high-frequency (HF-) waves, comparing them with the volume (V_{km} , V_{min}) and intensity (N_{HR}) of training loads. It was found that the median TP increases in the preparatory period, remains at this level in the competitive period and decreases in the transition period; the median HF increases in the preparatory period, remains high (or slightly decreases) in the competitive period and decreases in the transition period. The median HF% in the preparatory period is at a low level, further decreases in the competitive period and significantly increases in the transition period. The medians TP, HF and HF% of each period (especially the preparatory period) are characterized by periodic changes (growth and decline) from month to month. Calculations of the Spearman correlation coefficient revealed that the median TP increases with an increase in the volume of training loads expressed in km of running (V_{km}) and with an increase in their intensity (NHSS), judging by the value of the "working pulse". It was not possible to statistically significantly confirm this pattern with respect to the medians of HF and HF%. The results confirm that endurance training increases the activity of the parasympathetic department (PO) of the autonomic nervous system (ANS), but in the competitive period, due to the formation of anxiety (emotional stress), the activity of the sympathetic department (SO) additionally increases, an indicator of which is a decrease in the median power HF%.

Keywords: ski racer, autonomous nervous system, heart rate variability, TP-waves, HF-waves, periods of a one-year training cycle, pre-start emotional state.

Введение

Объем и мощность тренировочной нагрузки лыжников-гонщиков влияют на адаптационные процессы со стороны автономной нервной системы (АНС) спортсменов [1]. В связи с этим представляет интерес анализ variability сердечного ритма (ВСР), который позволяет дать оценку состояния АНС [2]. Но сведений о зависимости параметров ВСР, в том числе общей мощности спектра (TP), абсолютной и относительной мощности HF-волн от объема и мощности тренировочной нагрузки лыжников-гонщиков, нам найти не удалось.

Как известно, кардиоинтервалография (КИГ) дает возможность оценить ВСР, что косвенно отражает состояние АНС. Существует более 30 показателей ВСР [3]. Среди них: 1) общая мощность спектра TP (Total Power), отражающая мощность колебаний ритма в диапазоне частот 0,003–0,5 Гц и суммарное влияние симпатического (СО) и парасимпатического (ПО) отделов АНС на сердечный ритм; 2) мощность быстрых (HF-) волн отражает мощность колебаний с частотой 0,15–0,40 Гц и позволяет оценить характер влияния ПО на работу сердца; 3) мощность медленных (LF-) волн отражает мощность колебаний с частотой 0,04–0,15 Гц и указывает на характер влияния СО на работу сердца; 4) мощность очень медленных (VLF-) волн отражает мощность колебаний с частотой 0,003–0,04 Гц и указывает, вероятно, на комплексное влияние СО и ПО АНС и ряда биологически активных веществ (БАВ) на деятельность сердца. При этом относительная мощность HF-, LF- и VLF-волн, выраженная в процентах к TP, т.е. HF%, LF%, и VLF%, возможно, отражает удельный вклад ПО, СО и БАВ в регуляцию деятельности сердца. В данной работе мы излагаем сведения о динамике трех показателей ВСР, а именно: общей мощности спектра (TP), абсолютной (AMHF) и относительной (в % к TP, т.е. HF%) мощности HF-волн.

Сведения о динамике относительной мощности VLF-волн, т.е. VLF%, представлены в наших статьях [3].

Предваряя изложение результатов исследования, отметим, что зарубежные авторы оценивают объем нагрузки по продолжительности тренировки, например, часы/день [4–6], а отечественные [7, 8] – по протяженности циклической нагрузки – км/день. Интенсивность (мощность) нагрузок оценивается по частоте сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин), т.е. по величине «рабочего пульса» [6]. При этом принято считать [9], что значения рабочего пульса отражают 5 зон интенсивности, из которых первые три зоны (50–80% от ЧСС_{макс}) расцениваются как зоны низкой интенсивности, а зоны 4 и 5 (выше 80% от ЧСС_{макс}) – как зоны высокой интенсивности. Отметим также, что годовой объем тренировочных нагрузок у элитных лыжников-гонщиков варьирует от 700 до 937 ч [4, 5] или от 9150 до 9493 км и более [7, 8].

Цель исследования: выявление зависимости значения (медианы) трех показателей ВСР: общей мощности спектра (TP), абсолютной мощности HF-волн (AMHF) и относительной мощности HF-волн (в % к TP, т.е. HF%) от объема и интенсивности тренировочной нагрузки в течение подготовительного, соревновательного и переходного периодов лыжного сезона.

Материалы и методы исследования

Регистрация кардиоинтервалограммы (КИГ) проводилась в подготовительный, соревновательный и переходный периоды (с марта 2019 г. по июнь 2020 г.) при учете объема и интенсивности тренировочных нагрузок. Самоисследование проведено первым автором данной статьи (далее – спортсмен К.Д.), бывшим аспирантом ВятГУ, мастером спорта России, членом сборной команды Татарстана по лыжным гонкам. Результаты тестирования физической работоспособности и функционального



состояния спортсмена К.Д., оцененные в физкультурном диспансере г. Казани (табл. 1), свидетельствуют о высоком уровне физической работоспособности, характерном для элитных спортсменов.

