



ДИНАМИКА ИНТЕРВАЛА RRNN КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАММЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА, ЭТАПА ГОДИЧНОГО ЦИКЛА ПОДГОТОВКИ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Д.А. Катаев^{1,2}, В.И. Циркин³, В.В. Кишкина⁴, А.Н. Трухин¹, С.И. Трухина¹

¹Вятский государственный университет, ул. Московская, д. 36, г. Киров, 610000, Россия

²Федерация лыжных гонок Республики Татарстан, ул. Чернышевского, д. 25/26, г. Казань, 420111, Россия

³Казанский государственный медицинский университет, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Россия

⁴Челябинская городская клиническая больница № 1, ул. Воровского, д. 16, г. Челябинск, Россия

Резюме. С целью изучения механизмов адаптации к нагрузкам, требующим высокой выносливости, статья анализирует и систематизирует сведения литературы и результаты собственных исследований величин длительности интервала RRNN кардиоинтервалограммы/частоты сердечных сокращений (ЧСС) в положении лёжа у спортсменов, в частности, у лыжников-гонщиков. Установлено, что величина RRNN зависит от спортивной специализации (максимальна у спортсменов, тренирующихся на выносливость), от стажа занятий и уровня спортивного мастерства (у лыжников-гонщиков с повышением уровня мастерства величина RRNN увеличивается, а ЧСС – снижается), от периодов годичного цикла. Так, у спортсмена К.Д. она максимальна в подготовительном периоде (1497 мс/40 уд/мин), но ниже в соревновательном (1477 мс/40,6 уд/мин) и в переходном (1467 мс/40,8 уд/мин) периодах. Величина RRNN также зависит от этапа учебно-тренировочных сборов (УТС). Так, у спортсмена К.Д. от начала УТС к его окончанию она постепенно возрастает от 1423 мс до 1572 мс, а ЧСС соответственно снижается от 42,1 до 38,1 уд/мин. Показано, что на протяжении годичного цикла у элитных лыжников тип вегетативной регуляции деятельности сердца, не меняется (все члены сборной Татарстана имели IV тип регуляции по классификации Н.И. Шлык, т.е. ваготонию). Это подтверждает представление о том, что тренировки на выносливость повышают влияние парасимпатического отдела автономной нервной системы на деятельность сердца. Результаты исследования элитного лыжника-гонщика К.Д. (соавтора статьи – Д.А. Катаева), фиксирующего объём и интенсивность тренировочной нагрузки во всех трёх периодах годичного цикла, а также результаты исследования сборной Татарстана (без фиксирования нагрузок) выявили, что в целом по всему сезону, в том числе в подготовительном периоде, медиана RRNN коррелирует с объёмом ($V_{км}$; $V_{мин}$) тренировочных нагрузок (чем они выше, тем больше медиана RRNN). Однако для соревновательного периода характерна обратная зависимость медианы RRNN от объёма ($V_{мин}$) нагрузки, что расценивается как отражение формирования тревожного состояния в этот период, хотя у команды Татарстана ($n = 8$) формирование тревожного состояния в соревновательном периоде не выявлено (у них медиана RRNN в подготовительном периоде составила 1430 мс/42 уд/мин, а в соревновательном периоде – 1490 мс/40,2 уд/мин). Авторы заключают, что даже пальпаторный подсчёт ЧСС лыжника-гонщика в условиях клиностаза (покоя) может служить ориентиром при управлении тренировочным процессом, так как повышение ЧСС по мере УТС указывает на снижение физической работоспособности, а прогрессивное снижение ЧСС (до 38 уд/мин) – на её повышение, а также на формирование синтеза ненейронального ацетилхолина. Предполагается, что избыточной продукции ненейронального ацетилхолина, которая может привести к слабости синусного узла, препятствует существенное повышение активности симпатического отдела автономной нервной системы у элитных лыжников.

Ключевые слова: лыжники-гонщики, вариабельность сердечного ритма, RRNN, ЧСС, периоды тренировочного цикла, ненейрональный ацетилхолин, антиапоптотическая система.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Катаев Д.А., Циркин В.И., Кишкина В.В., Трухин А.Н., Трухина С.И. Динамика интервала rrnn кардиоинтервалограммы в зависимости от специализации тренировочного процесса, этапа годичного цикла подготовки и других факторов. (обзор литературы). Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: Реабилитация, Врач и Здоровье. 2024;14(6):30–46. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.PHYS.2>

DYNAMICS OF THE RRNN INTERVAL OF THE CARDIOINTERVALOGRAM DEPENDING ON THE SPECIALIZATION OF THE TRAINING PROCESS, STAGE OF THE ANNUAL PREPARATION CYCLE AND OTHER FACTORS (REVIEW)

Denis A. Kataev^{1, 2}, Viktor I. Tsirkin³, Vlada V. Kishkina⁴, Andrey N. Trukhin¹, Svetlana I. Trukhina¹

¹Vyatka State University, 36, Moskovskaya St., Kirov, 610000, Russia

²Ski Federation of the Republic of Tatarstan, 25/26, Chernyshevsky St., Kazan, 420111, Russia

³Kazan State Medical University, Butlerova St., 49, Kazan, 420012, Russia

⁴Chelyabinsk City Clinical Hospital No. 1, Vorovsky St., 16, Chelyabinsk, Russia

Abstract. In order to study the mechanisms of adaptation to loads that require high endurance, the article analyzes and systematizes the literature and the results of our own studies of the duration of the RRNN interval of the cardiointervalogram/heart rate (HR) in the prone position among athletes, in particular, among cross-country skiers. It has been established that the value of RRNN depends on sports specialization (maximum for athletes training for endurance), on the length of training and the level of sportsmanship (for cross-country skiers, with an increase in the level of skill, the value of RRNN increases, and heart rate decreases), on the periods of the annual cycle. So, the athlete K.D. it is maximum in the preparatory period (1497 ms/40 beats/min), but lower in the competition (1477 ms/40.6 beats/min) and in the transition (1467 ms/40.8 beats/min) periods. The value of RRNN also depends on the stage of the training camp, or TCB. So, the athlete K.D. from the beginning of the TS to its end, it gradually increases - from 1423 ms to 1572 ms, and the heart rate decreases accordingly from 42.1 to 38.1 beats/min. It was shown that the type of vegetative regulation of heart activity in elite skiers does not change during the annual cycle (all members of the Tatarstan team had type IV regulation according to the classification of N.I. Shlyk, i.e. vagotonia). This confirms the notion that endurance training increases the influence of the parasympathetic system on the activity of the heart. The results of the study of the elite skier-racer K.D. (the first author of the article), fixing the volume and intensity of the training load in all three periods of the annual cycle, as well as the results of a study of the Tatarstan national team (without fixing the loads), revealed that, in general, throughout the season, including in the preparatory period, the median RRNN correlates with the volume (Vkm; Vmin) training loads (the higher they are, the greater the median RRNN). However, the competitive period is characterized by an inverse dependence of the median RRNN on the volume (Vmin) of the load, which is regarded as a reflection of the formation of an anxiety state in this period, although the formation of an anxiety state in the team of Tatarstan ($n = 8$) was not detected in the competitive period (they have a median of RRNN in the preparatory period was 1430 ms/42 beats/min), and in the competition period - 1490 ms/40.2 beats/min). The authors conclude that even a palpatory calculation of the heart rate of a cross-country skier in conditions of clinostasis (rest) can serve as a guideline in managing the training process, since an increase in heart rate with exercise therapy indicates a decrease in physical performance, and a progressive decrease in heart rate (up to 38 beats/min) - on its increase, as well as on the formation of the synthesis of non-neuronal acetylcholine (ACh). It is assumed that excessive production of non-neuronal ACh, which can lead to weakness of the sinus node, is prevented by a significant increase in ANS SO activity in elite skiers.

Keywords: cross-country skiers, heart rate variability, RRNN, heart rate, training cycle periods, non-neuronal acetylcholine, anti-apoptotic system.

Competing interests. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was conducted without sponsorship.

Cite as: Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamics of the rrnn interval of the cardiointervalogram depending on the specialization of the training process, stage of the annual preparation cycle and other factors (review). *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health*. 2024;14(6):30-46. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.6.PHYS.2>

Введение

Рабочей группой Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии (ЕКО и NASPLE) рекомендовано с целью оценки состояния автономной нервной системы (АНС) использовать ряд временных и спектральных показателей variability сердечного ритма, или BCP [1]. В отношении спектральных показателей известно [1, 2], что: 1) общая мощность спектра (TP), или Total Power, отражает мощность колебаний ритма в диапазоне частот от 0,003 до 0,5 Гц, т.е. суммарное влияние симпатического (СО) и парасимпатического (ПО) отделов АНС и ряда биологически активных веществ (БАВ); 2) мощность (HF-) волн, т.е. мощность колебаний с частотой от 0,15 до 0,40 Гц, отражает влияние ПО АНС на сердце; 3) мощность медленных (LF-) волн, т.е. мощность колебаний с частотой от 0,04 до 0,15 Гц, отражающая характер влияния на сердце СО АНС, модулируемое барорефлексом; 4) мощность очень медленных (VLF-) волн, т.е. мощность колебаний с частотой от 0,003 до 0,04 Гц, ко-

торая указывает, вероятно, на комплексное влияние СО и ПО АНС, а также ряда биологически активных веществ на сердце, одним из которых, как мы полагаем, является ненейрональный ацетилхолин [3, 4]; 5) относительная мощность, HF-, LF- и VLF-волн, выраженная в процентах к TP, т.е. HF%, LF% и VLF%, отражает удельный вклад соответствующих отделов АНС и БАВ в регуляцию деятельности сердца [2]. Эти показатели BCP, зарегистрированные в условиях клиностаза, оценивались рядом авторов и в отношении спортсменов [2, 5-8]. Нами проанализированы данные литературы и результаты собственных исследований, касающиеся таких спектральных показателей BCP спортсменов (главным образом, лыжников-гонщиков), как общая мощность спектра, или TP [3, 4, 9, 10], абсолютная и относительная мощность LF-волн [3, 11], абсолютная и относительная мощность HF-волн [3, 9, 10], абсолютная и относительная мощность VLF-волн [3, 4]. При этом нами установлено [3, 4, 9-11], что величины TP, HF-, LF- и VLF-волн, а также VLF%, зарегистрированные в условиях клиностаза, отражают влияние ПО АНС на

сердце; при этом мы предполагаем, что VLF%, вероятно, отражает интенсивность синтеза кардиомиоцитами ненейронального ацетилхолина [3, 4, 10], а значения LF% и HF% [3, 4, 9, 11] отражают формирование состояния тревожности в связи с предстоящими стартами. Нами выявлена прямая зависимость медианы TP от объема тренировочных нагрузок, выраженного в км пути ($V_{км}$), а также от мощности тренировочных нагрузок, судя по рабочему пульсу – чем выше объем и чем выше мощность нагрузки, тем выше медиана TP [3]. Кроме того, выявлена прямая зависимость медианы абсолютной мощности VLF-волн от объема тренировочной нагрузки ($V_{км}$) и интенсивности, выраженной в величине рабочего пульса ($N_{чсс}$) [3]. Анализ спектральных показателей ВСП лыжников-гонщиков позволил сформулировать представление о формировании при тренировках на выносливость антиапоптической системы миокарда, повышающей выживаемость кардиомиоцитов в условиях больших тренировочных нагрузок, сопровождающихся формированием оксидативного стресса. Компонентами этой системы, вероятно, являются эндогенные антиоксиданты, свободные аминокислоты типа гистидина, триптофана и тирозина [12], дофамин [13], серотонин [14], ненейрональный ацетилхолин [3, 4, 15], простагландины типа ПГФ_{2альфа} и ПГЕ₂ [16], оксид азота [17], мелатонин [18] и другие молекулы.

