

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630456>

# Динамика показателей variability сердечного ритма и артериального давления у легкоатлетов и лыжников под влиянием тренировочной нагрузки

Е.В. Масько, И.Г. Мосягин, И.М. Бойко

Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Проблема адаптации организма человека к условиям Европейского Севера, несмотря на результаты многочисленных исследований, не теряет своей актуальности. Несомненным является необходимость исследования групп населения, чья деятельность связана с физической нагрузкой в экстремальных условиях Севера. К одной из таких категорий относятся спортсмены, занимающиеся циклическими видами спорта. Особенно экстремальной для данной категории спортсменов становится соревновательная деятельность, которая требует от организма непрерывной и длительной физической работы с генерацией максимальной мощности. Тренировочная и соревновательная деятельность в условиях близких к пределам индивидуальных физических возможностей человека, несомненно, будет оказывать влияние на уровень напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, а в отдалённых результатах может приводить к неблагоприятным структурным и биохимическим изменениям сердечно-сосудистой системы.

**Цель.** Выявить характерные особенности изменения регуляции сердечного ритма у легкоатлетов и лыжников после тренировочной нагрузки.

**Материал и методы.** В исследовании приняли участие лыжники и легкоатлеты массовых спортивных разрядов, являющиеся уроженцами Архангельской области и регулярно принимающие участие в региональных соревнованиях. В условиях медицинских кабинетов спортивных комплексов с помощью устройства УПФТ-1/30 «Психофизиолог» выполняли регистрацию кардиоинтервалогамм с последующим автоматическим анализом до и после тренировочной нагрузки. Также для оценки гемодинамики до и после тренировочной нагрузки с помощью монитора Criticare System 8100N регистрировали показатели артериального давления.

**Результаты.** Установлено, что исходные значения показателей вариационного размаха значений продолжительности кардиоинтервалов до нагрузки как в группе лыжников, так и в группе легкоатлетов были несколько меньше референсных значений. Вместе с тем среднее квадратичное отклонение исходно находилось в пределах нормальных значений. После тренировочной нагрузки и в группе легкоатлетов, и в группе лыжников среднее квадратичное отклонение и вариационный размах принимали значения меньше нижней границы допустимого диапазона, наблюдалось статистически достоверное уменьшение вышеуказанных показателей относительно исходных значений. Полученные результаты проведённого спектрального анализа кардиоинтервалов до нагрузки свидетельствовали о высоком уровне нейрогуморальной регуляции. После нагрузки в обеих исследуемых группах наблюдали статистически достоверное уменьшение исходных значений общей мощности, полученные результаты соответствовали диапазону среднего уровня нейрогуморальной регуляции.

**Заключение.** Проведённые исследования variability сердечного ритма в группе легкоатлетов с преобладающей анаэробной тренировочной нагрузкой и в группе лыжников с преобладающей аэробной нагрузкой показали, что тренировочная нагрузка преимущественно аэробного характера, характерная для лыжников, приводит к меньшему напряжению регуляторных систем. Данное предположение также находило подтверждение в полученных результатах регистрации показателей артериального давления.

**Ключевые слова:** физиология; кардиоинтервалометрия; спорт.

## Как цитировать:

Масько Е.В., Мосягин И.Г., Бойко И.М. Динамика показателей variability сердечного ритма и артериального давления у легкоатлетов и лыжников под влиянием тренировочной нагрузки // Экология человека. 2023. Т. 30, № 12. С. 929–938. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630456>

Рукопись поступила: 18.04.2024

Рукопись одобрена: 04.06.2024

Опубликована online: 04.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630456>

# Effects of training load on heart rate variability and blood pressure in track and field athletes and skiers

Evgeniy V. Masko, Igor G. Mosyagin, Igor M. Boyko

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russian Federation

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Adaptation of human body to the harsh conditions of the European North remains a topic of ongoing interest, despite numerous studies on the subject. There is a need to study population groups whose daily activities involve physical activity in extreme northern conditions. One such group includes athletes who participate in endurance sports. For athletes engaged in cyclical sports, competitive activities becomes can be particularly demanding, requiring sustained physical exertion and maximum power generation. Training and competing in harsh conditions place significant strain on the body's cardiovascular regulation mechanisms. Over time, this may result in detrimental structural and biochemical changes in the cardiovascular system.