Таблица 1

**Оценка уровня физической работоспособности
и функционального состояния ведущих систем энергообеспечения
спортсмена К.Д. при выполнении предельной мышечной работы
ступенчато возрастающего характера «до отказа»
(на лыжном тренажере SkiErg Concept 2 и тредбане)**

Анализируемый показатель	Июнь 2019 г.		Октябрь 2019 г.	
	Методика исследования			
	SkiErg Concept 2	Тредбан	SkiErg Concept 2	Тредбан
МПК (мл/кг/мин)	64,5	65,8	69,3	74
АэП (уд./мин)	113	154	111	142
АнП (уд./мин)	171	170	164	170
ЧСС _{макс.} (уд./мин)	185	188	185	192
<i>N</i> (Ватт) или <i>V</i> (км/ч)	290 Ватт	12 км/ч	310 Ватт	13,5 км/ч
<i>L</i> _{макс.} (мм)	8,52	9	10,7	9,48

Таблица 2

**Календарь и место проведения
учебно-тренировочных сборов и соревнований спортсмена К.Д.
в лыжных сезонах 2018/2019 и 2019/2020 гг.**

Сезон 2018/2019 г.		Сезон 2019/2020 г.		
Соревновательный период (03–04.2019)	Переходный период (05.2019)	Подготовительный период (06–11.2019)	Соревновательный период (12.2019–03.2020)	Переходный период (04–06.2020)
<ol style="list-style-type: none"> УТС, п/п «Хмелевские озера» (Краснодарский край)* ЧР (Архангельская обл.) ЧР (Мурманская обл.) 	<ol style="list-style-type: none"> Тренировки в домашних условиях (Кировская обл.) 	<ol style="list-style-type: none"> УТС, п. Раубичи (Беларусь) УТС, г. Ижевск (Удмуртия) УТС, с/б «Бельмекен» (Болгария)* УТС и ЛЧР, г. Тюмень (Тюменская обл.) ЛЧ РТ, г. Заинск (Татарстан) Тренировки в домашних условиях (г. Киров) УТС, г. Санкт-Петербург (Ленинградская обл.) УТС, п/п «Ергаки» (Красноярский край)* УТС, п. Вершина Теи (Хакасия)* 	<ol style="list-style-type: none"> 1-й этап КР (Хакасия)* 2-й этап КР (Пермский край) УТС, п. Перекоп (Кировская обл.) 3-й этап КР (Татарстан) УТС, г. Новосибирск (Новосибирская обл.) ПФО, п. Перекоп (Кировская обл.) КК Восточной Европы, г. Сыктывкар (Республика Коми) УТС, г. Новосибирск (Новосибирская обл.) ФКР (Архангельская обл.) УТС, п/п «Хмелевские озера» (Краснодарский край)* 	<ol style="list-style-type: none"> Тренировки в домашних условиях (Кировская обл.)

* Горные климатические условия (высота от 900 до 2000 м над уровнем моря).

Обозначения:

УТС – учебно-тренировочный сбор; ЧР – чемпионат России; ЛЧР – летний чемпионат России; ЛЧ РТ – летний чемпионат Республики Татарстан; КР – Кубок России; ПФО – Приволжский федеральный округ; КК – Континентальный Кубок; ФКР – Финал Кубка России; п/п – природный парк; с/б – спортивная база.

5-минутную регистрацию КИГ спортсмен К.Д. проводил у себя в положении «лёжа». Она осуществлялась почти ежедневно после ночного сна (до завтрака) в комфортных условиях. Для этого использовалась система «ВНС-Микро» («Нейрософт», Иваново); анализ

КИГ проводился с помощью программы «Поли-спектр» («Нейрософт»). В данной работе оценивали три показателя из 22, в том числе *TP*, *AMHF* и *HF%*, т.е. – общую мощность спектра (*TP*, мс²), абсолютную мощность *HF*-волн (мс²) и относительную мощность этих волн, вы-



Таблица 3

Значения медиан, 25 и 75 центилей показателей КИГ: TP , HF и $HF\%$, а также объема и интенсивности тренировочных нагрузок по месяцам у спортсмена К.Д.

