



Check for updates

Экспериментальные статьи

УДК 612.181+612.172+796.92

EDN RTRGLQ

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2026-7-2-267-288>

Динамика 15 показателей variability сердечного ритма элитного лыжника-гонщика в процессе семимесячного периода детренированности

Д. А. Катаев¹, В. И. Циркин², А. Н. Трухин³, С. И. Трухина^{✉3}

¹ Кировское областное государственное автономное учреждение дополнительного образования «Спортивная школа олимпийского резерва “Перекоп”», 610011, Россия, Киров, ул. Свердлова, д. 1а
² Казанский государственный медицинский университет, 420012, Россия, Казань, ул. Бутлерова, д. 49
³ Кировский государственный медицинский университет, 610998, Россия, Киров, ул. К. Маркса, д. 112

Сведения об авторах

Денис Анатольевич Катаев, SPIN-код: [1334-6776](#), ORCID: [0000-0002-8051-3521](#), e-mail: den.cataev2014@yandex.ru

Виктор Иванович Циркин, SPIN-код: [5385-0236](#), ORCID: [0000-0003-3467-3919](#), e-mail: esbartsirkin@list.ru

Андрей Николаевич Трухин, SPIN-код: [4832-8232](#), Scopus AuthorID: [7004017343](#), ORCID: [0000-0001-7259-7078](#), e-mail: trukhinandrey@rambler.ru

Светлана Ивановна Трухина, SPIN-код: [6505-5899](#), Scopus AuthorID: [8707074400](#), ORCID: [0000-0003-3888-1993](#), e-mail: trukhinasvetlana@yandex.ru

Для цитирования: Катаев, Д. А., Циркин, В. И., Трухин, А. Н., Трухина, С. И. (2026) Динамика 15 показателей variability сердечного ритма элитного лыжника-гонщика в процессе семимесячного периода детренированности. *Интегративная физиология*, т. 7, № 2, с. 267–288. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2026-7-2-267-288> EDN RTRGLQ

Получена 24 ноября 2025; прошла рецензирование 27 декабря 2025; принята 14 января 2026.

Финансирование: Исследование не имело финансовой поддержки.

Права: © Д. А. Катаев, В. И. Циркин, А. Н. Трухин, С. И. Трухина (2026). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии CC BY 4.0](#).

Аннотация. Регистрация variability сердечного ритма (BCP) в условиях клиностаза выявила, что у элитного лыжника К. Д. по прошествии семи месяцев с момента вынужденного полного прекращения всех тренировочных нагрузок медианы 10 показателей (из 15) клино-BCP (TP, AMHF, HF%, AMVLF, AMLF, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN и MxDMn) статистически значимо снижаются до уровня, характерного для спортсменов, а медианы трех показателей (VLF%, ЧСС, SI) возрастают, и лишь медианы двух показателей (LF%, AMLF/AMHF) не меняются. За этот же период 11 показателей орто-BCP снижаются до уровня, характерного для спортсменов (TP, AMHF, HF%, AMVLF, VLF%, AMLF, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN и MxDMn), а медианы четырех показателей (LF%, AMLF/AMHF, ЧСС и SI) возрастают. Для изменения показателей клино- и орто-BCP характерна гетерохрония. Первые статистически значимые изменения медиан показателей BCP наблюдаются уже спустя месяц после прекращения тренировочных нагрузок, и они усиливаются постепенно, достигая плато через два-пять месяцев. Прекращение тренировочных нагрузок сопровождалось снижением активности симпатического отдела (СО) автономной нервной системы (АНС), и особенно снижением активности парасимпатического отдела (ПО) АНС, в том числе, вероятно, снижением синтеза нелейроного ацетилхолина (НН-АХ), наличие которого, однако, даже после семи месяцев прекращения тренировок еще имеется у К. Д., хотя его уровень существенно снижен. Итак, если на становление спортивной брадикардии, как общеизвестно, требуются многолетние тренировочные нагрузки аэробного характера, то для ее регресса достаточен сравнительно короткий промежуток времени, судя по данным элитного лыжника К. Д., — не более семи месяцев при полном отсутствии тренировок на выносливость.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, клиностаз, активный ортостаз, лыжники-гонщики, автономная нервная система, парасимпатический и симпатический отделы, нелейроный ацетилхолин, регресс спортивной брадикардии

Dynamics of 15 heart rate variability parameters in an elite cross-country skier during 7-month detraining

D. A. Kataev¹, V. I. Tsirkin², A. N. Trukhin³, S. I. Trukhina^{✉3}

¹ Sports School of Olympic Reserve 'Perekop', 1a Sverdlova Str., Kirov 610011, Russia

² Kazan State Medical University, 49 Butlerova Str., Kazan 420012, Russia

³ Kirov State Medical University, 112 Karla Marksa Str., Kirov 610998, Russia

Authors

Denis A. Kataev, SPIN: [1334-6776](#), ORCID: [0000-0002-8051-3521](#), e-mail: den.cataev2014@yandex.ru

Viktor I. Tsirkin, SPIN: [5385-0236](#), ORCID: [0000-0003-3467-3919](#), e-mail: esbartsirkin@list.ru

Andrey N. Trukhin, SPIN: [4832-8232](#), Scopus AuthorID: [7004017343](#), ORCID: [0000-0001-7259-7078](#), e-mail: trukhinandrey@rambler.ru

Svetlana I. Trukhina, SPIN: [6505-5899](#), Scopus AuthorID: [8707074400](#), ORCID: [0000-0003-3888-1993](#), e-mail: trukhinasvetlana@yandex.ru

For citation: Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Trukhin, A. N., Trukhina, S. I. (2026) Dynamics of 15 heart rate variability parameters in an elite cross-country skier during 7-month detraining. *Integrative Physiology*, vol. 7, no. 2, pp. 267–288. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2026-7-2-267-288> EDN RTRGLQ

Received 24 November 2025; reviewed 27 December 2025; accepted 14 January 2026.

Funding: The study did not receive any external funding.

Copyright: © D. A. Kataev, V. I. Tsirkin, A. N. Trukhin, S. I. Trukhina (2026). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY License 4.0.

Abstract. Recording of heart rate variability (HRV) under clinostatic conditions revealed that in elite skier K. D., 7 months after the forced complete cessation of all training, the medians of 10 put of 15 clino-HRV parameters (TP, APHF, HF%, APVLE, APLF, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN and MxDMn) decreased statistically significantly to the level characteristic of non-athletes, the medians of 3 parameters (VLF%, HR, SI) increase, and the medians of only 2 parameters (LF%, APLF/APHF) remained unchanged. Over the same period, 11 ortho-HRV parameters decreased to the level typical of non-athletes (TP, APHF, HF%, APVLE, VLF%, APLF, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN and MxDMn), and the medians of 4 parameters (LF%, APLF/APHF, HR and SI) increased. Changes in clino- and ortho-HRV parameters are characterized by heterochrony. The first statistically significant changes in the medians of HRV parameters were observed as early as one month after the cessation of all training and increased gradually, reaching a plateau after 2–5 months. The cessation of training was accompanied by a decrease in the activity of the sympathetic division (SD) of the autonomic nervous system (ANS) and, in particular, a decrease in the activity of the parasympathetic division (PD) of the ANS, including, presumably, a decrease in the synthesis of non-neuronal acetylcholine (NN-ACh), the presence of which, however, was still detectable in K. D. even after 7 months without training, although at a significantly reduced level. Thus, whereas the development of sports bradycardia, as is well known, requires many years of aerobic training, a relatively short period of time is sufficient for its regression — judging by the data from elite skier K. D., no more than 7 months in the complete absence of endurance training.

Keywords: heart rate variability, clinostasis, active orthostasis, cross-country skiers, autonomic nervous system, parasympathetic and sympathetic divisions, non-neuronal acetylcholine, regression of sports bradycardia

Введение

Анализируя величины показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) у восьми элитных лыжников мужской сборной Республики Татарстан (далее — ЭЛРТ), среди которых был и К. Д., мы обратили внимание на то, что величины показателей ВСР, отражающие влияние парасимпатического отдела (ПО) автономной нервной системы (АНС) в условиях клиностаза (далее — клино-ВСР) и в условиях

активного ортостаза (орто-ВСР), были статистически значимо выше, чем у 11 лыжников-перворазрядников юношеской сборной команды Республики Татарстан (далее — ЮЛРТ), а также, судя по данным литературы, выше, чем у элитных спортсменов тех видов спорта, которые не требуют высокой аэробной выносливости. Эти наши данные частично опубликованы (Катаев и др. 2023, 2025a, 2025b, 2025c; Kataev et al. 2024), а часть из них будет изложена ниже в разделе «Результаты исследования».

С учетом данных литературы (Braczko et al. 2024; Kakinuma 2021; Oikawa et al. 2021) о способности кардиомиоцитов человека и животных синтезировать ненейрональный ацетилхолин (НН-АХ), который в сердце выполняет антиапоптотическую, противовоспалительную и антиоксидантную защиту, мы предположили, что выявляемые различия являются следствием не только высокой активности ПО АНС у элитных лыжников, но и результатом синтеза НН-АХ, интенсивность которого постепенно возрастает в процессе многолетних непрерывных тренировок на выносливость, что в итоге приводит к формированию спортивной брадикардии (Катаев и др. 2023, 2025a, 2025b, 2025c; Kataev et al. 2024).

В конце марта 2024 г. элитный лыжник К. Д. на одной из тренировок получил травму (повреждение суставной губы левого тазобедренного сустава и сухожилий приводящих мышц левого бедра), в связи с чем был вынужден полностью прекратить тренировки, сохраняя при этом бытовую активность. После оперативной реабилитации К. Д. в ноябре 2024 г. вновь приступил к тренировкам. При этом на протяжении всех семи месяцев К. Д. периодически регистрировал ВСР в условиях клиностаза и активного ортостаза, используя интервалокардиограф «ВНС-Микро» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново), т. е. той же марки, что применялся при исследовании ЭЛРТ и ЮЛРТ.

С учетом малочисленности сведений о характере изменения показателей ВСР в условиях детренированности у элитных спортсменов, тренирующихся на выносливость (Pereira et al. 2016), и того обстоятельства, что у К. Д. до момента травмы периодически оценивалась ВСР, результаты чего отражены в ряде статей (Катаев и др. 2023, 2025a, 2025b, 2025c; Kataev et al. 2024), в работе была поставлена цель: оценить динамику 15 показателей ВСР у К. Д. на протяжении семимесячного периода отсутствия тренировок на выносливость. При этом в рамках нашей гипотезы о влиянии кардиального НН-АХ на показатели ВСР у элитных лыжников была поставлена задача сравнить показатели ВСР, регистрируемые у К. Д. в конце этого периода, с величинами соответствующих показателей ВСР у ЭЛРТ, ЮЛРТ (по нашим данным) других спортсменов и неспортсменов (по данным литературы) и тем самым ответить на вопрос — сохранился ли к концу семимесячного безтренировочного периода у элитного лыжника синтез НН-АХ и осталось ли его влияние на показатели ВСР.

Отметим, что в литературе активно обсуждается вопрос о влиянии прекращения тренировок элитными спортсменами (велосипедистами-шоссейниками, бегунами-марафонцами, пловцами) на их физическую работоспособность. В частности, известно несколько обзорных работ по этому вопросу (Massarotto et al. 2024; Morrison et al. 2023; Mujika, Padilla 2001; Obel, Davidson 2005), в которых анализируются данные, полученные главным образом в 1980–1990-е гг.

Согласно ряду работ (Massarotto et al. 2024; Mujika, Padilla 2001), перерывы в тренировках элитных спортсменов могут быть планируемые и непланируемые (например, из-за травм или болезни), кратковременные и длительные. Этот период получил различные названия, а именно: период детренированности, период дезадаптации, период декондиции и регресс выносливости. Он может протекать при частичном или полном прекращении нагрузок, а с психологической точки зрения спортсмены могут по-разному относиться к факту вынужденного прекращения нагрузок, что зависит от целей занятий спортом и наличия сформированной зависимости от нагрузок (Antunes et al. 2016; Landolfi 2012; Massarotto et al. 2024). Как правило, исследование влияния прекращения нагрузок на организм спортсмена затрагивает первые 15 недель, при этом уже в первую неделю происходит выраженное изменение ряда показателей, отражающее снижение выносливости (Mujika, Padilla 2001; Massarotto et al. 2024).

Наиболее детально процесс детренированности элитных спортсменов, тренирующих выносливость, обсужден рядом специалистов. В частности, доказано, что полное прекращение тренировок вызывает быстрое снижение максимального потребления кислорода (МПК), которое, однако, остается выше, чем у неспортсменов (Mujika, Padilla 2001). Например, по данным ряда авторов (Martin et al. 1986), трех — восьминедельное прерывание тренировок у высокотренированных спортсменов снижает МПК на 20%. По другим данным (Coyle et al. 1984), при 84-дневном прекращении тренировок МПК на 21 день этого периода снижалось на 7%, на 56 суток — на 16%, после чего стабилизировалось на этом уровне, который на 17,3% выше, чем у неспортсменов.

Помимо снижения МПК, уменьшается объем циркулирующей крови (на 5–12%) и объем плазмы крови (Chen et al. 2022; Mujika, Padilla 2001), падает (на 12–20%) систолический объем крови при выполнении субмаксимальной тестовой нагрузки (Chen et al. 2022; Mujika, Padilla 2001). В ответ на тестирующую нагрузку

субмаксимальной мощности возрастает ЧСС, но снижается минутный объем крови (МОК) и максимальная вентиляция легких (МВЛ) (Mujika, Padilla 2001).

Многие авторы отмечают снижение массы левого желудочка сердца, особенно выраженное в первые три недели безтренировочного периода, достигающее уровня неспортсменов; при этом показано, что таковое снижение тем больше, чем длительнее период отсутствия тренировок (D'Ascenzi et al. 2015; Massarotto et al. 2024; Mujika, Padilla 2001; Petek et al. 2022). Кроме того, прекращение тренировок сопровождается ростом (на 8%) общего периферического сопротивления, которое сохраняется повышенным в течение 9–12 недель и вызывает рост артериального давления (Martin et al. 1986; Mujika, Padilla 2001); снижается выносливость, судя по уменьшению времени тренировки до изнеможения и по снижению спортивных результатов (Mujika, Padilla 2001).