Среди временных показателей нами рассмотрен такой важный показатель как стресс-индекс (SI) или индекс напряжения регуляторных систем (ИН), отражающий соотношение активности СО и ПО АНС [19]. Анализ SI подтверждает наши предыдущие наблюдения и выводы [3, 4, 9, 10], а также данные других авторов [20, 21] о том, что для спортсменов, тренирующихся на выносливость, характерна высокая активность ПО АНС, судя по данным ВСП, зарегистрированной в условиях клиностаза. Нами впервые показано, что величина SI находится в обратной зависимости от объема и интенсивности тренировочной нагрузки, т.е. величина SI тем ниже, чем выше объем и интенсивность нагрузки. Кроме того, на основе анализа значений показателя SI и абсолютных значений VLF, которые согласно данным литературы [22, 23], отражают врожденный тип регуляции сердечной деятельности. Установлено, что тип вегетативной регуляции деятельности сердца у элитных лыжников-гонщиков не меняется на протяжении всего годового сезона и оценивается, по классификации Н.И. Шлык [22], как выраженная автономная регуляция, т.е. ваготония.

Целью данной статьи является анализ ещё одного временного показателя ВСП спортсменов (главным образом, лыжников-гонщиков), а именно длительность нормальных интервалов R-R, т.е. RRNN (мс), исключая спонтанные экстрасистолы, ха-

рактерные для здорового человека, а также другие нарушения ритма сердца [24]. Для лучшего восприятия этого материала мы переводим значения RRNN в более привычный показатель – ЧСС (удары в минуту), которая определяется по формуле $60\,000\text{ мс}/RRNN$, мс. В целом, считается [2, 25], что интервал RRNN (или ЧСС) отражает соотношение активности СО и ПО АНС – при повышении активности СО АНС значения RRNN будут уменьшаться, а при повышении активности ПО АНС – возрастать [2, 25]. Данная статья носит обзорный характер, так как систематизирует сведения о величинах RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) у спортсменов в зависимости от ряда факторов, в том числе от спортивной специализации, от объема/интенсивности тренировочных нагрузок, в зависимости от периодов (подготовительного, соревновательного, переходного) спортивного сезона, в частности, у лыжников-гонщиков. Считали целесообразным представить материал в виде отдельных подразделов в зависимости от анализируемого фактора. В ряде анализируемых работ отсутствовали значения RRNN, но указаны значения ЧСС, в связи с чем мы рассчитывали значения RRNN исходя из значений ЧСС, используя формулу $60000/\text{ЧСС}$ в 1 минуту и обозначали эти значения в тексте символом «*». Если же в цитируемых статьях приводились значения RRNN, то они переводились в ЧСС по формуле $60000\text{ мс}/RRNN$ (мс) и помечались символом «**».

1. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от уровня двигательной активности (спортсмены/неспортсмены)

Футболисты и неспортсмены. Согласно данным С. Lengyel и соавт. [26], у 76 профессиональных футболистов (возраст 22 года) величина RRNN составила 983^* мс, что соответствовало 61 уд/мин, а у 76 здоровых неспортсменов того же возраста – 833^* мс, или 72 уд/мин. По данным D. Lucini и соавт. [27], у 56 профессиональных футболистов (21 год) величина RRNN была выше (1213 мс/50 уд/мин), чем у 56 неспортсменов-сверстников (946 мс/65 уд/мин).

Баскетболисты и неспортсмены. По данным [28], у 18 полупрофессиональных баскетболистов величина RRNN была статистически значимо выше (992 мс, или 60 уд/мин**), чем у 15 мужчин-неспортсменов (739 мс, или 81 уд/мин).

Хоккеисты и неспортсмены. В.М. Михайлов [2] показал, что более высокие значения RRNN (и более низкие значения ЧСС) у хоккеистов ($n = 20$, 16 лет) по сравнению со школьниками-неспортсменами ($n = 67$, 15 лет), соответственно значения составили 1047 мс/59 уд/мин против 726 мс/83 уд/мин.

Легкоатлеты и неспортсмены. По данным Т. Vapach и соавт. [29], у 20 бегунов в возрасте 20-52 года величина RRNN была выше (а ЧСС – ниже), чем у здоровых неспортсменов того же возраста – 1033 мс/58 уд/мин** против 888 мс/67 уд/мин**;

к сожалению, авторы не указали статистическую значимость различий между группами. L. Deus и соавт. [30] выявили статистически значимые различия между спортсменами, занимающимися спринтерским бегом (1030 мс/59 уд/мин), либо бегом на длинные дистанции (1068 мс/58 уд/мин) в сравнении с неспортсменами (865 мс/70 уд/мин).

Велосипедисты и неспортсмены. По данным F. Martinelli и соавт. [31], у 10 велосипедистов величина RRNN составила 1076 мс/55 уд/мин**, что статистически значимо выше, чем у 11 сверстников-неспортсменов (854 мс/70 уд/мин**). Согласно данным B. Pluim [32], у 12 спортсменов-велосипедистов величина RRNN была статистически значимо выше (1244 мс/52 уд/мин), чем у 10 сверстников-неспортсменов (1085 мс/60 уд/мин).

Спортсмены, тренирующиеся на выносливость и неспортсмены. Согласно данным [33], у 8 спортсменов (4 пловца, 2 гребца, 2 велосипедиста) 14-20 лет величина RRNN была статистически значимо выше, чем у 8 здоровых людей-неспортсменов, соответственно 921 мс/65 уд/мин** против 673 мс/89 уд/мин**.

В целом многие авторы [2, 26-34] утверждают, что у спортсменов величина RRNN выше, чем у неспортсменов, а ЧСС соответственно ниже. Это означает, что высокая двигательная активность в большей степени способствует росту величины RRNN, чем возраст [30]. Пожалуй, исключением являются данные [34], согласно которым не выявлено статистически значимых различий при сравнении трёх групп подростков 14-16 лет, в том числе 169 подростков, тренирующихся на выносливость, 241 – тренирующихся в других видах спорта, не связанных с развитием выносливости, и 164 подростка, не занимающихся спортом. Величины RRNN у них составили соответственно 1000 мс*, 983 мс* и 900 мс*, а ЧСС – 60 уд/мин, 61 уд/мин и 66 уд/мин.

2. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от возраста юных спортсменов

При исследовании лыжниц и лыжников Республики Коми отмечено статистически значимое повышение значений RRNN у юношей 17-18 лет, в сравнении с 15-16-летними – соответственно 1038 мс*/58 уд/мин против 983 мс*/61 уд/мин; аналогичная ситуация для девушек – 1016 мс*/59 уд/мин против 923 мс*/65 уд/мин [35]. Однако, по мнению T. Radtke и соавт. [36], исследовавших 49 детей (29 девочек, 20 мальчиков) в возрасте 10-13 лет, величина RRNN зависела не от возраста, а от двигательной активности – чем выше активность, тем выше значения RRNN. По мнению N.I. Shlyk и соавт. [23], основанном на результатах исследования школьников и спортсменов в возрасте от 7 до 18 лет, значения RRNN и/или ЧСС не зависят от возраста и стажа занятий, а определяются врожденным типом регуля-

ции сердечной деятельности. Однако, несмотря на представления, высказанные в этих двух работах [23, 36], полагаем, что с повышением возраста спортсмена и соответственно с повышением стажа занятий спортом происходит рост значений RRNN и уменьшение ЧСС.

3. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от длительности («стажа») занятия спортом и уровня спортивного мастерства

Не приводя конкретных значений RRNN и ЧСС борцов-дзюдоистов международного уровня или национального уровня, J. Morales и соавт. [37] пришли к выводу, что у «международников» величина RRNN была выше, а ЧСС – ниже. Согласно данным B. De Maria и соавт. [38], с повышением стажа занятий на протяжении 10 лет тренировок у 35 бегунов-любителей полумарафона величина RRNN, равная исходно 930 мс/64 уд/мин**, возросла до 1069 мс/56 уд/мин. Показано [39], что у элитных 9 спортсменов-ориентировщиков величина RRNN составила 1127 мс/55 уд/мин, а у начинающих ориентировщиков – 1011 мс/80 уд/мин. Это означает, что с ростом тренированности растёт величина RRNN. Однако, согласно данным [40], для занимающихся пауэрлифтингом характерна иная зависимость величины RRNN от стажа занятия спортом – у мастеров спорта RRNN составила 763 мс/78 уд/мин**, а у разрядников – 805 мс/74 уд/мин**. Это, с одной стороны, подтверждает представление о том, что стаж занятий спортом влияет на величину RRNN (или ЧСС), но характер этого влияния указывает на то, что по мере профессионального роста у пауэрлифтеров повышается активность СО АНС. Итак, для спортсменов ряда видов спорта, при которых развивается выносливость, характерно, что с повышением стажа и уровня спортивного мастерства происходит рост величины RRNN/снижение ЧСС, что указывает на повышение активности ПО АНС [37-39]. Однако при тренировках силовой направленности, вероятно, происходят противоположные изменения – величина RRNN уменьшается (возрастает ЧСС), что указывает на повышение активности СО АНС [40], хотя, по данным [37], у дзюдоистов с повышением уровня мастерства значения RRNN возрастают.

4. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от вида спортивной специализации

Футболисты. По данным [41], у 13 футболистов второго дивизиона чемпионата Испании (18-28 лет) величина RRNN составила 860 мс/72 уд/мин. У профессиональных футболистов (28 лет) величина RRNN составила 1043 мс/57 уд/мин** [2], а по данным [26], у 76 профессиональных футболистов (22 года), величина RRNN составила 983 мс*/61 уд/мин. Согласно данным [27], у 56 профессиональных футболистов (21 год) средние значения RRNN составили 1213 мс/50 уд/мин, при этом величины RRNN разли-

чаются, хотя и незначимо, в зависимости от амплуа игрока. Так, у 5 вратарей величина RRNN составила 1118 мс/55 уд/мин, у 18 защитников соответственно 1210 мс/51 уд/мин, у 21 полузащитника – 1268 мс/48 уд/мин, а у 12 нападающих – 1160 мс/52 уд/мин. Итак, у футболистов величина RRNN в условиях клиностаза, судя по данным литературы, варьирует от 860 до 1213 мс, т.е. ЧСС варьирует от 50 до 72 уд/мин.

Баскетболисты. По данным [28], у 18 полупрофессиональных баскетболистов величина RRNN/ЧСС составила 992 мс/60 уд/мин**.

Тяжелоатлеты. По данным [42], ЧСС у тяжелоатлетов выше (т.е. величина RRNN меньше), чем у представителей других видов спорта, в том числе тренирующихся на выносливость. К такому же выводу приходят и другие авторы [40] в отношении спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом.

Легкоатлеты. Согласно данным [43], у элитных бразильских легкоатлетов, тренирующихся на выносливость, величина RRNN составила 1265 мс/47 уд/мин, что отличается от спортсменов-легкоатлетов, развивающих силу, у которых они составили 1031 мс/58 уд/мин.

Велосипедисты. Сообщают [44], что у 16 любителей-велогонщиков (13 мужчин, 3 женщины) величина RRNN/ЧСС составила 1031 мс/59 уд/мин. По данным [45], у 5 велосипедистов-любителей (гонка на шоссе) значения RRNN/ЧСС составили 1262 мс/47 уд/мин**. А по данным [21], у 12 спортсменов-велосипедистов значения RRNN/ЧСС составили 1244 мс/52 уд/мин. Таким образом, у велосипедистов значения RRNN находятся в пределах 1031–1262 мс, а ЧСС соответственно в пределах от 47 до 59 уд/мин.

Триатлонисты. По данным [46], у 16 мужчин (32 года), занимающихся триатлоном, величина RRNN/ЧСС составила 1173 мс/51 уд/мин.