**AIM:** To identify the patterns of changes in heart rate regulation among track and field athletes and skiers after a training load.

**MATERIAL AND METHODS:** Athletes from the Arkhangelsk region, including skiers and track and field athletes in the mass sports categories, who regularly compete in regional events, took part in the study. The studies took place in the medical offices of sports complexes, where the UPFT-1/30 "Psychophysicologist" device was used to record and analyze cardiointervalograms. Blood pressure was recorded before and after training sessions using the Criticare System 8100H monitor.

**RESULTS:** The initial variational span (VR) values of the duration of cardio intervals before exercise were slightly lower than the reference values in both the group of skiers and the group of athletes. At the same time, the mean square deviation (SD) values initially fell within normal range. Following the training load, both groups experienced a statistically significant decrease in SD and VR values, falling below the lower limit of the permissible range. Furthermore, spectral analysis of the cardiac intervals before exercise indicated a high level of neurohumoral regulation. After exercise, there was a statistically significant decrease in the initial values of TP in both groups, aligning with the average level of neurohumoral regulation.

**CONCLUSION:** The results obtained in track and field athletes with a predominant anaerobic training load and skiers with a predominant aerobic load suggest that the training load of a predominantly aerobic nature may lead to less pronounced stress on the regulatory systems. This hypothesis was further supported by the results of the changes in blood pressure.

**Keywords:** physiology; cardiointervalometry; sport.

## To cite this article:

Masko EV, Mosyagin IG, Boyko IM. Effects of training load on heart rate variability and blood pressure in track and field athletes and skiers. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(12):929–938. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630456>

Received: 18.04.2024

Accepted: 04.06.2024

Published online: 04.07.2024

## ОБОСНОВАНИЕ

Регулярные занятия спортом в условиях Европейского Севера могут оказывать положительное влияние на состояние здоровья, но и в то же время, несомненно, предъявляют повышенные требования к организму спортсмена [1–9]. На сегодняшний день многочисленными исследованиями доказано, что при выполнении физической работы в условиях Севера возникает адаптивный ответ как на структурном, так и на метаболическом уровнях в первую очередь в сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной системах. Важнейшую роль в процессе формирования новых нейровисцеральных связей и оптимизации хеморефлекторных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы оказывает возникающая во время тренировок гипоксия, которая в условиях Европейского Севера из-за большего коэффициента потребления кислорода в зимнее время имеет величины, отличные от таковых в летний период, что, несомненно, создаёт дополнительную нагрузку на адаптационные механизмы [9–17]. Несмотря на регулярное применение спортсменами различных персональных систем мониторинга состояния здоровья, основанных на анализе показателей вариабельности сердечного ритма, позволяющих зачастую нивелировать вопросы перетренированности и перенапряжения, проблемы адаптации организма к постоянно возрастающим тренировочным и соревновательным нагрузкам по-прежнему продолжают оставаться наиболее актуальными для современной спортивной науки [2, 3, 18–22].

В условиях Европейского Севера наиболее массовыми видами спорта, несомненно, являются лыжные гонки и лёгкая атлетика. Однако, несмотря на наличие инфраструктуры и условий для занятия данными видами спорта, на наш взгляд, вопросам состояния здоровья спортсменов массовых спортивных разрядов не уделяется должного внимания. В сравнении со спортсменами профессионального уровня, регулярно проходящими обследование в физкультурных диспансерах и участвующими в научных исследованиях, спортсмены массовых спортивных разрядов (I и II взрослые), как правило, не уделяют должного внимания регулярному медицинскому контролю состояния своего здоровья.

