

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ
ORIGINAL ARTICLE<https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.3.PHYS.3>
УДК 796.925:612.172.2**ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ В УСЛОВИЯХ АКТИВНОГО ОРТОСТАЗА У ЭЛИТНЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ, КАК ОТРАЖЕНИЕ СПОРТИВНОЙ ВАГОТОНИИ**Д.А. Катаев^{1, 2}, В.И. Циркин³, А.Н. Трухин¹, С.И. Трухина⁴¹Вятский государственный университет, ул. Московская, д. 36, г. Киров, 610000, Россия²Спортивная школа олимпийского резерва «Перекоп», ул. Свердлова, д. 1а, г. Киров, 610011, Россия³Казанский государственный медицинский университет, ул. Бултерова, 49, г. Казань, 420012, Россия⁴Кировский государственный медицинский университет, ул. К. Маркса, д. 112, г. Киров, 610998, Россия

Резюме. С целью косвенного доказательства природы спортивной ваготонии проведён анализ 15 показателей variability сердечного ритма (BCP), зарегистрированных с помощью системы «ВНС-Микро» («Нейрософт», Иваново) путем 5-минутной кардиоинтервалографии (КИГ) в условиях активного ортостаза (орто-КИГ) у 8 элитных лыжников-гонщиков (МС, МСМК) команды Республики Татарстан на протяжении подготовительного и соревновательного периодов, а также у члена этой команды, спортсмена К.Д. (МС, первого автора статьи), у которого регистрацию орто-КИГ проводили и в переходном периоде. Установлено, что для элитных лыжников во всех трех периодах (особенно, в подготовительном и соревновательном) характерны высокие значения медиан таких показателей орто-BCP как TP, AMVLF, pNN50%, RRNN, RMSSD, SDNN, MxDn, и низкие значения медиан ЧСС и SI, которые, судя по данным литературы, существенно отличаются от показателей орто-КИГ неспортсменов, начинающих лыжников и представителей других видов спорта, не связанных с развитием выносливости. Сделан вывод о том, что спортивная ваготония выявляется не только при регистрации клино-BCP, но и при регистрации орто-BCP; она обусловлена высоким уровнем активности парасимпатического отдела автономной нервной системы и, вероятно, наличием синтеза ненейронального ацетилхолина кардиомиоцитами.

Ключевые слова: variability сердечного ритма [G09.330.553.500]; активный ортостаз [E01.370.600.875.500]; лыжники-гонщики [G11.427.792.530.698]; спортивная ваготония [G11.427.792.530]; автономная нервная система [A08.800.050]; парасимпатический отдел [A08.800.050.800]; ненейрональный ацетилхолин [D02.092.063.624.020]; кардиоинтервалография [E01.370.405.245]; элитные спортсмены [M01.526.485.810.071]; периоды годового цикла [G11.427.792.530.344]; стресс-индекс [G09.330.553.500.280]; кардиомиоциты [A07.541.459.300].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Вятского государственного университета (Киров) от 11.01.2022 г., протокол № 2.

Для цитирования: Катаев Д.А., Циркин В.И., Трухин А.Н., Трухина С.И. Величины показателей variability сердечного ритма, зарегистрированные в условиях активного ортостаза у элитных лыжников-гонщиков, как отражение спортивной ваготонии. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2025;15(3):48-60. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.3.PHYS.3>

VALUES OF HEART RATE VARIABILITY INDICES RECORDED UNDER CONDITIONS OF ACTIVE ORTHOSTASIS FOR ELITE SKI RACERS, AS A REFLECTION OF SPORTS VAGOTONIADenis A. Kataev^{1, 2}, Viktor I. Tsirkin³, Andrey N. Trukhin¹, Svetlana I. Trukhina⁴¹Vyatka State University, 36, Moskovskaya st., Kirov, 610000, Russia²Sports School of the Olympic Reserve "Perekop", 1a, Sverdlova st., Kirov, 610011, Russia³Kazan State Medical University, 49, Butlerova st., Kazan, 420012, Russia⁴Kirov State Medical University, 112, K. Marx St., Kirov, 610998, Russia

Abstract. In order to indirectly prove the nature of sports vagotonia, an analysis of 15 indicators of heart rate variability (HRV) was performed, recorded using the VNS-Micro system (Neurosoft, Ivanovo) by 5-minute cardiointervalography (CIG) under conditions of active orthostasis (ortho-CIG, ortho-HRV) at the 8 elite cross-country skiers (MS, MSMC) of the team of the Republic of Tatarstan during the preparatory and competitive periods, as well as a member of this team, athlete K.D. (MS, the first author of the article), whose ortho-CIG registration was carried out during the transition period. It was found that elite skiers in all three periods (especially in the preparatory and competitive periods) are characterized by high median values of such ortho-HRV indices as TP, AMVLF, pNN50%, RRNN, RMSSD, SDNN, MxDn, and low median values of HR and SI, which, judging by the literature data, are significantly they differ from the ortho-CIG of non-athletes, novice skiers, and representatives of other sports not related to endurance development. It is concluded that sports vagotonia is detected not only during the registration of clino-HRV, but also during the registration of ortho-HRV; it is due to the high level of activity of the parasympathetic division of the autonomic nervous system and, probably, the presence of synthesis of non-neuronal acetylcholine by cardiomyocytes.

Keywords: heart rate variability / Heart Rate [G09.330.553.500]; active orthostasis / Tilt-Table Test [E01.370.600.875.500]; ski racers / cross-country skiers / Skiing [G11.427.792.530.698]; sports vagotonia / athletic vagotonia / Athletic Performance [G11.427.792.530]; autonomic nervous system [A08.800.050]; parasympathetic division / Parasympathetic Nervous System [A08.800.050.800]; non-neuronal acetylcholine / Acetylcholine [D02.092.063.624.020]; cardiointervalography / electrocardiography [E01.370.405.245]; elite athletes / Athletes [M01.526.485.810.071]; periods of annual cycle / training periodization / Physical Conditioning, Human [G11.427.792.530.344]; stress index / Heart Rate, Fetal [G09.330.553.500.280]; cardiomyocytes / Myocytes, Cardiac [A07.541.459.300].

Competing interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

Ethics Approval. All studies were conducted in accordance with the principles of biomedical ethics formulated in the 1964 Declaration of Helsinki and its subsequent updates, and approved by the local bioethical committee of Vyatka State University (Kirov) dated January 11, 2022, protocol No. 2.

Cite as: Kataev D.A., Tsirkin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Values of heart rate variability indices recorded under conditions of active orthostasis for elite ski racers, as a reflection of sports vagotonia. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2025;15(3):48-60. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2025.3.PHYS.3>



Введение

Известно, что для элитных спортсменов, развивающих выносливость, характерна спортивная ваготония, что подтверждается большим числом исследований variability сердечного ритма (BCP), регистрируемой в условиях клиностаза (клино-BCP) [1-4], в том числе у элитных лыжников-гонщиков команды Республики Татарстан (КРТ), и у лыжника-гонщика К.Д. как члена этой команды [2, 3]. Особенно для элитных лыжников характерны высокие значения таких показателей клино-BCP как TP, AMHF, AMVLF, AMLF, HF%, VLF%, LF%, RRNN, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN, MxDMn и низкие значения частоты сердечных сокращений (ЧСС) и стресс-индекс (SI). Всё это указывает на высокую активность парасимпатического отдела (ПО) автономной нервной системы (АНС) в условиях клиностаза. При этом показано, что во все периоды годового цикла, в том числе и в переходном периоде, судя по данным литературы, касающихся показателей клино-BCP, активность ПО АНС у элитных лыжников-гонщиков намного выше, чем у начинающих лыжников или у элитных спортсменов других видов спорта, не требующих аэробной выносливости, особенно у представителей силовых видов спорта [2, 3, 5]. Это, с учётом данных ряда авторов [6-8] о способности кардиомиоцитов синтезировать ненеурональный ацетилхолин (НН-АХ), позволило нам высказать гипотезу [1], согласно которой спортивная ваготония обусловлена не только высокой активностью ПО АНС, но и наличием синтеза НН-АХ кардиомиоцитами. Ранее было показано, что многие органы и ткани, в том числе сердце грызунов [6] и человека [9], способны при определённых условиях синтезировать НН-АХ. В настоящее время прямых доказательств гипотезы о роли НН-АХ в формировании спортивной ваготонии в литературе нет.