Лыжники-гонщики. Показано [7], что у 16 лыжников-гонщиков (мужчин) из России, Норвегии, Швейцарии величины RRNN/ЧСС составили 1222–1236 мс/48–49 уд/мин. По нашим данным, у элитных лыжников-гонщиков, членов сборной команды Татарстана, медиана RRNN варьировала от 1430 мс до 1490 мс, что соответствует 40–42 уд/мин, в том числе у элитного лыжника-гонщика, члена сборной команды Татарстана, МС спортсмена К.Д. (соавтора данной статьи – Д.А. Катаева) эти значения составили 1467–1497 мс/40–41 уд/мин. По данным [47], у 66 лыжников-гонщиков (КМС, МС) величины RRNN/ЧСС составили 1034 мс*/58 уд/мин. По данным [48], у 21–23-летних лыжников-гонщиков (1 взр., КМС) величины RRNN/ЧСС составили 972 мс*/61,7 уд/мин.

Итак, у лыжников-гонщиков величина RRNN в условиях клиностаза, судя по данным литературы, варьирует от 1034 мс до 1497 мс, т.е. ЧСС варьирует

от 40 до 58 уд/мин. Этот разброс значений RRNN определяются многими факторами, в том числе уровнем спортивного мастерства, а также периодом годового цикла, при котором оценивалась ВСР, о чём детальнее сказано ниже в п. 7.

Итак, анализ литературы показывает, что самые высокие значения RRNN и соответственно низкие значения ЧСС зарегистрированы у элитных лыжников-гонщиков ([36] и наши данные), у легкоатлетов, тренирующихся на выносливость [43], у велосипедистов [32, 45], у триатлонистов [46], у футболистов-защитников и полузащитников, для которых характерно развитие высокой выносливости [27], и у лыжников-гонщиков низкой спортивной квалификации [47, 48]. Для тех видов спорта, при выполнении которых требуется развитие силы [40, 42, 43] и ловкости (координации) [2, 26–28, 41], величина RRNN ниже, чем у лыжников-гонщиков. Но даже в одном и том же виде спорта может наблюдаться выраженный разброс значений RRNN, что, вероятно, зависит от степени тренированности, амплуа спортсмена и этапа подготовки.

5. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от пола

Исследуя здоровых подростков, не занимающихся спортом, среди которых было 29 мальчиков и 38 девочек 14–16 лет, В.М. Михайлов [2] не выявил статистически значимых различий между ними по величинам RRNN/ЧСС, значения которых у мальчиков составили 740 мс*/81 уд/мин, а у девочек – 731 мс*/82 уд/мин. В другом исследовании [49] также не выявлены половые различия у спортсменов в отношении RRNN/ЧСС при исследовании 20 мужчин (21 год) и 16 женщин (21 год), занимающихся бадминтоном: у мужчин величины RRNN/ЧСС составили 1063 мс/58 уд/мин, а у женщин – 1097 мс/56 уд/мин. В цитируемой выше работе [7] изложены результаты исследования ВСР элитных лыжников-гонщиков (16 мужчин и 19 женщин). Оценку ВСР у них проводили в первой половине подготовительного периода, во второй половине подготовительного периода и в соревновательном периоде; при этом не выявили половых различий: у мужчин медианы RRNN/ЧСС составили соответственно 1274 мс/47 уд/мин**; 1275 мс/47 уд/мин** и 1250 мс/48 уд/мин**, а у женщин – 1204 мс/49 уд/мин**; 1229 мс*/48 уд/мин** и 1199 мс/50 уд/мин**. Однако авторы утверждают, что при выполнении одинаковой нагрузки мужчины показывали более высокие значения симпатической активности. А.Л. Марков [35], исследуя лыжниц и лыжников Республики Коми, не выявил половых различий у 15–16-летних юношей, величины RRNN/ЧСС которых составили 983 мс*/61 уд/мин, а у девушек – 923 мс*/65 уд/мин; у 17–18-летних юношей величины RRNN/ЧСС составили 1038 мс*/

58 уд/мин, а у 17-18-летних девушек – 1016 мс*/59 уд/мин.

Таким образом, не удалось выявить половых различий в отношении величин RRNN/ЧСС у спортсменов, занимающихся лыжными гонками [7, 35] или бадминтоном [49], также как и у здоровых подростков-неспортсменов [2].

6. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от спортивного результата

Было проведено исследование на элитных спортсменах по прыжкам в длину до и во время Олимпийских игр 2016 года (г. Рио-де-Жанейро) с целью выявления зависимости показателей ВСР от результатов спортсменов [50]. Однако выявить такую зависимость не удалось – при успешном выступлении величина RRNN/ЧСС составила 1034 мс/58 уд/мин**, а при неуспешном – 1091 мс/54 уд/мин** ($p > 0,05$). Авторы [50] делают вывод, что полезность мониторинга ВСР для прыжков в длину является спорной, поскольку измерения RRNN и/или ЧСС могут неточно отражать адаптацию спортсменов в видах спорта с высокой нервно-мышечной нагрузкой.

7. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от периода годового цикла (подготовительный, соревновательный, переходный)

По данным авторов [51], у футболисток перед подготовительным периодом (т.е. после отдыха) величина RRNN составила 930 мс, а ЧСС – 64 уд/мин**, а по окончании подготовительного периода эти значения статистически значимо изменились и составили соответственно 1265 мс/47 уд/мин**. По данным [6], при 24-недельной подготовке к любительскому марафону до начала подготовки у 8 женщин величины RRNN/ЧСС составили 906 мс/66 уд/мин**, в конце 8-й недели – 1006 мс/59 уд/мин**, в конце 16-й недели – 974 мс/61 уд/мин**, а к концу 24-й недели – 947 мс/63 уд/мин**. К сожалению, авторы не указывают степень значимости различий, которые, как мы видим, не так существенны. По нашему мнению, представленные результаты [6] свидетельствуют о том, что в процессе подготовки к марафонскому бегу у спортсменок сохранялась стабильность относительно невысокой активности ПО АНС.

У лыжников-гонщиков принято выделять подготовительный, соревновательный и переходный периоды [3, 52]. Как уже отмечалось выше [7], у 16 элитных лыжников-гонщиков из России, Норвегии, Швейцарии величина RRNN/ЧСС в первой половине подготовительного периода (т.е. июнь, июль, август) составила 1274 мс/47 уд/мин**, во второй половине подготовительного периода (сентябрь-ноябрь) – 1275 мс/47 уд/мин**, а в соревновательном периоде (декабрь-март) – соответственно 1250 мс/48 уд/мин**. Эти данные свидетельствуют о том, что на протяжении подготовительного и соревновательного пери-

одов величины RRNN/ЧСС оставались стабильными. Аналогичная картина характерна и для 19 элитных лыжниц – в первой и второй половине подготовительного периода, а также в соревновательном периоде эти значения составили соответственно 1204 мс/49 уд/мин**, 1229 мс/48 уд/мин** и 1199 мс/50 уд/мин**, т.е. они были стабильными.

Наши данные, полученные при регистрации КИГ у 8 лыжников-гонщиков республики Татарстан (МС, МСМК) по лыжным гонкам, в том числе у мастера спорта (МС) К.Д., позволяют нам оценить величины RRNN/ЧСС в подготовительный, соревновательный периоды (спортсмен К.Д. и команда РТ) и в переходном периоде (спортсмен К.Д.) (табл. 1; рис. 1, 2). Как детально сообщалось в наших публикациях [3, 4, 9-11, 19], регистрацию ВСР у спортсмена К.Д. и у всех остальных членов сборной команды Татарстана по лыжным гонкам проводили в течение 5 минут в положении лёжа после ночного сна (до завтрака) в комфортных условиях с помощью системы «ВНС-Микро» («Нейрософт», Иваново), а при анализе КИГ использовали программу «Поли-спектр» («Нейрософт»). Оценивали все общепринятые показатели ВСР, в том числе величину RRNN/ЧСС. При этом оценка величины RRNN/ЧСС (как и других показателей ВСР) формировалась путём суммирования результатов отдельных исследований, проведённых в каждом месяце соответствующего периода, что позволяло оценить статистически значимые различия между значениями параметров, зафиксированных в одном месяце (периоде), от зафиксированных в другом месяце (периоде). У спортсмена К.Д. всего выполнено 217 саморегистраций КИГ: в подготовительный период – 84, в соревновательный – 74 и в переходный – 59. Значения указанного показателя ВСР (как и величины объёма ($V_{\text{мин}}$, $V_{\text{км}}$) и мощности ($N_{\text{ЧСС}}$, N_{1+2+3} зоны ЧСС, N_{4+5} зоны ЧСС) тренировочных нагрузок рассчитывали для каждого месяца и в целом для каждого из трёх периодов (подготовительного, соревновательного и переходного) годового цикла, выражая их в виде медианы, 25 и 75 центилей [53]. У остальных 7 членов сборной РТ было сделано 106 регистраций КИГ (в подготовительном периоде – 62 и в соревновательном – 44). Оценка и расчёт значений RRNN и ЧСС проводилась по аналогии как у спортсмена К.Д., однако фиксация тренировочных нагрузок не проводилась. При оценке различий использовали критерий Манна – Уитни, считая их статистически значимыми при $p < 0,05$ [53]. Для расчётов, в том числе коэффициента корреляции Спирмена [53], использовали программу BioStat2009 Professional. 5.9.8. (фирма AnalystSoft).

Установлено, что у спортсмена К.Д. медианы RRNN и ЧСС на протяжении спортивного сезона менялись от замера к замеру, от месяца к месяцу – от 1260 мс/47,7 уд/мин до 1539 мс/39,0 уд/мин. Но, в

целом, по всему подготовительному периоду медианы RRNN/ЧСС составили 1497 мс/40,0 уд/мин, в соревновательном периоде – 1477 мс/40,6 уд/мин, а в переходном периоде – 1467 мс/40,8 уд/мин, т.е. медиана RRNN оставалась стабильной – на уровне 1467-1497 мс, хотя различия медиан RRNN между подготовительным периодом (1497 мс) и двумя следующими периодами (1477 мс и 1467 мс) были зна-

чимы ($p < 0,05$), а различия между соревновательным и переходным периодами незначимы ($p > 0,05$) (табл. 1; рис. 1, 2). Косвенно это означает, что у спортсмена К.Д. в подготовительном периоде происходит незначительный рост медианы RRNN, и он сохраняется стабильным в соревновательном и даже переходном периодах.

Таблица 1. Медиана, 25 и 75 центили, R-R интервалов (RRNN, мс) и ЧСС (уд/мин) по данным кардиоинтервалографии, зарегистрированной в условиях клиностаза, а также объема ($V_{\text{км}}$, $V_{\text{мин}}$) и интенсивности ($N_{\text{ЧСС}}$, N_{1+2+3} зоны ЧСС; N_{4+5} зоны ЧСС) тренировочных нагрузок по месяцам годового цикла у элитного лыжника К.Д.

Table 1. Median, 25th and 75th centiles, R-R intervals (RRNN, ms) and heart rate (beats/min) according to cardiointervalography recorded under clinostasis conditions, as well as volume ($V_{\text{км}}$, $V_{\text{мин}}$) and intensity (N_{HR} , N_{1+2+3} heart rate zones; N_{4+5} heart rate zones) training loads by month of the annual cycle for elite skier K.D.

