Дата публикации: 01.12.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_3
УДК 796.922

Publication date: 01.12.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_3
UDC 796.922

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА В ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЕ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ С ВЫРАЖЕННОЙ ИСХОДНОЙ ВАГОТОНИЕЙ

А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин, В.В. Эрлих
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. Анализируется реактивность организма на ортостатическую пробу у лыжников-гонщиков с выраженной исходной ваготонией, дифференцированных на группу «лидеров» и «резерва» по скорости двигательных действий. Вариабельность сердечного ритма оценивали по квадратному корню средних квадратов разницы между смежными NN интервалами и частоте сердечных сокращений, которые регистрировали с использованием датчика «Polar H10» и часов «Vantage V» («Polar flow», Финляндия) с использованием программного обеспечения «Recovery Pro». Измерения проводились в течение двух минут как в положении лежа, так и в положении стоя. Анализ реактивности вегетативной нервной системы у лыжников группы «лидеров» показал нормальную ортостатическую устойчивость. У спортсменов группы «резерва» выявлен пониженный уровень ортостатической устойчивости.
Ключевые слова: ваготония, вариабельность сердечного ритма, ортостатическая устойчивость, лыжники-гонщики.

HEART RATE VARIABILITY IN THE ORTHOSTATIC TEST IN SKI RACERS WITH SEVERE INITIAL VAGOTONIA

A.S. Bakhareva, D.Z. Shibkova, P.A. Bajguzhin, V.V. Ehrlich
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Abstract. The authors analyzed the reactivity of the body of ski racers with pronounced initial vagotonia to an orthostatic test. The athletes were differentiated into a group of leaders and a reserve group based on the speed of motor actions. Heart rate variability (root mean square of the successive differences) and heart rate were recorded in Recovery Pro using a Polar H10 sensor and a Vantage V watch (Polar flow, Finland). Measurements were taken for two minutes in both the supine and standing positions. Analysis of the reactivity of the autonomic nervous system in the skiers of the leader group demonstrated a satisfactory level of orthostatic stability. Athletes in the reserve group have a reduced level of orthostatic stability.
Keywords: vagotonia, heart rate variability, orthostatic stability, ski racers.

Введение. Приоритетным направлением научных исследований в области спортивной физиологии является поиск простых и информативных методов контроля функционального состояния спортсменов разных видов спорта [1-4]. В этом аспекте повышается интерес к исследованиям вариабельности сердечного ритма (ВСР), за рубежом число научных публикаций достигает почти 2000 статей в год [5]. Также придается большое значение возможности использовать регистрацию ВСР на любом этапе тренировочного процесса, экономичности методики по сравнению с определением биохимических маркеров [4]. Вегетативный тонус спортсменов, который отражает взаимодействие эрго- и трофотропных влияний надсегментарного уровня регуляции, исходно оценивается в состоянии покоя, а динамические наблюдения за вариабельностью сердечного ритма и реакцией на ортопробу позволяют контролировать качество тренировочного процесса и уровень функциональной готовности спортсменов [6]. Ортостатическая проба

является надежным методом выявления скрытых изменений, в частности – со стороны механизмов вегетативной регуляции, и применяется многими исследователями для оценки состояния регуляторных систем [7]. Наиболее часто для оценки высокочастотных компонент ВСР используют показатель RMSSD – квадратный корень средних квадратов разницы между смежными NN интервалами. При этом в исследованиях, посвященных ВСР, продолжительность записи диктуется природой самого исследования. Для оценки высокочастотного компонента необходима запись одной минуты [8].

Индивидуальные типы вегетативной регуляции различаются не только по балансу, но и по степени переносимости тренировочных и соревновательных нагрузок. Анализ временных (RMSSD, MxDMn – вариационный размах, SI – индекс напряжения регуляторных систем) и спектральных (TP – общая мощность спектра, HF – мощность волн высокой частоты, LF – мощность волн низкой частоты, VLF – мощность волн очень низкой частоты, ULF – мощность волн ультранизкой частоты) показателей ВСР выявил достоверные различия у обследуемых с разными исходными типами вегетативной регуляции [9]. У каждого спортсмена свой индивидуальный резерв регуляторно-адаптивных возможностей организма, по которому можно ориентироваться при оценке функциональной готовности к выполнению тренировочных нагрузок [10, 11]. Для экспресс-мониторинга тренировочного процесса необходимо минимизировать анализируемые показатели, выделив наиболее чувствительные и стабильные. Исходя из научных источников, нами для экспресс-оценки значений ВСР у лыжников-гонщиков в покое (лежа) и при ортостазе был выбран временной параметр RMSSD, отражающий парасимпатическую активность вегетативной регуляции, который более устойчив к нарушениям стационарности по сравнению с показателями в частотной области [12]. В подготовительном периоде тренировочного цикла в покое к наиболее достоверным показателям [13] также относят RMSSD.