При подготовке к исследованию был проведён анализ литературы по вопросу оценки изменения состояния сердечно-сосудистой системы у одной и той же группы исследуемых под влиянием тренировочной нагрузки в условиях Европейского Севера. Результат показал, что на сегодняшний день имеется достаточное количество работ по вопросам оценки физиологического состояния сердечно-сосудистой системы у профессиональных лыжников высокого класса. Основная масса работ, в которых участвовали лыжники северных регионов, в последние 10 лет была выполнена Институтом физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской

академии наук. Исследования легкоатлетов-спринтеров профессионального уровня, как правило, выполнялись преимущественно в условиях Центрального федерального округа и южных регионов России. Также при анализе мы не обнаружили ни одной работы со сравнительной характеристикой функционального состояния механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов-легкоатлетов и лыжников, постоянно проживающих и тренирующихся в условиях одного региона. Что касается спортсменов-любителей массовых спортивных разрядов, то вопросы состояния сердечно-сосудистой системы и динамики изменения механизмов её регуляции на сегодняшний день носят отрывочный характер, а, принимая во внимание, как правило, недообследованность данной категории спортсменов, выполнение исследования становится крайне актуальным [2, 19, 22, 23].

При проведении работы основной акцент сделан на сердечно-сосудистой системе, так как именно её состояние является главным фактором, ограничивающим спортивные достижения, определяющим максимальную работоспособность, также её состояние считается наиболее чувствительным маркером как острых, так и хронических дезадаптационных процессов в организме. Для оценки состояния и выявления особенностей функционирования регуляторных систем исследуемых групп спортсменов основной методикой выбрана вариационная кардиоинтервалометрия [24–26]. Измерение артериального давления в состоянии покоя являлось дополнительным методом исследования физиологического состояния сердечно-сосудистой системы.

**Цель исследования.** Выявить особенности изменения регуляции сердечного ритма у легкоатлетов и лыжников вследствие воздействия тренировочной нагрузки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 10 лыжников (возраст  $20,5 \pm 1,9$  года) и 10 легкоатлетов (возраст  $20,2 \pm 1,7$  года), постоянно тренирующихся и принимающих участие в региональных соревнованиях на протяжении 3–5 лет, а также имеющих на момент исследования I либо II взрослый спортивный разряд. Исследуемая группа легкоатлетов специализировалась на спринтерских дистанциях от 100 до 400 м, подразумевающих преимущественное воздействие нагрузки анаэробного характера. Группа лыжников специализировалась на дистанциях 10–15 км, подразумевающих преимущественно аэробный характер тренировочной нагрузки. Все участники исследования родились на территории Архангельской области и постоянно проживали в Северодвинске. Выполнение тренировочной нагрузки у группы лыжников осуществлялось при температуре окружающей среды  $-12$  °C, а регистрация показателей — в помещении с температурой  $+21$  °C. У группы легкоатлетов тренировочная нагрузка осуществлялась при температуре в манеже и помещении

+20 °C, температура окружающей среды в день исследования составляла –13 °C. Интервал между регистрацией показателей в исследуемых группах составлял семь дней. В ходе исследования спортсмены осуществляли нагрузку 80% от максимальной в виде бега на дистанцию 400 м в условиях спортивного манежа (легкоатлеты) и 500 м на лыжах по подготовленной трассе без перепада высот (лыжники). Разница в применённой дистанции для легкоатлетов в 400 м, а для лыжников 500 м обусловлена более низким средним значением пульса при выполнении лыжных тренировок, и для выравнивания нагрузки на сердечно-сосудистую систему, рассчитанную по методике TRIMP, было принято математически обоснованное решение об увеличении дистанции для лыжников. Размещение исследовательского оборудования и работа с исследуемыми группами выполнялась в условиях оборудованных медицинских кабинетов, расположенных непосредственно на территории лыжного стадиона и в помещении легкоатлетического манежа. Регистрацию кардиоинтервалограмм осуществляли в течение 5 мин в положении спортсмена сидя, в утренние часы, непосредственно до и после тренировочной нагрузки с помощью УПФТ-1/30 «Психофизиолог» (производство «Медиком-МТД», Таганрог) с применением подключённых дополнительных внешних электродов, обеспечивающих максимально возможное качество записи [25]. Место установки электродов на запястьях левой и правой рук предварительно обрабатывали 80% этиловым спиртом, затем физиологическим раствором. Критерием начала записи кардиоинтервалограммы после нагрузки являлось восстановление исходной частоты дыхательных движений в состоянии покоя. Регистрацию показателей артериального давления осуществляли сразу после окончания нагрузки с применением профессионального монитора Criticare System 8100H (производство США). С целью минимизации времени на подготовку спортсмена к измерению артериального давления нагрузка у лыжников и легкоатлетов выполнялась с предварительно надетой на правое плечо манжетой тонометра, а подключение к монитору осуществляли через быстроразъёмный переходник.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью программного комплекса IBM SPSS 19.0. Проверку на нормальность распределения