Месяц и год	RRNN	ЧСС	Объем (V) и интенсивность (N) тренировочных нагрузок				
	мс.	уд/мин	$V_{\text{км}}$ км/день	$V_{\text{мин}}$ мин/день	$N_{\text{ЧСС}}$ уд/мин	N_{1+2+3} зоны ЧСС мин/день	N_{4+5} зоны ЧСС мин/день
Соревновательный период							
03.19	1432(1407/1473)	41,9 (40/42)	21,5 (14/25)	93 (65/109)	124 (119/131)	147 (106/172)	2,5 (0/8,8)
04.19	1453 (1398/1492)	41,3 (40/42)	14,8 (9/23)	61 (45/90)	112 (106/123)	32 (0/94)	0 (0/8)
Переходный период							
05.19	1260 (1182/1331)	47,7 (45/50)	15,5 (9/24)	101 (72/146)	124 (112/130)	73 (17/85)	0 (0/0)
Подготовительный период							
06.19	1452 (1374/1484)	41,3 (40/43)	22,5 (18/38)	122 (104/158)	125 (115/130)	201 (116/260)	6,5 (1,2/10)
07.19	1539 (1495/1574)	39,0 (38/40)	25,2 (12/44)	124 (103/166)	122 (111/125)	228 (131/263)	7,5 (1,2/18)
08.19	1479 (1434/1517)	40,6 (39/41)	20,6 (13/31)	129 (90/154)	117 (112/131)	169 (75/185)	6 (0/94)
09.19	1500 (1465/1528)	40,0 (39/40)	21,7 (12/28)	100 (83/133)	115 (110/124)	146 (100/179)	1,5 (0/17,2)
10.19	1482 (1430/1499)	40,5 (40/42)	15,7 (9/23)	91 (71/120)	122 (109/131)	169 (70/194)	0 (0/9)
11.19	1529 (1479/1562)	39,2 (38/40)	18,7 (13/23)	84 (63/106)	125 (117/133)	149 (99/176)	2,5 (1/5,8)
Соревновательный период							
12.19	1508 (1480/1534)	39,8 (39/40)	21,5 (14/26)	88 (64/121)	118 (114/128)	152 (91/188)	0 (0/8)
01.20	1514 (1421/1572)	39,6 (38/42)	18,6 (11/23)	72 (50/101)	124 (113/136)	119 (87/166)	3 (0/6,5)
02.20	1510 (1410/1548)	39,7 (38/42)	15,8 (12/22)	79 (53/93)	123 (114/159)	125 (113/136)	4,5 (0/11,2)
03.20	1393 (1389/1437)	43,1 (41/43)	20,2 (15/22)	94 (82/107)	115 (105/123)	80 (72/95)	0 (0/60)
Переходный период							
04.20	1465 (1404/1478)	41,0 (40/42)	13,5 (11/30)	92 (81/117)	113 (104/123)	82 (67/124)	0 (0/1)
05.20	1468 (1432/1475)	40,8 (40/41)	18,7 (15/60)	119 (87/151)	119 (112/125)	135 (36/156)	6 (0/9,7)
06.20	1483 (1454/1528)	40,5 (39/41)	20,4 (16/42)	111 (93/142)	120 (118/125)	101 (85/117)	0 (0/2)
В целом за подготовительный (1), соревновательный (2) и переходный (3) периоды							
Под. 1	1497 (1453/1540)	40,0 (38/41)	21 (13/31)	106 (80/145)	121 (112/130)	168,0	4 (0/15)
Сор. 2	1477 (1412/1523)	40,6 (39/42)	19 (12/25)	82 (61/106)	121 (111/130)	125,0	1,5 (0/10)
Пер. 3	1467 (1398/1502)	40,8 (39/42)	18 (12/37)	105 (85/142)	120 (112/126)	101,5	0 (0/2)
$p < 0,05$	1-2,3	1-3	1-2	-	-	1-3; 1-2; 2-3	1-3;2-3

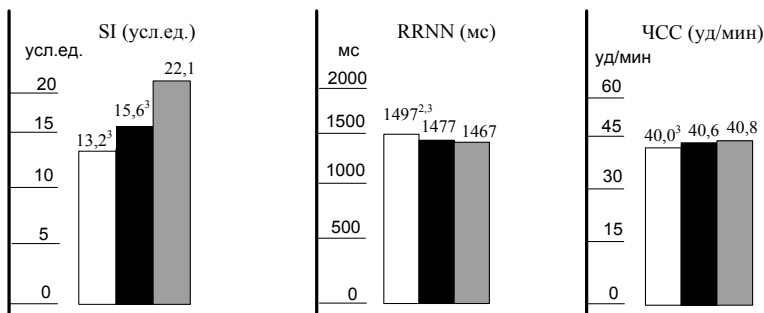
Примечание: символ «-» означает, что различия между периодами (1, 2 и 3) статистически незначимы, $p > 0,05$.

Нами также показано (рис. 3), что у 8 членов сборной команды Татарстана по лыжным гонкам (6 МС и 2 МСМК) на протяжении подготовительного и соревновательного периодов медианы RRNN и ЧСС имеют динамику, противоположную динамике медианы RRNN спортсмена К.Д., а именно в соревновательном периоде медиана RRNN была статистически значимо выше ($p < 0,05$), чем в подготовительном периоде (соответственно 1490 мс/40,2 уд/мин против 1430 мс/42,0 уд/мин); это говорит о том, что у большинства членов сборной команды Татарстана в соревновательном периоде продолжает поддержи-

ваться высокая активность ПО АНС, т.е. в меньшей степени выражена активность СО АНС, обусловленная формированием тревожного состояния, чем у спортсмена К.Д.

Таким образом, данные литературы [6, 7, 51] и результаты наших исследований позволяют заключить, что на протяжении годового цикла у спортсменов, в том числе у элитных лыжников-гонщиков, величины RRNN/ЧСС сохраняются на относительно постоянном уровне, что существенно отличает эти показатели от спектральных показателей ВСР.

Временные показатели



Спектральные показатели

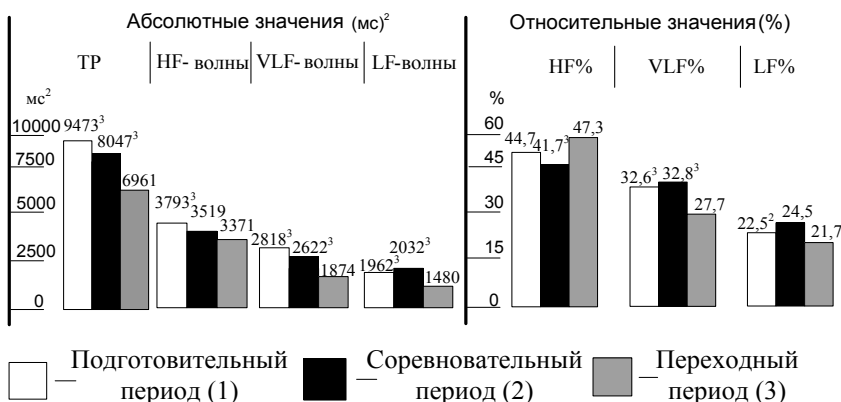


Рисунок 1. Динамика медиан стресс-индекса (SI), RRNN и ЧСС ВСР, а также спектральных показателей TP, абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн и их относительной мощности т.е., HF%, VLF%, LF% у элитного лыжника-гонщика К.Д. в подготовительный, соревновательный и переходный периоды тренировочного цикла (цифры в индексе означают статистическую значимость различий с соответствующим периодом по критерию Манна - Уитни, $p < 0,05$). Примечание: сведения о величинах SI, TP, абсолютной мощности HF-, VLF-, LF-волн и их относительной мощности т.е., HF%, VLF%, LF% у элитного лыжника-гонщика К.Д. взяты из наших статей [3, 4, 9-11, 19]

Figure 1. Dynamics of median stress index (SI), RRNN and heart rate HRV, as well as spectral indicators TP, absolute power of HF-, VLF-, LF-waves and their relative power i.e., HF%, VLF%, LF% from elite ski racer K.D. in the preparatory, competitive and transition periods of the training cycle (the numbers in the index indicate the statistical significance of the differences with the corresponding period according to the Mann - Whitney test, $p < 0.05$). Note: information about the values of SI, TP, absolute power of HF-, VLF-, LF-waves and their relative power i.e., HF%, VLF%, LF% for the elite skier-racer K.D is taken from our articles [3, 4, 9-11, 19]

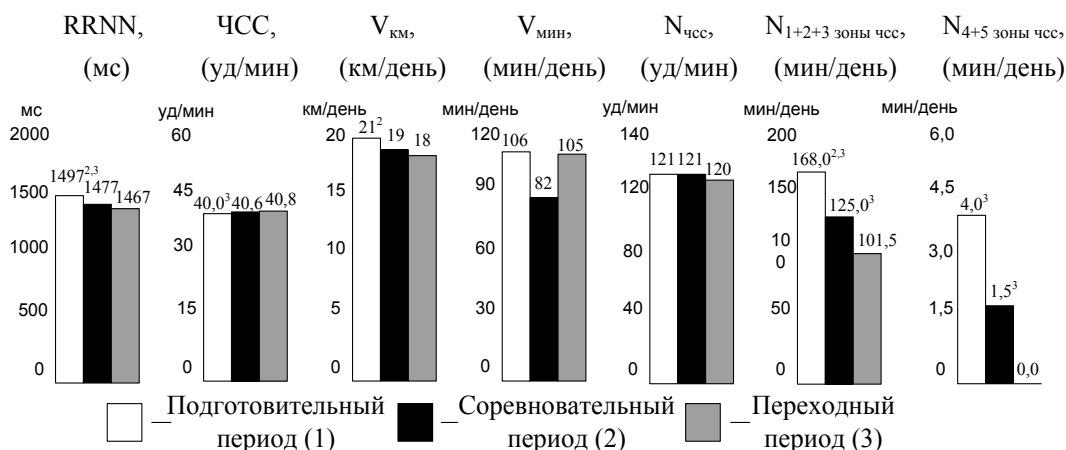


Рисунок 2. Динамика медианы R-R интервалы (RRNN, мс) и ЧСС (уд/мин) ВСР, а также объема тренировочных нагрузок, выраженного в километрах дистанции (V_{км}), либо длительности тренировки (V_{мин}), её интенсивности, выраженной величиной «рабочего» пульса (N_{чсс}), суммой времени проведенной в 1, 2, 3 зонах ЧСС (N_{1+2+3 зоны ЧСС}) и 4, 5 зонах ЧСС (N_{4+5 зоны ЧСС}) у элитного лыжника-гонщика К.Д. в подготовительный, соревновательный и переходный периоды тренировочного цикла (цифры в верхнем регистре означают статистически значимое различие с соответствующим периодом, по критерию Манна - Уитни, $p < 0,05$)

Figure 2. Dynamics of the median R-R intervals (RRNN, ms) and heart rate (bpm) HRV, as well as the volume of training loads, expressed in kilometers of distance (V_{km}), or the duration of training (V_{min}), its intensity, expressed by the value of "working" heart rate (N_{HR}), the sum of time spent in 1,2,3 heart rate zones (N_{1+2+3 heart rate zones}) and 4.5 heart rate zones (N_{4+5 heart rate zones}) for elite skier-racer K.D. in the preparatory, competitive and transition periods of the training cycle (numbers in upper case indicate a statistically significant difference with the corresponding period, according to the Mann - Whitney test, $p < 0.05$)

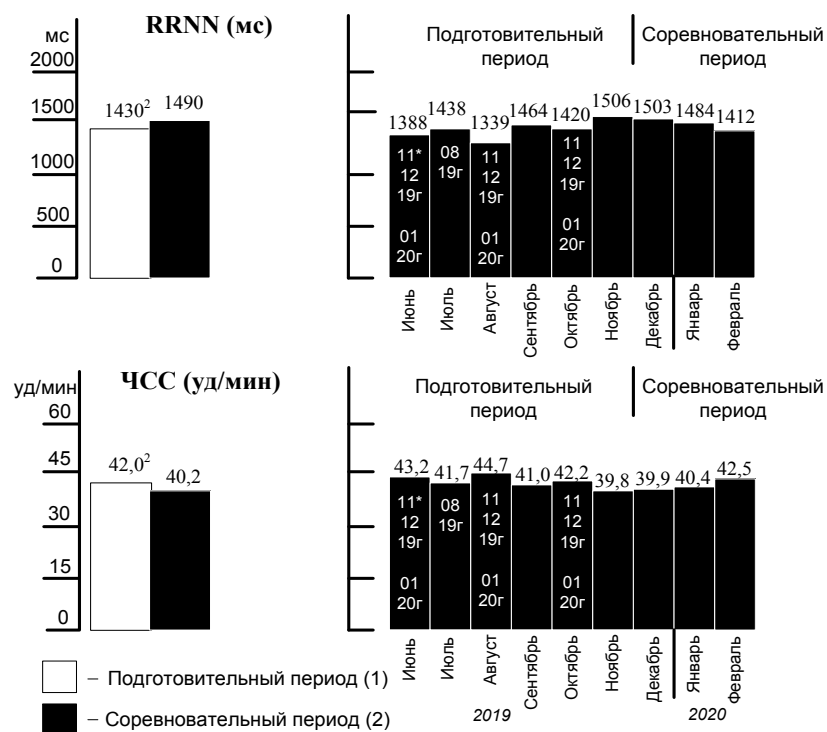


Рисунок 3. Динамика медианы R-R интервала (RRNN, мс) и ЧСС (уд/мин) в подготовительном (1) и соревновательном (2) периодах (соответственно – 1-й, 2-й столбцы), а также по месяцам у 8 лыжников-гонщиков команды Татарстана. Примечание: ² – различия с соревновательным (2) периодом статистически значимы по критерию Манна – Уитни, $p < 0,05$; 11* – числа внутри столбцов отражают месяцы, от которых данный месяц статистически значимо (по критерию Манна – Уитни, т.е. $p < 0,05$) отличается по значениям RRNN