Цель настоящего исследования заключалась в выявлении особенностей вариабельности сердечного ритма (по параметру RMSSD) на ортостатическую пробу у лыжников-гонщиков с выраженной исходной ваготонией, дифференцированных на группы «лидеров» и «резерва».

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в начале базового этапа (май), в конце базового этапа (август) и в конце специально-подготовительного этапа (ноябрь) на базе Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета (НИУ). На основе информированного согласия участников исследования было проведено эргометрическое тестирование, по результатам которого были отобраны лыжники-гонщики (n=20) в возрасте 20,06±2,07 лет. Спортсмены 1-ой группы – «лидеры» (n=10) – демонстрировали более высокие скоростные показатели от средних значений всей выборки, а лыжники-гонщики 2-ой группы – «резерв» (n=10) – более низкие. ЧСС (частота сердечных сокращений) и ВСР (RMSSD) измерялась с помощью датчика «Polar H10» и часов «Vantage V» («Polar flow», Финляндия) с использованием программного обеспечения «Recovery Pro». Измерения проводились в течение двух минут как в положении лежа, так и в положении стоя (рис. 1). Для расчета вегетативного индекса Кердо (ВИК=(1–ДАД/ЧСС)×100) проводили измерение систолического (САД, мм рт. ст.) и диастолического (ДАД, мм рт. ст.) артериального давления с помощью медицинского тонометра «Omron». Замеры АД проходили в положении лежа.

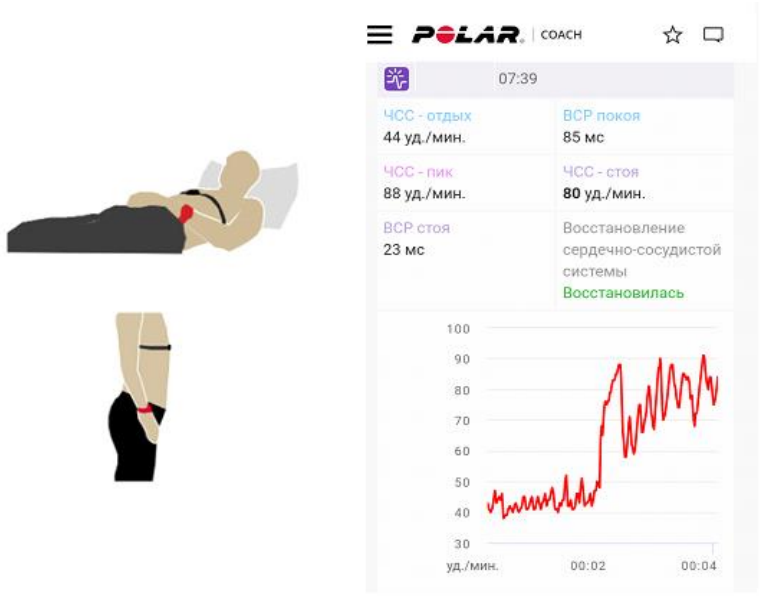


Рис. 1. Графическая запись параметров ЧСС и RMSSD
у испытуемого в положении лежа и стоя

Примечание: ВСР – вариабельность сердечного ритма; ЧСС – частота сердечных сокращений; RMSSD – квадратный корень средних квадратов разницы между смежными NN интервалами

Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics v. 23. Исследуемые показатели были подвергнуты проверке на нормальность распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка (W) и представлены в виде медианы и 25- и 75-й перцентилей (Me (25%;75%)). Для проверки статистической значимости полученных данных применялся непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Взаимосвязь показателей RMSSD и ЧСС в сравниваемых группах спортсменов определяли с помощью r-коэффициента по Спирмену.