Относительно характера изменений variability сердечного ритма (ВСР) у элитных спортсменов, тренирующихся на выносливость, известна работа (Pereira et al. 2016), в которой показано, что четырёхнедельное прекращение тренировок (в качестве отдыха) у 18 элитных бегунов-стайеров сопровождается снижением ВСР, что указывает на уменьшение влияния ПО АНС на работу сердца. Кроме того, было установлено, что уже в первые недели прекращения тренировок у спортсменов происходят существенные метаболические изменения. В частности, у них увеличивается потребление углеводов для ресинтеза АТФ и уменьшается потребление липидов (Mujika, Padilla 2001), снижается чувствительность к инсулину до уровня, характерного для неспортсменов (Mujika, Padilla 2001), уменьшается лактатный порог, что проявляется в большем повышении лактата в ответ на тестирующую нагрузку (Mujika, Padilla 2001), и снижается содержание гликогена в скелетных мышцах (Mujika, Padilla 2001).

Важно, что уже в первые недели детренировочного периода у спортсменов формируется негативное настроение, особенно если у них сформирована зависимость от тренировок, что проявляется депрессией, спутанностью сознания, гневливостью, усталостью и снижением бодрости настроения (Antunes et al. 2016).

Методика исследования

К. Д. (мастер спорта по лыжным гонкам с 2012 г.) проводил регистрацию ВСР в апреле, июне, августе и октябре 2024 г. (соответственно по 19, 22, 28 и 14 дней в каждом месяце, т. е.

всего 85 регистраций ВСР). При каждом исследовании вначале проводилась пятиминутная регистрация ВСР в условиях клиностаза (клино-ВСР), а затем в течение последующих пяти минут — в положении активного ортостаза (орто-ВСР); при этом первые 10 с интервалокардиографической записи, проводимой в ортостазе, исключались из анализа. Отметим, что потребность в регистрации орто-ВСР была вызвана тем, что она позволяла оценить проявление рефлекса Превеля, в том числе влияние ПО АНС и, вероятно, НН-АХ на активацию СО АНС при активном ортостазе, что детально изложено ранее в одной из наших работ (Катаев и др. 2025с).

Все варианты регистрации ВСР (как и в более ранних исследованиях в отношении ЭЛРТ и ЮЛРТ) осуществлялись после ночного сна, до приема завтрака, в комфортных условиях при использовании интервалокардиографа модели «ВНС-Микро» фирмы «Нейрософт» (г. Иваново), т. е. интервалокардиографа той же модели, которая применялась ранее при исследовании ЭЛРТ и ЮЛРТ. Это позволяло сравнивать показатели клино- и орто-ВСР, зарегистрированные у К. Д. после прекращения тренировок, с соответствующими показателями ВСР, зарегистрированными у К. Д. в 2019 и 2020 гг.

Так как травма у К. Д. произошла в конце марта 2024 г., то три первых месяца наблюдений (апрель, май, июнь) совпали с переходным периодом в подготовке элитных лыжников. Поэтому в качестве сравнения были взяты данные К. Д., полученные при его обследовании в июне 2019 г. («первая точка сравнения») и в июне 2020 г. («вторая точка сравнения»), т. е. в переходный период, при котором объем тренировочных нагрузок, проводимых по месту жительства спортсмена, снижается, по сравнению с подготовительным и соревновательным периодами, проводимыми в условиях учебно-тренировочных сборов (УТС). Как видно из таблиц 1 и 2, общая продолжительность нагрузки смешанного типа, т. е. аэробных и анаэробных нагрузок ($ОПН_{1-5}$), судя по медиане, 25-му и 75-му центилям, у К. Д. составила в июне 2019 г. 211,5 (166/269) мин в день; при этом продолжительность аэробных нагрузок ($ПН_{1-3}$) составила 201,5 (116/269) мин в день, а продолжительность анаэробных нагрузок ($ПН_{4-5}$) — 6,5 (1,2/10) мин в день.

В июне 2020 г. эти значения составили соответственно 101 (85/118), 101 (85/117) и 0, т. е. анаэробные нагрузки не входили в тренировочный процесс, а снижение объема тренировочных нагрузок в данный период было сделано по рекомендациям тренера в связи с продолжением эпидемии COVID-19. Этим объясняются

Табл. 1. Медианы и 25/75 центили спектральных показателей клино-, орто- и дельта-ВСП у элитного лыжника-гонщика К. Д. при наличии тренировочных нагрузок (июнь 2019 г., июнь 2020 г.) и при их отсутствии (апрель, июнь, август и октябрь 2024 г.).

Показатели ВСП								
Условия регистрации	ТР, мс ²	АМНФ, мс ²	НФ, %	АМVLF, мс ²	VLF, %	АМLF, мс ²	LF, %	АМLF/АМНФ, усл. ед.
Июнь 2019 (1)								
Объем нагрузки: ОПН ₁₋₅ — 211,5 (166/269); ПН ₁₋₃ — 201,5 (116/260); ПН ₄₋₅ — 6,5 (1,2/10)								
Клино	9764 6958/10789	3959 3161/4962	41,0 33/46	3333 2367/3968	35,4 30/43	2188 1443/3132	21,1 19/24	0,61 0,44/0,83
Орто	4144 3578/4903	283 173/367	6,3 3/9	1646 1276/2260	43,5 33/48	2267 1564/2724	49,1 42/60	9,05 4,43/18,36
Дельта	-55 -63/-46	-91 -95/-87	-33 -38/-22	-58 -64/-7	+2,7 0/12	-25 -28/16	+23 18/33	+8,18 3,9/17,4
Июнь 2020 (2)								
Объем нагрузки: ОПН ₁₋₅ — 101 (85/118); ПН ₁₋₃ — 101 (85/117); ПН ₄₋₅ — 0 (0/2)								
Клино	7559 6568/8617	3702 3130/3970	49,3 ¹ 42/53	1769 ¹ 1271/2222	24,1 ¹ 20/27	1930 1466/2181	25,0 21/28	0,51 0,41/0,58
Орто	5699 ¹ 4550/6708	264 196/349	4,7 3/5	1550 1293/2689	27,8 23/41	3340 ¹ 2609/4345	68,2 51/72	13,66 10,81/15,72
Дельта	-22 ¹ -33/2	-93 -94/-89	-45 ¹ -48/-37	+11 ¹ -31/70	+7,0 -2/18	+76 ¹ 44/144	+44 20/48	+13,15 10,24/15,2
1 месяц без нагрузки, апрель 2024 (3)								
Клино	5984 ^{1,2} 5271/7187	2653 ^{1,2} 2334/2912	40,9 ² 36/48	1836 ¹ 1157/2543	29,4 24/36	1594 1205/1872	25,9 20/30	0,63 0,45/0,80
Орто	3428 ² 2936/4289	128 ^{1,2} 74/153	3,3 ^{1,2} 2/3	1396 799/1990	41,1 27/42	2066 ² 1771/2540	56,4 54/69	18,94 ^{1,2} 15,79/22,76
Дельта	-46 ² -53/-30	-95 ^{1,2} -97/-93	-38,5 -44/-33	-42 ² -53/-9	+3,2 -4/12	+32 ^{1,2} 5/53	+35,7 27/38	17,81 ^{1,2} 15,22/22,2
3 месяца без нагрузки, июнь 2024 (4)								
Клино	5992 ¹ 5164/8019	2680 ^{1,2} 2105/2827	39,3 ² 34/46	2814 ^{2,3} 2160/3323	39,5 ^{2,3} 34/50	1110 ¹⁻³ 907/1311	16,9 ^{2,3} 13/22	0,42 ³ 0,33/0,57
Орто	2113 ¹⁻³ 1647/2644	68 ¹⁻³ 55/98	3,3 ^{1,2} 3/3	747 ¹⁻³ 642/930	35,8 32/44	1208 ¹⁻³ 997/1593	58,8 52/64	17,5 ^{1,2} 16,32/20,99
Дельта	-68 ¹⁻³ -72/-68	-97 ¹⁻³ -98/-95	-35,9 ² -43/-31	-71 ¹⁻³ -81/-60	-2,0 ² -9/5	+0,5 ² -14/58	+41 ^{1,3} 33/50	+17,0 ^{1,2} 15,69/20,4
5 месяцев без нагрузки, август 2024 (5)								
Клино	3592 ¹⁻⁴ 3100/4742	1380 ¹⁻⁴ 1108/1885	39,6 ² 31/45	1400 ^{1,4} 964/1753	39,7 ^{2,3} 30/50	694 ¹⁻⁴ 600/912	19,8 ^{2,3} 17/22	0,51 0,40/0,74
Орто	2221 ¹⁻³ 1598/3019	48 ¹⁻⁴ 42/62	2,1 ^{1,2,4} 1/2	959 ^{1,2} 517/1444	43,1 ² 32/49	1209 ¹⁻³ 950/1410	54,8 ² 47/65	22,4 ^{1,2,4} 17,66/28,31
Дельта	-39 ^{2,4} -53/-20	-96 ^{1,2,4} -97/-94	-36,9 ² -43/-28	-39 ^{2,4} -63/9	+2,2 -14/17	+65 ^{1,4} 26/117	+35,2 ⁴ 26/44	+21,8 ^{1,2,4} 17,0/27,8
7 месяцев без нагрузки, октябрь 2024								
Клино	3682 ¹⁻⁴ 2957/3727	1141 ¹⁻⁵ 874/1267	31 ²⁻⁵ 21/39	1587 ^{1,4} 1040/2310	40,8 ^{2,3} 38/63	752 ¹⁻⁴ 564/883	21,1 ³ 15/25	0,6 ^{2,4,5} 0,56/0,83
Орто	1708 ¹⁻³ 1298/2560	43 ¹⁻⁴ 27/55	1,9 ¹⁻⁴ 1/2	776 ¹⁻³ 462/1164	41 30/47	886 ¹⁻³ 751/1383	56,4 50/66	26,7 ¹⁻⁴ 21,14/30,71
Дельта	-47 ^{2,4} -65/-32	-96% ^{1,2} -97/-94	-28,7 ^{2,3,5} -35/-19	-53% ² -67/-41	-9,2 ² -16/11	+50% ¹ -14/85	36,9 31/45	25,8 ¹⁻⁴ 20,51/30,0

Примечание: 1) цифры в верхнем регистре означают месяц, в котором показатель отличается статистически значимо (критерий Манна — Уитни, $p < 0,05$) от показателей других месяцев; 2) дельта ВСП — разность между медианами соответствующего показателя орто-ВСП и клино-ВСП; 3) расшифровка показателей ВСП описана в разделе «Методика».

Table 1. Medians and 25/75 percentiles of spectral parameters of clino-, ortho-, and delta-HRV in elite cross-country skier K. D. with training (June 2019, June 2020) and without training (April, June, August, and October 2024)

HRV parameters								
Recording conditions	TP, ms ²	APHF, ms ²	HF, %	APVLF, ms ²	VLF, %	APLF, ms ²	LF, %	APLF/APHF, relat. un.
June 2019 (1)								
Load: TLD ₁₋₅ — 211.5 (166/269); LD ₁₋₃ — 201.5 (116/260); LD ₄₋₅ — 6.5 (1.2/10)								
Clino	9764 6958/10789	3959 3161/4962	41.0 33/46	3333 2367/3968	35.4 30/43	2188 1443/3132	21.1 19/24	0.61 0.44/0.83
Ortho	4144 3578/4903	283 173/367	63 3/9	1646 1276/2260	435 33/48	2267 1564/2724	49.1 42/60	9.05 4.43/18,36
Delta	-55 -63/-46	-91 -95/-87	-33 -38/-22	-58 -64/-7	+2.7 0/12	-25 -28/16	+23 18/33	+8.18 3.9/17.4
June 2020 (2)								
Load: TLD ₁₋₅ — 101 (85/118); LD ₁₋₃ — 101 (85/117); LD ₄₋₅ — 0 (0/2)								
Clino	7559 6568/8617	3702 3130/3970	49.3 ¹ 42/53	1769 ¹ 1271/2222	24.1 ¹ 20/27	1930 1466/2181	25.0 21/28	0.51 0.41/0.58
Ortho	5699 ¹ 4550/6708	264 196/349	4.7 3/5	1550 1293/2689	27.8 23/41	3340 ¹ 2609/4345	68.2 51/72	13.66 10.81/15.72
Delta	-22 ¹ -33/2	-93 -94/-89	-45 ¹ -48/-37	+11 ¹ -31/70	+7.0 -2/18	+76 ¹ 44/144	+44 20/48	+13.15 10.24/15.2
1 month without training, April 2024 (3)								
Clino	5984 ^{1,2} 5271/7187	2653 ^{1,2} 2334/2912	40.9 ² 36/48	1836 ¹ 1157/2543	29.4 24/36	1594 1205/1872	25.9 20/30	0.63 0.45/0.80
Ortho	3428 ² 2936/4289	128 ^{1,2} 74/153	3.3 ^{1,2} 2/3	1396 799/1990	41.1 27/42	2066 ² 1771/2540	56.4 54/69	18.94 ^{1,2} 15.79/22.76
Delta	-46 ² -53/-30	-95 ^{1,2} -97/-93	-38.5 -44/-33	-42 ² -53/-9	+3.2 -4/12	+32 ^{1,2} 5/53	+35.7 27/38	17.81 ^{1,2} 15.22/22.2
3 months without training, June 2024 (4)								
Clino	5992 ¹ 5164/8019	2680 ^{1,2} 2105/2827	39.3 ² 34/46	2814 ^{2,3} 2160/3323	39.5 ^{2,3} 34/50	1110 ¹⁻³ 907/1311	16.9 ^{2,3} 13/22	0.42 ³ 0.33/0.57
Ortho	2113 ¹⁻³ 1647/2644	68 ¹⁻³ 55/98	3.3 ^{1,2} 3/3	747 ¹⁻³ 642/930	35.8 32/44	1208 ¹⁻³ 997/1593	58.8 52/64	17.5 ^{1,2} 16.32/20.99
Delta	-68 ¹⁻³ -72/-68	-97 ¹⁻³ -98/-95	-35.9 ² -43/-31	-71 ¹⁻³ -81/-60	-2.0 ² -9/5	+0.5 ² -14/58	+41 ^{1,3} 33/50	+17.0 ^{1,2} 15.69/20.4
5 months without training, August 2024 (5)								
Clino	3592 ¹⁻⁴ 3100/4742	1380 ¹⁻⁴ 1108/1885	39.6 ² 31/45	1400 ^{1,4} 964/1753	39.7 ^{2,3} 30/50	694 ¹⁻⁴ 600/912	19.8 ^{2,3} 17/22	0.51 0.40/0.74
Ortho	2221 ¹⁻³ 1598/3019	48 ¹⁻⁴ 42/62	2.1 ^{1,2,4} 1/2	959 ^{1,2} 517/1444	43.1 ² 32/49	1209 ¹⁻³ 950/1410	54.8 ² 47/65	22.4 ^{1,2,4} 17.66/28.31
Delta	-39 ^{2,4} -53/-20	-96 ^{1,2,4} -97/-94	-36.9 ² -43/-28	-39 ^{2,4} -63/9	+2.2 -14/17	+65 ^{1,4} 26/117	+35.2 ⁴ 26/44	+21.8 ^{1,2,4} 17.0/27.8
7 months without load, October 2024								
Clino	3682 ¹⁻⁴ 2957/3727	1141 ¹⁻⁵ 874/1267	31 ²⁻⁵ 21/39	1587 ^{1,4} 1040/2310	40.8 ^{2,3} 38/63	752 ¹⁻⁴ 564/883	21.1 ³ 15/25	0.6 ^{2,4,5} 0.56/0.83
Ortho	1708 ¹⁻³ 1298/2560	43 ¹⁻⁴ 27/55	1.9 ¹⁻⁴ 1/2	776 ¹⁻³ 462/1164	41 30/47	886 ¹⁻³ 751/1383	56.4 50/66	26.7 ¹⁻⁴ 21.14/30.71
Delta	-47 ^{2,4} -65/-32	-96% ^{1,2} -97/-94	-28.7 ^{2,3,5} -35/-19	-53% ² -67/-41	-9.2 ² -16/11	+50% ¹ -14/85	36.9 31/45	25.8 ¹⁻⁴ 20.51/30.0