Месяц, Год	TP – общая мощность спектра или TP -волн ($мс^2$)	HF – высокочастотная мощность спектра или HF -волн ($мс^2$)	$HF\%$ – относительная мощность HF -волн (в % от TP)	$V_{км}$ – объем нагрузки (км/день)	$V_{мин}$ – объем нагрузки (мин/день)	$N_{чсс}$ – интенсивность нагрузки или «рабочий пульс» (уд./мин)
Соревновательный период						
03.19	8080 (6767/8979)	3540 (2830/4124)	45,0 (35/53)	21,5 (14/25)	93 (65/109)	124 (119/131)
04.19	9300 (6930/10 865)	3475 (3383/3931)	43,3 (38/49)	14,8 (9/23)	61 (45/90)	112 (106/123)
Переходный период						
05.19	6879 (5665/10 286)	3065 (1953/4218)	35,4 (31/47)	15,5 (9/24)	101 (72/146)	124 (112/130)
Подготовительный период						
06.19	9764 (6958/10 789)	3959 (3161/4962)	41,0 (33/46)	22,5 (18/38)	122 (104/158)	125 (115/130)
07.19	9378 (6518/11 178)	3748 (3285/4464)	42,8 (37/48)	25,2 (12/44)	124 (103/166)	122 (111/125)
08.19	11099 (9227/12 697)	4930 (4334/5121)	44,9 (39/49)	20,6 (13/31)	129 (90/154)	117 (112/131)
09.19	9646 (6601/10 155)	3106 (2677/4171)	41,4 (26/47)	21,7 (12/28)	100 (83/133)	115 (110/124)
10.19	6450 (4665/8875)	3559 (2793/4487)	53,4 (46/59)	15,7 (9/23)	91 (71/120)	122 (109/131)
11.19	9322 (7188/11 342)	3335 (2487/4340)	42,5 (34/47)	18,7 (13/23)	84 (63/106)	125 (117/133)
Соревновательный период						
12.19	8282 (7559/12 023)	3764 (2629/4061)	34,1 (28/44)	21,5 (14/26)	88 (64/121)	118 (114/128)
01.20	7942 (6956/8561)	2939 (2054/3512)	39,7 (27/46)	18,6 (11/23)	72 (50/101)	124 (113/136)
02.20	8027 (7171/9341,5)	3523 (2952/4400)	41,1 (38/48)	15,8 (12/22)	79 (53/93)	123 (114/159)
03.20	8823 (7466/10 145)	3840 (3558/3884)	40,0 (38/43)	20,2 (15/22)	94 (82/107)	115 (105/123)
Переходный период						
04.20	5754 (5273/6118)	2478 (2225/2708)	46,2 (40/48)	13,5 (11/30)	92 (81/117)	113 (104/123)
05.20	8378 (6113/8838)	3705 (2514/3887)	45,2 (44/51)	18,7 (15/60)	119 (87/151)	119 (112/125)
06.20	7559 (6568/8617)	3702 (3130/3970)	49,3 (42/53)	20,4 (16/42)	111 (93/142)	120 (118/125)
В целом за подготовительный, соревновательный и переходной периоды						
Подг. 1	9473 (6685/11 037)	3793 (2860/4579)	44,7 (35/52)	21 (13/31)	106 (80/145)	121 (112/130)
Соревн. 2	9473 (6685/11 037)	3519 (2805/4071)	41,7 (34/48)	21 (13/31)	106 (80/145)	121 (112/130)
Перех. 3	6961 (5349/8416)	3371 (2387/3896)	47,3 (41/52)	18 (12/37)	105 (85/142)	120 (112/126)
Статистически значимые различия между периодами по критерию Манна-Уитни						
$P < 0,05$	1–3; 2–3	1–3	2–3	1–3	–	–

раженную в процентах к мощности TP , т.е. $HF\%$. Оценка этих показателей формировалась путем суммирования результатов отдельных исследований, проведенных в каждом месяце соответствующего периода, что позволяло оценить статистически значимые различия между значениями параметров, зафиксированных в одном месяце (периоде), от зафиксированных в другом месяце (периоде). Всего выполнено 217 саморегистраций КИГ, в т.ч. 84 – в подготовительном, 74 – в соревновательном и 59 – в переходном периоде. Одновременно оценивался объем и интенсивность тренировочных нагрузок спортсмена К.Д. Оценка объема тренировочных нагрузок ($V_{км}$, $V_{мин}$) проводилась путем суммирования времени, затрачивае-

мого на выполнение всех тренировок и утренней зарядки прошедшего дня, выраженной в мин/день ($V_{мин}$), а также в километрах бега на лыжах/лыжероллерах или кроссового бега ($V_{км}$). Оценка интенсивности (мощности) ($N_{чсс}$) тренировочных нагрузок проводилась по значениям средней ЧСС_{раб.} регистрируемой на каждой тренировке с помощью пульсометра POLAR 430, оснащенного GPS-датчиком фирмы POLAR (Финляндия). Значения TP , мощности HF -волн, $HF\%$, $V_{мин}$, $V_{км}$ и $N_{чсс}$ рассчитывали для каждого месяца годового цикла и в целом для каждого из трех его периодов, выражая их в виде медианы, 25 и 75 центилей [10]. При оценке различий использовали критерий Манна-Уитни, считая их



статистически значимыми при $p < 0,05$ [10]. Для расчетов, в том числе коэффициента корреляции Спирмена, использовали программу BioStat 2009 Professional, 5.9.8. (фирма AnalystSoft).

Учебно-тренировочные сборы (УТС) проводились в разных регионах, в том числе в равнинных и горных условиях (табл. 2).