Результаты исследования и их обсуждение. Исходные (в положении лежа) значения ВИК у лыжников-гонщиков, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что у спортсменов обеих групп выраженный ваготонический тип регуляции. У «лидеров» более выражена парасимпатическая регуляция относительно значений у представителей группы «резерва», на I-ом ($p<0,05$) и III-ем ($p<0,01$) этапах подготовительного периода.

Таблица 1

Вегетативный индекс Кердо у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me (25%;75%)

Группа	I этап	II этап	III этап
Лидеры (n=10)	-43,07 (-52,88; -22,87)	-51,13 (-56,54; -43,06)	-57,30 (-62,12; -50,23)
Резерв (n=10)	-33,03 (-38; -26,18)	-38,54 (-46,19; -27,75)	-34,62 (-45,44; -21,54)
%	23,31	24,62	39,58
P	>0,05	<0,05	<0,01

Исходные межгрупповые значения RMSSD в положении лежа статистически значимо не различались. Однако абсолютные показатели на конечном этапе подготовки были выше на 30% у спортсменов группы «резерва» (табл. 2), отражая повышение тонуса вагуса с ростом уровня тренированности. Переход в вертикальное положение сопровождался закономерным подавлением активности парасимпатической регуляции в обеих группах, с более выраженной статистически значимой реакцией в группе «резерва» на всех трех этапах подготовительного периода.

Таблица 2

Показатели RMSSD и ЧСС у лыжников-гонщиков в положении лежа и стоя на этапах подготовительного периода, Me (25%;75%)

Группа	I этап	II этап	III этап
RMSSD лежа, мс			
Лидеры (n=10)	133,00 (84,25; 154,75)	117,00 (80,00; 161,25)	108,00 (82,50; 136,25)
Резерв (n=10)	131,50 (90,25; 174,81)	147,50 (119,00; 182,15)	140,50 (108,00; 185,00)
%	1,13	26,07	30,09
P	>0,05	>0,05	>0,05
RMSSD стоя, мс			
Лидеры (n=10)	28,50 (23,75; 48,25)	32,00 (22,25; 39,25)	34,50 (22,00; 50,50)
Резерв (n=10)	16,50 (10,00; 21,50)	19,50 (13,50; 26,25)	19,50 (12,75; 21,00)
%	42,11	39,06	43,48
P	<0,05	<0,05	<0,05
ЧСС лежа, уд/мин			
Лидеры (n=10)	47,00 (45,25; 50,25)	42,50 (41,50; 46,25)	42,00 (39,00; 46,00)
Резерв (n=10)	50,50 (50,00; 51,75)	48,00 (46,50; 48,25)	49,50 (46,75; 52,25)
%	7,45	12,94	17,86
P	>0,05	<0,05	<0,05
ЧСС стоя пик*, уд/мин			
Лидеры (n=10)	85,00 (83,25; 95,75)	86,50 (83,25; 94,25)	88,50 (86,50; 93,50)
Резерв (n=10)	98,50 (97,25; 108,75)	96,50 (89,25; 105,25)	99,55 (95,00; 100,75)
%	15,88	11,56	12,43
P	>0,05	>0,05	<0,05
ЧСС стоя, уд/мин			
Лидеры (n=10)	78,00 (60,75; 80,25)	72,50 (60,50; 80,75)	73,00 (59,00; 81,00)
Резерв (n=10)	91,50 (85,75; 95,00)	84,00 (78,00; 90,00)	87,50 (87,00; 90,25)
%	17,31	15,86	19,86
P	<0,05	<0,05	<0,05

Примечание: RMSSD – квадратный корень средних квадратов разницы между смежными NN интервалами; ЧСС – частота сердечных сокращений; * – ЧСС в период перехода в вертикальное положение

Реакцию ЧСС на пике перехода в вертикальное положение в обеих группах спортсменов можно характеризовать как тахисистолическую, так как увеличение показателя от исходного уровня составило 38-44-46 уд/мин у «лидеров» и 48-48-50 уд/мин в группе «резерва», соответственно по этапам подготовительного периода. Выраженность подавления вагуса и активации симпатического звена регуляции была в большей степени у представителей группы «резерва», что подтверждается и значениями RMSSD в положении стоя.