Note: (1) Superscript numbers indicate the month(s) for which the value differs statistically significantly (Mann–Whitney test, $p < 0.05$) from the values for other months. (2) Delta-HRV is the difference between the medians of the corresponding ortho-HRV and clino-HRV parameters. (3) The interpretation of HRV parameters is described in the Methodology section.

Табл. 2. Медианы и 25/75 центили временных показателей клино-, орто- и дельта-ВСП у элитного лыжника-гонщика К. Д. при наличии тренировочных нагрузок (июнь 2019 г., июнь 2020 г.) и при их отсутствии (апрель, июнь, август и октябрь 2024 г.).

Показатели ВСП							
Условия регистрации	RRNN, мс	ЧСС, уд/мин	pNN50, %	RMSSD, мс	SDNN, мс	MxDMn, мс	SI, усл. ед.
Июнь 2019 (1)							
Объем нагрузки: ОПН ₁₋₅ — 211,5 (166/269); ПН ₁₋₃ — 201,5 (116/260); ПН ₄₋₅ — 6,5 (1,2/10)							
Клино	1452 1374/1484	41,3 40/43	70,3 69/75	119 108/132	101,5 90/111	605 557/655	11,2 10/14
Орто	945 898/1009	63,5 59/66	11,7 5/15	34 28/35	65 60/70	325 302/347	51,4 44/63
Дельта	-34 -37/-31	+51 45/59	-83 -92/-78	-69 -75/-67	-33 -43/-29	-44 -51/-36	+38 33/52
Июнь 2020 (2)							
Объем нагрузки: ОПН ₁₋₅ — 101 (85/118); ПН ₁₋₃ — 101 (85/117); ПН ₄₋₅ — 0 (0/2)							
Клино	1483 1454/1528	40,5 39/41	68,5 65/72	100 ¹ 91/108	76 ¹ 68/87	367 ¹ 342/451	22,1 ¹ 17/25
Орто	864 ¹ 846/919	69,5 ¹ 65/70	7,9 5/10	32 29/35	73 ¹ 68/81	411 ¹ 368/439	40,4 ¹ 32/47
Дельта	-40 ¹ -43/-38	+68 ¹ 62/76	-88 -91/-84	-66 -71/-64	-3 ¹ -12/7	+3 ¹ -916	+20 ¹ 14/25
1 месяц без нагрузки, апрель 2024 (3)							
Клино	1322 ^{1,2} 1247/1357	45,4 ^{1,2} 44/48	66,4 ¹ 64/70	100 ¹ 91/102	80 ¹ 75/87	464 ¹ 379/522	21,3 ¹ 17/28
Орто	826 ^{1,2} 779/864	72,6 ^{1,3} 69/77	2,8 ^{1,2} 2/4	23 ^{1,2} 20/24	60 ² 54/65	322 ² 273/355	64,0 ^{1,2} 53/76
Дельта	-37 ^{1,2} -39/-34	+59 ^{1,2} 53/66	-96 ^{1,2} -96/-92	-76 ^{1,2} -79/-74	-31 ² -34/-19	-31 ^{1,2} -36/-16	+44 ² 33/48
3 месяца без нагрузки, июнь 2024 (4)							
Клино	1272 ^{1,2} 1219/1324	47,1 ^{1,2} 45/49	68,1 60/70	91 ^{1,2} 79/96	77,5 ¹ 72/87	407 ¹ 373/456	25,4 ¹ 20/27
Орто	757 ¹⁻³ 725/780	79,2 ¹⁻³ 77/82	1,2 ¹⁻³ 0/2	16 ¹⁻³ 15/19	46 ¹⁻³ 40/50	244 ¹⁻³ 220/273	111,8 ¹⁻³ 91/157
Дельта	-40 ^{1,3} -42/-38	+68 ^{1,3} 63/73	-97 ¹⁻³ -98/-96	-81 ¹⁻³ -84/-77	-43 ^{2,3} -47/-32	-36 ^{2,3} -53/-28	+77 ¹⁻³ 63/125
5 месяцев без нагрузки, август 2024 (5)							
Клино	1258 ¹⁻³ 1229/1285	47,7 ¹⁻³ 46/48	50,7 ¹⁻⁴ 46/59	64 ^{1-3,4} 58/75	59 ¹⁻⁴ 56/69	304 ¹⁻⁴ 279/332	43,3 ¹⁻⁴ 36/50
Орто	797 ¹⁻³ 762/808	75,3 ¹⁻³ 74/78	1,4 ¹⁻³ 0/2	16 ¹⁻³ 14/18	46 ¹⁻³ 40/57	236 ¹⁻³ 205/297	107,5 ¹⁻³ 82/161
Дельта	-37 ^{1,2,4} -38/-36	+60 ^{1,2,4} 57/63	-97 ¹⁻³ -98/-95	-76 ^{2,4} -78/-70	-24 ^{1,2,4} -30/-6	-18 ^{1,2,4} -34/-2	+68,8 ¹⁻³ 45/99
7 месяцев без нагрузки, октябрь 2024							
Клино	1197 ¹⁻⁵ 1148/1241	50,1 ¹⁻⁵ 48/52	45,4 ¹⁻⁵ 36/47	58 ¹⁻⁴ 52/63	58 ¹⁻⁴ 53/62	305 ¹⁻⁴ 279/322	49,0 ¹⁻⁴ 42/52
Орто	749 ^{1-3,5} 734/769	80,1 ^{1-3,5} 77/81	1,3 ¹⁻³ 0/1	15 ¹⁻³ 13/17	42 ¹⁻³ 36/49	232 ¹⁻³ 202/298	142,1 ¹⁻³ 93/168
Дельта	-37% ^{1,2,4} -39/-35	+60% ^{1,2,4} 54/64	-97% ¹⁻³ -99/-96	-73% ^{2,4} -76/-69	-28% ²⁻⁴ -39/-19	-23 ^{1,2,4} -33/-12	+97,3 ¹⁻³ 63/119

Примечание: 1) цифры в верхнем регистре означают месяц, в котором показатель отличается статистически значимо (критерий Манна — Уитни, $p < 0,05$) от показателей других месяцев; 2) дельта ВСП — это разность между медианами соответствующего показателя орто-ВСП и клино-ВСП; 3) расшифровка показателей ВСП описана в разделе «Методика».

Table 2. Medians and 25/75 percentiles of time-domain parameters of clino-, ortho-, and delta-HRV in elite cross-country skier K. D. with training (June 2019, June 2020) and without training (April, June, August, and October 2024)

HRV parameters							
Recording conditions	RRNN, ms	Heart rate, bpm	pNN50, %	RMSSD, ms	SDNN, ms	MxDMn, ms	SI, relat. un.
June 2019 (1)							
Load: TLD ₁₋₅ — 211.5 (166/269); LD ₁₋₃ — 201.5 (116/260); LD ₄₋₅ — 6.5 (1.2/10)							
Clino	1452 1374/1484	41.3 40/43	70.3 69/75	119 108/132	101.5 90/111	605 557/655	11.2 10/14
Ortho	945 898/1009	63.5 59/66	11.7 5/15	34 28/35	65 60/70	325 302/347	51.4 44/63
Delta	–34 –37/–31	+51 45/59	–83 –92/–78	–69 –75/–67	–33 –43/–29	–44 –51/–36	+38 33/52
June 2020 (2)							
Load: TLD ₁₋₅ — 101 (85/118); LD ₁₋₃ — 101 (85/117); LD ₄₋₅ — 0 (0/2)							
Clino	1483 1454/1528	40.5 39/41	68.5 65/72	100 ¹ 91/108	76 ¹ 68/87	367 ¹ 342/451	22.1 ¹ 17/25
Ortho	864 ¹ 846/919	69.5 ¹ 65/70	7.9 5/10	32 29/35	73 ¹ 68/81	411 ¹ 368/439	40.4 ¹ 32/47
Delta	–40 ¹ –43/–38	+68 ¹ 62/76	–88 –91/–84	–66 –71/–64	–3 ¹ –12/7	+3 ¹ –916	+20 ¹ 14/25
1 month without training, April 2024 (3)							
Clino	1322 ^{1,2} 1247/1357	45.4 ^{1,2} 44/48	66.4 ¹ 64/70	100 ¹ 91/102	80 ¹ 75/87	464 ^{1,2} 379/522	21.3 ¹ 17/28
Ortho	826 ^{1,2} 779/864	72.6 ¹⁻³ 69/77	2.8 ^{1,2} 2/4	23 ^{1,2} 20/24	60 ² 54/65	322 ² 273/355	64.0 ^{1,2} 53/76
Delta	–37 ^{1,2} –39/–34	+59 ^{1,2} 53/66	–96 ^{1,2} –96/–92	–76 ^{1,2} –79/–74	–31 ² –34/–19	–31 ^{1,2} –36/–16	+44 ² 33/48
3 months without training, June 2024 (4)							
Clino	1272 ^{1,2} 1219/1324	47.1 ^{1,2} 45/49	68.1 60/70	91 ^{1,2} 79/96	77.5 ¹ 72/87	407 ¹ 373/456	25.4 ¹ 20/27
Ortho	757 ¹⁻³ 725/780	79.2 ¹⁻³ 77/82	1.2 ¹⁻³ 0/2	16 ¹⁻³ 15/19	46 ¹⁻³ 40/50	244 ¹⁻³ 220/273	111.8 ¹⁻³ 91/157
Delta	–40 ^{1,3} –42/–38	+68 ^{1,3} 63/73	–97 ¹⁻³ –98/–96	–81 ¹⁻³ –84/–77	–43 ^{2,3} –47/–32	–36 ^{2,3} –53/–28	+77 ¹⁻³ 63/125
5 months without training, August 2024 (5)							
Clino	1258 ¹⁻³ 1229/1285	47.7 ¹⁻³ 46/48	50.7 ¹⁻⁴ 46/59	64 ^{1-3,4} 58/75	59 ¹⁻⁴ 56/69	304 ¹⁻⁴ 279/332	43.3 ¹⁻⁴ 36/50
Ortho	797 ¹⁻³ 762/808	75.3 ¹⁻³ 74/78	1.4 ¹⁻³ 0/2	16 ¹⁻³ 14/18	46 ¹⁻³ 40/57	236 ¹⁻³ 205/297	107.5 ¹⁻³ 82/161
Delta	–37 ^{1,2,4} –38/–36	+60 ^{1,2,4} 57/63	–97 ¹⁻³ –98/–95	–76 ^{2,4} –78/–70	–24 ^{1,2,4} –30/–6	–18 ^{1,2,4} –34/–2	+68.8 ¹⁻³ 45/99
7 months without training, October 2024							
Clino	1197 ¹⁻⁵ 1148/1241	50.1 ¹⁻⁵ 48/52	45.4 ¹⁻⁵ 36/47	58 ¹⁻⁴ 52/63	58 ¹⁻⁴ 53/62	305 ¹⁻⁴ 279/322	49.0 ¹⁻⁴ 42/52
Ortho	749 ^{1-3,5} 734/769	80.1 ^{1-3,5} 77/81	1.3 ¹⁻³ 0/1	15 ¹⁻³ 13/17	42 ¹⁻³ 36/49	232 ¹⁻³ 202/298	142.1 ¹⁻³ 93/168
Delta	–37 ^{1,2,4} –39/–35	+60 ^{1,2,4} 54/64	–97 ¹⁻³ –99/–96	–73 ^{2,4} –76/–69	–28 ²⁻⁴ –39/–19	–23 ^{1,2,4} –33/–12	+97.3 ¹⁻³ 63/119

Note: (1) Superscript numbers indicate the month(s) for which the value differs statistically significantly (Mann–Whitney test, $p < 0.05$) from the values for other months. (2) Delta-HRV is the difference between the medians of the corresponding ortho-HRV and clino-HRV parameters. (3) The interpretation of HRV parameters is described in the Methodology section.