Целью данной статьи является поиск показателей variability сердечного ритма, которые в условиях активного ортостаза (орто-BCP) могут рассматриваться как отражение спортивной ваготонии, характерной для элитных лыжников-гонщиков, в том числе обусловленной синтезом ненеуронального ацетилхолина. Для реализации этой цели в работе было поставлено две задачи:

1. Оценить величины 15 показателей орто-BCP элитных лыжников-гонщиков на протяжении всех трёх периодов годового цикла, т.е. подготовительного, соревновательного и переходного.

2. Сравнить их с данными литературы, касающимися величин аналогичных показателей орто-BCP неспортсменов, начинающих лыжников или представителей тех видов спорта, которые не связаны с развитием выносливости.

Следует отметить, что в литературе сведений о величинах показателей BCP, зарегистрированных у

спортсменов в условиях ортостаза, относительно немного [4, 10-19], тем более с учётом периодов годового цикла [15]. Вместе с тем, ряд авторов указывает на важность исследования орто-BCP у лыжников [20], у хоккеистов [21], у представителей игровых видов спорта, в частности футболистов [22], у спортсменов, тренирующихся на выносливость [23], и у представителей других видов спорта [12, 24]. Особенно важны эти сведения в том случае, если при этом оценивается характер изменения величин показателей BCP при активном переходе из положения лежа в положение стоя [12, 24, 25]. Полагают [26], что ортостатическое тестирование даёт ценную информацию о роли СО (симпатического отдела) в регуляции сердечно-сосудистой системы, а также о тренировочном статусе спортсменов, в связи с чем необходимы более детальные исследования показателей орто-BCP.

Объект и методы

Кардиоинтервалографию в положении активного ортостаза (орто-КИГ) проводили в подготовительный и соревновательный периоды (с марта 2019 г. по июнь 2020 г., т.е. два неполных лыжных сезона) у 8 членов мужской сборной команды Республики Татарстан (КРТ) по лыжным гонкам, из которых 5 – это МС и 2 – МСМК, их возраст варьировал от 23 до 31 года. При этом у одного из них, а именно у 27-летнего лыжника-гонщика К.Д. (первого автора статьи, МС), регистрацию орто-КИГ проводили во всех трёх периодах, включая и переходный период. Потребность в исследовании К.Д. диктовалась возможностью исследовать BCP на протяжении всех трёх периодов годового цикла, включая переходный период, который спортсмены обычно проводят в домашних условиях, а также возможностью точной фиксации объёма и интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок у К.Д.

Отметим, что в подготовительном и в соревновательном периодах проводилось по две тренировки в день, а в переходном периоде – по одной тренировке в день. Учебно-тренировочные сборы (УТС) и соревнования проводились в разных регионах России и за её пределами, в том числе в равнинных и горных климатических условиях, о чём детально описано ранее [2, 5].

Регистрацию КИГ у всех исследуемых проводил спортсмен К.Д. как очный аспирант (по специальности «Физиология») кафедры биологии ВятГУ. Вначале у каждого исследуемого в течение 5 минут регистрировали КИГ в положении лёжа на спине (клино-КИГ), а затем, т.е. после активного перехода исследуемого в вертикальное положение, регистрировали орто-КИГ. Перед исследованием все испытуемые предварительно были проинструктированы о том, что если в положении стоя возникнет дискомфорт

(например, головокружение), то следует немедленно перейти в положение сидя. При анализе показателей орто-КИГ исключали из записи КИГ первые 10 секунд после перехода из положения лёжа в положение стоя, т.е. наиболее выраженную фазу барорефлекса, или рефлекса Превеля. Отметим, что методика исследования в отношении клино-КИГ и основные её результаты описаны в наших работах [1-3, 5].

Регистрацию клино-КИГ и орто-КИГ проводили утром (до завтрака) в комфортных условиях, используя систему «ВНС-Микро» («Нейрософт», Иваново), а при анализе параметров ВСР использовали программу «Поли-спектр» («Нейрософт»). Были проанализированы общепринятые 8 спектральных и 7 временных параметров ВСР. Среди спектральных показателей ВСР - это общая мощность спектра (TP, мс²), или total power; абсолютная мощность (AM, мс²) быстрых (HF-) волн, медленных (LF-) волн и очень медленных (VLF-) волн (далее - соответственно AM-HF, AMLF и AMVLF); отношение «AMLF/AMHF» (усл. ед.); относительная мощность HF-, LF- и VLF-волн, т.е. мощность волн, выраженная в процентах к TP (далее - HF%, LF% и VLF%). Среди временных показателей в данной работе оценивали длительность нормальных интервалов R-R (RRNN, мс), аналогом чего является ЧСС (уд./мин); отношение последовательных интервалов NN, различие между которыми превышает 50 мс, в процентах к общему числу нормальных (NN) интервалов R-R (pNN50%); квадратный корень из среднего квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN (RMSSD, мс); стандартное отклонение всех интервалов NN (SDNN, мс); вариационный размах (MxDMn, мс), т.е. разность между максимальным и минимальным интервалом R-R, а также стресс-индекс (SI, усл. ед.), или индекс напряжения, который рассчитывали по формуле: $ИН = AMo / Mo \times 2MxDMn$, где AMo - амплитуда моды, т.е. наиболее часто встречающееся значение интервала R-R ЭКГ, выраженное в % от всех интервалов R-R; Mo - абсолютное значение моды (с), а MxDMn - вариационный размах, т.е. разница между максимальным и минимальным значениями интервалов R-R (с).

У спортсмена К.Д. всего выполнено 217 саморегистратий клино- и орто-КИГ, из которых в подготовительный период - 84, в соревновательный - 74 и в переходный - 59. У остальных 7 членов сборной КРТ было сделано 106 регистраций клино- и орто-КИГ (в подготовительном периоде - 62 и в соревновательном - 44). Оценка показателей орто-ВСР формировалась путём суммирования результатов отдельных исследований для каждого месяца соответствующего периода, что позволяло оценить статистически значимые различия между месяцами и периодами.

Величины показателей орто-ВСР выражали в виде медианы, 25 и 75 центилей [27]. При оценке различий использовали критерий Манна - Уитни, считая их статистически значимыми при $p < 0,05$.

Оценка объёма и мощности тренировочных нагрузок у спортсмена К.Д. проводилась с помощью пульсометра POLAR 430, оснащенного GPS-датчиком (POLAR, Финляндия), что фиксировалось в печатном дневнике тренировок и в личном кабинете POLAR FLOW. С учётом рекомендацией специалистов [28, 29, 30], оценку объёма тренировочных и соревновательных нагрузок проводили по продолжительности аэробных и анаэробных нагрузок (соответственно при частоте сердечных сокращений в пределах 1-3 зон и 4-5 зон рабочего пульса). Согласно расчётам, спортсмен К.Д. на протяжении годового цикла 41,4% времени тренировок выполнял в зоне 1, т.е. при рабочем пульсе, равном 97-116 уд./мин; 37,0% - в зоне 2 (117-135 уд./мин); 15,1% - в зоне 3 (136-154 уд./мин); 4,8% - в зоне 4 (155-174 уд./мин) и 1,7% - в зоне 5 (175 и выше уд./мин). В этой статье объём тренировочных и соревновательных нагрузок мы выражали как общую продолжительность нагрузки, выполняемой во всем диапазоне рабочего пульса (ОПН1-5).

Поиск работ, в которых содержались сведения о величинах показателей орто-ВСР спортсменов и неспортсменов, необходимые для сравнения с показателями орто-ВСР команды РТ, осуществлялся через систему «Pubmed» и систему «eLibrary (РИНЦ)».

Результаты

1. Величины 15 показателей орто-ВСР элитных лыжников-гонщиков на протяжении всех трёх периодов (подготовительного, соревновательного и переходного) годового цикла

В таблице 1 представлены данные в отношении общей продолжительности тренировочных и соревновательных нагрузок (ОПН1-5) у К.Д. ежемесячно и по периодам и соответствующие им значения орто-TP, которые отражают влияние на сердечный ритм СО и ПО АНС, а также биологически активных веществ. В таблице 2 представлены данные по всем 15 показателям орто-КИГ, зарегистрированным у К.Д. (во всех трёх периодах) и у 8 членов КРТ (подготовительный и соревновательный периоды).

Установлено (табл. 1), что медиана общей продолжительности нагрузки (ОПН1-5) у спортсмена К.Д. максимальна в подготовительный период (178,5 мин за день), меньше - в соревновательный период (131,0 мин за день) и ещё меньше - в переходный период (99,5 мин/день). Все различия между периодами по ОПН1-5 были статически значимы.

Таблица 1. Значения медиан, 25 и 75 центилей показателя орто-КИГ TP (мс^2) и общей продолжительности тренировочных и соревновательных нагрузок (ОПН1-5) по месяцам у К.Д.Table 1. Values of medians, 25th and 75th centiles of the ortho-CIG TP index (ms^2) and the total duration of training and competition loads (TDL1-5) by month in K.D.