При двухминутном вертикальном положении у представителей группы «лидеров» медианное значение ЧСС снижалось от

пиковых показателей на 15, 33, 37% по этапам подготовки, отражая темпы восстановления и указывая на повышение уровня тренированности, толерантности к нагрузкам и сбалансированности регуляторных механизмов к концу подготовительного периода. В группе «резерва» сохранялся более выраженный систолический ответ на ортостаз на этапах подготовки, который отразился в более медленном восстановлении ЧСС. Так, снижение от пиковых показателей было в диапазоне от 7 до 15%, что вдвое ниже показателей группы «лидеров». Вероятно, такая реактивность ВНС является компенсаторной реакцией системы кровообращения у спортсменов этой группы на недостаточный объем венозного возврата крови к сердцу, активная ортостатическая проба отражает компенсаторные гемодинамические и вегетативные сдвиги и является способом воздействия на венозный возврат крови к сердцу [14].

Внутригрупповая динамика значений RMSSD и ЧСС у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода в ортостазе графически представлена на рисунке 2. Анализ реактивности вегетативной нервной системы и ЧСС у лыжников группы «лидеров» на ортостаз показал, что поддержание вегетативного баланса оптимизировалось от этапа к этапу подготовки, что и проявилось в нормальном уровне ортостатической устойчивости. Признаков перенапряжения сердечно-сосудистой системы на этапах подготовительного периода не наблюдалось, следовательно коррекции тренировочных нагрузок не требовалось.

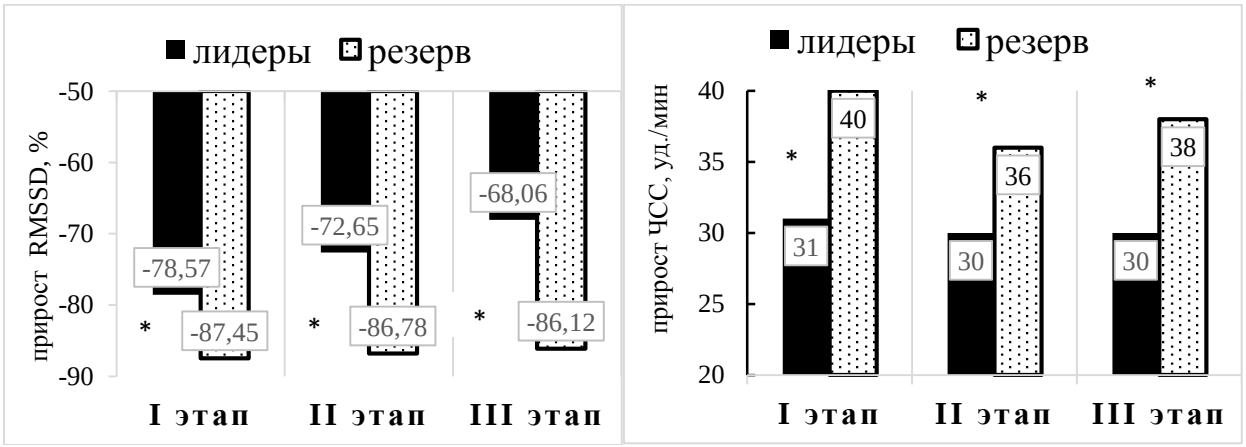


Рис. 2 Динамика значений RMSSD и ЧСС у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода в ортостазе, %

Примечание: RMSSD – квадратный корень средних квадратов разницы между смежными NN интервалами; ЧСС – частота сердечных сокращений; * – значимость внутригрупповых различий показателей между значениями «лежа» и «стоя»

Реактивность организма лыжников группы «резерва» на ортостаз указывает на более выраженное подавление активности блуждающего нерва и, следовательно, смещение вегетативного баланса в сторону активации симпатического отдела вегетативной нервной системы, что наблюдалось на всех этапах подготовки и подтверждается более высокими значениями ЧСС относительно «лидеров». Данный вариант реактивности на ортостаз при формировании спортивной формы оценивается как пониженная ортостатическая устойчивость.