существенные различия в величинах показателей ВСР у К. Д. в июне 2019 г. и в июне 2020 г., взятые соответственно за «первую» и «вторую» точки сравнения. Отметим также, что индексы при аббревиатуре ПН, т. е. $ПН_{1-5}$, $ПН_{1-3}$ и $ПН_{4-5}$ означают зоны рабочего пульса, из которых, согласно данным литературы (Есева и др. 2018), первые три зоны (1–3) являются зонами аэробных нагрузок, проходящих при величине рабочего пульса менее 80% от максимальной ЧСС спортсмена, а зоны 4 и 5 — зоны анаэробных нагрузок, при которых ЧСС выше 80% от максимальной. Поэтому $ПН_{1-5}$ означает общую продолжительность всех видов нагрузки*.

Анализ ВСР проводили с использованием программы «Полиспектр» («Нейрософт», Россия). Анализу подвергнуты общепринятые восемь спектральных и семь временных параметров ВСР. Среди спектральных показателей ВСР — это общая мощность спектра (TP, mc^2), или total power; абсолютная мощность (AM, mc^2) быстрых (HF-) волн, медленных (LF-) волн и очень медленных (VLF-) волн (далее — AMHF, AMLF и AMVLF); отношение AMLF/AMHF, относительная мощность HF-, LF- и VLF-волн, т. е. мощность волн, выраженная в процентах к TP (далее — соответственно HF%, LF% и VLF%).

Среди временных показателей анализировали 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 интервалами R-R, а также стресс-индекс (SI, усл. ед.), или индекс напряжения, который рассчитывали по формуле: $ИН = AMo / Mo \times 2 MxDMn$, 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 минимальными значениями интервалов R-R (с).

* Как известно, у элитных лыжников-гонщиков объем тренировочных нагрузок колоссальный. Так, у К. Д. в подготовительный период (он длится шесть месяцев) сезона 2019/2020 гг. («первая точка сравнения») объем нагрузок составил 5278 км или 375,5 ч. До момента внезапного прекращения тренировок его стаж занятий лыжными гонками составлял 21 год. В период наблюдений (апрель — октябрь 2024 г.) у К. Д. сохранялась только бытовая нагрузка.

Оценка этих показателей формировалась путем суммирования результатов отдельных исследований каждого месяца, что и представлено в таблицах 1 и 2. Все результаты выражали в виде медианы, 25 и 75 центилей (Стентон 1998). При оценке различий использовали критерий Манна — Уитни, считая их статистически значимыми при $p < 0,05$ (Стентон 1998). Для расчетов использовали программу BioStat 2009 Professional, 5.9.8. (фирма Analyst Soft). Исследования, проводимые К. Д. в 2019 и 2020 гг., были одобрены локальным биоэтическим комитетом Вятского государственного университета (протокол № 1 от 17.01.2020 г.).

Результаты

Изменение медиан показателей клино-ВСР элитного лыжника К. Д. к концу семимесячного отсутствия тренировок

Данные, представленные в таблицах 1 и 2 и на рисунках 1 и 2, показывают, что из 15 показателей ВСР, регистрируемых в условиях клиностаза, в октябре 2024 г. медианы 10 показателей были статистически значимо ниже, чем у соответствующих показателей ВСР у К. Д. в июне 2019 г. (первая точка сравнения). Это TP (ее медиана снизилась с 9764 mc^2 до 3682 mc^2 , т. е. на 62%), AMHF (с 3959 mc^2 до 1141 mc^2 , т. е. на 71%), HF% (с 41,0 до 31,0%, т. е. на 10%), AMVLF (с 3333 mc^2 до 1587 mc^2 , т. е. на 52%), AMLF (с 2188 mc^2 до 732 mc^2 , т. е. на 67%), RRNN (с 1452 мс до 1197 мс, т. е. на 39%), pNN50% (с 70,3 до 45,4%, т. е. на 35,4%), RMSSD (с 119 мс до 58 мс, т. е. на 51%), SDNN (с 101,5 мс до 58 мс, т. е. на 43%) и MxDMn (с 605 мс до 305 мс, т. е. на 16%). При этом медианы трех показателей были выше, чем в июне 2019 г. — это VLF% (медиана возросла с 35,4 до 40,8%, т. е. на 5,4%), ЧСС (с 41,3 уд/мин до 50,1 уд/мин, т. е. на 8,8 уд/мин, или на 20,1%) и SI (с 11,2 усл. ед. до 49,2 усл. ед., т. е. на 38 усл. ед.) и лишь медианы двух показателей не изменились — это LF% (21,2–21,1% от TP) и AMLF/AMHF (0,61–0,63 усл. ед.). При этом структура TP-волн изменилась — в июне 2019 г. она была представлена как AMHF > AMVLF > AMLF, т. е. на первом месте HF-волны, а на втором и третьем местах соответственно VLF- и LF-волны, а в октябре 2024 г. она представлена как AMVLF > AMHF > AMLF, т. е. первое место занимают VLF-волны. В целом, эти данные позволяют заключить, что в процессе семимесячного отсутствия тренировок у элитного лыжника К. Д. снижается активность СО АНС и ПО АНС, а также, вероятно, снижается уровень синтеза НН-АХ.

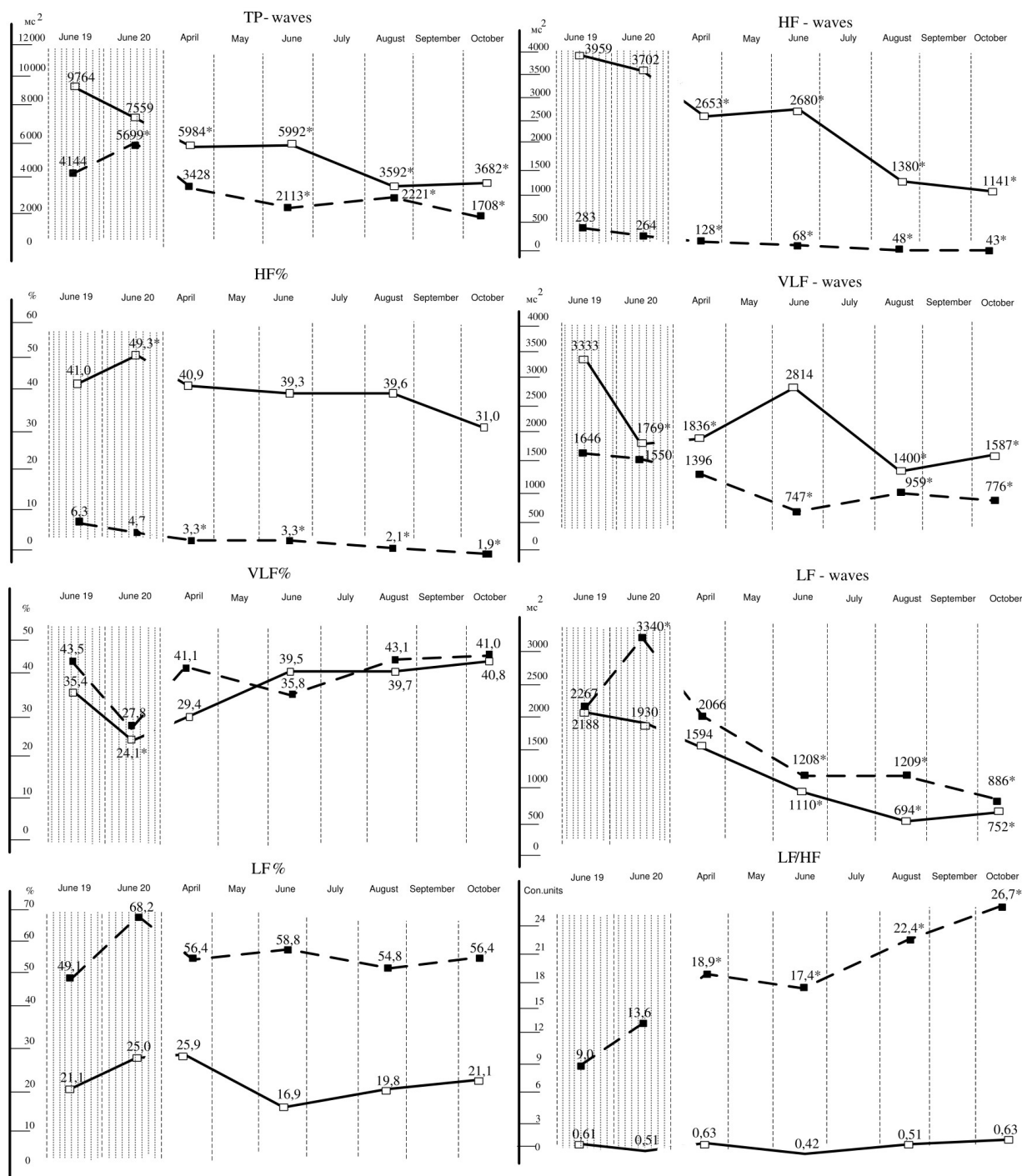


Рис. 1. Медианы абсолютной мощности ТР-волн (ms^2), абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн (ms^2 ; соответственно AMHF, AMVLF и AMLF), относительной (в % к ТР) мощности этих волн (соответственно HF%, VLF% и LF%) и соотношения AMLF/AMHF по данным регистрации кардиоинтервалограммы в условиях клиностаза (сплошная кривая) и ортостаза (прерывистая кривая) у К. Д. в условиях тренировочных нагрузок (в июне 2019 г. и в июне 2020 г., темный фон столбиков) и при семимесячном отсутствии тренировочных нагрузок (светлый фон столбиков). * — достоверные отличия от показателей июня 2019 г. (критерий Манна — Уитни, $p < 0,05$).
Расшифровка показателей ВСР дана в разделе «Методика»

Fig. 1. Median absolute power of TP waves (ms^2), absolute power of HF, VLF, and LF waves (ms^2 ; APHF, APVLF, and APLE, respectively), relative (as a percentage of TP) power of these waves (HF%, VLF%, and LF%, respectively), and the APLF/APHF ratio based on cardiointervalogram recordings under clinostasis (solid line) and orthostasis (dashed line) in K. D. during training, i. e., in June 2019 and June 2020 (dark background bars) and after 7 months without training (light background bars). * — significant differences from June 2019 (Mann-Whitney test, $p < 0.05$). The interpretation of the HRV parameters is provided in the Methodology section

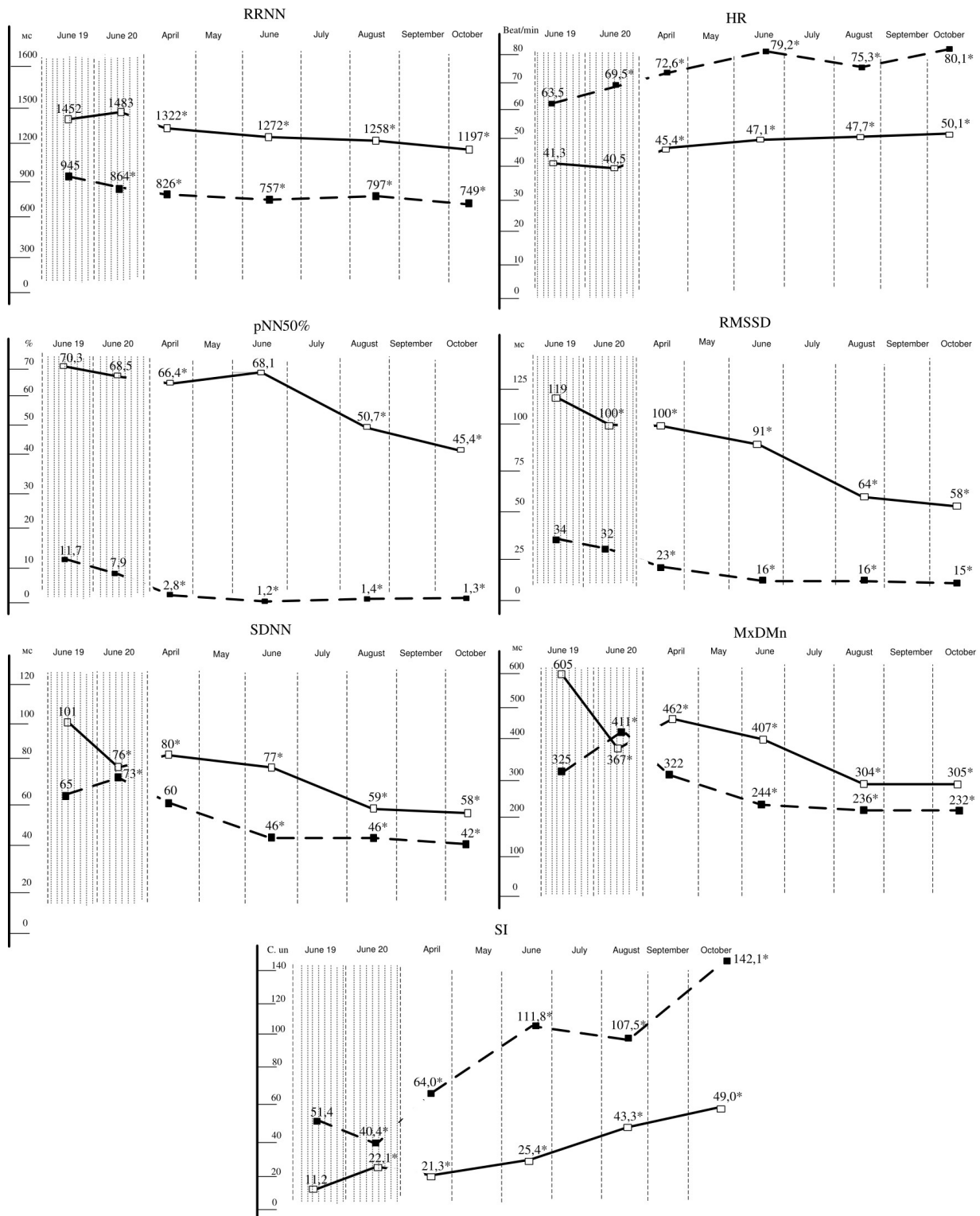


Рис. 2. Медианы RRNN (мс), ЧСС (уд/мин), pNN50% (%), RMSSD (мс), SDNN (мс), MxDMn (мс), SI (усл. ед), по данным регистрации кардиоинтервалограммы в условиях клиностаза (сплошная кривая) и ортостаза (прерывистая кривая) у К. Д., в условиях тренировочных нагрузок (в июне 2019 г. и в июне 2020 г., темный фон столбиков) и при семимесячном отсутствии тренировочных нагрузок (светлый фон столбиков) * — достоверные отличия от показателей июня 2019 г. (критерий Манна — Уитни, $p < 0,05$).
Расшифровка показателей ВСР дана в разделе «Методика»