измеренных переменных осуществляли на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты исследования представлены в виде медианы (Md), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей. Статистическую значимость различий значений определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученный в ходе исследования массив значений кардиоинтервалов был подвергнут как статистическому, так и спектральному анализу. В результате исследования статистических показателей variability сердечного ритма в группе лыжников до тренировочной нагрузки были выявлены достоверно меньшие значения вариационного размаха (BP) времени кардиоинтервалов, а также их среднего квадратичного отклонения (СКО; табл. 1). Значения BP, являющегося разницей между максимальной и минимальной продолжительностью интервала RR за период исследования, позволяют характеризовать уровень влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. В исследуемых группах значения BP до нагрузки были несколько меньше нормальных значений (0,15–0,3 с). Однако при анализе значений СКО, отражающих суммарный эффект влияния автономного и центрального контуров регуляции на сердечный ритм, в обеих группах полученные до тренировочной нагрузки данные полностью соответствовали диапазону нормальных значений (50–100 мс) [25]. Индекс напряжения (ИН), позволяющий оценить степень централизации управления сердечным ритмом, в группе лыжников до нагрузки соответствовал диапазону нормальных значений (50–200 у.е.), а в группе легкоатлетов исходно имел значения ниже минимальной нормы и был статистически достоверно меньше, чем в группе лыжников.

После тренировочной нагрузки и в группе легкоатлетов, и в группе лыжников значения СКО и BP принимали значения меньше нижней границы допустимого диапазона, наблюдалось статистически достоверное уменьшение вышеуказанных показателей относительно исходных значений. Значения ИН после нагрузки также демонстрировали статистически достоверное увеличение относительно исходных значений, однако продолжали находиться

**Таблица 1.** Показатели variability сердечного ритма у легкоатлетов и лыжников до нагрузки (сравнение между группами), Me (Q1; Q3)

**Table 1.** Indicators of heart rate variability in track and field athletes and skiers before training (comparison between groups), Me (Q1; Q3)

Показатель   Indicator	Легкоатлеты   Athletes	Лыжники   Skiers	$p$
Среднее квадратичное отклонение Standard deviation, мс/ms	83,66 (61,47; 93,11)	67,99 (41,34; 87,59)	0,021
Вариационный размах   Variation range, мс/ms	969,50 (773,34; 1184,30)	775,50 (683,38; 889,24)	0,038
Индекс напряжения   Stress index	26,84 (18,04; 42,19)	67,84 (44,17; 88,04)	0,028

в диапазоне нормальных значений и соответствовали эу-стрессу [25]. При межгрупповом сравнении достоверных отличий между полученными значениями вышеуказанных показателей не наблюдали (табл. 2).