Полученные результаты изменений RMSSD и ЧСС у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода в положении лежа и стоя подвергли корреляционному анализу (табл. 3) с расчетом r-коэффициента Спирмена.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции RMSSD и ЧСС у лыжников-гонщиков в положении лежа и при ортостазе на этапах подготовительного периода

Группа	I этап	II этап	III этап
RMSSD лежа & ЧСС лежа			
Лидеры (n=10)	-0,422	-0,426	-0,525
Резерв (n=10)	-0,915*	-0,388	-0,923*
RMSSD стоя & ЧСС стоя			
Лидеры (n=10)	-0,547	-0,912**	-0,554
Резерв (n=10)	-0,590	-0,673*	-0,722*

Примечание: RMSSD – квадратный корень средних квадратов разницы между смежными NN интервалами; ЧСС – частота сердечных сокращений; * – статистически значимые взаимосвязи (при $p<0,05$); ** – статистически значимые взаимосвязи (при $p<0,01$)

Корреляционный анализ показателей RMSSD и ЧСС у лыжников-гонщиков обеих групп в положении лежа и стоя выявил наличие отрицательных взаимосвязей на всех этапах подготовки. При этом сила взаимосвязи в группе «лидеров» на всех этапах подготовки в положении лежа характеризовалась как умеренная. В группе «резерва» сила взаимосвязи между показателями RMSSD и ЧСС в положении лежа на I-ом и III-ем этапах была очень высокой, а на II-ом – слабой.

В положении стоя у «лидеров» корреляционная взаимосвязь на I-ом и III-ем этапах была на уровне средней силы, на II-ом этапе – на уровне очень высокой; в группе «резерва» отмечено нарастание от этапа к этапу силы корреляционной взаимосвязи между показателями RMSSD и ЧСС от средней до высокой.

Обращают на себя внимание показатели коэффициентов корреляции на II-ом этапе подготовительного периода, где у «резерва» в состоянии лежа – наименьшие значения, что, вероятно, обусловлено снижением толерантности к возросшему объему физической нагрузки и, следовательно, сдвигу гемодинамических параметров. У «лидеров» максимальные значения коэффициента корреляции выявлены в положении стоя, что указывает на адекватную реактивность на возросшие объем и интенсивность нагрузки на этом этапе.

Результаты математического анализа ВСР интерпретируются как медико-физиологические критерии функционального состояния организма. В настоящее время однозначно положение о том, что чем выше значение RMSSD, тем активнее звено парасимпатической регуляции. Индивидуальный оптимум механизмов регуляции не всегда совпадает со среднестатистической нормой, т.к. однотипные адаптационные реакции протекают по-разному в зависимости от индивидуальных функциональных резервов. При этом гомеостаз основных систем организма обеспечивается при минимальном напряжении регуляторных механизмов [15]. ВСР является конечным звеном не только нервной, но и гуморальной регуляции и имеет предикторную ценность, неизвестно до каких пределов следует увеличивать вагусную активность (или ее маркеры) в целях достижения оптимальной защиты сердечно-сосудистой системы.

При высокой депрессии вегетативной регуляции любая значимая нагрузка выводит системы регуляции в зону неустойчивости, за пределы адаптационных возможностей. Чем выше вариабельность, тем устойчивее системы регуляции к воздействию внешних нагрузок. При резком снижении вариабельности ухудшается качество регуляторных механизмов и, как следствие, возрастает риск [16]. Увеличение RMSSD указывает на снижение управления со стороны центрального контура регуляции [17].

Для конкретной спортивной специализации существуют предпочтительные

варианты состояния вегетативных функций, обеспечивающих высокий уровень физической работоспособности и успешность соревновательной деятельности. Для циклических видов спорта с развитием выносливости таким вариантом является совокупность исходной ваготонии (индекс Кердо – менее 10 ед.) и высокой ортостатической устойчивости (ортостатическая разность – менее 25 уд/мин). У спортсменов с таким исходным вариантом достоверно выше по отношению к среднегрупповым значениям показателей работоспособности [18].

Показано, что повышение тонуса вагуса (значения RMSSD) у спортсменов косвенно участвует в повышении УОК и снижении артериального давления через удлинение периода диастолы [19]. В положении лежа у мужчин-лыжников с базовой ЧСС от 40 до 55 уд/мин на регуляцию ритма сердца, как и в нашем исследовании, большее влияние оказывает парасимпатическая нервная система, на фоне снижения более высоких уровней регуляции. Статистически значимо выше и значения временных показателей, в том числе RMSSD, по сравнению с лыжниками с исходной ЧСС от 56 до 70 уд/мин [20]. В группе спортсменов с ваготоническим типом регуляции срочная адаптация сердечно-сосудистой системы происходит за счет процессов саморегуляции, без подключения центральных структур в формировании ответной реакции организма на ортостатическую пробу [21].