Fig. 2. Median RRNN (ms), HR (bpm), pNN50% (%), RMSSD (ms), SDNN (ms), MxDMn (ms), SI (standard units), based on cardiointervalogram data from clinostasis (solid line) and orthostasis (dashed line) in K. D., during training, i. e., in June 2019 and June 2020 (dark background bars) and after 7 months without training (light background bars) * — significant differences from June 2019 (Mann–Whitney test, $p < 0.05$).
The interpretation of the HRV parameters is provided in the Methodology section

Сравнение медиан показателей клино-ВСП, зарегистрированных у К. Д. в октябре 2024 г., с соответствующими показателями клино-ВСП, характерными для ЭЛРТ и ЮЛРТ, а также для спортсменов других видов спорта и для неспортсменов

Вопрос о том, до какого уровня происходит снижение продукции НН-АХ в конце семи-месячного периода полного отсутствия тренировок на выносливость, остается открытым, но мы предполагаем, что синтез НН-АХ у элитного лыжника К. Д. еще сохраняется, хотя и на более низком уровне. Действительно, в октябре 2024 г. у К. Д. медианы четырех показателей (RRNN, ЧСС, LF%, AMLF/AMHF) находились между медианами соответствующих показателей клино-ВСП, характерных для ЭЛРТ и для ЮЛРТ.

Согласно нашим данным (Катаев и др. 2025b), у этих двух команд величины показателей клино-ВСП, которые представляют собой усредненные значения по всем шести месяцам подготовительного периода, косвенно свидетельствуют о том, что активность ПО АНС и, вероятно, интенсивность синтеза НН-АХ у ЭЛРТ выше, чем ЮЛРТ. Сравнение показывает, что медиана RRNN у ЭЛРТ составляла 1440 мс, у ЮЛРТ — 1038 мс, а у К. Д. (октябрь 2024 г.) — 1197 мс. Медиана ЧСС у ЭЛРТ, ЮЛРТ и К. Д. составила соответственно 42,0, 51,7 и 50,1 уд/мин; медиана LF% — соответственно 16,3, 24,4 и 21,1%, а медиана AMLF/AMHF — соответственно 0,34, 0,84 и 0,63 усл. ед. Однако медианы девяти других показателей клино-ВСП у К. Д. были ниже, чем у ЭЛРТ и ЮЛРТ. Это медианы: 1) TP: у ЭЛРТ — 8612 мс², у ЮЛРТ — 7705 мс², у К. Д. — 3682 мс²; 2) AMHF: соответственно 4102, 3747 и 1141 мс²; 3) HF% — соответственно 56,5, 43,6 и 31,0%; 4) AMVLF — соответственно 1711, 2627 и 1586 мс²; 5) AMLF — соответственно 1316, 1734 и 752 мс²; 6) pNN50% — соответственно 71,4, 51,7 и 45,4%; 7) RMSSD — соответственно 118, 80 и 58 мс; 8) SDNN — соответственно 91, 88 и 58 мс; 9) MxDMn — соответственно 529, 485 и 305 мс. И только медиана SI у К. Д. была выше (49 усл. ед.), чем у ЭЛРТ (16,1 усл. ед.) и ЮЛРТ (26,9 усл. ед.).

Все это косвенно подтверждает наше представление о том, что синтез НН-АХ у К. Д. через семь месяцев отсутствия тренировочных нагрузок существенно снижен, но, вероятно, он все еще происходит, хоть и с более низкой интенсивностью.

Величины показателей клино-ВСП лыжника К. Д. (октябрь 2024 г.) мы сравнили с аналогичными показателями клино-ВСП неспортсменов,

у которых регистрация ВСП (Михайлов 2017) проводилась в условиях клиностаза с использованием интервалокардиографа той же модели («Нейрософт»), что применялась и нами. В частности, при сравнении с данными, полученными В. М. Михайловым (Михайлов 2017) при обследовании 25-летних мужчин-контрактников, показано, что у них величины ряда показателей (AMHF, HF%, AMLF, LF%, RMSSD, SDNN) были примерно такие же, как у К. Д. (октябрь 2024 г.).

Действительно, величина AMHF у контрактников составила 1010 мс², у К. Д. — 1141 мс²; для HF% — соответственно 36,1 и 31,0%; для AMLF — 745 и 752 мс²; для LF% — 24,4 и 21,1%; для RMSSD — 48,6 и 58 мс; для SDNN — соответственно 53,9 и 58 мс. Однако значения таких показателей, как TP, AMVLF, VLF%, RRNN и pNN50% у К. Д. (октябрь) были значительно выше, чем у контрактников. Так, величина TP у К. Д. составила 3682 мс² против 2815 мс² у контрактников; для AMVLF — соответственно 1586 мс² против 744 мс², для VLF% — соответственно 40,8% против 33,4%; для RRNN — соответственно 1197 мс против 914 мс; для pNN50% — соответственно 45,4% против 31%, но величина ЧСС у К. Д. была ниже, чем у контрактников (50,1 против 65,5 уд/мин).

Все это говорит о том, что, спустя семь месяцев после прекращения тренировок, у спортсмена К. Д. сохраняется синтез НН-АХ, хотя его уровень, несомненно, ниже, чем у К. Д. в 2019 г. или в 2020 г. при наличии тренировок. При сравнении с данными, полученными при обследовании 29-летних мужчин и женщин, сотрудников фирмы «Нейрософт» (Михайлов 2017), показано, что у К. Д. значения TP, AMHF, AMLF, AMVLF, RRNN, pNN50%, RMSSD, SDNN были выше, чем у сотрудников фирмы. Действительно, величина TP у К. Д. составила 3682 мс² против 1684 мс² у сотрудников фирмы; для AMHF — соответственно 1141 мс² против 528 мс²; для AMLF — 752 мс² против 437 мс²; для AMVLF — 1587 мс² против 476 мс²; для RRNN — 1197 мс против 980 мс; для pNN50% — 45,4% против 13,3%; для RMSSD — 58 мс против 34 мс; для SDNN — соответственно 58 мс против 41 мс. А величина AMLF/AMHF, наоборот, у К. Д. была ниже, чем у сотрудников — 0,63 усл. ед. против 0,81 усл. ед. Это также говорит о том, что даже спустя семь месяцев после прекращения тренировочных нагрузок у спортсмена К. Д. синтез НН-АХ сохраняется, хотя и на более низком уровне, чем при наличии тренировок.

В целом, можно заключить, что при отсутствии тренировочных нагрузок синтез НН-АХ

в сердце элитного лыжника постепенно уменьшается. Очевидно, что регресс спортивной брадикардии происходит не мгновенно, а постепенно, по мере увеличения продолжительности отсутствия систематических тренировочных нагрузок на выносливость, но намного быстрее, чем происходит формирование спортивной брадикардии, на которое, как известно (Баталов и др. 2020; Новикова и др. 2022), затрачиваются годы непрерывных тренировок большого объема. Так, победителями чемпионатов мира и зимних олимпийских игр в лыжных гонках, а именно в лыжном марафоне на 50 км, становятся спортсмены, средний возраст которых составляет 26–29 лет, имеющие длительный стаж занятий этим видом спорта (Баталов и др. 2020). Известно также, что в список 40 лучших лыжников-мужчин России попадают лишь 0,83% лыжников-гонщиков 15–16 лет, которые становились победителями и призерами Всероссийских соревнований среди юношей 15–16 лет, и лишь 0,56% из них выступают на Кубке мира (Новикова и др. 2022).

Изменение медиан показателей орто-ВСП элитного лыжника К. Д. к концу семимесячного отсутствия тренировок

Установлено (табл. 1 и 2; рис. 1 и 2), что в октябре 2024 г. медианы 11 из 15 показателей орто-ВСП были статистически значимо ниже значений, характерных для К. Д. в июне 2019 г. Это: 1) ТР (ее медиана снизилась с 4144 до 1708 мс², т. е. на 58,8%; 2) АМНФ — с 283 до 43 мс², т. е. на 84%; 3) НФ% — с 6,3 до 1,9%, т. е. на 4,4%; 4) АМВЛФ — с 1646 до 776 мс², т. е. на 52%; 5) VLF% — с 43,5 до 41,0%, т. е. на 2,5%; 6) АМЛФ — с 2267 до 886 мс², т. е. на 61%; 7) RRNN — с 945 до 749 мс, т. е. на 20,7%; 8) pNN50% — с 11,7 до 1,3%, т. е. на 26,3%; 9) RMSSD — с 34 до 15 мс, т. е. на 55,9%; 10) SDNN — с 65 до 42 мс, т. е. на 35,3%; 11) MxDMn — с 325 до 232 мс, т. е. на 28,6%. Но при этом медианы четырех показателей в октябре были выше исходных, в том числе: 1) LF% — рост с 49,1 до 56,4%, т. е. на 7,3%; 2) АМЛФ/АМНФ — рост с 9,05 до 26,7 усл. ед., т. е. на 17,5 усл. ед.; 3) ЧСС — рост с 63,5 до 80,1 уд/мин, т. е. на 26%; 4) SI — рост с 51,1 до 142,0 усл. ед., т. е. на 90 усл. ед.

Важно подчеркнуть, что, как уже было отмечено выше, из 15 показателей клино-ВСП не менялись лишь два показателя, а именно LF% (21,2–21,1% от ТР) и АМЛФ/АМНФ (0,61–0,63 усл. ед.), т. е. именно те показатели, которые отражают активность СО АНС. Но в условиях активного ортостаза медианы этих двух показателей возрастают, в частности медиана LF%

повысилась с 49,1 до 56,4%, т. е. на 7,3%, а медиана АМЛФ/АМНФ повысилась с 9,05 до 26,7 усл. ед., т. е. на 17,5 усл. ед. Это означает, что при прекращении тренировок, судя по клино-ВСП, доля СО АНС в общем спектре, а также отношение СО/ПО сохраняется таким же, как и при тренировках на выносливость, но в условиях активного ортостаза вследствие снижения тормозного влияния НН-АХ на активность СО АНС медианы этих двух показателей, отражающих активность СО АНС, возрастают. На снижение влияния НН-АХ на СО АНС у К. Д. в октябре 2024 г. указывает также рост медианы орто-ЧСС (с 63,5 до 80,1 уд/мин, т. е. на 26%) и орто-SI (с 51,1 до 142,0 усл. ед., т. е. на 90 усл. ед.).

В целом, мы приходим к выводу, что изменения медиан 15 показателей орто-ВСП объясняются снижением активности СО и ПО АНС, в том числе, вероятно, и снижением синтеза НН-АХ, о чем говорит рост четырех показателей орто-ВСП, а именно орто-LF%, орто-АМЛФ/АМНФ, орто-ЧСС и орто-SI.

Сравнение медиан показателей орто-ВСП зарегистрированных у К. Д. в октябре 2024 г., с соответствующими показателями орто-ВСП, характерными для ЭЛРТ и ЮЛРТ, а также для спортсменов других видов спорта и для неспортсменов

Сравнение медиан показателей орто-ВСП у К. Д. (октябрь 2024 г.) с нашими неопубликованными данными, касающимися орто-ВСП у ЭЛРТ и ЮЛРТ, а также с данными литературы, касающимися величин ряда показателей орто-ВСП элитных лыжников, неквалифицированных лыжников, спортсменов других видов спорта и неспортсменов (Ефремова и др. 2015; Кудря 2009; Литвин и др. 2023; Михайлов 2017; DeMaria et al. 2021; Morlin et al. 2022; Schäfer et al. 2015), показало, что из 15 показателей орто-ВСП наличие синтеза НН-АХ у К. Д. в октябре 2024 г. косвенно отражают только три показателя, а именно орто-АМЛФ, орто-RRNN и орто-ЧСС.

Так, медиана орто-АМЛФ, которая, как известно, отражает активность СО АНС, у К. Д. в октябре 2024 г. составила 886 мс², у ЭЛРТ — 2496 мс², а у ЮЛРТ — 1592 мс². Значения орто-АМЛФ, по данным О. Н. Кудря (Кудря 2009), у хоккеистов составили 2058 мс², у пловцов — 1654 мс², а у тяжелоатлетов — 1735 мс²; по данным (Ефремова и др. 2015), у начинающих лыжников, в частности у симпатикотоников, они составили 890 мс², у нормотоников — 1302 мс², а у ваготоников — 1950 мс²; по данным В. М. Михайлова (Михайлов 2017), у мужчин-контрактников они составили 1204 мс²,

у спортсменов — 1234 мс², у легкоатлетов-разрядников — 1859 мс², у парашютистов — 1446 мс², у профессиональных футболистов — 1404 мс², а у 16-летних хоккеистов — 2165 мс²; по данным Ф. Б. Литвина с соавторами (Литвин и др. 2023), у пловцов (МС, 17–23 года) они составили 3771 мс². Итак, у К. Д. медиана орто-AMLF намного ниже, чем у ЭЛРТ и ЮЛРТ, и ниже, чем у представителей других видов спорта, и даже ниже, чем у спортсменов. Косвенно, это означает, что у К. Д. после семимесячного отсутствия тренировок сохраняется синтез НН-АХ (хотя и на более низком уровне, чем у действующих элитных лыжников), который при активном ортостазе тормозит активацию СО АНС, т. е. уменьшает медиану орто-AMLF.