Figure 3. Dynamics of the median R-R interval (RRNN, ms) and heart rate (bpm) in the preparatory (1) and competitive (2) periods (1st, 2nd columns, respectively), as well as by month for 8 skiers -racers of the Tatarstan team. Note: ² – means that the differences with the competitive (2) period are statistically significant according to the Mann-Whitney test, $p < 0,05$; 11* – the numbers inside the columns reflect the months from which the given month differs statistically significantly (according to the Mann-Whitney test, i.e. $p < 0,05$) in terms of RRNN values

8. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в структуре мезоцикла (учебно-тренировочного сбора, УТС)

В подготовке лыжников-гонщиков принято выделять в подготовительном и соревновательном периодах отдельные мезоциклы или УТС [52, 54]. Продолжительность мезоцикла в среднем составляет месяц. Выделяют следующие типы мезоциклов: 1) втягивающий – для начала подготовительного периода; 2) базовый – основной тип в подготовительном периоде; 3) контрольно-подготовительный – переходная фаза от базового к соревновательному мезоциклу; 4) предсоревновательный – направлен на подготовку к соревновательному периоду или главному старту; 5) соревновательный – выступление на соревнованиях; 6) восстановительный или переходный – после выступлений на соревнованиях. Таким образом, содержание мезоцикла определяется целями и задачами тренировочного процесса [52].

В литературе имеются одиночные сведения, касающиеся динамики значений RRNN/ЧСС на протяжении УТС [55, 56]. Так, при проведении на протяжении УТС холтеровского мониторинга у 5 профессиональных велосипедистов (21 год) показано [56], что значения RRNN/ЧСС в начале УТС составили

соответственно 959 мс/61 уд/мин, а в конце УТС существенно изменялись и составили 1070 мс/56 уд/мин. При оценке ВСР в начале, в середине и в конце УТС у 5 мужчин и 5 женщин, занимающихся лёгкой атлетикой и триатлоном, показано [56], что на начальном этапе значения RRNN/ЧСС составили 1042 мс/57 уд/мин**, на апогее УТС – 933 мс/64 уд/мин**, в конце УТС – соответственно 1055 мс/56 уд/мин**. Все различия величин RRNN были статистически значимы. Это означает, что на протяжении даже одного УТС значения RRNN могут статистически значимо изменяться.

Сборная команда Татарстана по лыжным гонкам на протяжении лыжного сезона 2019-2020 годов или годового макроцикла имела 11 УТС [3, 4, 10], из которых в подготовительном периоде – 7, в том числе: п. Раубичи (Республика Беларусь); Ижевск; «Бельмекен» (Болгария); Тюмень; Санкт-Петербург; «Ергаки» (Красноярский край); п. Вершина Теи (Республика Хакасия); и 3 УТС в соревновательном периоде: Перекоп (Кировская область); Новосибирск; «Хмелевские озера» (Краснодарский край). На каждом УТС проводилась регистрация ВСР у команды Татарстана и у спортсмена К.Д. Это даёт возмож-

ность проанализировать динамику величин RRNN/ЧСС на разных этапах УТС. В частности, анализ данных, полученных на 7 УТС подготовительного периода, показал, что у спортсмена К.Д. значения RRNN/ЧСС в начале, середине и в конце УТС составили соответственно – 1423 мс/42,1 уд/мин, 1513 мс/39,6 уд/мин и 1572 мс/38,1 уд/мин (различия первого и второго замеров от третьего значимы ($p < 0,05$), а между первым и вторым – незначимы ($p > 0,05$). Рост величины RRNN (снижение ЧСС) от начала к концу УТС коррелировало с увеличением на протяжении УТС объема нагрузки ($V_{км}$) и её интенсивности N_{1+2+3} зоны ЧСС и N_{4+5} зоны ЧСС ($p < 0,05$). На основе наших результатов, полученных при исследовании лыжника-гонщика К.Д., и данных литературы, полученных при исследовании велосипедистов [56] или легкоатлетов [55], можно заключить, что в структуре одного мезоцикла (УТС) значения RRNN увеличиваются, отражая тем самым увеличение активности ПО АНС. Это означает, что даже на протяжении одномесечного УТС у спортсменов, тренирующихся на выносливость, в частности у лыжника-гонщика, происходит рост активности ПО АНС, который отражается на таких показателях как RRNN/ЧСС.

9. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) в зависимости от объёма/интенсивности тренировочных нагрузок

По данным [6], у 8 бегунов-любителей, которые готовились к марафону в течение 24 недель, выявлена зависимость RRNN от объёма тренировочной нагрузки – с повышением её объёма возрастает величина RRNN (снижается ЧСС). Согласно данным [45], полученным при 6-недельной тренировке 5 велосипедистов на шоссе, средние значения RRNN/ЧСС составили 1262 мс/47 уд/мин^{**}; при этом авторы отмечают, что с повышением мощности тренировочной нагрузки значения RRNN уменьшаются, а ЧСС возрастает. А. Barrero и соавт. [57] на основании результатов исследования 10 элитных велосипедисток-шоссейников во время «Тур де Франс 2017» (не приводя конкретных величин RRNN и/или ЧСС) заключают, что в ответ на соревновательные/тренировочные нагрузки у них происходило снижение величины RRNN, что трактуется как отражение роста активности СО АНС.

Наши данные, полученные при регистрации КИГ у лыжника-гонщика, мастера спорта (МС) спортсмена К.Д., позволяют нам оценить зависимость величины RRNN/ЧСС от объёма и интенсивности тренировочных нагрузок в течение сезона (рис. 4). Методика этого исследования детально изложена в наших статьях [3, 4, 9, 10]. Для дальнейшего изложения результатов исследования мы считали необходимым кратко охарактеризовать методы оценки объёма и интенсивности тренировочных нагрузок.

В отношении лыжников-гонщиков объём тренировочных нагрузок может выражаться по продолжительности тренировки (минуты/день; часы/день; часы/год) [58–61], либо общим объёмом циклической нагрузки (ООЦН), т.е. км/день или км/месяц, км/год [54]. Нами показано, что в подготовительный период выявляется положительная зависимость RRNN от объёма тренировочной нагрузки, выраженного в $V_{км}$ или $V_{мин}$ – коэффициент Спирмена составил соответственно 0,23 и 0,26. Это означает, что с повышением объёма тренировочных нагрузок возрастает медиана RRNN (снижается ЧСС) в условиях клиностаза. В соревновательный период выявлена обратная зависимость величины RRNN от объёма нагрузки ($V_{мин}$), т.е. чем выше объём, тем меньше величина RRNN (коэффициент Спирмена составил 0,25; рис. 4). В переходный период статистически значимой зависимости показателя RRNN от объёма тренировочной нагрузки не выявлено. В целом по всему годовому циклу обнаружена статистически значимая ($p < 0,05$) прямая зависимость RRNN от объёма тренировочной нагрузки ($V_{км}$; $V_{мин}$) – чем выше объём нагрузки, тем выше величина RRNN (коэффициент Спирмена составил соответственно 0,15; 0,18 (рис. 4). Мы полагаем, что противоположная зависимость RRNN от объёма нагрузки, отмеченная для подготовительного и для соревновательного периодов, отражает разный ответ АНС. В частности, в соревновательный период спортсмен чаще подвержен состоянию тревоги, в отличие от подготовительного периода [3, 9–11].

Мощность нагрузок принято оценивать по величине «рабочего пульса» [58, 59]. В настоящее время на основании величины рабочего пульса предложено выделять пять зон интенсивности тренировочной нагрузки [62]. Считается [62, 63], что интенсивность первых трёх зон – это интенсивность нагрузки, при которой рабочий пульс находится в пределах 50–80 % от максимальной ЧСС ($ЧСС_{макс}$) для данного спортсмена; это так называемые зоны низкой интенсивности, а зоны 4 и 5 (рабочий пульс выше 80 % $ЧСС_{макс}$) – это зоны высокой интенсивности. В литературе нам не удалось найти данных о зависимости RRNN/ЧСС от интенсивности тренировочных нагрузок. При регистрации во время тренировок ЧСС пульсометром POLAR 430, оснащённым GPS-датчиком фирмы POLAR (Финляндия) мы установили, что интенсивность тренировочной нагрузки, судя по значениям рабочего пульса ($NЧСС$), во все периоды годового цикла у спортсмена К.Д. была относительно постоянной – медиана $ЧСС_{раб}$ в подготовительный, соревновательный и переходный периоды составила соответственно 121, 121 и 120 уд/мин (табл. 1, рис. 1).

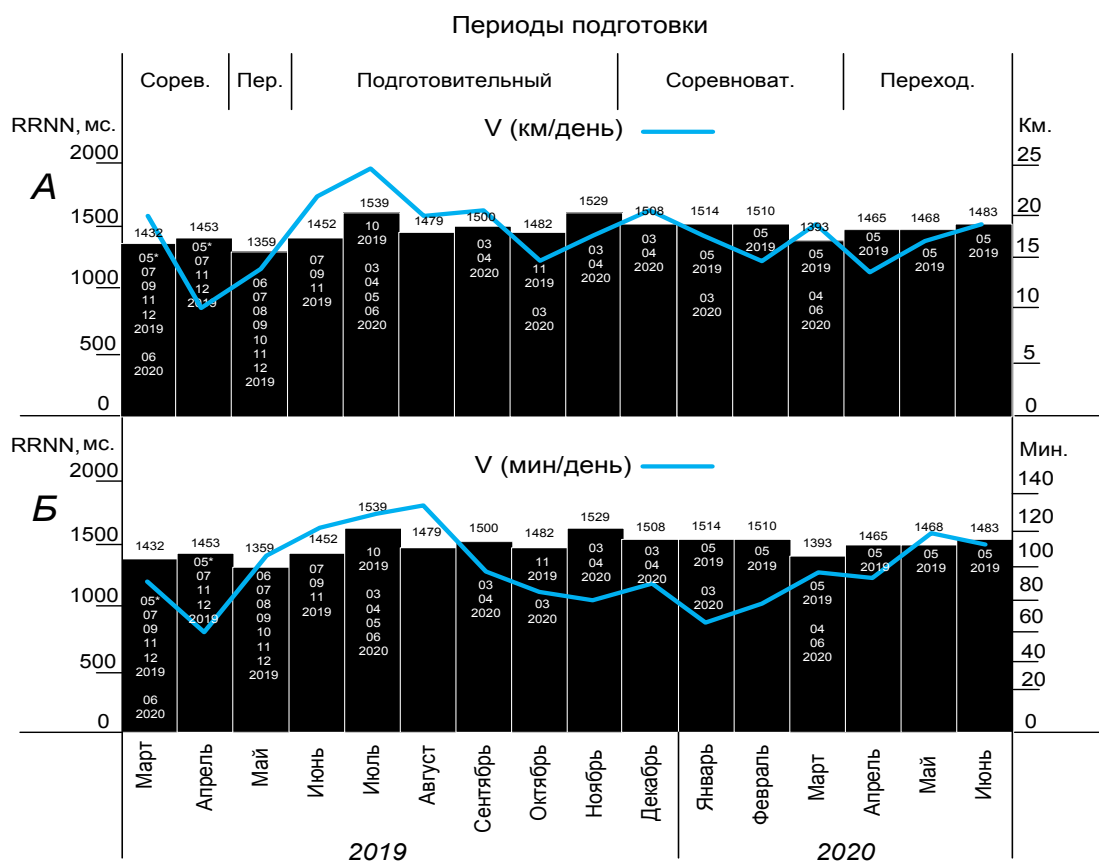


Рисунок 4. Динамика значений R-R интервала (RRNN, мс., столбцы) и значений объема $V_{\text{км}}$, $V_{\text{мин}}$ тренировочной нагрузки (линейный график, соответственно, панели А и Б) элитного лыжника К.Д. Примечание: числа внутри столбцов отражают месяцы, от которого данный месяц статистически значимо (по критерию Манна – Уитни, т.е. $p < 0.05$) отличается по значениям RRNN. Панели А и Б