Месяц, год	TP - общая мощность спектра или мощность TP-волн, мс^2	ОПН1-5 - общая продолжительность нагрузки (мин/за день)
Соревновательный период		
Март 2019	4261 (3385/4852)	153,5 (70/179)
Апрель 2019	6546 (4390/6952)	56,0(0/123)
Переходный период		
Май 2019	3463 (3389/3542)	73,0 (17/96)
Подготовительный период		
Июнь 2019	4144 (3578/4903)	211,5 (116/269)
Июль 2019	5063 (3951/7257)	236,0 (142/272)
Август 2019	5788 (5370/6524)	197,0 (150/269)
Сентябрь 2019	5350 (4427/6994)	147,5 (115/200)
Октябрь 2019	3111 (3042/5099)	169,0 (70/204)
Ноябрь 2019	6410 (4635/7194)	151,5 (100/185)
Соревновательный период		
Декабрь 2019	8475 (4490/11045)	152,0 (91/190)
Январь 2020	7568 (6213/9808)	119,5 (96/188)
Февраль 2020	7485 (4963/9741)	135,5 (115/159)
Март 2020	3962 (3726/5154)	113,5 (23/153)
Переходный период		
Апрель 2020	4196 (3520/6578)	82,0 (67/125)
Май 2020	5708 (4678/6008)	139,5 (48/165)
Июнь 2020	5699 (4550/6708)	101,0 (85/118)
В целом за подготовительный (1), соревновательный (2) и переходный (3) периоды		
Период 1	5181 (3970/6450)	178,5 (113/236)
Период 2	6071 (4026/8037)	131,0 (92/175)
Период 3	5197 (4051/6231)	99,5 (67/125)
Статистически значимые различия между периодами по критерию Манна - Уитни		
$p < 0,05$	1-2	1-2, 3; 2-3

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что медиана орто-TP зависит от периода годового цикла - в соревновательном периоде она была выше (6071 мс^2), чем в подготовительном (5181 мс^2) и в переходном (5197 мс^2) периодах. При этом внутри каждого периода величина медианы TP периодически (от месяца к месяцу) меняется, т.е. её динамика носит волнообразный характер. Отметим, что волнообразный характер динамики величин медиан внутри каждого периода характерен и для остальных показателей орто-КИГ спортсмена К.Д. и членов КРТ, хотя это не отражено в табл. 2.

Показано (табл. 2), что медианы показателей орто-КИГ лыжника К.Д., зарегистрированные в подготовительном и в соревновательном периодах, не отличаются от аналогичных показателей других членов КРТ. Это позволило данные, полученные при регистрации орто-КИГ у К.Д. в переходный период, интерпретировать в отношении всех членов КРТ в этот период.

Установлено, что у К.Д., у которого регистрация орто-BCP проводилась во всех трёх периодах, медианы AMHF и HF% имели максимальные значения в подготовительном периоде; медианы TP, AMVLF и SDNN были максимальны в соревновательном периоде; медианы VLF%, RRNN, pNN50% и RMSSD были выше в подготовительном и соревновательном

периодах по сравнению с переходным периодом. В то же время в переходном периоде медианы AMLF, LF%, AMLF/AMHLF, ЧСС и SI были максимальны, а медианы TP, AMHF, HF%, AMVLF, VLF%, RRNN и pNN50% в этот период были минимальны.

В целом, у 8 членов КРТ, у которых регистрацию орто-BCP проводили только в двух периодах, в подготовительном периоде максимальные значения имела медиана HF%, в соревновательном периоде максимальные значения имели медианы TP, AMVLF, VLF%, SDNN и MxDMn (а медиана SI - минимальные значения), в то время как медианы AMHF, AMLF, LF%, AMLF/AMHLF, RRNN, ЧСС, pNN50%, RMSSD были одинаковы в обоих периодах.

В целом, эти данные позволяют заключить, что: 1) медианы показателей орто-BCP у элитных лыжников-гонщиков изменяются на протяжении годового цикла; 2) при этом медианы трёх показателей орто-BCP, а именно TP, AMVLF и SDNN, отражающие влияние ПО АНС, и вероятно, НН-АХ, на деятельность сердца, достигают максимальных значений в соревновательный период, а медианы показателей орто-BCP, отражающие влияние на сердце СО АНС, в том числе таких как AMLF, LF%, AMLF/AMHLF, ЧСС и SI, максимальны в переходный период, судя по данным, полученным при исследовании К.Д.; 3) в тоже время можно утверждать, что медианы всех показате-

телей орто-ВСР, несмотря на статистически значимые различия между периодами, относительно постоянны на протяжении годового цикла, что кос-

венно указывает на высокую активность ПО АНС, и вероятно, на высокий уровень синтеза НН-АХ кардиомиоцитами.

Таблица 2. Медиана, 25 и 75 центили 15 показателей орто-ВСР у элитного лыжника-гонщика К.Д. и у 8 членов КРТ, включая К.Д., в подготовительный, соревновательный и (только у К.Д.) переходный периоды

Table 1. Median, 25th and 75th centiles of 15 ortho-HRV parameters in elite cross-country skier K.D. and in 8 members of the KRT, including K.D., during the preparatory, competitive and (only for K.D.) transition periods

Показатели орто-ВСР	Лыжник К.Д.				Команда РТ		
	Под. 1	Сор. 2	Пер. 3	р < 0,05	Под. 1	Сор. 2	р < 0,05
TP, мс ²	5181 3970/6450	6071 4026/8037	5197 4051/6231	1-2	5317 3742/7547	7109 4140/9109	1-2
AMHF, мс ²	353 183/572	295 195/483	202 142/321	1, 2-3	390 188/617	366 205/620	-
AMVLF, мс ²	1928 1209/2907	2433 1142/4276	1539 1110/2440	1-3	1643 1110/2719	2713 2030/4996	1-2
AMLF, мс ²	2503 1785/3262	2797 2188/3778	3013 2248/3905	1, 2-3	2496 1442/3942	2373 1373/3682	-
HF,%	6,5 4/11	5,1 3/7	4,4 3/5	1-2, 3; 2-3	6,8 4/12	5,2 3/8	1-2
VLF,%	40,8 28/49	43 27/53	30,8 22/42	1, 2-3	36,4 22/51	50,5 40/62	1-2
LF,%	52,5 40/63	50,5 37/66	63,2 49/73	1-2, 3; 2-3	53,0 34/69	38,2 29/50	1-2
AMLF/AMHF, усл. ед.	7,7 4,4/12,5	9,8 6/14,6	13,8 10,9/17,3	1-2, 3; 2-3	7,0 3/14	8,1 4/10	-
RRNN, мс	932 888/1017	908 869/972	849 816/884	1, 2-3	906 835/989	910 862/980	-
ЧСС, уд/мин	64,3 58/67	66,1 61/69	70,6 67/73	1, 2-3	66,2 60/71	65,9 61/69	-
pNN50,%	9,5 5/15	9,2 5/14	6,6 5/9	1, 2-3	10,8 5/19	9,8 4/16	-
RMSSD, мс	33 27/40	34 26/40	28 26/33	1, 2-3	35 27/43	36 26/42	-
SDNN, мс	71 64/78	77 63/88	71 63/78	2-1, 3	72 61/85	79 60/95	-
MxDmн, мс	368 329/450	407 329/510	381 321/441	-	368 300/450	417 328/518	1-2
SI, усл. ед.	44,0 35/55	36,9 28/55	46,3 36/59	2-3	44,3 32/68	35,9 26/53	1-2

Тот факт, что общая продолжительность нагрузки (ОПН1-5) у спортсмена К.Д. максимальна в подготовительный период (178,5 мин за день), меньше - в соревновательный период (131,0 мин за день) и ещё меньше - в переходный период (99,5 мин/день) подтверждает представление о том, что для достижения высокого спортивного результата элитный лыжник-гонщик в подготовительный период, который длится, как правило, 6 месяцев (июнь-ноябрь), должен иметь тренировочные нагрузки большого объёма, что, согласно нашему предположению [1, 2], будет способствовать повышению активности не только ПО АНС, но и одновременно повышению интенсивности синтеза НН-АХ кардиомиоцитами, который необходим как компонент антиапоптотической, антиоксидантной и противовоспалительной систем сердца. Иначе говоря, подготовительный период является периодом прекондиционирования. Поэтому показатели ВСР, отражающие активность ПО АНС, и вероятно, интенсивность синтеза НН-АХ кардиомиоцитами, в том числе зарегистри-

рованные в условиях ортостаза, должны иметь максимальные значения в конце подготовительного периода и в начале соревновательного периода, а минимальные значения - в переходном периоде. Это положение подтверждают наши данные, согласно которым такие показатели орто-ВСР как TP, AMVLF и SDNN, отражающие активность ПО АНС, и вероятно, синтез НН-АХ, и у К.Д., и у членов КРТ достигают максимальных значений в соревновательный период, а медиана HF%, также отражающая активность ПО АНС, достигает максимума в подготовительном периоде. В определенной степени это согласуется с данными, полученными нами ранее при анализе клино-ВСР у членов КРТ и/или у элитного лыжника К.Д. [1-3, 5, 31].