Медиана орто-RRNN, которая отражает, как известно, активность ПО АНС, у спортсмена К. Д. в октябре 2024 г. составила 749 мс, у ЭЛРТ — 906 мс, а у ЮЛРТ — 705 мс. По данным В. М. Михайлова (Михайлов 2017), значения орто-RRNN у мужчин-контрактников составили 692 мс, у легкоатлетов-разрядников — 768 мс, у парашютистов — 702 мс, у футболистов — 844 мс, а у 16-летних хоккеистов — 755 мс; по данным ряда авторов (De Maria et al. 2021), у любителей бега на полумарафонские дистанции за 10 лет занятий она увеличилась с 765 мс до 856 мс; согласно данным других исследователей, у триатлонистов ее значения составили 915 мс, а у представителей кроссфита — 824 мс (Morlin et al. 2022), а у элитных лыжников-гонщиков из России, Норвегии, Швейцарии величина орто-RRNN варьирует в пределах от 817 мс до 848 мс (Schäfer et al. 2015).

Итак, у К. Д. в октябре 2024 г. медиана орто-RRNN была ниже, чем у элитных лыжников и элитных марафонцев, но выше, чем у юных лыжников и у спортсменов. Это косвенно указывает на наличие у К. Д. синтеза НН-АХ, уровень которого, однако, ниже, чем у элитных лыжников.

Медиана орто-ЧСС, которая отражает влияние ПО АНС на сердце, у спортсмена К. Д. в октябре 2024 г. составила 80,1 уд/мин, у ЭЛРТ — 66,2 уд/мин, у ЮЛРТ — 85,1 уд/мин. По данным В. М. Михайлова (Михайлов 2017), значения орто-ЧСС у мужчин-контрактников составили 86,7 уд/мин, у легкоатлетов-разрядников — 78,1 уд/мин, у парашютистов — 85,5 уд/мин, у профессиональных футболистов — 71,0 уд/мин, у 16-летних хоккеистов — 79,5 уд/мин.

Таким образом, у К. Д. в октябре 2024 г. медиана орто-ЧСС была выше, чем у элитных лыжников, но ниже, чем у юных лыжников и у спортсменов. Это, вероятно, отражает

наличие синтеза НН-АХ у К. Д., хотя уровень его ниже, чем у элитных лыжников.

Однако медианы остальных 12 (из 15) показателей орто-ВСП говорят об отсутствии синтеза НН-АХ у спортсмена К. Д. в октябре 2024 г., т. е. на момент окончания семимесячного отсутствия тренировок. В качестве примера приведем данные в отношении медианы ТР.

У спортсмена К. Д. в октябре 2024 г. она составила 1708 мс², у ЭЛРТ — 5317 мс², а у ЮЛРТ — 3241 мс². По данным О. Н. Кудря (Кудря 2009), у хоккеистов, пловцов и тяжелоатлетов значения орто-ТР составили соответственно 4189, 2899 и 3466 мс²; согласно Р. И. Ефремовой с соавторами (Ефремова и др. 2015), у начинающих лыжников-симпатикотоников они составили 2332 мс², у нормотоников — 4397 мс², а у ваготоников — 4973 мс²; по данным В. М. Михайлова (Михайлов 2017), у мужчин-контрактников они составили 2463 мс², у сотрудников компании «Нейрософт» (неспортсменов) — 1966 мс², у легкоатлетов-разрядников — 4144 мс², у парашютистов — 3730 мс², у футболистов — 3510 мс², у 16-летних хоккеистов — 4746 мс².

Итак, у К. Д. медиана орто-ТР намного ниже, чем у ЭЛРТ и ЮЛРТ, и ниже, чем у представителей других видов спорта, и почти такая же, как у спортсменов. Эти данные косвенно говорят о том, что у К. Д. после семимесячного отсутствия тренировок почти полностью прекращается синтез НН-АХ.

Изменение медиан дельты, т. е. разности между медианами соответствующих показателей клино-ВСП и орто-ВСП у элитного лыжника К. Д. к окончанию семимесячного отсутствия тренировок

Оценка дельты представляет, с нашей точки зрения, большой интерес, так как позволяет оценить влияние ПО АНС (и, вероятно, НН-АХ) на активность СО АНС, о чем детально сообщалось в одной из наших статей (Катаев и др. 2025с).

При анализе дельта-ВСП установлено, что у К. Д. из 15 показателей ВСП, которые мы анализировали, особый интерес представляют данные в отношении медиан дельта-AMLF/AMHF, дельта-pNN50 и дельта-SI (рис. 1 и 2), которые, как известно, отражают активность СО АНС. В частности, эти данные свидетельствуют о том, что при отсутствии тренировок снижается тормозное влияние ПО АНС и, вероятно, НН-АХ на активность СО АНС. Поэтому у К. Д. при реализации рефлекса Превеля (т. е. при реализации активного ортостаза) прирост активности СО АНС на фоне отсутствия

тренировок более выражен, чем при наличии тренировок.

Так, в отношении медианы дельта-AMLF/AMHF в таблице 1 и на рисунке 1 показано, что у К. Д. в июне 2019 г. (первая точка сравнения) она составила плюс 8,2 усл. ед., в июне 2020 г. (вторая точка сравнения) — плюс 13 усл. ед., а при отсутствии нагрузок, в том числе в апреле, июне, августе и в октябре 2024 г., она составила соответственно плюс 17,8, плюс 17,0, плюс 21,8 и плюс 25,8 усл. ед.

В отношении медианы дельта-pNN50% на рисунке 2 показано, что при наличии тренировочных нагрузок у К. Д. в июне 2019 г. она составила минус 83%, в июне 2020 г. — минус 88%, а при отсутствии нагрузок, в том числе в апреле, июне, августе и октябре 2024 г., она составила соответственно минус 96%, минус 97%, минус 97% и минус 97%.

На рисунке 2 в отношении медианы дельта-SI показано, что при наличии тренировочных нагрузок у К. Д. в июне 2019 г. она составила плюс 38 усл. ед., в июне 2020 г. — плюс 20 усл. ед., а при отсутствии нагрузок, в том числе в апреле, июне, августе и октябре 2024 г., она составила соответственно плюс 44, плюс 77, плюс 68 и плюс 97,3 усл. ед.

В определенной степени о снижении синтеза НН-АХ у К. Д. в октябре 2024 г. свидетельствуют и данные, касающиеся медианы дельта-AMHF. Как известно, AMHF отражает влияние ПО АНС на деятельность сердца. Установлено (табл. 1, рис. 1), что у К. Д. в июне 2019 г. медиана клино-AMHF при переходе в ортостаз снизилась на 91%, т. е. дельта составила минус 91%, в июне 2020 г. она снизилась на 93%, а при отсутствии нагрузок, в том числе в апреле, июне, августе и октябре 2024 г., она снижалась соответственно на 95, 97, 96 и 97%, что было статистически значимо больше, чем при наличии нагрузок ($p < 0,05$). Эти различия также, вероятно, являются следствием более сильного влияния СО АНС на деятельность сердца в условиях активного ортостаза, так как снижена активность ПО АНС и, вероятно, снижена продукция НН-АХ.

Ранее нами были предложены пять критериев наличия синтеза НН-АХ в сердце спортсмена, основанные на характере изменения медиан пяти показателей ВСР, в том числе TP, AMVLE, pNN50%, SDNN и MxDMn, при переходе человека из клиностаза в активный ортостаз (Катаев и др. 2025с). Все эти критерии указывают на частичное сохранение синтеза НН-АХ у К. Д. даже в конце семимесячного безтренировочного периода.

Анализ динамики показателей клино-ВСР, орто-ВСР и дельта-ВСР в процессе регресса спортивной брадикардии у элитного лыжника К. Д.

Анализ динамики медиан каждого из 15 показателей клино-ВСР, орто-ВСР и дельта-ВСР на протяжении семи месяцев отсутствия тренировочных нагрузок у К. Д. (табл. 1 и 2; рис. 1 и 2) свидетельствует о гетерохронности их изменения. В частности, в апреле 2024 г., т. е. спустя месяц после прекращения тренировок, существенно снижаются медианы клино- и орто-TP, клино- и орто-AMHF, орто-AMVLE, клино-AMLF, орто-HF%, клино- и орто-RRNN, орто-RMSSD и возрастают медианы орто-AMLF/AMHF, дельта-AMLF/AMHF, клино-ЧСС и орто-ЧСС. В июне 2024 г., т. е. спустя три месяца после прекращения тренировок, отмечено статистически значимое снижение медиан орто-AMLF, орто-SDNN, орто-MxDMn и рост медианы орто-SI. В августе 2024 г., т. е. спустя пять месяцев после прекращения тренировок, отмечено снижение медианы клино-RMSSD, клино-SDNN, клино-MxDMn и существенный рост медианы клино-SI. В октябре 2024 г., т. е. спустя семь месяцев после прекращения тренировок, отмечен рост медианы клино-AMLF/AMHF. При этом большинство показателей ВСР выходит на плато в августе и октябре 2024 г.

В целом, анализ динамики медиан показателей ВСР у элитного спортсмена К. Д. позволяет заключить, что первые достоверные признаки снижения ВСР, т. е. признаки регресса спортивной брадикардии, проявляются уже спустя месяц после прекращения тренировок на выносливость.

Обсуждение

Наши данные о динамике величин 15 показателей ВСР, зарегистрированной в условиях клиностаза (клино-ВСР) и активного ортостаза (орто-ВСР) у элитного лыжника К. Д., с одной стороны, подтверждают данные (Pereira et al. 2016) о снижении ВСР у элитных легкоатлето-стайеров при временном (на четыре недели) прекращении тренировок, а с другой — они показывают, что за семь месяцев изменения ВСР у элитного лыжника-гонщика более выражены. Кроме того, наши данные в определенной степени согласуются с данными литературы (Antunes et al. 2016; Chen et al. 2022; Coyle et al. 1984; D'Ascenzi et al. 2015; Martin et al. 1986; Massarotto et al. 2024; Morrison et al. 2023; Mujika, Padilla 2001; Obel, Davidson 2005; Petek et al. 2022), касающимися изменений в сердечно-сосудистой

и дыхательной системах, а также метаболизма у элитных спортсменов, тренирующихся на выносливость, но по каким-то причинам прекративших тренировки.

Проведенное исследование показывает, что внезапное снижение тренировочных нагрузок, направленных на развитие выносливости, но при сохранении бытовых двигательных нагрузок у элитного лыжника К. Д., судя по изменению медиан показателей клино-ВСП и орто-ВСП, существенно меняет процесс регуляции сердечной деятельности, в частности уменьшает влияние на деятельность сердца СО АНС и особенно ПО АНС, в том числе, вероятно, вследствие снижения синтеза НН-АХ, учитывая то, что возрастает активация СО АНС при реализации активного ортостатического теста (рефлекса Превеля). За семь месяцев безтренировочного процесса у элитного лыжника происходит почти полная утрата спортивной брадикардии, так как по многим показателям клино-ВСП и орто-ВСП в октябре 2024 г. бывший элитный лыжник-гонщик К. Д. уже почти не отличается от неспортсменов. Это означает, что утрата брадикардии, т. е. ее регресс, происходит значительно быстрее, чем формирование брадикардии.

Мы отдаем себе отчет в том, что описываемый нами случай — единичный, поэтому не исключаем, что у других элитных лыжников регресс брадикардии может протекать быстрее или, наоборот, медленнее.

В процессе нашего исследования мы базировались лишь на динамике медиан показателей клино- и орто-ВСП, при этом уделили большое внимание вопросу о том, сохраняется ли синтез НН-АХ при регрессии брадикардии и если сохраняется, то в какой степени. Конечно, в настоящее время нет прямых и неопровержимых доказательств того, что те или иные конкретные показатели ВСП отражают синтез НН-АХ. Наше предположение о том, что в процессе регрессии спортивной брадикардии синтез НН-АХ постепенно снижается, но даже в конце семимесячного безтренировочного периода он еще частично сохраняется, основано лишь на сравнении значений медиан показателей клино-ВСП и орто-ВСП, а не на прямых данных о синтезе НН-АХ. Поэтому требуется дальнейшее изучение данного вопроса, чтобы получить четкий ответ на него.

Относительно природы регресса спортивной брадикардии в данной статье выскажем лишь некоторые предположения, основанные на представлении о процессе адаптации к выполнению длительных аэробных нагрузок относительно высокой интенсивности, в результате которого формируется спортивная брадикардия (Braschler

et al. 2025; Massarotto et al. 2024; Mølmen et al. 2025; Mujika, Padilla 2001; Thomas et al. 2024).

Во-первых, при адаптации повышается сократительная активность сердца, возрастает эффективность активации бета₁-адренорецепторов, повышается синтез сократительных белков сердца, возрастает митохондриальный биогенез, коронарный кровоток в период мышечной активности, возрастает МПК, а также формируется антиапоптотическая, противовоспалительная и антиоксидантная системы сердца, компонентом которых является вагусный АХ и, вероятно, НН-АХ. Поэтому при тренировках на выносливость возрастает активность СО АНС и ПО АНС, а также, как мы полагаем, повышается синтез НН-АХ.

Очевидно, что прекращение тренировок на выносливость фактически уменьшает повреждающие воздействия на сердце, уменьшает потребность в высокой активности СО и ПО АНС, потребность в синтезе НН-АХ, высокой активности митохондрий и синтезе белков, потребность в формировании антиапоптотической, противовоспалительной и антиоксидантной систем сердца. Поэтому в условиях острого прекращения тренировочных нагрузок активность СО и ПО АНС, а также интенсивность синтеза НН-АХ снижаются намного быстрее, чем происходит формирование спортивной брадикардии. Ответ на вопрос, с участием каких механизмов совершается регресс спортивной брадикардии, требует исследования. Важность таких изысканий имеет значение для более глубокого понимания механизмов адаптации организма человека к выполнению длительных аэробных нагрузок относительно высокой интенсивности, в том числе для понимания механизмов становления спортивной брадикардии.