При оценке полученных данных также выполняли спектральный анализ зарегистрированных кардиоинтервалограмм. Полученные значения общей мощности (ОМ) спектра, позволяющей оценить адаптационный потенциал организма, превышали 2000 мс<sup>2</sup> и свидетельствовали о наличии у спортсменов обеих групп высокого уровня нейрогуморальной регуляции [25]. При межгрупповом сравнении в группе легкоатлетов статистически достоверно наблюдали большие значения ОМ, что позволяет сделать предположение о более высоком уровне адаптационного потенциала их организма. Анализ значений индекса централизации (ИЦ), позволяющего оценить активность центрального контура регуляции по отношению к автономному в группах лыжников и легкоатлетов, свидетельствовал о преобладании центрального контура регуляции. Однако при межгрупповом сравнении полученных значений ИЦ в группе легкоатлетов преобладание центральной регуляции статистически достоверно выше (табл. 3).

После тренировочной нагрузки в обеих группах наблюдалось статистически достоверное сокращение

значений ОМ и увеличение ИЦ. При межгрупповом сравнении в группе лыжников наблюдали достоверно меньшие значения ОМ, однако в обеих группах полученные значения соответствовали диапазону среднего уровня нейрогуморальной регуляции. Значения ИЦ были статистически достоверно больше в группе легкоатлетов и свидетельствовали об усилении степени вовлечения центрального контура в регуляцию сердечного ритма (табл. 4).

При исследовании показателей артериального давления до тренировочной нагрузки в обеих группах статистически достоверных отличий выявлено не было. У всех участников исследования полученные результаты соответствовали диапазону нормальных значений и свидетельствовали об адекватной гемодинамике (рис. 1).

Значения систолического артериального давления, полученные сразу после тренировочной нагрузки, статистически достоверно были больше в группе легкоатлетов ( $p=0,043$ ).

После восстановления исходной частоты дыхательных движений осуществляли повторную регистрацию показателей артериального давления, однако значения возвращались к исходным, достоверных различий в исследуемых группах не наблюдали.

**Таблица 2.** Показатели вариабельности сердечного ритма у легкоатлетов и лыжников после нагрузки (сравнение между группами), Me (Q1; Q3)

Показатель   Indicator	Легкоатлеты   Athletes	Лыжники   Skiers	<i>p</i>
Среднее квадратичное отклонение Standard deviation, мс/ms	31,83 (23,43; 42,12)	29,51 (21,39; 42,03)	0,061
Вариационный размах   Variation range, мс/ms	702,50 (642,05; 974,84)	623,00 (582,31; 718,48)	0,054
Индекс напряжения   Stress index	259,55 (216,73; 277,05)	293,94 (263,18; 312,40)	0,052

**Таблица 3.** Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у легкоатлетов и лыжников до нагрузки (сравнение между группами), Me (Q1; Q3)

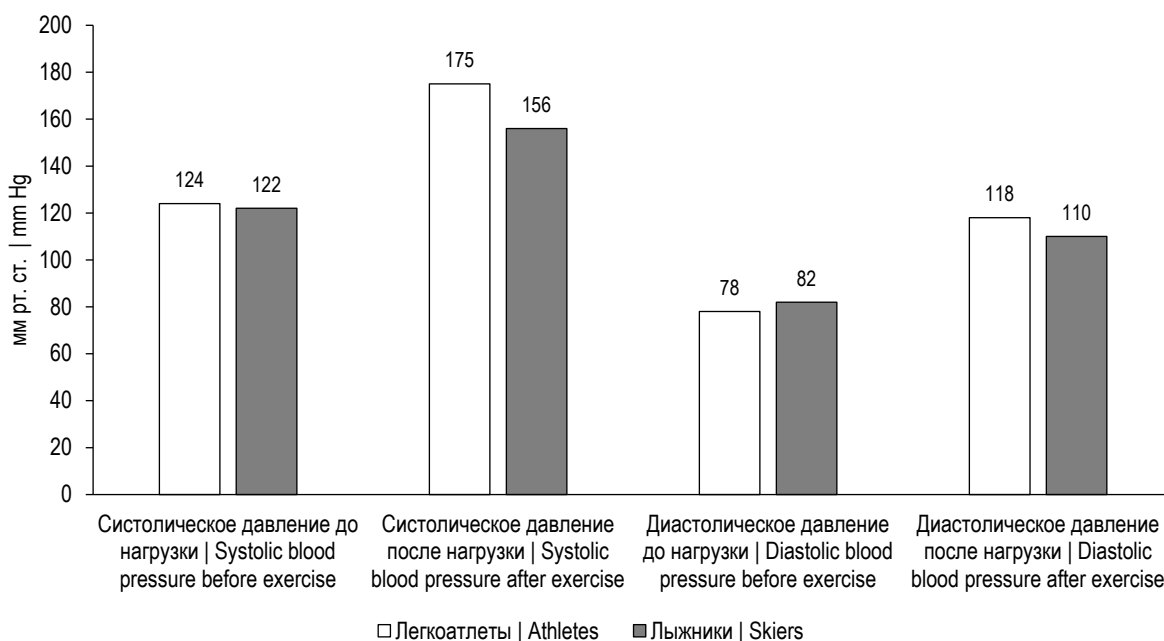
**Table 3.** Indicators of spectral analysis of heart rate variability in track and field athletes and skiers before exercise (comparison between groups), Me (Q1; Q3)