В этой связи отметим, что медианы показателей орто-ВСР (TP, AMHF, AMVLF, HF%, pNN50%, RRNN, VLF%, RMSSD) у элитного лыжника К.Д. и у членов КРТ во все периоды годового цикла были существенно ниже, чем медианы аналогичных показателей клино-ВСР, отмеченные в наших работах [1-3, 5,

31]. Подобная закономерность была выявлена ранее Н.И. Шлык и соавт. [12]. Это, вероятнее всего, обусловлено тем, что при реализации активного ортостатического теста (рефлекса Превеля), как известно [26, 32, 33], происходит активация СО АНС, что уменьшает влияние ПО и НН-АХ на сердечный ритм.

В то же время при исследовании элитного лыжника К.Д. нами впервые установлено, что медианы показателей орто-ВСП, отражающие активность СО АНС, в том числе AMLF, LF% и AMVLF/AMHF имели максимум в переходный период, в котором активность ПО АНС и, вероятно, уровень синтеза НН-АХ снижены. Отметим, что в условиях клиностаза медианы этих трёх показателей ВСП именно в переходный период имели минимальные значения [2, 5]. Этот факт позволяет предположить, что в условиях клиностаза активность СО АНС тормозится под влиянием вагусного АХ и НН-АХ, а в условиях ортостаза это тормозное влияние не способно преодолеть активацию СО АНС, возникающую при реализации активного ортостатического теста (рефлекса Превеля). Особенно это характерно для переходного периода, для которого, как уже отмечалось выше, характерна более низкая активность ПО АНС и, вероятно, более низкий уровень синтеза НН-АХ.

2. Сравнение величин 15 показателей орто-ВСП элитных лыжников с данными литературы в отношении величин аналогичных показателей орто-ВСП неспортсменов, начинающих лыжников или представителей тех видов спорта, которые не связаны с развитием выносливости

Через поисковые системы «Pubmed» и «eLibrary (РИНЦ)» было найдено всего 10 источников [4, 10-16, 18, 19], в которых сообщалось о величинах орто-ВСП у спортсменов разных видов спорта и у неспортсменов. Следует отметить, что эти данные были получены при использовании разных вариантов интервалокардиографов и программ математического анализа показателей орто-ВСП, что, в определенной степени снижает эффективность нашего сравнения. Но малочисленность таких работ не оставляла нам выбора. Кратко охарактеризуем эти работы.

Прежде всего, речь идет о работах Н.И. Шлык и её коллег [11-13], согласно которым величины показателей ВСП, зарегистрированные у спортсменов в условиях клиностаза (клино-ВСП) или в условиях активного ортостаза (орто-ВСП) зависят не от вида спортивной специализации и уровня спортивного мастерства, а от типа вегетативной регуляции сердечной деятельности (ВРСД), определяемым генетически-врожденными свойствами ЦНС. Эти авторы предлагают выделять центральный, или симпатикотонический, тип (I или II типы ВРСД) и автономный, или ваготонический (III или IV типы ВРСД), опреде-

ляя их по значениям клино-SI и клино-AMVLF. В частности, в работе Н.И. Шлык и соавт. [12] представлены величины 15 показателей орто-КИГ 254 спортсменов (КМС, МС, 18-20 лет) – представителей 10 видов спорта, но сгруппированные в 4 группы, т.е. в зависимости от типа ВРСД, а не от спортивной специализации. Конкретные значения показателей орто-ВСП, указанные этими авторами в отношении каждого типа ВРСД, мы приводим ниже при рассмотрении 15 показателей ВСП. По нашему мнению, IV тип ВРСД по классификации [12], характерный и для элитных лыжников, вероятно, отражает наличие у спортсмена синтеза НН-АХ кардиомиоцитами. Отметим, что ранее, при оценке параметров клино-ВСП всех членов КРТ, используя критерии, предложенные [12], мы установили [31], что 7 из 8 членов КРТ, включая спортсмена К.Д., относятся к IV типу ВРСД, а 1 спортсмен – к III типу ВРСД.

Данные других авторов, с которыми мы сравнивали наши результаты, касаются величин отдельных показателей ВСП, зарегистрированных в условиях активного ортостаза (орто-ВСП). Так, О.Н. Кудря [10] оценивала TP, AMHF, AMLF, AMVLF у хоккеистов, пловцов и тяжелоатлетов. Р.И. Ефремова с коллегами [14] оценивали TP, AMHF, AMLF, AMVLF, RMSSD и SI у начинающих лыжников 10-11 лет, в том числе у 6 симпатикотоников, у 14 нормотоников и у 12 ваготоников. D. Schäfer с коллегами [15] оценивали величины RRNN, RMSSD и SDNN у 16 элитных лыжников-гонщиков из России, Норвегии, Швейцарии в подготовительном и в соревновательном периодах. В.М. Михайлов [16] исследовал такие показатели орто-ВСП как TP, AMHF, AMLF, AMVLF, HF%, LF%, VLF%, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN у 207 человек, в том числе у 48 мужчин-контрактников (средний возраст 24 года), у 26 неспортсменов, служащих фирмы «Нейрософт» (мужчины и женщины, 29 лет), у 50 легкоатлетов I и II разрядов (студенты обоих полов вуза, 20 лет), а также у 17 парашютистов (30 лет), у 20 профессиональных футболистов (28 лет, накануне сезона) и у 20 хоккеистов (16 лет). В. De Maria и соавт. [18] оценивали величину орто-RRNN на протяжении 10 лет у 35 любителей бега на полумарафон. М. Morlin и соавт. [19] оценивали величину RRNN у 32-летних триатлонистов и у 30-летних представителей кроссфита. Ф.Б. Литвин и соавт. [4] оценили величины TP, AMHF, AMLF, AMVLF, MxDMn и SI у 19 пловцов (МС, 17-23 года), которые относились к III типу ВРСД (ваготоники). Все конкретные величины показателей орто-КИГ цитируемых авторов приводятся при обсуждении каждого из 15 показателей ВСП.

Обсуждение

Орто-ТР. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-ТР у представителей I-IV типов ВРСД составили соответственно 2289 мс², 1491 мс², 3601 мс² и 2584 мс², т.е. мало зависели от типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-ТР у К.Д. варьировала от 5181 мс² до 6071 мс², а у членов КРТ – от 5317 мс² до 7109 мс²; при этом максимум приходился на соревновательный период. По данным [10], у хоккеистов, пловцов и тяжелоатлетов значения орто-ТР составили соответственно 4189 мс², 2899 мс² и 3466 мс². Согласно [14], величина орто-ТР у начинающих лыжников-симпатикотоников составила 2332 мс², у нормотоников – 4397 мс², а у ваготоников – 4973 мс². По данным [16], значение орто-ТР у мужчин-контрактников составило 2463 мс², у спортсменов – 1966 мс², у легкоатлетов 1 и II разрядов – 4144 мс², у парашютистов – 3730 мс², у футболистов – 3510 мс², у хоккеистов – 4746 мс². Итак, у элитных лыжников значения орто-ТР выше, чем у других спортсменов и неспортсменов, что косвенно подтверждает наличие у них высокой активности ПО АНС, в том числе за счёт синтеза НН-АХ.

Орто-АМНФ. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-АМНФ у представителей I-IV типов ВРСД составили соответственно 258 мс², 173 мс², 352 мс² и 460 мс², т.е. максимальны у представителей IV типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-АМНФ у К.Д. варьировала от 202 мс² до 353 мс², при максимуме в подготовительном периоде, а у членов КРТ – от 366 мс² до 390 мс². По данным [10], величина орто-АМНФ у хоккеистов составляет 425 мс², у пловцов – 405 мс², а у тяжелоатлетов – 501 мс². По данным [4], у пловцов величина орто-АМНФ составляет 713 мс². По данным [14], у юных лыжников, в том числе у симпатикотоников, величина орто-АМНФ достигает 324 мс², у нормотоников – 703 мс², а у ваготоников – 895 мс². По данным [16], величина орто-АМНФ у 29-летних спортсменов составляет 134 мс², у мужчин-резервистов – 263 мс², у легкоатлетов 1 и 2 разряда – 234 мс², у парашютистов – 280 мс², у футболистов – 292 мс², а у хоккеистов – 257 мс². При этом обращает на себя внимание большая вариативность этого показателя в литературе. Итак, у элитных лыжников значения орто-АМНФ не выше, чем у других спортсменов и неспортсменов. Поэтому орто-АМНФ не является надёжным показателем, отражающим наличие синтеза НН-АХ.