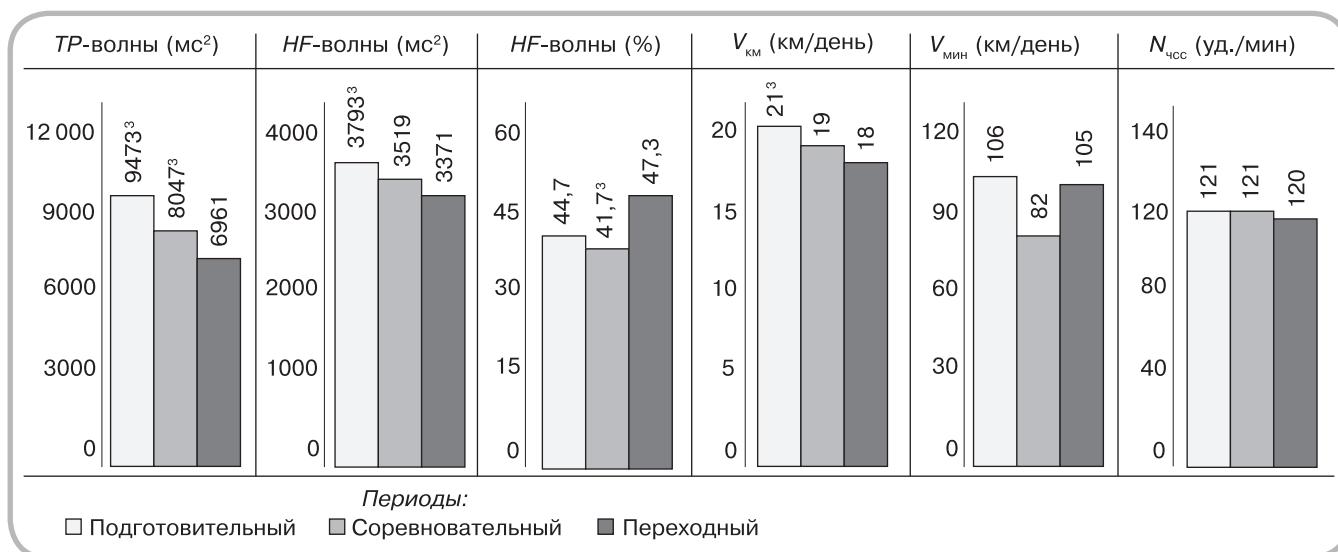


Рис. 1. Динамика значений показателей спортсмена К.Д. в разных периодах:

TP-волны (мс²) – медиана общей мощности; абсолютные значения HF-волн (мс²); относительная мощность HF-волн (HF%); объем тренировочных нагрузок – V_{км}; длительность тренировки – V_{мин}; интенсивность тренировки – N_{чсс}, выраженной величиной «рабочего» пульса (уд./мин)

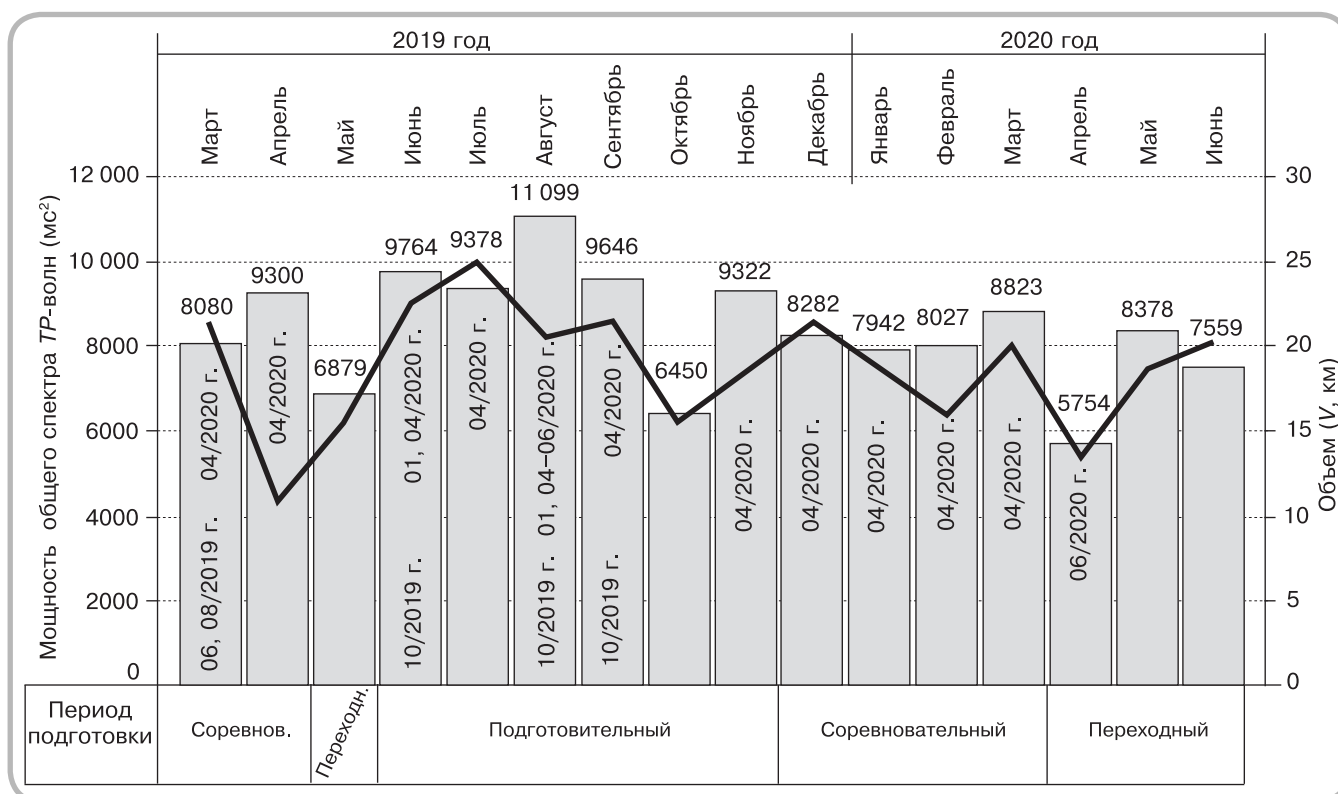


Рис. 2. Динамика значений мощности общего спектра TP-волн (столбцы) и значений объема тренировочной нагрузки (линейный график) элитного лыжника К.Д.