Заключение. Таким образом, анализ результатов исследования выявил, что по значениям ВИК у «лидеров» в положении лежа более выражена парасимпатическая регуляция в сравнении с представителями «резерва» на II-ом ($p<0,05$) и III-ем ($p<0,01$) этапах подготовительного периода. Однако по значениям RMSSD, которые также подтверждают выраженную ваготонию, межгрупповых различий на этапах подготовки не выявили. ЧСС в положении лежа значимо была ниже в группе «лидеров».

Переход в вертикальное положение сопровождался закономерным подавлением активности парасимпатической регуляции в обеих группах, с более выраженной значимой реакцией в группе «резерва» на всех трех этапах подготовительного периода. Повышение ЧСС на уровне 30 уд/мин в группе «лидеров» указывает на нормальную ортостатическую устойчивость спортсменов, в группе «резерва» при двухминутном вертикальном положении сохраняется тахисистолическая реакция ЧСС, что свидетельствует о пониженной ортостатической устойчивости.

Корреляционный анализ выявил, что на II-ом этапе подготовительного периода у лыжников группы «резерва» в состоянии лежа взаимосвязь между RMSSD и ЧСС характеризовалась как слабая, что, вероятно, обусловлено снижением толерантности к возросшему объему физической нагрузки. У «лидеров» в положении стоя на II-ом этапе сила корреляционной взаимосвязи была высокой, что указывает на адекватную реактивность на возросшие объем и интенсивность нагрузки на этом этапе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзман, Р. И. Эффективность влияния однократной и продолжительной АВС на ВСР и МВР у спортсменов-циклико в / Р. И. Айзман, М. С. Головин // Бюллетень сибирской медицины. – 2014. – Т. 13. – № 6. – С. 113–120.
2. Шлык, Н. И. Вариабельность ритма сердца в экспресс-оценке функционального состояния спортсменов / Н. И. Шлык, Е. А. Гаврилова // Прикладная спортивная наука. – 2015. – № 2. – С. 115–125.
3. Kellmann, M. Preventing overtraining in Athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring / M. Kellmann // Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. – 2010. – Vol. 20 (supp. 2). – P. 95–102.
4. Chuduc, H. A review of heart rate variability and its applications / H. Chuduc, K. NguyenPhan,

K. NguyenViet // APCBEE Procedia. – 2013. – № 7. – P. 80–85. DOI: 10.1016/japcbee.2013.08.016.

5. Editorial: Horizon 2030: Innovative Applications of Heart Rate Variability / S. Laborde, E. Mosley, C. Bellenger, J. Thayer // Frontiers in Neuroscience. – 2022. – Vol. 16. DOI: 10.3389/fnins.2022.937086.

6. Иорданская, Ф. А. Вегетативное обеспечение работоспособности спортсменов в процессе тренировочных мероприятий / Ф. А. Иорданская, Н. К. Цепкова // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 1. – С. 27–35.

7. Баевский, Р. М. Введение в донозологическую диагностику / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Слово, 2008. – 220 с.

8. Вариабельность сердечного ритма: стандарты измерения, интерпретации, клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества стимуляции и электрофизиологии. – СПб.: Ин-т кардиол. техники, 2000. – URL: https://www.incart.ru/assets/pdf/hrv-standards.pdf (дата обращения: 18.04.2024).

9. Кудря, О. Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании / О. Н. Кудря // Вестник ТГПУ. – 2011. – № 5. – С. 55–61.

10. Шлык, Н. И. Экспресс-оценка функциональной готовности организма спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности по данным анализа вариабельности сердечного ритма / Н. И. Шлык // Наука и спорт: современные тенденции. – 2015. – Т. 9. – № 4. – С. 5–15.

11. Шлык, Н. И. Ритм сердца и тип регуляции при оценке функциональной готовности организма юных и взрослых спортсменов (по данным экспресс-анализа вариабельности сердечного ритма) / Н. И. Шлык // Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов: материалы VI всерос. симп. / Отв. ред. Н. И. Шлык, Р. М. Баевский – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2016. – С. 20–41.

12. Tarvainen, M. P. An advanced detrending method with application to HRV analysis / M. P. Tarvainen, P. O. Ranta-Aho, P. A. Karjalainen // IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics. – 2002. – Vol. 49. – P. 172–175. DOI: 10.1109/10.979357.