Показатель   Indicator	Легкоатлеты   Athletes	Лыжники   Skiers	<i>p</i>
Общая мощность   Total power	10596,00 (7843,05; 12167,83)	7815,25 (6108,85; 9423,04)	0,032
Индекс централизации   Centralization index	2,96 (2,02; 3,53)	1,74 (1,02; 2,79)	0,028

**Таблица 4.** Показатели спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у легкоатлетов и лыжников после нагрузки (сравнение между группами), Me (Q1; Q3)

**Table 4.** Indicators of spectral analysis of heart rate variability in track and field athletes and skiers after exercise (comparison between groups), Me (Q1; Q3)

Показатель   Indicator	Легкоатлеты   Athletes	Лыжники   Skiers	<i>p</i>
Общая мощность   Total power	1952,62 (1496,94; 2704,75)	1424,33 (1183,04; 2413,92)	0,038
Индекс централизации   Centralization index	7,08 (5,93; 8,32)	4,56 (2,89; 5,94)	0,024



**Рис. 1.** Уровень артериального давления у легкоатлетов и лыжников до и после тренировочной нагрузки.

**Fig. 1.** Blood pressure in track and field athletes and skiers before and after training load.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Функционирование физиологических систем организма человека в условиях Европейского Севера часто становилось объектом внимания многих исследователей. В отношении спортсменов массовых спортивных разрядов проблема адаптации организма к одновременному влиянию как физических нагрузок, так и негативных факторов Севера, а также проблема сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни в данных условиях, несомненно, остаётся крайне актуальной.

На сегодняшний день многочисленными исследованиями доказано, что сердечно-сосудистая система спортсмена, тренирующегося в условиях Европейского Севера, является одной из наиболее чувствительных систем, немедленно включающихся в процесс адаптации к изменяющимся условиям функционирования.

В проведённом исследовании в двух группах выполняли измерение показателей variability сердечного ритма и артериального давления по общепринятым методикам как в состоянии покоя, так и после тренировочной нагрузки, которая, по нашему мнению, в достаточной мере увеличивала гемодинамику и потребление кислорода для выявления различий. Применённая в исследовании методика не является стандартизированной, однако, по мнению авторов, позволила наиболее полноценно оценить степень вовлечения симпатического отдела при выполнении характерной для спортсмена тренировочной деятельности.