Примечание.

Числа внутри столбцов отражают месяцы, от которых данный месяц статистически значимо (по критерию Манна-Уитни, при $p < 0,05$) отличается по значениям TP.



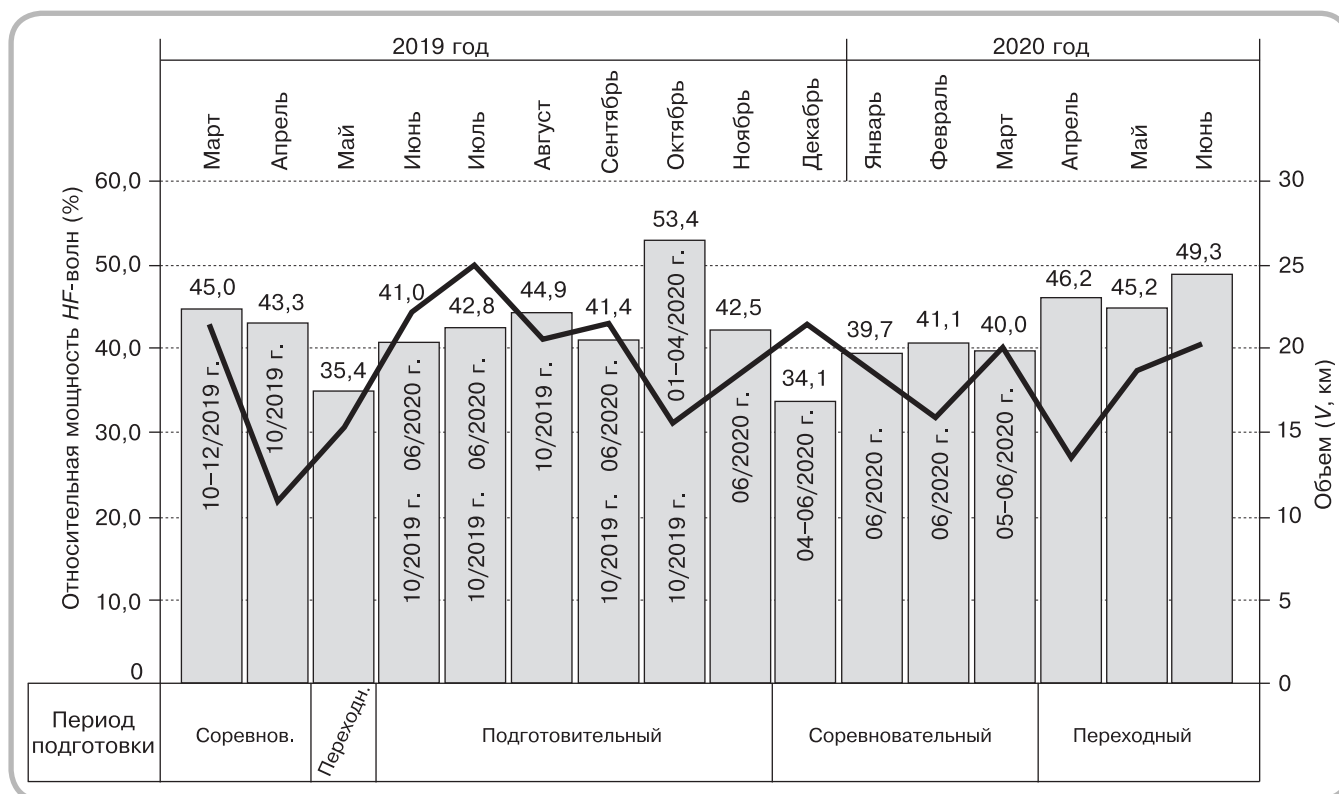


Рис. 3. Динамика значений относительной мощности HF-волн (столбцы) и значений объема тренировочной нагрузки (линейный график) элитного лыжника К.Д.

Примечание.

Числа внутри столбцов отражают месяцы, от которых данный месяц статистически значимо (по критерию Манна-Уитни, при $p < 0,05$) отличается по значениям HF%.

Результаты исследования

Основные результаты исследования суммированы в табл. 3 и на рис. 1–3.

Установлено (табл. 3, рис. 1), что объем тренировочных нагрузок, выраженный в км дистанции ($V_{км}$), в подготовительном периоде был статистически значимо выше ($p < 0,05$), чем в соревновательном (медианы – 21 км/день против 19), и выше, чем в переходном периоде (18 км/день, но $p > 0,05$). Однако объем нагрузки, выраженный в виде $V_{мин}$, был примерно одинаков (различия между периодами были статистически незначимы), хотя имел волнообразную динамику (в подготовительном, соревновательном и переходном периодах медиана составила соответственно 106, 82 и 105 мин/день).