13. Change in perfomance in response to training load adjustment based on autonomic activity / M. Botek, A.J. McKune, J. Krejci [et al] // International Journal of Sports Medicine. – 2013. – Vol. 35. – № 6. – P. 482–488. DOI: 10.1055/s-0033-1354385.

14. Фомич, А. Н. Типы ортостатических реакций частоты сердечных сокращений и их клиническое значение / А. Н. Фомич // Вестник Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина. Серия «Медицина». – 2010. – № 918. – С. 88–97.

15. Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения / Р. М. Баевский, А. Г. Черникова // Cardiometry. – 2017. – № 10. – С. 66–76.

16. Бокерия, Л. А. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование / Л. А. Бокерия, О. Л. Бокерия, И. В. Волковская // Анналы аритмологии. – 2009. – Т. 6. – № 4. – С. 21–32.

17. Использование методики анализа вариабельности сердечного ритма в подготовительном периоде тренировочного процесса высококвалифицированных теннисистов / С. П. Левушкин, Г. В. Барчукова, А. Н. Жилкин, А. В. Патраков // Ритм сердца и тип вегетативной регуляции в оценке уровня здоровья населения и функциональной подготовленности спортсменов: материалы VI всерос. симп. / Отв. ред. Н. И. Шлык, Р. М. Баевский – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2016. – С. 167–170.

18. Иорданская, Ф. А. Мобильные технологии в оперативной диагностике оценки адаптации к нагрузкам и срочного восстановления работоспособности в условиях тренировочных мероприятий / Ф. А. Иорданская // Вестник спортивной науки. – 2022. – № 2. – С. 54–63.

19. Состояние центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у спортсменов с разной направленностью тренировочного процесса / А. Ю. Мальцев, А. А. Мельников, А. Д. Викулов, К. С. Громова // Физиология человека. – 2010. – Т. 36. – № 1. – С. 112–118.

20. Марков, А. Л. Вариабельность сердечного ритма у лыжников-гонщиков с разной исходной частотой сердечных сокращений / А. Л. Марков, Ю. Г. Солонин // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. – 2021. – № 2(62). – С. 15–23.

21. Кудря, О. Н. Оценка функционального состояния и физической подготовленности спортс-

менов по показателям вариабельности сердечного ритма / О. Н. Кудря // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2014. – № 1. – С. 185–195.