В результате исследования установлено, что в обеих исследуемых группах после физической нагрузки наблюдаются усиление влияния симпатической нервной системы и централизация механизмов управления сердечным

ритмом. Однако при наличии физиологических реакций на физическую нагрузку, характерных и достаточно изученных, в исследуемых группах наблюдались достоверные различия. Так, при исследовании ИН до и после тренировочной нагрузки достоверно меньшие значения наблюдались в группе легкоатлетов. Полученные результаты, на наш взгляд, могут быть обусловлены как степенью восстановления в межтренировочном периоде, так и видом физической нагрузки. Так, в исследуемой группе легкоатлетов она преимущественно анаэробная, а у лыжников — аэробная. Вероятно, выполнение прилагаемого объёма анаэробной тренировочной нагрузки требует большей активизации симпатического отдела вегетативной нервной системы и, как следствие, большего времени для восстановления, что косвенно подтверждается меньшими значениями ИН, свидетельствующими о возможном преобладании восстановительных процессов в группе легкоатлетов.

Интерпретация результатов ОМ до тренировочной нагрузки позволяет предположить более высокий уровень адаптационного потенциала в группе легкоатлетов, а полученные значения ИЦ до и после физической нагрузки могут свидетельствовать о более выраженном преобладании центрального контура регуляции сердечного ритма. Принимая во внимание тот факт, что при оптимальном состоянии организма высшие нервные центры управления ритмом сердца, как правило, вовлечены на минимальном уровне, то при наблюдаемой реакции активной централизации управления сердечным ритмом в группе легкоатлетов можно сделать предположение о наличии нарушений гомеостаза. По нашему мнению, полученные значения ОМ и ИЦ в группе легкоатлетов до тренировочной нагрузки

могут говорить одновременно о более высокой степени адаптационного потенциала, развитого вследствие колоссальных тренировочных нагрузок, которые в условиях Севера приводят к дефициту восстановительных процессов.

После тренировочной нагрузки в обеих группах наблюдалось сокращение значений ОМ и увеличение значений ИЦ относительно исходных. Проведённый спектральный анализ полученных кардиоинтервалов после нагрузки при межгрупповом сравнении тем не менее продолжал свидетельствовать о более высоком адаптационном потенциале и преобладании центрального контура регуляции в группе легкоатлетов, что отражалось в сокращении значений относительно исходных, но статистически достоверно больших значениях ИЦ и ОМ. Результаты, полученные в ходе исследования, вероятнее всего, связаны с большей степенью вовлечения симпатического отдела вегетативной нервной системы для выполнения высокоинтенсивной тренировочной нагрузки анаэробного характера, характерной для спринтеров. Данное предположение также нашло отражение в результатах исследования артериального давления.

Исследование уровня артериального давления показало статистически достоверное увеличение как систолического, так и диастолического артериального давления после физической нагрузки в обеих исследуемых группах. Однако в группе легкоатлетов, в сравнении с группой лыжников, полученные после нагрузки значения как систолического, так и диастолического давления имели статистически достоверно большие значения. Данная реакция, на наш взгляд, обуславливается более высокой степенью централизации процессов управления сердечно-сосудистой системой спортсмена, и, как следствие, более выраженным преобладанием влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы на сосудистый тонус.

По нашему мнению, результаты проведённого исследования свидетельствуют об адекватной реакции организма на прилагаемую нагрузку, а также об адекватном восстановлении после нагрузки. Однако между исследуемыми группами были выявлены существенные различия. Несмотря на большую подверженность организма лыжника негативным факторам Европейского Севера и выполненную физическую нагрузку при достаточно низких значениях температуры окружающей среды, у них наблюдалась менее выраженная централизация управления сердечным ритмом. Также в группе лыжников не наблюдалось признаков дефицита восстановительных процессов. Таким образом,

можно сделать предположение, что в исследуемых группах спортсменов массовых спортивных разрядов преобладающим фактором, влияющим на напряжение регуляторных систем сердечно-сосудистой системы, является характер тренировочной нагрузки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обеих группах в результате тренировочной нагрузки наблюдалось усиление влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы с одновременным увеличением влияния центрального контура регуляции сердечного ритма. Однако после тренировочной нагрузки степень вовлечения в регуляторные процессы симпатической нервной системы в группе легкоатлетов выражена сильнее, что нашло отражение в больших значениях систолического давления и ИН.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Е.В. Масько, И.Г. Мосягин и И.М. Бойко разработали концепцию и дизайн исследования. Поиск источников, проведение исследования, обработку материалов и интерпретацию данных осуществлял Е.В. Масько. Все авторы принимали участие в написании и редактировании текста статьи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией)