Figure 4. Dynamics of R-R interval values (RRNN, ms., columns) and volume values V_{km} , V_{min} of training load (line graph, panels A and B, respectively) of elite skier K.D. Note: the numbers inside the columns reflect the months from which a given month differs statistically significantly (by the Mann-Whitney test, i.e. $p < 0.05$) in RRNN values. Panels A and B

А с учётом выделения пяти зон интенсивности нагрузок [62], спортсмен К.Д. выполнил 41,4 % тренировок в зоне 1 (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 уд/мин), тем самым сделав нагрузку в 1, 2, 3 зонах в подготовительном периоде (168 мин/день) значимо выше, ($p < 0,05$), чем в соревновательном (125 мин/день) и переходном (101,5 мин/день) периодах, а в соревновательном периоде значимо выше, чем в переходном периоде. Нагрузка в 4 и 5 зонах в подготовительном (4 мин/день) и соревновательном (1,5 мин/день) периодах была выше ($p < 0,05$), чем в переходном периоде (0 мин/день). Однако нам не удалось с учётом «рабочего пульса» и выделения 5-ти зон интенсивности выявить зависимость RRNN от интенсивности тренировочной нагрузки (NЧСС; N1+2+3 зоны ЧСС; N4+5 зоны ЧСС) как в целом по всему годовому циклу, так и по отдельным периодам - коэффициент Спирмена составил соответственно 0,06; 0,03; 0,07 (табл. 1, рис. 2).

10. Величина RRNN (мс)/ЧСС (уд/мин) у спортсменов в зависимости от вида вегетативной регуляции сердечной деятельности

По мнению авторов [22, 23], у спортсменов, независимо от спортивной специализации, возраста и других факторов, показатели ВСР преимущественно зависят от типа регуляции сердечной деятельности. В частности, на основании значений стресс-индекса (SI) и абсолютной мощности VLF-волн (AMVLF) предложено выделять четыре типа (I, II, III и IV) регуляции сердечной деятельности, что определяется выраженностью центральной и автономной регуляции [22, 23]. I и II типы регуляции – это спортсмены соответственно с умеренным ($SI > 100$ усл. ед.; $AMVLF > 240$ мс²) или с выраженным ($SI > 100$ усл. ед.; $AMVLF < 240$ мс²) преобладанием центральной регуляции, а III и IV типы – соответственно с умеренными ($SI = 30-100$ усл. ед.; $AMVLF > 240$ мс²) или с выраженным ($SI < 30$ усл. ед.; $AMVLF > 500$ мс²) преобладанием автономной регуляции. По сути, центральная регуляция, согласно Н.И. Шлык [22, 23], – это доминирование влияния СО АНС на сердце в условиях клиностаза, в то время как автономная

регуляция – это доминирование влияния ПО АНС в условиях клиностаза. Так, при исследовании двух биатлонистов (КМС, 16 лет), установлено [22], что у спортсмена М.А., имеющего III тип регуляции, величина RRNN составила 1224 мс*, что соответствует ЧСС, равной 49 уд/мин, а у спортсмена А.Д., для которого характерен II тип регуляции, RRNN составила 909 мс, что соответствует 66 уд/мин. Другим вариантом классификации спортсменов является деление их на симпатикотоников, ваготоников и нормотоников [64]. В этой классификации за критерий деления принимаются величины таких показателей ВСП, как RRNN и SI [64]. Симпатикотоники имеют RRNN/ЧСС менее 700 мс (или более 86 уд/мин), а SI – более 90 усл. ед.; ваготоники соответственно более 901 мс (менее 67 уд/мин), а SI – менее 30 усл. ед.; а нормотоники имеют RRNN/ЧСС в пределах 701–900 мс/67–86 уд/мин, а величину SI – в пределах 30–90 усл. ед. Так, при исследовании юных лыжников-гонщиков 10 и 11 лет ($n = 46$) показано [64], что у симпатикотоников значения RRNN/ЧСС составили 742 мс/80 уд/мин**; у ваготоников – 849 мс/70 уд/мин**), а у нормотоников – 777 мс/77 уд/мин**. По нашим данным, все 8 спортсменов команды Татарстана по лыжным гонкам, независимо от периода (в подготовительный или соревновательный), при котором проходила регистрация ВСП, отнесены, согласно классификации Р.И. Ефремовой и соавт. [64], к ваготоникам, а согласно классификации Н.И. Шлык [22], 7 спортсменов отнесены к IV типу, включая спортсмена К.Д., т.е. к выраженному автономному типу регуляции, а один – к III типу, т.е. к умеренно автономному типу. Полагаем, что вопрос о зависимости RRNN и/или ЧСС от типа регуляции сердечной деятельности, поднятый в ряде работ [22, 23, 64], требует дополнительного доказательства, в том числе в экспериментах на животных.

Заключение

Ранее нами (рис. 1) были проанализированы спектральные показатели (TP, абсолютная мощность (мс^2) HF-, LF- и VLF-волн и относительная (в процентах к TP) мощность этих волн, т.е. HF%, LF% и VLF% [6–9, 32] и временные (стресс-индекс – SI) [19]. Мы установили, что величины TP, HF-, LF- и VLF-волн, а также VLF% (в условиях клиностаза) отражают влияние ПО АНС на сердце. При этом мы предположили, что VLF%, вероятно, отражает интенсивность синтеза кардиомиоцитами норадреналина ацетилхолина [3, 4, 10], а LF% и HF% отражают формирование состояния тревоги в связи с предстоящими стартами [3, 10, 11]. Также в этих исследованиях установлено, что чем выше по объёму ($V_{\text{км}}$) и интенсивности ($N_{\text{чсс}}$) тренировочная нагрузка лыжника-гонщика, тем выше медиана TP [3]. Анализ индекса

напряжения SI подтверждает наши предыдущие наблюдения и выводы, что для спортсменов на выносливость характерна высокая активность ПО АНС в условиях клиностаза [19]. Кроме того, впервые показано, что величина SI тем ниже, чем выше объём и интенсивность выполняемой нагрузки [19].

В отношении величины показателя RRNN, отражающего соотношение активности СО и ПО АНС показано, что при высокой двигательной активности, т.е. при занятии многими видами спорта, величина RRNN возрастает [2, 11, 26–32, 51, 56, 65, 66]. Такая же тенденция наблюдается при повышении роста спортивного мастерства у юных спортсменов – в этом случае также возрастают значения RRNN [35, 36]. При этом не удалось выявить влияние пола спортсмена на величину RRNN [7, 35, 49]. У спортсменов более высоких разрядов и стажа тренировочной деятельности величина RRNN выше, чем у спортсменов более низких разрядов [37–39]. Особенно высокие значения отмечены RRNN у спортсменов, развивающих выносливость, среди которых лыжники-гонщики [7], легкоатлеты-стайеры [43], велосипедисты [32, 45], триатлонисты [46], а также футболисты-защитники и полузащитники [27]. В то же время спортсмены, развивающие силу [40, 42, 43] или ловкость [2, 26–28, 41], имеют более низкие значения RRNN. Всё это указывает на то, что при занятиях многими видами спорта повышается влияние ПО АНС на деятельность сердца. Вероятно, исключение представляет тяжёлая атлетика и пауэрлифтинг, занятия, которыми преимущественно повышают активность СО АНС [40, 42]. По мнению М. Buchheit [25], показатель RRNN неточно отражает адаптацию спортсменов в видах спорта с высокой нервно-мышечной нагрузкой, данное положение подтверждается и при исследовании спортсменов по прыжкам в длину [50].

Тем не менее, в одном и том же виде спорта может наблюдаться вариативность значений RRNN или ЧСС как в структуре годичного цикла [7, 22], так и в структуре одного УТС или мезоцикла [55, 56] у спортсмена. В частности, показано [7], что у элитных лыжников значения RRNN максимальны в подготовительном периоде, а в соревновательном они могут незначительно снижаться [7]. Нами показано, что у элитного лыжника-гонщика К.Д. максимальные значения RRNN наблюдаются в подготовительном периоде, минимальные – в переходном периоде. Снижение медианы RRNN в соревновательном периоде мы расцениваем как следствие формирования эмоционального стресса у спортсмена в этот период, что было отмечено нами ранее [3]. Важно подчеркнуть, что при исследовании всей сборной команды Татарстана показано, что максимальные значения RRNN достигаются в соревновательный период, что косвенно указывает на то, что у боль-

шинства членов команды уровень тревожности в этот период повышается, но не так выражено, как у спортсмена К.Д.

Показано [55, 56], что даже на протяжении одного UTC или мезоцикла у спортсменов, тренирующихся на выносливость, происходит достоверное повышение величины RRNN, достигающее максимума к концу UTC, что подтверждает и наш анализ динамики значений RRNN у спортсмена К.Д., наблюдаемый в течение 7 UTC подготовительного периода. Это подтверждает представление о повышении активности ПО АНС у лыжников-гонщиков к концу UTC.

При анализе ВСП спортсмена К.Д. показано, что в подготовительный период имеет место прямая зависимость медианы RRNN от объёма тренировочной нагрузки, выраженного в длине пути, проводимой (пробегаемой) при тренировке ($V_{км}$), или её длительностью ($V_{мин}$). В соревновательный период выявлена обратная зависимость величины RRNN от ($V_{мин}$) нагрузки, т.е. чем выше объём, тем меньше величина RRNN. Не исключено, что это связано с формированием тревожности в этот период, что подтверждает и динамика таких показателей как относительная мощность HF% и LF% волн [3, 4, 9-11]. В переходный период статистически значимой зависимости показателя RRNN от объёма тренировочной нагрузки не выявлено. В целом по всему годовому циклу обнаружена значимая ($p < 0,05$) прямая зависимость RRNN от объёма тренировочной нагрузки ($V_{км}$; $V_{мин}$) – чем выше объём нагрузки, тем выше величина RRNN. Выявить у спортсмена К.Д. в подготовительный, соревновательный и переходный периоды, а также по всему годовому циклу зависимость медианы RRNN от интенсивности тренировочной нагрузки, выраженной в величине рабочего пульса, не удалось, хотя ранее мы установили прямую зависимость от интенсивности тренировочных нагрузок для таких показателей ВСП как TP (общая мощность спектра, $мс^2$), абсолютная мощность VLF-волн (очень низкочастотный спектр, $мс^2$) [3, 4, 9, 10] и SI (стресс-индекс или индекс напряжения, усл. ед.) [19].