Годовой (с июня 2019 по май 2020 г.) объем нагрузки у спортсмена К.Д. составил 622 часа. Таким образом, объем его тренировочной нагрузки во все периоды исследования оказался относительно невысоким в сравнении с объемом нагрузки известных лыжников-гонщиков [4–8], что связано с началом локдауна из-за пандемии коронавирусной инфекции (с марта 2020 по июнь 2020). Интенсивность ($N_{чсс}$) тренировочной нагрузки во все периоды была относительно постоянной – медиана $ЧСС_{раб.}$ во все три периода составила соответственно 121, 121 и 120 уд./мин. С учетом выделения 5 зон ин-

тенсивности нагрузок [9], 41,4% тренировок относились к зоне 1 (97–116 уд./мин); 37,0% – к зоне 2 (117–135 уд./мин); 15,1% – к зоне 3 (136–154 уд./мин); 4,8% – к зоне 4 (155–174 уд./мин) и 1,7% – к зоне 5 (175 уд./мин).

Установлено (табл. 3, рис. 1), что у лыжника-гонщика К.Д. в подготовительном периоде медиана TP составила 9473 $мс^2$, соревновательном – 8047 $мс^2$ (различия между ними были статистически незначимы, $p > 0,05$), а в переходном – 6961 $мс^2$, что статистически значимо ниже, чем в подготовительном периоде ($p < 0,05$). В подготовительном и переходном периодах значения TP менялись от месяца к месяцу, но в соревновательном периоде они были относительно стабильны (рис. 2).

В каждом из трех периодов отсутствовала статистически значимая зависимость значений TP от объема и интенсивности тренировочных нагрузок. Однако по всему годовому циклу обнаружена статистически значимая ($p < 0,05$) зависимость TP от объема тренировочной нагрузки и ее интенсивности – коэффициент Спирмена составил соответственно +0,18 и +0,17. Это говорит о том, что с повышением $V_{км}$ и $N_{чсс}$ растут значения TP .

Выявленная динамика TP говорит о том, что активность ПО АНС на протяжении спортивного сезона у элит-



ных лыжников достаточно высокая, но при этом она претерпевает определенные изменения – возрастает в подготовительный, сохраняется на этом уровне в соревновательном и снижается в переходном периоде, т.е. на фоне уменьшения объема тренировочных нагрузок.

Установлено (табл. 3, рис. 1), что медиана *AMHF*, т.е. абсолютная мощность *HF*-волн, в подготовительном периоде составила 3793 мс^2 , соревновательном – 3519 мс^2 , а в переходном – 3371 мс^2 . При этом различия между подготовительным и переходным периодами были статистически значимы ($p < 0,05$). Выявить зависимость *AMHF* от объема и мощности нагрузки, в том числе в целом по всему годовому сезону, не удалось (коэффициент Спирмена составил соответственно: $+0,12$; $+0,12$ и $+0,097$). Итак, абсолютная мощность *HF*-волн возрастает в подготовительном периоде, сохраняется повышенной в соревновательном, но снижается в переходном периоде, когда уменьшается объем и мощность тренировочных нагрузок. С учетом природы *HF*-волн [3] можно утверждать, что динамика медианы *AMHF* косвенно указывает на повышение влияния ПО АНС на деятельность сердца под влиянием тренировок на выносливость.

Установлено (табл. 3, рис. 1 и 3), что медиана относительной мощности *HF*-волн (*HF%*) в подготовительном периоде составила $44,7\%$, соревновательном – $41,7\%$ (различия между ними были статистически значимы, $p < 0,05$), а в переходном возрастает до $47,3\%$ ($p < 0,05$). Это означает, что в процессе подготовительного и особенно соревновательного периодов медиана *HF%* снижается, а в переходный период возрастает. Выявить статистически значимую зависимость медианы *HF%* от объема и мощности тренировочных нагрузок, в том числе по годовому циклу, не удалось (коэффициент корреляции Спирмена составил соответственно: $0,12$; $-0,03$ и $0,09$).

Обсуждение результатов исследования

Ранее нами было показано, что медианы *TP* и относительной мощности *VLF*-волн (*VLF%*) зависят от объема тренировочной нагрузки, проводимой с определенной интенсивностью – чем больше объем нагрузки, тем выше *TP* и *VLF%*. С учетом представления о существовании в миокарде и скелетных мышцах синтеза ненейронального ацетилхолина (*АХ*) [11], мы предположили, что с повышением объема тренировочных нагрузок повышается активность ПО АНС, и одновременно миокард приобретает способность синтезировать ненейрональный *АХ*, что повышает способность миокарда противостоять накоплению свободных радикалов и препятствовать его повреждению, которое может возникнуть при интенсивной активации β_1 -адренорецепторов в процессе физических нагрузок. Очевидно, что активация синтеза *АХ* в кардиомиоцитах происходит при выполнении нагрузок достаточно большого объема. Повышение активности ПО АНС и формирование синтеза ненейронального *АХ*, по нашему мнению, приводит к формированию спортивной ваготонии, которая, как известно, характерна для спортсменов, тренирующихся на выносливость [12].