Конечно, вероятно, есть большая разница в том, как протекает регресс спортивной брадикардии в случае планомерного постепенного снижения объема тренировочных нагрузок и как он протекает при резком, внезапном прекращении тренировочных нагрузок, что само по себе является стрессом и своеобразной гиподинамией. Как известно, при истинной острой (внезапной) гиподинамией, т. е. при полном неиспользовании скелетных мышц активируются специальные белки, вызывающие атрофию мышечных волокон, т. е. белки-атрогены, и повышается продукция АФК (Gram et al. 2015; Memme et al. 2021), а также снижается интенсивность митохондриального биогенеза, интенсивность митофагии, интенсивность слияния митохондрий, способность синтезировать АТФ и многих белков, снижается активность рибосом,

но возрастает апоптоз миофибрилл (Memme et al. 2021). В основе всех этих изменений лежит быстрое (даже в течение одного дня) снижение экспрессии и активности белка PGC-1 α и других белков-регуляторов митохондриального биогенеза, в том числе таких, как NRF-1, NRF-2, ERR- α , TFAM, а также повышение экспрессии белков атрофии (Memme et al. 2021).

При гиподинамии и при неиспользовании скелетных мышц нарушается Ca²⁺-гомеостаз, который выражается в избыточной утечке ионов Ca²⁺ в цитозоль и в перегрузке митохондрий ионами Ca²⁺, что индуцирует апоптоз мышечных волокон (Memme et al. 2021). Не исключено, что перечисленные процессы могли иметь место и у элитного лыжника К. Д. в период внезапного прекращения тренировок, что способствует быстрому регрессу брадикардии. Возможны и другие факторы, которые определили скорость регресса брадикардии у К. Д. Но среди них ведущее место, вероятнее всего, принадлежит стрессу, вызванному незапланированным прекращением тренировочных нагрузок, которые спортсмен К. Д. непрерывно выполнял на протяжении 21 года, начиная с 10 лет. Но влияние всех этих факторов в этой работе мы не анализировали. В то же время наши данные демонстрируют, что для достижения высоких результатов в лыжных гонках, а следовательно, для формирования спортивной брадикардии, т. е. наличия высокой активности СО АНС, ПО АНС и синтеза НН-АХ кардиомиоцитами, необходимы регулярные физические тренировки в течение длительного времени. Например, К. Д., начав регулярные тренировки в 10 лет, стал мастером спорта России лишь в 19 лет.

Во-вторых, наши данные показывают, что отсутствие тренировочных нагрузок в течение даже одного месяца снижает активность СО АНС, ПО АНС и, вероятно, интенсивность синтеза НН-АХ. Это доказывает, что успешность развития выносливости определяется периодичностью и постоянством тренировочного процесса. С этих позиций можно утверждать, что гиподинамия, характерная для большинства населения (неспортсменов), является одной из ведущих причин развития заболеваний сердечно-сосудистой системы, так как в этом случае уровень синтеза НН-АХ в сердце настолько низкий, что он не защищает сердце от стрессов, возникающих в быту и/или на производстве. В этом аспекте можно утверждать, что регистрация клино-ВСР как безопасный неинвазивный метод исследования может широко использоваться при мониторинге (диспансеризации) здоровья взрослого населения. Особенно важно

его применение в спортивной медицине, в том числе при сопровождении тренировочного процесса лыжников-гонщиков и представителей других видов спорта, развивающих выносливость.

Выводы

1. Регистрация ВСР в условиях клиностаза выявила, что у элитного лыжника К. Д. по прошествии семи месяцев с момента вынужденного прекращения тренировочных нагрузок медианы 10 показателей клино-ВСР (ТР, АМНФ, НФ%, АМВЛФ, АМЛФ, RRNN, рNN50%, RMSSD, SDNN, MxDMn) статистически значимо снижаются до уровня, характерного для неспортсменов, а медианы трех показателей (VLF%, ЧСС, SI) возрастают и лишь медианы двух показателей (LF%, АМЛФ/АМНФ) не меняются. Регистрация ВСР в условиях активного ортостаза показала, что за этот же период 11 показателей орто-ВСР снижаются до уровня, характерного для неспортсменов (ТР, АМНФ, НФ%, АМВЛФ, VLF%, АМЛФ, RRNN, рNN50%, RMSSD, SDNN и MxDMn), а медианы четырех показателей (LF%, АМЛФ/АМНФ, ЧСС и SI) возрастают.

2. Для изменения показателей клино-ВСР и орто-ВСР характерна гетерохрония. Первые статистически значимые изменения наблюдаются уже спустя месяц после прекращения тренировок — это снижение медиан клино- и орто-ТР, клино- и орто-АМНФ, орто-АМВЛФ, клино-АМЛФ, орто-НФ%, клино- и орто-RRNN, орто-RMSSD, а также рост медиан орто- и дельта-АМЛФ/АМНФ, клино- и орто-ЧСС. Спустя три месяца после прекращения тренировок снижаются медианы орто-АМЛФ, орто-SDNN, орто-MxDMn и возрастает медиана орто-SI. Спустя пять месяцев снижаются медианы клино-RMSSD, клино-SDNN, клино-MxDMn и возрастает медиана клино-SI, а спустя семь месяцев отмечен рост медианы клино-АМЛФ/АМНФ. При этом большинство показателей ВСР выходит на плато уже спустя пять или семь месяцев после прекращения тренировочных нагрузок.

3. Прекращение тренировочных нагрузок, направленных на развитие выносливости, сопровождается снижением активности СО АНС, и особенно снижением активности ПО АНС, в том числе, вероятно, снижением синтеза НН-АХ, но наличие которого даже после семи месяцев прекращения тренировок еще имеется у К. Д., судя по медианам таких показателей, как орто-VLF%, орто-АМЛФ, клино-LF%, клино- и орто-АМЛФ/АМНФ, клино- и орто-RRNN, клино- и орто-ЧСС и орто-SI. О частичном сохранении синтеза НН-АХ у К. Д. свидетельствуют

пять критериев наличия синтеза НН-АХ, основанные на изменении медиан TP, AMVLE, pNN50%, SDNN и MxDMn при переходе из клиностаза в активный ортостаз.

4. Снижение активности ПО АНС, в том числе, вероятно, снижение синтеза НН-АХ, сопровождается более выраженным повышением активности СО АНС при переходе из клиностаза в активный ортостаз, о чем говорит рост медиан дельта-AMHF, дельта-AMLF/AMHF, дельта-pNN50 и дельта SI.

5. Для становления спортивной брадикардии требуются многолетние тренировочные нагрузки аэробного характера, но для ее регресса достаточен сравнительно короткий промежуток времени, судя по данным элитного лыжника К. Д., — не более семи месяцев при полном отсутствии тренировочных нагрузок.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

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.

Ethics Approval

All procedures were conducted in compliance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki (1964) and its subsequent amendments. The study protocol was approved by the Institutional Bioethics Committee of Vyatka State University (Kirov) (Minutes of the Meeting No. 2, 11 January 2022).

Вклад авторов

а. Катаев Денис Анатольевич — сбор и обработка материала, анализ литературы, написание статьи;

б. Циркин Виктор Иванович — концепция и дизайн исследования, анализ литературы, написание статьи;

в. Трухин Андрей Николаевич — научное редактирование, оформление статьи и необходимой документации;

г. Трухина Светлана Ивановна — концепция и дизайн исследования, научное редактирование, оформление статьи и необходимой документации.

Author Contributions

a. Denis A. Kataev — data collection and analysis, literature review, manuscript drafting;

b. Viktor I. Tsirkin — study conception and design, literature analysis, manuscript drafting;

c. Andrey N. Trukhin — critical revision, manuscript preparation and documentation;

d. Svetlana I. Trukhina — study conception and design, critical revision, manuscript preparation and documentation.

Список сокращений

АНС — автономная нервная система; АХ — ацетилхолин; ВСР — вариабельность сердечного ритма; МПК — максимальное потребление кислорода; МС — мастер спорта; ОПН — общая продолжительность нагрузки; ПН₁₋₃ — продолжительность аэробной нагрузки; ПН₄₋₅ — продолжительность анаэробной нагрузки; ПО — парасимпатический отдел АНС; СО — симпатический отдел АНС; РТ — Республика Татарстан; УТС — учебно-тренировочный сбор; ЭЛРТ — элитные лыжники Республики Татарстан; ЮЛРТ — юные лыжники Республики Татарстан.

Спектральные показатели ВСР: TP — общая мощность спектра; HF — мощность быстрых волн; LF — мощность медленных волн; VLF — мощность очень медленных волн; HF%, LF% и VLF% — относительная мощность HF-, LF- и VLF-волн, выраженная в процентах к TP. Временные показатели ВСР: SI — стресс-индекс, или индекс напряжения; RRNN — длительность нормальных интервалов RR; pNN50% — отношение последовательных интервалов NN, различие между которыми превышает 50 мс, в процентах к общему числу нормальных (NN) интервалов RR; RMSSD — квадратный корень из среднего квадрата разностей величин последовательных пар интервалов NN.

List of abbreviations

ANS — autonomous nervous system; ACh — acetylcholine; DL_{1-3} — duration of aerobic load; DL_{4-5} — duration of anaerobic load; ESRT — elite skiers of the Republic of Tatarstan; HRV — heart rate variability; MOS — maximum oxygen consumption; MS — Master of Sports; PD — ANS parasympathetic department; RT — Republic of Tatarstan; SD — ANS sympathetic department; TC — training camp; TDL — total duration of load; YUSRT — young skiers of the Republic of Tatarstan.

HRV spectral parameters: TP — total spectrum power; HF — power of fast waves; LF — slow wave power; VLF — power of very slow waves; HF%, LF%, and VLF% — relative power of HF-, LF-, and VLF waves expressed as a percentage of TP. HRV time-domain parameters: pNN50% — proportion of consecutive NN intervals, differing by more than 50 ms, as a percentage of the total number of normal (NN) RR intervals; RMSSD — square root of the mean of the squared differences between consecutive pairs of NN intervals; RRNN — duration of normal RR intervals; SI — stress index, or tension index.

Литература

- Баталов, А. Г., Сенатская, В. Г., Шукин, А. В. (2020) Соревновательная результативность в лыжном марафоне на 50 км на Олимпийских играх и чемпионатах мира за весь период их проведения (с 1924 по 2019 гг.). *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*, т. 15, № 2, с. 9–16. <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2020-15-2-9-16>
- Есева, Т. А., Варламова, Н. Г., Логинова, Т. П. и др. (2018) Компьютерная модель представления результатов обследования по тренировочным зонам у лыжников-гонщиков. *Известия Коми научного центра УрО РАН*, № 4 (36), с. 25–30.
- Ефремова, Р. И., Спицин, А. П., Воронина, Г. А. (2015) Реактивность регуляторных систем юных лыжников в зависимости от типа вегетативной регуляции. *Вятский медицинский вестник*, № 4, с. 15–18.
- Катаев, Д. А., Циркин, В. И., Завалин, Н. С. и др. (2023) 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*, т. 49, № 5, с. 87–100. <https://doi.org/10.31857/S0131164623700303>
- Катаев, Д. А., Циркин, В. И., Трухин, А. Н., Трухина, С. И. (2025a) 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*, т. 15, № 3, с. 48–60.
- Катаев, Д. А., Циркин, В. И., Трухин, А. Н., Трухина, С. И. (2025b) Динамика 15 показателей кардиоинтервалограммы (в условиях клиностаза) элитных лыжников-гонщиков в подготовительном, соревновательном и переходном периодах. *Интегративная физиология*, т. 6, № 1, с. 97–124. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-97-124>
- Катаев, Д. А., Циркин, В. И., Трухин, А. Н., Трухина, С. И. (2025c) Показатели кардиоинтервалограммы в условиях клиностаза и ортостаза у элитных лыжников-гонщиков в течение годового макроцикла. *Физиология человека*, т. 51, № 2, с. 96–119.
- Кудря, О. Н. (2009) Влияние физических нагрузок разной направленности на variability ритма сердца у спортсменов. *Бюллетень сибирской медицины*, т. 8, № 1, с. 36–43. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2009-1-36-42>
- Литвин, Ф. Б., Калабин, О. В., Брук, Т. М. (2023) Групповые и индивидуальные особенности variability сердечного ритма у квалифицированных юношей-пловцов. *Современные вопросы биомедицины*, т. 7, № 3 (24), статья 37.
- Михайлов, В. М. (2017) *Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму)*. Иваново: Нейрософт, 516 с.
- Новикова, Н. Б., Котелевская, Н. Б., Головачев, А. И. (2022) Сравнительный анализ результативности сильнейших лыжников-гонщиков в юношеском и взрослом возрасте. *Теория и практика физической культуры*, № 3, с. 97–99.
- Стентон, Г. (1998) *Медико-биологическая статистика*. М.: Практика, 459 с.
- Antunes, H. K. M., Leite, G. S. F., Lee, K. S. et al. (2016) Exercise deprivation increases negative mood in exercise-addicted subjects and modifies their biochemical markers. *Physiology & Behavior*, vol. 156, pp. 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.01.028>
- Braczko, F., Fischl, S. R., Reinders, J. et al. (2024) Activation of the nonneuronal cholinergic cardiac system by hypoxic preconditioning protects isolated adult cardiomyocytes from hypoxia/reoxygenation injury. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, vol. 327, no. 1, pp. 70–79. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00211.2024>