Орто-НФ%. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-НФ% у представителей I-IV типов ВРСД составляли соответственно 12,8%; 10,9%; 11,9% и 14,9%, т.е. мало зависели от типа ВРСД. По нашим данным медиана орто-НФ% у К.Д. варьировала от 4,4% до 6,5% (максимум в подготовительном периоде), а у членов КРТ – от 5,2% до 6,8%. Согласно [16], значения орто-НФ% у мужчин-контрактников составляют

10,7%, у легкоатлетов 1 и 2 разряда – 7,9%, у парашютистов – 8,5%, у футболистов – 10,1%, у хоккеистов – 5,7%. Итак, значения орто-НФ% у элитных лыжников не отличаются существенно от значений орто-НФ% неспортсменов и элитных представителей других видов спорта. Следовательно, орто-НФ%, вероятнее всего, не является надёжным показателем, отражающим наличие синтеза НН-АХ.

Орто-АМВЛФ. Ранее мы предположили [2], что клино-АМВЛФ отражает наличие синтеза НН-АХ. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-АМВЛФ у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 342 мс², 284 мс², 518 мс² и 471 мс², т.е. достигают максимума у представителей III и IV типов ВРСД. По нашим данным, медиана орто-АМВЛФ у К.Д. варьировала от 1539 мс² до 2433 мс², у членов КРТ – от 1643 мс² до 2713 мс²; при этом медиана этого показателя у лыжников достигает максимума в соревновательный период, а минимума – в переходный период. Согласно данным [10], у хоккеистов величина орто-АМВЛФ составляет 1706 мс², у пловцов – 839 мс², у тяжелоатлетов – 1229 мс², а по данным [4], у пловцов она составляет 713 мс². По данным [14], у юных лыжников-симпатикотоников величина орто-АМВЛФ составляет 1117 мс², у нормотоников – 2392 мс², а у ваготоников – 2128 мс². По данным [16], величина орто-АМВЛФ у мужчин-контрактников составляет – 871 мс², у спортсменов – 845 мс², у легкоатлетов 1 и 2 разряда – 1417 мс², у парашютистов – 1160 мс², у футболистов – 2267 мс², а у хоккеистов – 1612 мс². Итак, у элитных лыжников значения орто-АМВЛФ выше чем у других спортсменов и неспортсменов, что косвенно подтверждает наличие у них высокой активности ПО АНС, в том числе, вероятно, за счёт синтеза НН-АХ. Это означает, что величина АМВЛФ не только в условиях клиностаза [2], но и в условиях ортостаза отражает наличие синтеза НН-АХ.

Орто-ВЛФ%. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-ВЛФ% у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 16,4%; 19,3%; 20,4% и 19,7%, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным, значения медианы орто-ВЛФ% у К.Д. варьировали от 30,8% до 43,0%, а у членов КРТ – от 36,4% до 50,5%, при этом медиана этого показателя у лыжников достигает максимума в соревновательный период, а минимума – в переходный период. По данным [16], величина орто-ВЛФ% у мужчин-контрактников составляет 41,1%, у легкоатлетов 1 и 2 разряда – 42,8%, у футболистов – 44,1%, а у хоккеистов – 33,3%. Итак, у элитных лыжников значения орто-ВЛФ% мало отличаются от других спортсменов и от неспортсменов. Следовательно, орто-ВЛФ% не является показателем, отражающим наличие синтеза НН-АХ.

Орто-AMLF. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-AMLF у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 1057 мс², 814 мс², 1285 мс², 1244 мс², т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным медиана орто-AMLF у К.Д. варьировала от 2503 мс² до 3013 мс² (максимум - в переходном периоде), а у членов КРТ - от 2373 мс² до 2496 мс². По данным [10], значения орто-AMLF у хоккеистов составили 2058 мс², у пловцов - 1654 мс², а у тяжелоатлетов - 1735 мс². Согласно [14], значения орто-AMLF у начинающих лыжников-симпатикотоников составили 890 мс², у нормотоников - 1302 мс², а у ваготоников - 1950 мс². Согласно [16] значения орто-AMLF у мужчин-контрактников составили 1204 мс², у спортсменов - 1234 мс², у легкоатлетов I и II разряда - 1859 мс², у парашютистов - 1446 мс², у футболистов - 1404 мс², а у хоккеистов - 2165 мс². По данным [4] у пловцов (МС, 17-23 года) - значения орто-AMLF составили 3771 мс². Итак, у элитных лыжников значения орто-AMLF, отражающие активность СО АНС, выше, чем у других спортсменов и спортсменов, что косвенно подтверждает наличие у элитных лыжников высокой активности СО АНС. При этом мы не исключаем, что наличие высокого уровня синтеза НН-АХ может снижать этот показатель за счёт торможения СО АНС.

Орто-LF%. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-LF% у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 51,1%; 52,1%; 49,9% и 48,0%, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным медиана орто-LF% у К.Д. варьировала от 50,5% до 63,2% (максимум - в переходном периоде), а у членов КРТ - от 38,2% до 53,0%. По данным [16], значения орто-LF% у мужчин-резервистов составляют 48,5%, у легкоатлетов I и II разрядов - 46,1%, у парашютистов - 54,4%, у футболистов - 45,2%, и у хоккеистов - 54,1%. Итак, значения орто-LF% у элитных лыжников не отличаются существенно от спортсменов и от элитных представителей других видов спорта. Поэтому орто-LF%, отражающий активность СО АНС, вероятнее всего, не является показателем, характеризующим наличие синтеза НН-АХ. При этом мы не исключаем, что наличие высокого уровня НН-АХ может снижать этот показатель за счёт торможения СО АНС.

Орто-AMLF/AMHF. Согласно Н.И. Шлык [12], значения AMLF/AMHF (усл. ед.) у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 4,1; 4,7; 3,7 и 2,7 усл. ед., т.е. минимальны у представителей IV типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-AMLF/AMHF у К.Д. варьировала от 7,7 до 13,8 усл. ед., (максимум - в переходном периоде), а у членов КРТ - от 7,1 до 8,1 усл. ед. По данным [10], значения орто-AMLF/AMHF у хоккеистов составили 4,8 усл. ед., у пловцов - 4,1 усл. ед., а у тяжелоатлетов - 3,5 усл. ед. По данным [16], значения орто-

AMLF/AMHF мужчин-резервистов составили 1,4 усл. ед., у спортсменов - 4,7 усл. ед., у легкоатлетов I и II разрядов - 5,5 усл. ед., у парашютистов - 5,2 усл. ед., у футболистов - 4,9 усл. ед., а у хоккеистов - 8,4 усл. ед. По данным [4], у 19 пловцов (МС, 17-23 года) величина орто-AMLF/AMHF составила 5,3 усл. ед. Итак, у элитных спортсменов значения орто-AMLF/AMHF намного выше, чем у спортсменов и у представителей других видов спорта, что, с одной стороны, указывает на высокую активность СО АНС у лыжников-гонщиков. При этом мы не исключаем, что наличие высокого уровня НН-АХ может снижать этот показатель за счёт торможения СО АНС.

Орто-RRNN. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-RRNN у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 709 мс, 700 мс, 743 мс и 741 мс, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным медиана орто-RRNN у К.Д. варьировала от 849 мс до 932 мс (минимум - в переходном периоде), а у членов КРТ - от 906 мс до 940 мс. По данным [16], значения орто-RRNN мужчин-контрактников составляют 692 мс, у легкоатлетов I и II разрядов - 768 мс, у парашютистов - 702 мс, у футболистов - 844 мс, а у хоккеистов - 755 мс. По данным [18], величина орто-RRNN на протяжении 10 лет у 35 любителей бега на полумарафонские дистанции увеличилась с 765 мс до 856 мс. Согласно [19], величина орто-RRNN у триатлонистов составила 915 мс, а у представителей кроссфита - 824 мс. По данным [15], у элитных лыжников-гонщиков из России, Норвегии, Швейцарии величина орто-RRNN на протяжении сезона была относительно постоянной и варьировала в пределах от 817 мс до 848 мс. Итак, у элитных спортсменов значения орто-RRNN выше, чем у представителей других видов спорта и спортсменов. Это косвенно подтверждает наличие у элитных лыжников высокой активности СО АНС, в том числе, вероятно, за счёт синтеза НН-АХ.