REFERENCES

1. Aizman R.I., Golovin M.S. The impact of a single and continuous audiovisual stimulation on heart rate variability and mechanisms of autonomic regulation in athletes-cyclics. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2014, vol. 13, no. 6, pp. 113–120. (in Russ.)
2. Shlyk N.I., Gavrilova E.A. Heart rate variability in express-evaluation of the functional state of athlete. *Applied sports science,* 2015, no. 2, pp. 115–125. (in Russ.)
3. Kellmann M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports,* 2010, no. 20 (2), pp. 95–102.
4. Chuduc H., NguyenPhan K., NguyenViet D. A review of heart rate variability and its applications. *APCBEE Procedia,* 2013, no. 7, pp. 80–85. DOI: 10.1016/j.apcbee.2013.08.016.
5. Laborde S., Mosley E., Bellenger C., Thayer J. Editorial: Horizon 2030: Innovative Applications of Heart Rate Variability. *Frontiers in Neuroscience,* 2022, vol. 16. DOI: 10.3389/fnins.2022.937086.
6. Iordanskaya F.A., Tsepkova N.K. Automative ensurance of athletes in the process of training events. *Sports science bulletin,* 2020, no. 1, pp. 27–35. (in Russ.)
7. Baevskij R.M., Berseneva A.P. Introduction to prenosological diagnosis. Moscow: “Slovo”, 2008. 220 p. (in Russ.)
8. Heart rate variability: standards of measurement, interpretation, clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Translated into Russian. St. Petersburg: Institute of Cardiological Technology, 2000. Available at: https://www.incart.ru/assets/pdf/hrv-standards.pdf (accessed: 18.04.2024) (in Russ.)
9. Kudrya O.N. Features of urgent adaptation of the cardiovascular system of athletes with different initial autonomic tone during orthostatic test. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2011, no. 5, pp. 55–61. (in Russ.)
10. Shlyk N.I. Express-evaluation of the functional readiness of the organism athletes for training and competitive activity (according to the analysis of heart rate variability). *Science and sport: current trends,* 2015, vol. 9, no. 4, pp. 5–15. (in Russ.)
11. Shlyk N.I. Heart rhythm and type of regulation when assessing the functional fitness of the body of young and adult athletes (according to express-evaluation of heart rate variability). Heart Rhythm and Type of Autonomic Regulation in Assessing the Level of Public Health and Functional Fitness of Athletes: materials of the VI All-Russian Symposium. Shlyk N.I., Baevskij R.M., ed. Izhevsk: Udmurt University Publishing Center, 2016. pp. 20–41. (in Russ.)
12. Tarvainen M.P., Ranta-Aho P.O., Karjalainen P.A. An advanced detrending method with application to HRV analysis. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 2002, vol. 49, pp. 172–175. DOI: 10.1109/10.979357.
13. Botek M., McKune A.J., Krejci J., Stejskal P., Gaba A. Change in perfomance in response to training load adjustment based on autonomic activity. *International Journal of Sports Medicine,* 2013, vol. 35, no. 6, pp. 482–488. DOI: 10.1055/s-0033-1354385.
14. Fomych G.M. Types of orthostatic reactions in heart rate and their clinical significance. *The Journal of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series “Medicine”,* 2010, no. 918, pp. 88–97. (in Russ.)
15. Baevskij R.M., Chernikova A.G. Heart rate variability analysis: physiological basis and basic methods. *Cardiometry,* 2017, no. 10, pp. 66–76. (in Russ.)
16. Bokeria L.A., Bokeria O.L., Volkovskaya I.V. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use. *Annaly aritmologii*, 2009, no. 4. pp. 21–32. (in Russ.)
17. Levushkin S.P., Barchukova G.V., Zhilkin A.N., Patrakov A.V. Using the methodology for analyzing heart rate variability in the preparatory period of the training process of elite tennis players. Heart Rhythm and Type of Autonomic Regulation in Assessing the Level of Public Health and Functional Fitness of Athletes: materials of the VI All-Russian Symposium. Shlyk N.I., Baevskij R.M., ed. Izhevsk: Udmurt University Publishing Center, 2016. pp. 167–170. (in Russ.)
18. Iordanskaya F.A. Mobile technologies in operational diagnostics of adaptation assessment to loads and urgent recovery in terms of training events. *Sports science bulletin,* 2022, no. 2, pp. 54–63. (in Russ.)
19. Mal’tsev A.Yu., Mel'nikov A.A., Vikulov A.D., Gromova K.S. Central hemodynamic and heart rate variability parameters in athletes during different training programs. *Fiziologiya cheloveka*,

2010, vol. 36, no. 1, pp. 112–118. (in Russ.)
20. Markov A.L., Solonin Yu.G. Heart rate variability in cross-country skiers with different baseline heart rates. *Vestnik of Tver State University. Series: Biology and Ecology,* 2021, no. 2(62), pp. 15–23. DOI: 10.26456/vtbio195 (in Russ.)
21. Kudrya O.N. Assessment of the functional state and physical preparedness of athletes on indicators of the heart rate variability. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin,* 2014, no. 1, pp. 185–195. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Анастасия Сергеевна Бахарева – доцент кафедры спортивного совершенствования Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Дарья Захаровна Шибкова – главный научный сотрудник центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.
Павел Азифович Байгужин – ведущий научный сотрудник центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета, Челябинск, e-mail: baiguzhinpa@susu.ru, ORCID: 0000-0002-5092-0943.
Вадим Викторович Эрлих – профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Институт спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, e-mail: erlih-vadim@susu.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anastasia S. Bakhareva – Associate Professor of the Department of Sports Perfection, South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Dar'ya Z. Shibkova – Chief Researcher of the Sports Science Center, South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.
Pavel A. Bajguzhin – Leading Researcher at the Sports Science Center of South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: baiguzhinpa@susu.ru, ORCID: 0000-0002-5092-0943.
Vadim V. Erlich – Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture and Sports, Institute of Sports, Tourism and Service, South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: erlih-vadim@susu.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925.

Для цитирования: Вариабельность сердечного ритма в ортостатической пробе у лыжников-гонщиков с выраженной исходной ваготонией / А. С. Бахарева, Д. З. Шибкова, П. А. Байгужин, В. В. Эрлих // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_3

For citation: Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Bajguzhin P.A., Ehrlich V.V. Heart rate variability in the orthostatic test in ski racers with severe initial vagotonia. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 4(30). DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_04_3