- Braschler, L., Nikolaidis, P. T., Thuany, M. et al. (2025) Physiology and Pathophysiology of marathon running: A narrative review. *Sports Medicine - Open*, vol. 11, no. 1, article 10. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00810-3>
- Chen, Y. T., Hsieh, Y. Y., Ho, J. Y. et al. (2022) Two weeks of detraining reduces cardiopulmonary function and muscular fitness in endurance athletes. *European Journal of Sport Science*, vol. 22, no. 3, pp. 399–406. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1880647>
- Coyle, E. F., Martin, W. H. 3rd, Sinacore, D. R. et al. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, vol. 57, no. 6, pp. 1857–1864. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.57.6.1857>
- D'Ascenzi, F., Pelliccia, A., Cameli, M. et al. (2015) Dynamic changes in left ventricular mass and in fat-free mass in top-level athletes during the competitive season. *European Journal of Preventive Cardiology*, vol. 22, no. 1, pp. 127–134. <https://doi.org/10.1177/2047487313505820>
- De Maria, B., de Oliveira Gois, M., Catai, A. M. et al. (2021) Ten-year follow-up of cardiac function and neural regulation in a group of amateur half-marathon runners. *Open Heart*, vol. 8, no. 1, article e001561. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2020-001561>
- Gram, M., Vigelsø, A., Yokota, T. et al. (2015) Skeletal muscle mitochondrial H₂O₂ emission increases with immobilization and decreases after aerobic training in young and older men. *Journal of Physiology*, vol. 593, no. 17, pp. 4011–4027. <https://doi.org/10.1113/JP270211>
- Kakinuma, Y. (2021) Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 2, article 545. <https://doi.org/10.3390/ijms22020545>
- Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Trukhin, A. N., Trukhina, S. I. (2024) Sports vagotonia as a result of increased synthesis of non-neuronal acetylcholine by cardiomyocytes. *Anatomy Physiology & Biochemistry International Journal*, vol. 7, no. 3, article 555711. <https://doi.org/10.19080/APBIJ.2024.07.555711>
- Landolfi, E. (2012) Exercise addiction. *Sports Medicine*, vol. 43, no. 2, pp. 111–119. <https://doi.org/10.1007/s40279-012-0013-x>
- Martin, W. H. 3rd, Coyle, E. F., Bloomfield, S. A. et al. (1986) Effects of physical deconditioning after intense endurance training on left ventricular dimensions and stroke volume. *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 7, no. 5, pp. 982–989. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(86\)80215-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(86)80215-7)
- Massarotto, R. J., Campbell, A. J., Kreiter, E. et al. (2024) Effects of detraining on left ventricular mass in endurance-trained individuals: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, vol. 31, no. 4, pp. 415–424. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad327>
- Memme, J. M., Slavin, M., Moradi, N., Hood, D. A. (2021) Mitochondrial bioenergetics and turnover during chronic muscle disuse. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 10, article 5179. <https://doi.org/10.3390/ijms22105179>
- Mølmen, K. S., Almquist, N. W., Skattebo, Ø. (2025) Effects of exercise training on mitochondrial and capillary growth in human skeletal muscle: A systematic review and meta-regression. *Sports Medicine*, vol. 55, no. 1, pp. 115–144. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02120-2>
- Morlin, M. T., da Cruz, C. J. G., Guimarães, F. E. R. et al. (2022) High-intensity interval training combined with different types of exercises on cardiac autonomic function. an analytical cross-sectional study in CrossFit® athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 1, article 634. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010634>
- Morrison, B. N., George, K., Kreiter, E. et al. (2023) Effects of endurance exercise training on left ventricular structure in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, vol. 30, no. 9, pp. 772–793. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad023>
- Mujika, I., Padilla, S. (2001) Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 33, no. 3, pp. 413–421. <https://doi.org/10.1097/00005768-200103000-00013>
- Obel, O. A., Davidson, C. (2005) Arrhythmias in an athlete: The effect of de-training. *Postgraduate Medical Journal*, vol. 81, no. 951, pp. 62–64. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2004.021493>
- Oikawa, S., Kai, Y., Mano, A. et al. (2021) Non-neuronal cardiac acetylcholine system playing indispensable roles in cardiac homeostasis confers resiliency to the heart. *Journal of Physiological Sciences*, vol. 71, no. 1, article 2. <https://doi.org/10.1186/s12576-020-00787-6>
- Pereira, L. A., Nakamura, F. Y., Castilho, C. et al. (2016) The impact of detraining on cardiac autonomic function and specific endurance and muscle power performances of high-level endurance runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 56, no. 12, pp. 1583–1591.
- Petek, B. J., Groezinger, E. Y., Pedlar, C. R. et al. (2022) Cardiac effects of detraining in athletes: A narrative review. *Annals of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 65, no. 4, article 101581. <https://doi.org/10.1016/j.jrehab.2021.101581>
- Schäfer, D., Gjerdalen, G. F., Solberg, E. E. et al. (2015) Sex differences in heart rate variability: A longitudinal study in international elite cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 115, no. 10, pp. 2107–2114. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3190-0>
- Thomas, A. C. Q., Stead, C. A., Burniston, J. G., Phillips, S. M. (2024) Exercise-specific adaptations in human skeletal muscle: Molecular mechanisms of making muscles fit and mighty. *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 223, pp. 341–356. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2024.08.010>

References

- Antunes, H. K. M., Leite, G. S. F., Lee, K. S. et al. (2016) Exercise deprivation increases negative mood in exercise-addicted subjects and modifies their biochemical markers. *Physiology & Behavior*, vol. 156, pp. 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.01.028> (In English)
- Batalov, A. G., Senatskaya, V. G., Shchukin, A. V. (2020) Competitive effectiveness in 50 km skiing marathon at winter Olympic games and world championships during the whole period of their organization (Since 1924 till 2019). *Russian Journal Of Physical Education and Sport*, vol. 15, no. 2, pp. 9–16. <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2020-15-2-9-16> (In Russian)
- Braczko, F., Fischl, S. R., Reinders, J. et al. (2024) Activation of the nonneuronal cholinergic cardiac system by hypoxic preconditioning protects isolated adult cardiomyocytes from hypoxia/reoxygenation injury. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, vol. 327, no. 1, pp. 70–79. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00211.2024> (In English)
- Braschler, L., Nikolaidis, P. T., Thuany, M. et al. (2025) Physiology and Pathophysiology of marathon running: A narrative review. *Sports Medicine-Open*, vol. 11, no. 1, article 10. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00810-3> (In English)
- Chen, Y. T., Hsieh, Y. Y., Ho, J. Y. et al. (2022) Two weeks of detraining reduces cardiopulmonary function and muscular fitness in endurance athletes. *European Journal of Sport Science*, vol. 22, no. 3, pp. 399–406. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1880647> (In English)
- Coyle, E. F., Martin, W. H. 3rd, Sinacore, D. R. et al. (1984) Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, vol. 57, no. 6, pp. 1857–1864. <https://doi.org/10.1152/jappl.1984.57.6.1857> (In English)
- D'Ascenzi, F., Pelliccia, A., Cameli, M. et al. (2015) Dynamic changes in left ventricular mass and in fat-free mass in top-level athletes during the competitive season. *European Journal of Preventive Cardiology*, vol. 22, no. 1, pp. 127–134. <https://doi.org/10.1177/2047487313505820> (In English)
- De Maria, B., de Oliveira Gois, M., Catai, A. M. et al. (2021) Ten-year follow-up of cardiac function and neural regulation in a group of amateur half-marathon runners. *Open Heart*, vol. 8, no. 1, article e001561. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2020-001561> (In English)
- Efremova, R. I., Spitsin, A. P., Voronina, G. A. (2015) Reactivity of young skiers' regulatory system in different types of vegetative regulation. *Medical Newsletter of Vyatka*, no. 4, pp. 15–18. (In Russian)
- Eseva, T. A., Varlamova, N. G., Loginova, T. P. et al. (2018) Computer model of presentation of the medical examination results on the training zones of skiers-racers. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*, no. 4 (36), pp. 25–30. (In Russian)
- Gram, M., Vigelsø, A., Yokota, T. et al. (2015) Skeletal muscle mitochondrial H₂O₂ emission increases with immobilization and decreases after aerobic training in young and older men. *Journal of Physiology*, vol. 593, no. 17, pp. 4011–4027. <https://doi.org/10.1113/JP270211> (In English)
- Kakinuma, Y. (2021) Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 2, article 545. <https://doi.org/10.3390/ijms22020545> (In English)
- Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Trukhin, A. N., Trukhina, S. I. (2024) Sports vagotonia as a result of increased synthesis of non-neuronal acetylcholine by cardiomyocytes. *Anatomy Physiology & Biochemistry International Journal*, vol. 7, no. 3, article 555711. <https://doi.org/10.19080/APBIJ.2024.07.555711> (In English)
- Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Trukhin, A. N., Trukhina, S. I. (2025a) 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"*, vol. 15, no. 3, pp. 48–60. (In Russian)
- Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Trukhin, A. N., Trukhina, S. I. (2025b) Training-phase-dependent dynamics of 15 heart rate variability parameters in elite cross-country skiers during clinostasis. *Integrative Physiology*, vol. 6, no. 1, pp. 97–124. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2025-6-1-97-124> (In Russian)
- Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Trukhin, A. N., Trukhina, S. I. (2025c) Cardiointervalogram indicators in clinostasis and orthostasis in elite ski racers in the course of the annual macrocycle. *Fiziologiya cheloveka*, vol. 51, no. 2, pp. 152–173. (In Russian)
- Kataev, D. A., Tsirkin, V. I., Zavalin, N. S. et al. (2023) Dynamics of TP, HF-, LF- and VLF- Waves of the Cardiointervalogram (in Clinostasis Conditions) of an elite ski racer in the preparatory, competitive and transitional periods, depending on the volume and intensity of training loads. *Human Physiology*, vol. 49, no. 5, pp. 87–100. <https://doi.org/10.31857/S0131164623700303> (In Russian)
- Kudrya, O. N. (2009) The influence of the different direction physical tensions for heart rate variability of the sportsmen. *Bulletin of Siberian Medicine*, vol. 8, no. 1, pp. 36–43. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2009-1-36-42> (In Russian)
- Landolfi, E. (2012) Exercise addiction. *Sports Medicine*, vol. 43, no. 2, pp. 111–119. <https://doi.org/10.1007/s40279-012-0013-x> (In English)
- Litvin, F. B., Kalabin, O. V., Bruk, T. M. (2023) Group and individual features of heart rate variability in qualified swimmers. *Modern Issues of Biomedicine*, vol. 7, no. 3 (24), article 37. (In Russian)

- Martin, W. H. 3rd, Coyle, E. F., Bloomfield, S. A. et al. (1986) Effects of physical deconditioning after intense endurance training on left ventricular dimensions and stroke volume. *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 7, no. 5, pp. 982–989. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(86\)80215-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(86)80215-7) (In English)
- Massarotto, R. J., Campbell, A. J., Kreiter, E. et al. (2024) Effects of detraining on left ventricular mass in endurance-trained individuals: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, vol. 31, no. 4, pp. 415–424. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad327> (In English)
- Memme, J. M., Slavin, M., Moradi, N., Hood, D. A. (2021) Mitochondrial bioenergetics and turnover during chronic muscle disuse. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 10, article 5179. <https://doi.org/10.3390/ijms22105179> (In English)
- Mikhaylov, V. M. (2017) *Heart rate variability (new look at the old paradigm)*. Ivanovo: Neurosoft Publ., 516 p. (In Russian)
- Mølmen, K. S., Almquist, N. W., Skattebo, Ø. (2025) Effects of exercise training on mitochondrial and capillary growth in human skeletal muscle: A systematic review and meta-regression. *Sports Medicine*, vol. 55, no. 1, pp. 115–144. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02120-2> (In English)
- Morlin, M. T., da Cruz, C. J. G., Guimarães, F. E. R. et al. (2022) High-intensity interval training combined with different types of exercises on cardiac autonomic function. an analytical cross-sectional study in CrossFit® athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 1, article 634. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010634> (In English)
- Morrison, B. N., George, K., Kreiter, E. et al. (2023) Effects of endurance exercise training on left ventricular structure in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, vol. 30, no. 9, pp. 772–793. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad023> (In English)
- Mujika, I., Padilla, S. (2001) Cardiorespiratory and metabolic characteristics of detraining in humans. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 33, no. 3, pp. 413–421. <https://doi.org/10.1097/00005768-200103000-00013> (In English)
- Novikova, N. B., Kotelevskaya, N. B., Golovachev, A. I. (2022) Competitive analysis of performance of strongest junior and senior crosscountry skiers. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 3, pp. 97–99. (In Russian)
- Obel, O. A., Davidson, C. (2005) Arrhythmias in an athlete: The effect of de-training. *Postgraduate Medical Journal*, vol. 81, no. 951, pp. 62–64. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2004.021493> (In English)
- Oikawa, S., Kai, Y., Mano, A. et al. (2021) Non-neuronal cardiac acetylcholine system playing indispensable roles in cardiac homeostasis confers resiliency to the heart. *Journal of Physiological Sciences*, vol. 71, no. 1, article 2. <https://doi.org/10.1186/s12576-020-00787-6> (In English)
- Pereira, L. A., Nakamura, F. Y., Castilho, C. et al. (2016) The impact of detraining on cardiac autonomic function and specific endurance and muscle power performances of high-level endurance runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, vol. 56, no. 12, pp. 1583–1591. (In English)
- Petek, B. J., Groezinger, E. Y., Pedlar, C. R. et al. (2022) Cardiac effects of detraining in athletes: A narrative review. *Annals of Physical Medicine & Rehabilitation*, vol. 65, no. 4, article 101581. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2021.101581> (In English)
- Schäfer, D., Gjerdalen, G. F., Solberg, E. E. et al. (2015) Sex differences in heart rate variability: A longitudinal study in international elite cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, vol. 115, no. 10, pp. 2107–2114. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3190-0> (In English)
- Stenton, G. (1998) *Medical and biological statistics*. Moscow: Praktika Publ., 459 p. (In Russian)
- Thomas, A. C. Q., Stead, C. A., Burniston, J. G. et al. (2024) Exercise-specific adaptations in human skeletal muscle: Molecular mechanisms of making muscles fit and mighty. *Free Radical Biology and Medicine*, vol. 223, pp. 341–356. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2024.08.010> (In English)