Орто-ЧСС. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-ЧСС у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 87,8; 88,8; 82,5 и 82,2 уд./мин, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-ЧСС у К.Д., варьировала от 64,3 до 70,6 уд./мин (минимум - в подготовительном периоде), а у членов КРТ - от 65,9 до 66,2 уд./мин, достигая минимума в подготовительный период. По данным [16], значения орто-ЧСС у мужчин-контрактников составляют 86,7 уд./мин, у легкоатлетов I и II разряда - 78,1 уд./мин, у парашютистов - 85,5 уд./мин, у футболистов - 71,0 уд./мин, у хоккеистов - 79,5 уд./мин. Итак, у элитных лыжников значения орто-ЧСС меньше, чем у других спортсменов, что косвенно подтверждает наличие у них синтеза НН-АХ, который сдерживает повышение ЧСС при реализации активного ортостатического теста.

Орто-pNN50%. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-pNN50% у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 6,2%; 2,6%; 6,8% и 8,8%, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-pNN50% у К.Д. варьировала от 6,6% до 9,5% (максимум - в переходном периоде); у членов КРТ - от 9,8% до 10,8%. По данным [16], показатель орто-pNN50% у мужчин-контрактников составляет 1,6%, у легкоатлетов I и II разряда - 9,0%, у парашютистов - 5,0%, у футболистов - 10,0%, у хоккеистов - 10%. Итак, у элитных лыжников значения орто-pNN50% выше, чем у представителей других видов спорта и неспортсменов. Косвенно это подтверждает наличие у элитных лыжников синтеза НН-АХ, который повышает вариабельность сердечного ритма при реализации активного ортостатического теста.

Орто-RMSSD. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-RMSSD у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 22,6 мс, 17,9 мс, 25,7 мс и 27,3 мс, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-RMSSD у К.Д. варьировала от 28 до 34 мс (минимум - в переходном периоде), а у членов КРТ - от 35 до 36 мс. По данным [14] значения орто-RMSSD составили у юных лыжников-симпатикотоников - 27 мс, у нормотоников - 25 мс, а у ваготоников - 34 мс. По данным [16], величина орто-RMSSD у мужчин-контрактников составила 17 мс, у легкоатлетов I и II разрядов - 30 мс, у парашютистов - 25 мс, у футболистов - 32 мс, а у хоккеистов - 33 мс. По данным [15], у элитных лыжников-гонщиков из России, Норвегии, Швейцарии величина орто-RMSSD на протяжении сезона была относительно постоянной и варьировала в пределах 36-37 мс. Итак, у элитных лыжников значения орто-RMSSD выше, чем у представителей других видов спорта и выше, чем у неспортсменов. Это косвенно подтверждает наличие у элитных лыжников синтеза НН-АХ, который повышает вариабельность сердечного ритма не только в условиях клиностаза, но и в условиях реализации активного ортостатического теста.

Орто-SDNN. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-SDNN у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 44,1 мс, 36,4 мс, 49,4 мс и 50,8 мс, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-SDNN у К.Д. варьировала от 71 до 77 мс, а у членов КРТ - от 72 до 79 мс, при этом максимум у К.Д. и у членов КРТ приходился на соревновательный период. По данным [16], величина орто-SDNN у мужчин-контрактников составила 41 мс, у легкоатлетов I и II разрядов - 68 мс, у парашютистов - 55 мс, у футболистов - 71 мс, а у хоккеистов - 71 мс. По данным [15], у элитных лыжников-гонщиков из России, Норвегии, Швейцарии величина орто-SDNN на протяжении сезона варьировала в

пределах 54-55 мс. Итак, у элитных лыжников значения орто-SDNN выше, чем у представителей других видов спорта и выше, чем у неспортсменов. Это также косвенно подтверждает наличие у элитных лыжников синтеза НН-АХ, который повышает вариабельность сердечного ритма как в условиях клиностаза, так и в условиях активного ортостатического теста.

Орто-MxDMn. Согласно Н.И. Шлык [12], значения орто-MxDMn у представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 221 мс, 188 мс, 248 мс и 251 мс, т.е. мало зависят от типа ВРСД. По нашим данным, медиана орто-MxDMn у К.Д. варьировала от 368 до 407 мс (но не зависела от периодов), а у членов КРТ - от 358 до 417 мс (при максимуме - в соревновательном периоде). По данным [4], у пловцов величина орто-MxDMn составляет 332 мс. Представленные данные (слабая зависимость от типа ВРСД, от периодов подготовки и в целом, малочисленность данных литературы) не позволяют рассматривать орто-MxDMn как отражение влияния ПО АНС и НН-АХ на деятельность сердца.

Орто-SI (индекс напряжения). Согласно данным Н.И. Шлык [12], значения орто-SI у спортсменов-представителей I-IV типов ВРСД составляют соответственно 333, 397, 187 и 167 усл. ед., т.е. были минимальны у представителей IV типа ВРСД. По нашим данным, значения медианы орто-SI у К.Д. варьировали от 36,9 до 46,3 усл. ед., а у членов КРТ - от 35,9 до 44,3 усл. ед. При этом минимум для К.Д. и членов КРТ приходится на соревновательный период. Согласно данным [14], у юных лыжников-симпатикотоников величина орто-SI составляет 187 усл. ед., у нормотоников - 155 усл. ед., а у ваготоников - 114 усл. ед. По данным [4], у 19-23-летних пловцов величина орто-SI составляет 74 усл. ед. Итак, у элитных лыжников значения орто-SI меньше, чем у начинающих лыжников и у представителей других видов спорта. Это косвенно подтверждает наличие у элитных лыжников-гонщиков синтеза НН-АХ, который препятствует избыточному повышению активности СО АНС в условиях ортостаза. Поэтому орто-SI может служить одним из индикаторов наличия синтеза НН-АХ.

Выводы

1. Элитные лыжники-гонщики тренируются практически весь календарный год, который состоит из подготовительного, соревновательного и переходного периодов. Они делятся соответственно 6, 4 и 2 месяца; при этом медиана общей продолжительности ежедневной аэробной и анаэробной нагрузки (ОПН1-5) составляет соответственно 178,5, 131,0 и 99,5 мин в день. С позиций представлений о спортивной ваготонии, как следствие повышения активности ПО АНС и синтеза НН-АХ, подготовительный

период можно рассматривать как период прекондии, при котором в миокарде формируется антиапоптическая, антиоксидантная и противовоспалительная системы, компонентом которых является НН-АХ.

2. Пятиминутная регистрация вариабельности сердечного ритма в условиях активного ортостаза показала, что у элитных лыжников медианы 15 показателей орто-BCP (TP, AMHF, AMVLF, AMLF, HF%, VLF%, LF%, отношение AMVLF/AMHF, RRNN, ЧСС, рNN50%, RMSSD, SDNN, MxDMn и SI) ниже, чем медианы соответствующих показателей клино-BCP этих лыжников. Это объясняется активацией симпатического отдела автономной нервной системы при реализации барорефлекса (рефлекса Превеля).

3. Медианы показателей орто-BCP элитных лыжников зависят от периода их подготовки. В частности, медианы TP, AMVLF и SDNN, отражающие влияние на деятельность сердца парасимпатического отдела АНС, и вероятно, НН-АХ, достигают максимальных значений в соревновательном периоде, а медианы AMLF, LF%, AMLF/AMHFL, ЧСС и SI, отражающие влияние СО АНС, максимальны в переходный период, хотя в условиях клиностаза медианы AMLF, AMLF/AMHF и LF% именно в переходный период имели минимальные значения. Этот факт позволяет предположить, что в условиях клиностаза активность СО АНС тормозится под влиянием вагусного АХ и НН-АХ, но в условиях ортостаза это тормозное влияние не способно преодолеть активацию СО АНС, возникающую при реализации рефлекса Превеля, особенно в переходном периоде.

4. Для элитных лыжников-гонщиков во всех трёх периодах (особенно, в подготовительном и соревновательном) характерны высокие значения медиан таких показателей орто-BCP, как TP, AMVLF, RRNN, рNN50%, RMSSD, SDNN, и низкие значения медиан ЧСС и SI, которые, судя по данным литературы, существенно отличаются от показателей орто-КИГ неспортсменов, начинающих лыжников и представителей других видов спорта, не связанных с развитием выносливости. Это позволяет рассматривать указанные показатели в качестве индикаторов высокой активности ПО АНС и, вероятно, наличия синтеза НН-АХ кардиомиоцитами, т.е. в качестве маркеров спортивной ваготонии.