Что же показано в данной статье, в частности, в отношении *TP*, *AMHF* и *HF%*? Мы подтвердили наше предыдущее наблюдение о том, что медиана *TP* у спортсменов, тренирующихся на выносливость, возрастает, и этот рост тем больше, чем больше объем тренировочных нагрузок при определенном уровне их интенсивности.

Считается, что *HF*-волны отражают преимущественно активность ПО АНС [3, 13]. Нам не удалось показать, что медианы абсолютной и относительной мощности *HF*-волн (соответственно, *AMHF* и *HF%*) зависят от объема тренировочных нагрузок. Вместе с тем известно, что с повышением мастерства лыжника-гонщика повышаются средние значения медианы *AMHF* [14], что показано и в этой статье. Известно также, что у спортсменов, тренирующихся на выносливость, значения *TP* и *AMHF* выше, чем у спортсменов игровых видов спорта и единоборств [14]. Из данных литературы следует, что у элитных лыжников-гонщиков годовой объем тренировочных нагрузок варьирует от 700 до 937 ч [4, 5] или от 9150 до 9493 км [7, 8]. Очевидно, что при тренировках на выносливость с повышением объема тренировочных нагрузок активность ПО действительно повышается. Но, вероятно, оба показателя (*AMHF* и *HF%*) не отражают влияние ненейронального *АХ* на деятельность сердца, в то время как относительная мощность *VLF*-волн отражает формирование ненейронального *АХ*. Таким образом мы предполагаем, что при сопоставлении динамики значений *TP*, *AMHF* и *VLF%* в процессе тренировки можно получить ответ на вопрос – происходит ли формирование ненейронального синтеза *АХ* у конкретного спортсмена на протяжении нового годичного цикла или нет. Если в процессе подготовительного периода происходит рост медиан *TP* и *AMHF*, но не повышается медиана *VLF%*, то это означает, что активность ПО АНС действительно растет, но еще не происходит активация синтеза ненейронального *АХ*. Если же одновременно с ростом медиан *TP* и *AMHF* повышается медиана *VLF%*, то это говорит о том, что у спортсмена происходит активация синтеза ненейронального *АХ* в миокарде. Конечно, это предположение требует строгих доказательств, что, скорее всего, можно получить лишь в опытах на животных.

Нами показано, что в соревновательном периоде происходит снижение медианы относительной мощности *HF*-волн, а в переходном – ее восстановление. Мы объясняем это тем, что в соревновательном периоде при регистрации КИГ в положении «лежа» наблюдается повышенная активность СО АНС, которая, вероятно, отражает наличие у спортсмена эмоционального стресса, связанного с формированием чувства тревоги. В переходном периоде (по окончании соревновательного) происходит восстановление медианы *HF%* и даже ее рост. Подобное снижение значений медианы *HF%* в соревновательный период отметили и другие авторы [2, 15]. Это означает, что снижение медианы *HF%* в соревновательный период является своеобразным индикатором психического состояния лыжника-гонщика в соревновательном периоде – чем меньше это снижение, тем устойчивее спортсмен к формированию таких эмоций.



Выводы

1. Медиана мощности общего спектра (TP) у лыжника-гонщика возрастает в подготовительном периоде, этот рост тем больше, чем выше объем и интенсивность тренировочных нагрузок. В соревновательном периоде она сохраняется на этом уровне, в переходном – снижается.

2. Медиана абсолютной мощности ($AMHF$) быстрых HF -волн у лыжника-гонщика повторяет динамику TP – возрастает в подготовительном периоде, сохраняется высокой в соревновательном и снижается в переходном. Однако выявить зависимость медианы $AMHF$ от объема и интенсивности тренировочных нагрузок не удалось.

3. Медиана относительной мощности ($HF\%$) быстрых HF -волн, выраженной в % к TP , в определенной степени постоянна на протяжении всего годового сезона: в подготовительном периоде она составила 44,7%, в соревновательном – снижается до 41,7% и в переходном возрастает до 47,3%. При этом выявить зависимость медианы $HF\%$ от объема и интенсивности тренировочных нагрузок не удалось. Снижение медианы $HF\%$ в соревновательном и ее последующий рост в переходном периоде косвенно указывает на наличие у спортсмена эмоционального стресса, вызванного тревожным состоянием накануне соревнований.

Литература

1. MacInnis, M.J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity / M.J. MacInnis, M.J. Gibala // J. Physiol. – 2017. – Vol. 595. – No. 9. – P. 2915.

2. Гаврилова, Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография / Е.А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.

3. Циркин, В.И. Нейрофизиология: физиология сенсорных систем: учебник для вузов / В.И. Циркин, С.И. Трухина, А.Н. Трухин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2021. – С. 335–336.

4. Sandbakk, Ø. Physiological capabilities of elite sandtraining regimens of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance / Ø. Sandbakk, H.C. Holmberg // Int. J. Sports. Physiol. Perform. – 2017. – Vol. 12. – No. 8. – P. 1003.

5. Solli, G.S. The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier / G.S. Solli, E. Tønnesen, Ø. Sandbakk // Front. Physiol. – 2017. – Vol. 8. – P. 1069.