В отечественной физиологии достаточно широко распространено мнение о том, что значения показателей ВСП, в том числе величина RRNN, у спортсмена зависит от врождённого типа регуляции сердечной деятельности, т.е. от степени влияния СО и ПО АНС на деятельность сердца, а не от возраста, стажа занятий спортом, уровня спортивного мастерства и других факторов [22, 23, 64]. Согласно классификации Н.И. Шлык [22, 23], 7 членов команды лыжников Татарстана отнесены к IV типу включая К.Д. (выраженная ваготония), а один – к III типу (умеренная ваготония) регуляции сердечной деятельности. Согласно классификации Р.И. Ефремовой и соавт. [64],

все 8 спортсменов команды Татарстана по лыжным гонкам, независимо от периода (в подготовительный или соревновательный), при котором проходила регистрация ВСП, относятся к ваготоникам. Следует подчеркнуть, что на протяжении годичного цикла тип регуляции сердечной деятельности у элитных лыжников не меняется. Это позволяет сформулировать представление о том, что специализация вида спорта, который выбирает начинающий спортсмен, зависит от индивидуальных особенностей регуляции сердечной деятельности, в которой принимают участие не только ПО и СО АНС, но и многие другие медиаторы и БАВ, например: эндогенные сенситизаторы бета-адренорецепторов, или ЭСБАР, в том числе гистидин, триптофан и тирозин [12]; дофамин [13]; серотонин [14]; простагландины [16]; оксид азота [17]; мелатонин [18]; ненейрональный ацетилхолин [3, 4; 15] и другие гормоны и медиаторы, проявляющие свойства антиоксидантов и антиапоптотических факторов. Все вместе они, вероятно, образуют антиапоптотическую систему, которая препятствует апоптозу кардиомиоцитов в условиях высокой физической нагрузки, т.е. способствует сохранению их жизнедеятельности.

В целом, наш анализ такого показателя ВСП, как RRNN (или ЧСС) подтверждает наши предыдущие наблюдения и выводы [3, 4, 9-11, 19], сделанные на основании динамики спектральных показателей ВСП. Спектральные показатели, как и временные, в том числе RRNN и стресс-индекс, отражают повышение влияния ПО АНС на деятельность сердца при занятии теми видами спорта, которые развивают выносливость. Спектральные показатели позволяют более детально оценивать механизмы адаптации сердца к интенсивным нагрузкам. В частности, они позволяют выявить формирование антиапоптотического механизма. Мы не исключаем, что спектральные показатели ВСП, в том числе такие как абсолютная и относительная мощности VLF-волн, способны отразить формирование отдельных компонентов антиапоптотического механизма, например продукцию кардиомиоцитами ненейронального ацетилхолина. Кроме того, спектральные показатели ВСП, в частности относительная мощность HF% и LF% [3, 9], также как и временные (в том числе RRNN и стресс-индекс), подтверждают возможность метода КИГ отражать формирование у спортсмена чувства тревожности, которое возникает у него в соревновательный период.

В сравнении с другими анализируемыми нами показателями ВСП, в том числе такими как SI, TP, абсолютная мощность ($мс^2$) HF-, LF- и VLF-волн и относительная (в процентах к TP) мощность этих волн, т.е. HF%, LF% и VLF% (рис. 1), величина RRNN (или ЧСС), вероятно, менее чувствительный показатель ВСП.

Но у него есть одно важное преимущество – он легко и просто регистрируется у спортсмена, даже путём пальпаторного подсчёта пульса. Анализ данных литературы позволяет нам считать, что в положении лёжа у элитного лыжника-гонщика (КМС, МС, МСМК) ЧСС может варьировать от 38 уд/мин до 58 уд/мин. Повышение значения ЧСС в процессе УТС указывает на снижение уровня тренированности, а прогрессивное снижение ЧСС (до 38 уд/мин) – на её повышение, а также на формирование синтеза ненеуронального ацетилхолина (АХ). Избыточная продукция АХ, которая может привести к слабости синусного узла, вероятно, ограничивается активностью СО АНС, степень влияния которого на работу сердца у элитных спортсменов, тренирующихся на выносливость, существенно возрастает.

Выводы

Величина длительности R-R интервала (RRNN) или частоты сердечных сокращений (ЧСС) зависит от спортивной специализации (RRNN максимальна, а ЧСС минимальна – у спортсменов, тренирующихся на выносливость, особенно у лыжников-гонщиков) и противоположна спортсменам, развивающим силу, в частности пауэрлифтеров и тяжелоатлетов; от стажа занятий спортом (у лыжников с повышением мастерства величина RRNN увеличивается, ЧСС снижается); от периодов подготовки как в структуре макроцикла или лыжного сезона, например у лыжников-гонщиков она достигает максимума в подготовительный период (1497 мс/40 уд/мин) и удерживается на этом уровне или незначительно снижается (1477 мс/40,6 уд/мин) в соревновательном периоде и существенно снижается в переходном периоде (1967 мс/40,8 уд/мин), так и в структуре мезоцикла или УТС (например, у элитного лыжника спортсмена

К.Д. в конце УТС величина RRNN максимальна (ЧСС минимальна) – 1572 мс/38,1 уд/мин в сравнении с серединой – 1513 мс/39,6 уд/мин и началом УТС – 1423 мс/42,1 уд/мин УТС). При этом тип вегетативной регуляции деятельности сердца у элитных лыжников-гонщиков не меняется на протяжении всего годового сезона и оценивается, по разным классификациям, как выраженная автономная регуляция, т.е. ваготония.

Медианы RRNN/ЧСС у элитного лыжника К.Д. в подготовительном периоде и в целом по всему сезону коррелирует с объёмом ($V_{\text{км}}$, $V_{\text{мин}}$) тренировочных нагрузок – чем он больше, тем выше значения RRNN, т.е. ниже ЧСС. Однако в соревновательный период выявлена обратная зависимость от объёма ($V_{\text{мин}}$) нагрузки – чем больше объём, тем ниже величина RRNN/выше ЧСС, что объясняется появлением эмоционального стресса в данный период. Корреляция с интенсивностью тренировочных нагрузок не выявлена.

Величина RRNN или ЧСС – менее чувствительный показатель ВСР. Однако доступность регистрации ЧСС, в том числе пальпаторным методом, указывает на то, что ЧСС (в условиях покоя) может быть ориентиром при управлении тренировочным процессом, так как повышение ЧСС по мере УТС указывает на снижение физической работоспособности, а прогрессивное снижение ЧСС (вплоть до 38 уд/мин) – на её повышение, а также на формирование синтеза ненеуронального ацетилхолина, который, вероятно, является одним из компонентов антиапоптотической системы миокарда. Предполагается, что избыточной продукции ненеуронального ацетилхолина, которая может привести к слабости синусного узла, препятствует существенное повышение активности СО ВНС у элитных лыжников.

Литература [References]

1. Perek S., Raz-Pasteur A. Heart rate variability: the age-old tool still remains current. *Harefuah*. 2021;160(8):533-536.
2. 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).
3. 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., Tsikin V.I., Zavalin N.S., Morozova M.A., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamics of TP-, HF-, LF- and VLF waves of a 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*. 2023;49(5):87-100. (In Russ).
4. Катаев Д.А., Циркин В.И., Кишкина В.В., Трухина С.И., Трухин А.Н. Природа общей мощности спектра и очень низкочастотных волн кардиоинтервалограммы с позиций адаптации организма человека к двигательной активности (обзор). *Журн. мед.-биол. исследований*. 2023;11(1):95-107. Kataev D.A., Tsikin 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 the cardiointervalogram from the standpoint of the adaptation of the human body to motor activity (review). *Journal. medical biol. research*. 2023;11(1):95-107. (In Russ)/
5. Гаврилова Е.А. Спорт, стресс, вариабельность: монография. М.: Спорт, 2015. 168 с. Gavrilova E.A. Sport, stress, variability: monograph. Moscow: Sport, 2015. 168 p. (In Russ).
6. Manzi V., Castagna C., Padua E., Lombardo M., D'Ottavio S., Massaro M., et al. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* 2009;296(6):1733-40.
7. Schäfer D., Gjerdalen G.F., Solberg E.E., Khokhlova M., Badtieva V., Herzig D., et al. Sex differences in heart rate variability: a longitudinal study in international elite cross-country skiers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015;115(10):2107-14.
8. Shaffer F., Ginsberg J.P. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front. Public. Health*. 2017; 28(5): 258.
9. Катаев Д.А., Циркин В.И., Завалин Н.С., Морозова М.А., Трухина С.И., Трухин А.Н. Динамика TP- и HF-волн кардиоинтервалограммы лыжника-гонщика в подготовительном, соревновательном и переходном периодах в зависимости от объема и интенсивности тре-

- нировочных нагрузок. *Вестник спортивной науки*. 2023;1:46-54. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Zavalin N.S., Morozova M.A., Trukhina S.I., Trukhin A.N. Dynamics of TP- and HF-waves of the cardiointervalogram of a skier-racer in the preparatory, competitive and transitional periods depending on the volume and intensity of training loads. *Bulletin of sports science*. 2023;1:46-54. (In Russ).
- 10 Катаев Д.А., Циркин В.И., Кишкина В.В., Трухина С.И., Трухин А.Н. Общая мощность спектра и мощность HF-волн в зависимости от этапов годового цикла подготовки спортсменов и других факторов (обзор). *Журнал медико-биологических исследований*. 2024;12(2):253-267. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V., Trukhina S.I., Trukhin A.N. The total power of the spectrum and the power of HF waves depending on the stages of the annual cycle of training athletes and other factors (review). *Journal of Biomedical Research*. 2024;12(2):253-267. (In Russ).
 - 11 Kataev D.A., Tsirkin V.I., Kishkina V.V., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Absolute and Relative Power of LF Waves of Cardiointervalogram in Athletes (Literature Review). *Anatomy Physiol. Biochem. Int. J.* 2023;6(4):555695.
 - 12 Tsirkin V., Nozdrachev A., Sizova E., Polezhaeva T., Khlybova S. Endogenous Sensitizer of Beta-Adrenergic Receptors (ESBAR) as a Component of Humoral Links Element of Autonomic Nervous System and Its Analogs (Review). *Usp. Fiziol. Nauk*. 2016;47(4):18.
 - 13 Schindler C.W., Thorndike E.B., Rice K.C., Partilla J.S., Baumann M.H. The Supplement adulterant β -methylphenethylamine increases blood pressure by acting at peripheral norepinephrine transporters. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 2019;369(3):328.
 - 14 Song Y., Xu C., Liu J., Li Y., Wang H., Shan D., et al. Heterodimerization With 5-HT_{2B}R Is Indispensable for β_2 AR-Mediated Cardioprotection. *Circ. Res.* 2021;128(2):262.
 - 15 Kakinuma Y. Characteristic effects of the cardiac non-neuronal acetylcholine system augmentation on brain functions. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22(2):545.
 - 16 Radi Z.A., Khan K.N. Cardio-renal safety of non-steroidal anti-inflammatory drugs. *J. Toxicol. Sci.* 2019;44(6):373-391.
 - 17 Lukowski R., Cruz Santos M., Kuret A., Ruth P. cGMP and mitochondrial K⁺ channels-compartmentalized but closely connected in cardioprotection. *Br. J. Pharmacol.* 2022;179(11):2344-2360.
 - 18 Wongprayoon P., Govitrapong P. Melatonin receptor as a drug target for neuroprotection. *Curr. Mol. Pharmacol.* 2021;14(2):150-164.
 - 19 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 объёма и интенсивности тренировочных нагрузок. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье*. 2023;13(6):12-25. Kataev D.A., Tsirkin V.I., Trukhin A.N., Trukhina S.I. Dynamics of stress-index and spectral indicators of cardiointervalogram of elite skiers-racers in the preparatory, competition and transition 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).
 - 20 D'Souza A., Sharma S., Boyett M.R. CrossTalk opposing view: bradycardia in the trained athlete is attributable to a downregulation of a pacemaker channel in the sinus node. *J. Physiol.* 2015;593(8):1749.
 - 21 Pla R., Aubry A., Resseguier N., Merino M., Toussaint J.F., Hellard P. Training Organization, physiological profile and heart rate variability changes in an open-water world champion. *Int. J. Sports. Med.* 2019;40(8):519.
 - 22 Shlyk N.I. Management of Athletic Training with Consideration of Individual Heart Rate Variability Characteristics. *Fiziol. Cheloveka*. 2016;42(6):81.
 - 23 Shlyk N.I., Sapozhnikova E.N., Kirillova T.G., Semenov V.G. Typological characteristics of the functional state of regulatory systems in school-children and young athletes (according to heart rate variability data). *Fiziol. Cheloveka*. 2009;35(6):85.
 - 24 Zimatore G., Gallotta M.C., Campanella M., Skarzynski P.H., Maulucci G., Serantoni C., et al. Detecting metabolic thresholds from nonlinear analysis of heart rate time series: A review. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 2022;19(19):12719.
 - 25 Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front. Physiol.* 2014;(5):73.
 - 26 Lengyel C., Orosz A., Hegyi P., Komka Z., Udvardy A., Bosnyák E. et al. Increased short-term variability of the QT interval in professional soccer players: possible implications for arrhythmia prediction. *PLoS One*. 2011;6(4):18751.
 - 27 Lucini D., Fallanca A., Malacarne M., Casasco M., Galiuto L., Pigozzi F. et al. Streamlining Analysis of RR Interval Variability in Elite Soccer Players: Preliminary Experience with a Composite Indicator of Cardiac Autonomic Regulation. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 2020;17(6):1844.
 - 28 Vera J., Jiménez R., Cárdenas D., Redondo B., García J.A. Visual function, performance, and processing of basketball players vs. sedentary individuals. *J. Sport. Health. Sci.* 2020;9(6):587.
 - 29 Banach T., Zofadz J.A., Kolasińska-Kloch W., Szygula Z., Thor P.J. The effect of aging on the activity of the autonomic nervous system in long distance runners. *Folia Med. Cracov.* 2000;41(3-4):113.
 - 30 Deus L.A., Sousa C.V., Rosa T.S., Filho J.M.S., Santos P.A., Barbosa L.D. et al. Heart rate variability in middle-aged sprint and endurance athletes. *Physiol. Behav.* 2019;205:39-43.
 - 31 Martinelli F.S., Chacon-Mikahil M.P., Martins L.E., Lima-Filho E.C., Golfetti R., Paschoal M.A. et al. Heart rate variability in athletes and non-athletes at rest and during head-up tilt. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 2005;38(4):639-47.
 - 32 Pluim B.M., Swenne C.A., Zwinderman A.H., Maan A.C., van der Laarse A., Doornbos J. et al. Correlation of heart rate variability with cardiac functional and metabolic variables in cyclists with training induced left ventricular hypertrophy. *Heart*. 1999;81(6):612-7.
 - 33 Costa O., Freitas J., Puig J., Carvalho M.J., Freitas A., Ramos J. et al. Spectrum analysis of the variability of heart rate in athletes. *Rev. Port. Cardiol.* 1991;10(1):23-8.
 - 34 Pentikäinen H., Toivo K., Kokko S., Alanko L., Heinonen O.J., Korpelainen R. et al. Resting Electrocardiogram and Blood Pressure in Young Endurance and Nonendurance Athletes and Nonathletes. *J. Athl. Train.* 2021;56(5):484.
 - 35 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 cross-country skiers of the Komi Republic. *Journal of Biomedical Research*. 2019;7(2):151-160. (In Russ).
 - 36 Radtke T., Khattab K., Brugger N., Eser P., Saner H., Wilhelm M. High-volume sports club participation and autonomic nervous system activity in children. *Eur. J. Clin. Invest.* 2013;43(8):821-8.
 - 37 Morales J., Garcia V., García-Massó X., Salvá P., Escobar R., Buscà B. The use of heart rate variability in assessing precompetitive stress in high-standard judo athletes. *Int. J. Sports. Med.* 2013;34(2):144.
 - 38 De Maria B., de Oliveira Gois M., Catai A.M., Marra C., Lucini D., Porta A. 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.
 - 39 Seiler S., Haugen O., Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 2007;39(8):1366-73.