5. Для элитных лыжников, особенно в переходный период, характерны высокие значения медиан орто-AMLF и орто-AMLF/AMHF, которые намного выше, чем у неспортсменов. Поэтому эти два показателя предлагается рассматривать в качестве маркеров высокой активности СО АНС, которая у элитных лыжников не проявляется в условиях клиностаза (вероятно, из-за тормозного влияния вагусного и ненейронального ацетилхолина, т.е. НН-АХ).

6. Спортивная ваготония у лыжников-гонщиков выявляется не только при регистрации клино-BCP, но и при регистрации орто-BCP. Она обусловлена высоким уровнем активности парасимпатического отдела автономной нервной системы и, вероятно, наличием синтеза ненейронального ацетилхолина кардиомиоцитами.

Заключение

Ранее, на основе анализа величин показателей клино-BCP элитных лыжников нами был сделан вывод о том, что маркером продукции НН-АХ являются высокие значения медиан таких показателей клино-BCP, как TP, AMHF, AMVLF, RRNN, рNN50%, RMSSD, SDNN и MxDMn, и низкие значения медиан ЧСС и SI, в связи с чем значения медиан этих показателей было рекомендовано использовать при косвенной оценке уровня синтеза НН-АХ у спортсменов и неспортсменов [1]. Сопоставление результатов исследования орто-BCP элитных лыжников (К.Д. и членов КРТ) с данными литературы, касающихся величин орто-BCP лыжников разной квалификации, представителей других видов спорта и неспортсменов, позволяет впервые заключить, что для элитных лыжников-гонщиков характерны высокие значения медиан таких показателей орто-BCP, как TP, AMVLF, RRNN, рNN50%, RMSSD, SDNN и низкие значения медиан ЧСС и SI. Поэтому указанные показатели орто-BCP мы также предлагаем рассматривать в качестве индикаторов высокой активности ПО АНС и, вероятно, наличия синтеза НН-АХ кардиомиоцитами. В то же время, как показал проведённый нами анализ, такие показатели орто-BCP как AMHF, HF% и VLF% не могут служить маркерами высокой активности ПО АНС и синтеза НН-АХ, а показатель орто-LF% не может отражать высокую активность СО АНС, так как у элитных лыжников значения этих четырёх показателей существенно не отличаются от аналогичных показателей неспортсменов.

Нами впервые показано, что у К.Д. и у членов КРТ в переходный период медианы таких показателей орто-BCP, как AMLF и AMLF/AMHF, намного выше, чем у неспортсменов. Поэтому эти два показателя, с нашей точки зрения, следует рассматривать в качестве маркеров высокой активности СО АНС. Важно отметить, что в условиях клиностаза медианы этих двух показателей, т.е. клино-AMLF и клино-AMLF/AMHF (как и медиана клино-LF%), согласно нашим данным [1], именно в переходный период имели минимальные значения. Поэтому оценить уровень активности СО АНС у человека на фоне высокой активности ПО АНС и синтеза НН-АХ по данным клино-BCP затруднительно, так как, вероятно, в условиях клиностаза активность СО АНС тормозится под влиянием вагусного АХ и НН-АХ. Но в условиях ортостаза это тормозное влияние вагусно-

го АХ и НН-АХ не способно преодолеть активацию СО АНС, возникающую, как известно [32, 33], при реализации активного ортостатического теста (рефлекса Превеля). Особенно это проявляется в переходном периоде, для которого, по нашему мнению, характерна более низкая активность ПО АНС и, вероятно, более низкий уровень синтеза НН-АХ. Это позволяет нам утверждать, что регистрация орто-ВСР даёт возможность оценить активность СО АНС у спортсменов в лабораторных условиях. Отметим, что вопрос о физиологической роли сдерживания рефлекса Превеля под влиянием холинергического механизма, в том числе в условиях ортостаза, требует дальнейшего изучения. По нашему мнению, механизм «сдерживания» активации СО АНС вносит

существенный вклад в процесс регуляции сердечной деятельности при физических нагрузках, предохраняя сердце от избыточного воздействия окислительного стресса, т.е. оказывая своеобразное кондиционирующее действие.

В целом, результаты нашего исследования, т.е. анализ величин 15 показателей орто-ВСР у элитных лыжников-гонщиков, особенно при их сравнении с аналогичными показателями орто-ВСР лыжников более низкой квалификации, или представителей других видов спорта и неспортсменов, косвенно подтверждают гипотезу о роли синтеза НН-АХ в генезе спортивной ваготонии, которая выявляется не только при регистрации клино-ВСР, но и при регистрации орто-ВСР.

Литература [References]

- Kataev D.A., Tsirkin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Sports vagotonia as a result of increased synthesis of non-neuronal acetylcholine by cardiomyocytes. *Anatomy Physiol. Biochem. Int. J.* 2024;7 (3):555711.
- 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;49 (5):87-100. 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 conditions of clinostasis) of an elite ski racer in the preparatory, competitive and transitional periods, depending on the volume and intensity of training loads. *Human Physiology.* 2023;49 (5):87-100. (In Russ).
- Катаев Д.А., Циркин В.И., Трухина С.И., Трухин А.Н. Динамика RMSSD кардиоинтервалограммы у элитных лыжников-гонщиков в течении годового макроцикла (подготовительного, соревновательного и переходного периодов) в зависимости от объема и интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок. *Человек. Спорт. Медицина.* 2024;24 (4):48-56. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Trukhina S.I., Trukhin A.N. Dynamics of the RMSSD cardiointervalogram in elite ski racers during a one-year macrocycle (preparatory, competitive and transitional periods) depending on the volume and intensity of training and competitive loads. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24 (4):48-56. (In Russ).
- Литвин Ф.Б., Калабин О.В., Брук Т.М. Групповые и индивидуальные особенности вариабельности сердечного ритма у квалифицированных юношей-пловцов *Современные вопросы биомедицины.* 2023;7 (3):37. Litvin F.B., Kalabin O.V., Bruk T.M. Group and individual characteristics of heart rate variability in qualified male swimmers. *Modern issues of biomedicine.* 2023;7 (3):37. (In Russ).
- 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;11 (1):95-107. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V., Trukhina S.I., Trukhin A.N. The nature of the total power of the spectrum and very low-frequency waves of a cardiointervalogram from the standpoint of adaptation of the human body to motor activity (review). *Journal. med.-biol. research.* 2023;11 (1):95-107. (In Russ).
- Kakinuma Y. Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22 (2):545.
- Oikawa S., Kai Y., Mano A., Ohata H., Kurabayashi A. et al. Non-neuronal cardiac acetylcholine system playing indispensable roles in cardiac homeostasis confers resiliency to the heart. *J. Physiol. Sci.* 2021;71 (1):2.
- Braczko F., Fischl S.R., Reinders J., Lieder H.R., Kleinbongard P. Activation of the nonneuronal cholinergic cardiac system by hypoxic preconditioning protects isolated adult cardiomyocytes from hypoxia/reoxygenation injury. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* 2024;327 (1):70-79.
- Beckmann J., Lips K.S. The non-neuronal cholinergic system in health and disease. *Pharmacology.* 2013;92 (5-6):286-302.
- Кудря О.Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на вариабельность ритма сердца у спортсменов. *Бюллетень сибирской медицины.* 2009;8 (1):36-42. Kudrya O.N. The influence of physical activity of different orientation on heart rate variability in athletes. *Bulletin of Siberian medicine.* 2009;8 (1):36-42. (In Russ).
- Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск:Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 259 с. Shlyk N.I. Heart rate and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izhevsk:Publishing house "Udmurt University", 2009. 259 p. (In Russ).
- Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н., Кириллова Т.Г., Жужгов А.П. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции. *Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле.* 2012;(1):114-125. Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N., Kirillova T.G., Zhuzhgov A.P. On the peculiarities of orthostatic reaction in athletes with different types of autonomic regulation. *Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth Sciences.* 2012;(1):114-125. (In Russ).
- Шлык Н.И., Лебедев Е.С., Вершинина О.С. Оценка качества тренировочного процесса у лыжников-гонщиков и биатлонистов по результатам ежедневных исследований вариабельности сердечного ритма. *Наука и спорт:современные тенденции.* 2019;7 (2):92-105. Shlyk N.I., Lebedev E.S., Vershinina O.S. Assessment of the quality of the training process among ski racers and biathletes based on the results of daily studies of heart rate variability. *Science and Sport:current trends.* 2019;7 (2):92-105. (In Russ).
- Ефремова Р.И., Спицин А.П., Воронина Г.А. Реактивность регуляторных систем юных лыжников в зависимости от типа вегетативной регуляции. *Вятский медицинский вестник.* 2015;(4):15-18. Efremova R.I., Spitsin A.P., Voronina G.A. Reactivity of regulatory systems of young skiers depending on the type of autonomic regulation. *Vyatka Medical Bulletin.* 2015;(4):15-18. (In Russ).
- Schäfer D., Gjerdalen G.F., Solberg E.E., Khokhlova M., Badietva V. et al. Sex differences in heart rate variability: a longitudinal study in international elite cross-country skiers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015;115 (10):2107-2114.