6. Schmitt, L. Eleven years' monitoring of the world's most successful male biathlete of the last decade / L. Schmitt, S. Bouthiaux, G.P. Millet // Int. J. Sports. Physiol. Perform. – 2020. – Vol. 16. – No. 6. – P. 900.

7. Баталов, А.Г. Подходы к моделированию индивидуальных целевых систем соревнований лыжниц-гонщиц в периоды подготовки к олимпийским зимним играм и чемпионатам мира / А.Г. Баталов, М.Е. Бурдина // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы подготовки лыжников-гонщиков высокой квалификации» 17–20 мая 2011 г. Смоленск, СГАФКСТ, 2001. – С. 21.

8. Грушин, А.А. Спортивная подготовка высококвалифицированных лыжниц-гонщиц на стадии максимальной реализации спортивных достижений: учеб. пособ. для самост. работы студентов / А.А. Грушин. – М.: Физическая культура, 2014. – 106 с.

9. Stöggl, T.L. Pacing, exercise intensity, and technique by performance in long-distance cross-country skiing / T.L. Stöggl, M. Hertlein, R. Brunauer et al. // Front. Physiol. – 2020. – Vol. 11. – Art. 17.

10. Стентон, Г. Медико-биологическая статистика / Г. Стентон. – Пер. с англ. – М.: Практика, 1998. – 459 с.

11. Kakinuma, Y. Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions / Y. Kakinuma // Int. J. Mol. Sci. 2021. – Vol. 22. – No. 2. – P. 545.

12. Pla, R. Training Organization, physiological profile and heart rate variability changes in an open-water world champion / R. Pla, A. Aubry, N. Resseguier et al. // Int. J. Sports. Med. – 2019. – Vol. 40. – No. 8. – P. 519.

13. Shaffer, F. An overview of heart rate variability metrics and norms. Review / F. Shaffer, J.P. Ginsberg // Front. Public. Health. – 2017. – Vol. 28. – No. 5. – P. 258.

14. Викулов, А.Д. Регуляция сердечной деятельности у спортсменов высокой квалификации / А.Д. Викулов, М.В. Бочаров, Д.В. Каунина, В.Л. Бойков // Вестник спортивной науки. – 2017. – № 2. – С. 31–36.

15. Cervantes Blásquez, J.C. Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers / J.C. Cervantes Blásquez, G. Rodas Font, L. Capdevila Ortis // Psicothema. – 2009. – Vol. 21. – No. 4. – Pp. 531–536.



References

1. MacInnis, M.J. and Gibala, M.J. (2017), Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity, *J. Physiol.*, vol. 595, no. 9, p. 2915.
2. Gavrilova, E.A. (2015), *Sport, stress, variability: monograph*, Moscow: Sport, 168 p.
3. Tsyarkin, V.I., Trukhina, S.I., Trukhin, A.N. (2021), *Neurophysiology: physiology of sensory systems: textbook for universities*, Moscow: Yurayt, pp. 335–336.
4. Sandbakk, Ø. and Holmberg, H.C. (2017), Physiological capabilities and training regimen of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance, *Int. J. Sports. Physiol. Perform.*, vol. 12, no. 8, p. 1003.
5. Solli, G.S., Tønnessen, E. and Sandbakk, Ø. (2017), The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier, *Front. Physiol.*, vol. 8, p. 1069.
6. Schmitt, L., Bouthiaux, S. and Millet, G.P. (2020), Eleven years' monitoring of the world's most successful male biathlete of the last decade, *Int. J. Sports. Physiol. Perform.*, vol. 16, no. 6, p. 900.
7. Batalov, A.G. and Burdina, M.E. (2011), Approaches to modeling individual target systems of competitions of female skiers in preparation for the Olympic Winter Games and World Championships, *Materials of the All-Russian scientific and practical conference "Topical issues of training highly qualified skiers" May 17–20, Smolensk, SGAFKST*, p. 21.
8. Grushin, A.A. (2014), *Sports training of highly qualified female skiers at the stage of maximum realization of sports achievements; textbook for independent work of students*, M.: Physical culture, 106 p.
9. Stöggl, T.L., Hertlein, M., Brunauer, R. et al. (2020), Pacing, exercise intensity, and technique by performance level in long-distance cross-country skiing, *Front. Physiol.*, vol. 11, art. 17.
10. Stanton, G. (1998), *Biomedical statistics. Trans. from English*, M.: Praktika, 459 p.
11. Kakinuma, Y. (2021), Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions, *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 22, no. 2, p. 545.
12. Pla, R., Aubry, A., Resseguier, N. et al. (2019), Training Organization, physiological profile and heart rate variability changes in an open-water world champion, *Int. J. Sports. Med.*, vol. 40, no. 8, p. 519.
13. Shaffer, F. and Ginsberg, J.P. (2017), An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. Review, *Front. Public. Health*, vol. 28, no. 5, p. 258.
14. Vikulov, A.D., Bocharov, M.V., Kaunina, D.V. and Boykov, V.L. (2017), Regulation of cardiac activity in highly qualified athletes, *Bulletin of Sports Science*, no. 2, pp. 31–36.
15. Cervantes Blásquez, J.C., Rodas Font, G., Capdevila Ortis, L. (2009), Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, vol. 21, no. 4, pp. 531–536.