- 40 Калабин О.В., Спицин А.П. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов с силовой направленностью тренировочного процесса. *Новые исследования*. 2011;29(4):124-131. Kalabin O.V., Spitsin A.P. Heart rate variability in athletes with a power orientation of the training process. *New research*. 2011;29(4):124-131. (In Russ).
- 41 Ayuso-Moreno R.M., Fuentes-García J.P., Nobari H., Villafaina S. Impact of the Result of Soccer Matches on the Heart Rate Variability of Women Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 2021;18(17):9414.
- 42 Iellamo F., Lucini D., Volterrani M., Casasco M., Salvati A., Gianfelici A., et al. Autonomic nervous system responses to strength training in top-level weight lifters. *Physiol. Rep*. 2019;7(20):e14233.
- 43 Abad C.C., do Nascimento A.M., Gil S., Kobal R., Loturco I., Nakamura F.Y. et al. Cardiac autonomic control in high level Brazilian power and endurance track-and-field athletes. *Int. J. Sports. Med*. 2014;35(9):772-8.
- 44 Swart A., Constantinou D. The effects of a 3-day mountain bike cycling race on the autonomic nervous system (ANS) and heart rate variability in amateur cyclists: a prospective quantitative research design. *BMC Sports. Sci. Med. Rehabil*. 2023;15(1):2.
- 45 Alfonso C., Capdevila L. Heart rate variability, mood and performance: a pilot study on the interrelation of these variables in amateur road cyclists. *Peer J*. 2022;10:e13094.
- 46 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.
- 47 Видулов А.Д., Бочаров М.В., Каунина Д.В., Бойков В.Л. Регуляция сердечной деятельности у спортсменов высокой квалификации. *Вестник спортивной науки*. 2017;2:31-36. Vikulov A.D., Bocharov M.V., Kaunina D.V., Boykov V.L. Regulation of cardiac activity in highly qualified athletes. *Bulletin of sports science*. 2017;2:31-36. (In Russ).
- 48 Руль Е.А., Кудря О.Н. Показатели вариабельности сердечного ритма лыжников-гонщиков в условиях учебно-тренировочных сборов при использовании транскраниальной электростимуляции. *Современные вопросы биомедицины*. 2022;6(1):195-199. Rul' E.A., Kudrya O.N. Indicators of heart rate variability in cross-country skiers during training camps using transcranial electrical stimulation. *Modern issues of biomedicine*. 2022;6(1):195-199. (In Russ).
- 49 Tai C.C., Chen Y.L., Kalfirt L., Chande N., Kim R.B., Gregor J. Differences between Elite Male and Female Badminton Athletes Regarding Heart Rate Variability, Arterial Stiffness, and Aerobic Capacity. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*. 2022;19(6):3206.
- 50 Coyne J., Coutts A., Newton R., Haff G.G. Training load, heart rate variability, direct current potential and elite long jump performance prior and during the 2016 Olympic Games. *J. Sports. Sci. Med*. 2021;20(3):482.
- 51 Costa J.A., Brito J., Nakamura F.Y., Dores H., Rebelo A. Associations between 24-h heart rate variability and aerobic fitness in high-level female soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2022;32(1):140.
- 52 Мисина С.С., Адодин Н.В., Крючков А.С. Мякинченко Е.Б. 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. Myakinchenko E.B. Models of periodization of power-oriented loads in mesocycles of training high-class skiers. *Pedagogical, psychological, medical and biological problems of physical culture and sports*. 2022;17(3):23-30 (In Russ).
- 53 Стентон Г. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с. Stanton G. Medical and biological statistics. Translation from English. Moscow: Practice, 1998. 459 p. (In Russ).
- 54 Головачев А.И., Колыхматов В.И., Широкова С.В., Новикова Н.Б. Построение тренировочного процесса высококвалифицированных лыжников-гонщиков на заключительном этапе подготовки к XXIV зимним олимпийским играм в Пекине. *Теория и практика физической культуры*. 2022;(7):6. Golovachev A.I., Kolykhatov V.I., Shirokova S.V., Novikova N.B. Building a training process for highly qualified ski racers at the final stage of preparation for the XXIV Winter Olympic Games in Beijing. *Theory and practice of physical culture*. 2022;(7):6 (In Russ).
- 55 Baumert M., Brechtel L., Lock J., Hermsdorf M., Wolff R., Baier V. et al. Heart rate variability, blood pressure variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin. J. Sport. Med*. 2006;16(5):412-7.
- 56 Bonaduce D., Petretta M., Cavallaro V., Apicella C., Ianniciello A., Romano M. et al. Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Med. Sci. Sports. Exerc*. 1998;30(5):691-6.
- 57 Barrero A., Schnell F., Carrault G., Kervio G., Matelot D., Carré F. et al. Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS One*. 2019;14(3):e0213472.
- 58 Sandbakk Ø., Holmberg H.C. Physiological capabilities and training regimen of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance. *Int. J. Sports. Physiol. Perform*. 2017;12(8):1003.
- 59 Schmitt L., Bouthiaux S., Millet G.P. Eleven years' monitoring of the world's most successful male biathlete of the last decade. *Int. J. Sports. Physiol. Perform*. 2020;16(6):900.
- 60 Solli G.S., Tønnessen E., Sandbakk Ø. The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier. *Front. Physiol*. 2017;8:1069.
- 61 Tønnessen E., Sylta Ø., Haugen T.A., Hem E., Svendsen I.S., Seiler S. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance. *PLoS One*. 2014;9(7):e101796.
- 62 Stöggl T.L., Hertlein M., Brunauer R., Welde B., Andersson E.P., Swarén M. Pacing, exercise intensity, and technique by performance level in long-distance cross-country skiing. *Front. Physiol*. 2020;11:17.
- 63 Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int. J. Sports. Physiol. Perform*. 2010;5(3):276.
- 64 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. Efremova R.I., Spitsin A.P., Voronina G.A. Reactivity of the regulatory systems of young skiers depending on the type of autonomic regulation. *Vyatka Medical Bulletin*. 2015;(4):15. (In Russ).
- 65 Sharashdze N.S., Pagava Z.T., Saatashvili G.A., Agladze R.A. Heart rhythm abnormalities in middle-aged veteran elite athletes. *Georgian. Med. News*. 2008;159:31.
- 66 Stein R., Moraes R.S., Cavalcanti A.V., Ferlin E.L., Zimmerman L.I., Ribeiro J.P. Atrial automaticity and atrioventricular conduction in athletes: contribution of autonomic regulation. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2000;82(1-2):155.

Авторская справка**Катаев Денис Анатольевич**

Мастер спорта России по лыжным гонкам, помощник старшего тренера Региональной Общественной Организации «Федерации лыжных гонок» Республики Татарстан; аспирант кафедры биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет.
ORCID 0000-0002-8051-3521

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

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, научное редактирование текста.

Кишкина Влада Викторовна

Врач функциональной диагностики, Челябинская городская клиническая больница № 1.
ORCID 0000-0003-2467-5275

Вклад автора: регистрация кардиоинтервалограммы, анализ её параметров.

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 биологии и методики обучения биологии, Вятский государственный университет.
ORCID 0000-0003-3888-1993

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

Author's reference**Denis A. Kataev**

Master of Sports of Russia in cross-country skiing, assistant to the senior coach of the Regional Public Organization "Federation of Cross-Country Skiing" of the Republic of Tatarstan; postgraduate student of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University.
ORCID 0000-0002-8051-3521

Author's contribution: registration of cardiointervalogram in the field, analysis of its parameters, writing the text, analysis of the literature.

Viktor I. Tsirkin

Dr. Sci. (Med.), Professor, Senior Researcher of the Institute of Neurosciences, Kazan State Medical University.
ORCID 0000-0003-3467-3919

Author's contribution: supervisor of the research work, analysis of the literature, scientific editing of the text.

Vlada V. Kishkina

Doctor of Functional Diagnostics, Chelyabinsk City Clinical Hospital No. 1.
ORCID 0000-0003-2467-5275

Author's contribution: registration of cardiointervalogram, analysis of its parameters.

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, article and necessary documentation design.

Svetlana I. Trukhina

Cand. Sci. (Biol.), Docent, Associate Professor of the Department of Biology and Methods of Teaching Biology, Vyatka State University.
ORCID 0000-0003-3888-1993

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