- 16 Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново:ООО «Нейрософт», 2017. 516 с. Mikhailov V.M. Heart rate variability (a new look at the old paradigm). Ivanovo:Neurosoft LLC, 2017. 516 p. (In Russ).
- 17 Гуштурова И.А. Вегетативный баланс и вегетативная реактивность в прогнозировании эффективности соревновательной деятельности лыжников-гонщиков сборной УдГУ: материалы VII всерос. конф. Отв. ред. Н.И. Шлык. Ижевск:УдГУ, 2021. С. 120-126. Gushurova I.A. Vegetative balance and vegetative reactivity in predicting the effectiveness of competitive activities of ski racers of the UdGU national team: proceedings of the VII All-Russian Conference, edited by N.I. Shlyk. Izhevsk:UdGU, 2021. pp. 120-126. (In Russ).
- 18 De Maria B., de Oliveira Gois M., Catai A.M., Marra C., Lucini D. et al. Ten-year follow-up of cardiac function and neural regulation in a group of amateur half-marathon runners. *Open Heart*. 2021;8 (1):e001561.
- 19 Morlin M.T., da Cruz C.J.G., Guimarães F.E.R., da Silva R.A.S., Porto L.G.G., Molina G.E. High-intensity interval training combined with different types of exercises on cardiac autonomic function. An analytical cross-sectional study in CrossFit® Athletes. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022;20 (1):634.
- 20 Марков А.Л. Вариабельность сердечного ритма у лыжников-гонщиков Республики Коми. *Журнал медико-биологических исследований*. 2019;7 (2):151-160. Markov A.L. Heart rate variability in ski racers of the Komi Republic. *Journal of Biomedical Research*. 2019;7 (2):151-160. (In Russ).
- 21 Лутфуллин И.А., Альметова Р.Р. Вариабельность сердечного ритма у юных хоккеистов в покое и во время активного ортостатического теста. *Физиология человека*. 2014;40 (2):105-111. Lutfullin I.A., Almetova R.R. Heart rate variability in young hockey players at rest and during an active orthostatic test. *Human Physiology*. 2014;40 (2):105-111. (In Russ).
- 22 Guillaume R., Jacques-Olivier F. Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2016;116 (8):1575-1582.
- 23 Hottenrott L., Gronwald T., Hottenrott K., Wiewelhove T., Ferrauti A. Utilizing heart rate variability for coaching athletes during and after viral infection: A case report in an elite endurance athlete. *Front. Sports. Act. Living*. 2021;3:612782.
- 24 Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт: монография (3-е издание, дополненное). СПб.: Институт спорта и здоровья, 2018. 186 с. Gavrilova E.A. Heart rate variability and sport: a monograph (3rd edition, expanded). St. Petersburg: Institute of Sports and Health, 2018. 186 p. (In Russ).
- 25 Schmitt L., Regnard J., Millet G.P. Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes: an avenue beyond RMSSD? *Front. Physiol*. 2015;19 (6):343.
- 26 Gronwald T., Schaffarczyk M., Hoos O. Orthostatic testing for heart rate and heart rate variability monitoring in exercise science and practice. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2024;124 (12):3495-3510.
- 27 Стентон С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с. Stanton S. Medical and Biological Statistics. Translated from English. М.: Praktika, 1998. 459 p. (In Russ).
- 28 Грушин А.А. Поиски оптимальных параметров тренировочных нагрузок в циклических видах спорта на примере подготовки высококвалифицированных лыжников-гонщиков: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции тренеров по лыжным гонкам «Актуальные вопросы подготовки лыжников-гонщиков высокой квалификации». Смоленск: Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2022. С. 6-16. Grushin A.A. The search for optimal parameters of training loads in cyclic sports using the example of training highly qualified ski racers: Proceedings of the VI All-Russian Scientific and practical Conference of ski racing coaches "Topical issues of training highly qualified ski racers". Smolensk: Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, 2022. pp. 6-16. (In Russ).
- 29 Мисина С.С., Адодин Н.В., Крючков А.С. и др. Модели периодизации нагрузок силовой направленности в мезоциклах подготовки лыжников-гонщиков высокого класса. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2022;17 (3):23-30. Missina S.S., Adodin N.V., Kryuchkov A.S. et al. Models of periodization of power-oriented loads in mesocycles for training high-class skiers. *Pedagogical, psychological, and biomedical problems of physical culture and sports*. 2022;17 (3):23-30. (In Russ).
- 30 Есева Т.А., Варламова Н.Г., Логинова Т.П., Потолицына Н.Н., Бойко Е.Р. Компьютерная модель представления результатов обследования по тренировочным зонам у лыжников-гонщиков. *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2018;4 (36):25-30. Yeseva T.A., Varlamova N.G., Loginova T.P., Potolitsyna N.N., Boyko E.R. A computer model for presenting the results of a survey of training areas for ski racers. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAS*. 2018;4 (36):25-30. (In Russ).
- 31 Катаев Д.А., Циркин В.И., Трухин А.Н., Трухина С.И. Динамика стресс-индекса и спектральных показателей кардиоинтервалограммы элитных лыжников-гонщиков в подготовительном, соревновательном и переходном периодах в зависимости от объема и интенсивности тренировочных нагрузок. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье*. 2023;13 (6):12-25. Kataev D.A., Tsikin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamics of the stress index and spectral parameters of the cardiointervalogram of elite ski racers in the preparatory, competitive and transitional periods depending on the volume and intensity of training loads. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health*. 2023;13 (6):12-25. (In Russ).
- 32 Gronwald T., Schaffarczyk M., Hoos O. Orthostatic testing for heart rate and heart rate variability monitoring in exercise science and practice. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2024;124 (12):3495-3510.
- 33 Baker J.R., Hira R., Uppal J., Raj S.R. Clinical assessment of the autonomic nervous system. *Card. Electrophysiol. Clin*. 2024;16 (3):239-248.

Авторская справка

Катаев Денис Анатольевич

Мастер спорта России по лыжным гонкам, аспирант кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет; тренер-преподаватель Кировского областного государственного автономного учреждения дополнительного образования «Спортивная школа олимпийского резерва «Перекоп».

ORCID 0000-0002-8051-3521

Вклад автора: регистрация кардиоинтервалограммы в полевых условиях, анализ её параметров, написание текста, анализ литературы.

Author's reference

Denis A. Kataev

Master of Sports of Russia in cross-country skiing, postgraduate student of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University; trainer-teacher of the Kirov Regional State Autonomous Institution of Additional Education "Sports School of the Olympic Reserve "Perekop".

ORCID 0000-0002-8051-3521

Author's contribution: registration of a cardiointervalogram (CIG) in the field, analysis of its parameters, writing an article, analysis of literature.

Циркин Виктор Иванович

Д-р мед. наук, профессор, старший научный сотрудник института нейронаук, Казанский государственный медицинский университет.
ORCID 0000-0003-3467-3919

Вклад автора: руководитель научной работы, анализ литературы, работа над статьей.

Трухин Андрей Николаевич

Канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет.

ORCID 0000-0001-7259-7078

Вклад автора: научное редактирование, оформление статьи и необходимой документации.

Трухина Светлана Ивановна

Канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры анатомии, Вятский государственный медицинский университет.

ORCID 0000-0003-3888-1993

Вклад автора: научное редактирование текста, оформление статьи и необходимой документации.

Viktor I. Tsirkin

Dr. Sci. (Med.). Professor, Senior Researcher at the Institute of Neuroscience, Kazan State Medical University.

ORCID 0000-0003-3467-3919

Author's contribution: head of scientific work, literature analysis, work on the article.

Andrey N. Trukhin Cand. Sci. (Biol.), Docent, Associate Professor of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University.

ORCID 0000-0001-7259-7078

Author's contribution: scientific editing, design of the article and the necessary documentation.

Svetlana I. Trukhina Cand. Sci. (Biol.), Docent, Associate Professor of the Department of Anatomy, Kirov Medical University.

ORCID 0000-0003-3888-1993

Author's contribution: scientific editing, design of the article and the necessary documentation.