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors contributions.** E.V. Masko, I.G. Mosyagin and I.M. Boyko contributed to the concept and design of the study. References search, research preparation, data processing and results interpretation was carried out by E.V. Masko. All authors took drafted and edited the article. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication)

**Funding source.** No external funding.

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова И.В., Вдовенко С.И. Оценка степени напряжения функционального состояния организма человека при различных сроках адаптации к условиям Севера // Экология человека. 2021. Т. 28, № 7. С. 12–17. EDN: YEUBYQ doi: 10.33396/1728-0869-2021-7-12-17
2. Белова Е.Л., Румянцева Н.В. Взаимосвязь показателей ритма сердца и некоторых характеристик тренировочных и соревновательных нагрузок квалифицированных лыжников-гонщиков // Вестник спортивной науки. 2009. № 4. С. 29–33. EDN: LPBKHZ

3. Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: Уральское отделение РАН, 2012. EDN: RMJIDF
4. Есева Т.В., Варламова Н.Г., Логинова Т.П., и др. Компьютерная модель представления результатов обследования по тренировочным зонам у лыжников-гонщиков // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 4. С. 25–30. EDN: YTOZSH doi: 10.19110/1994-5655-2018-4-25-30
5. Кривошеков С.Г., Балиоз Н.В. Хеморефлекторные механизмы адаптивного реагирования на действие экстремальных факторов // Бюллетень сибирской медицины. 2014. Т. 13, № 6. С. 146–154. EDN: THUWMT doi: 10.20538/1682-0363-2014-6-146-154
6. Маженов С.Т., Бекембетова Р.А., Макогонова Т.А., и др. Характеристика функциональных показателей лыжников-гонщиков высокой квалификации // Теория и методика физической культуры. 2017. № 1. С. 20–23. EDN: YPUBNE
7. Ионова Т.И., Кирич В.Н., Шейдурова А.С., и др. Популяционное исследование качества жизни населения Чукотского автономного округа // Экология человека. 2019. Т. 26, № 8. С. 41–49. EDN: NIKQCF doi: 10.33396/1728-0862-8-41-49
8. Масько Е.В., Мосягин И.Г., Бойко И.М. Сезонная динамика функционального состояния нервной системы лыжников призывного возраста по данным зрительно-моторной реакции: когортное исследование // Морская медицина. 2022. Т. 8, № 3. С. 70–76. EDN: KOAMWP doi: 10.22328/2413-5747-2022-8-3-70-76
9. Потолицына Н.Н., Бойко Е.Р., Нутрихин А.В. Сравнительный анализ уровня метаболитов и кортизола у лыжников-гонщиков после соревнований: от спринта до марафона // Вестник спортивной науки. 2016. № 2. С. 36–40. EDN: WLBDZC
10. Гарнов И.О., Варламова Н.Г., Логинова Т.П., и др. Влияние острого физического утомления на координационные способности лыжников-гонщиков и биатлонистов. В кн.: Медико-физиологические проблемы экологии человека: материалы VII Всероссийской конференции с международным участием (19–22 сентября 2018 г.). Ульяновск: УлГУ, 2018. С. 79–81. doi: 10.23648/MPPHE.2018.8.16275
11. Коробицына Е.В., Гудков А.Б., Попова О.Н. Изменения центральной гемодинамики у девушек при локальном охлаждении кожи // Экология человека. 2019. Т. 26, № 11. С. 20–23. EDN: QHRAOB doi: 10.33396/1728-0869-2019-11-20-23
12. Саликова С.П., Власов А.А., Гриневиц В.Б. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: фокус на коррекцию микробно-тканевого комплекса желудочно-кишечного тракта // Экология человека. 2021. Т. 28, № 2. С. 4–12. EDN: HMYWAW doi: 10.33396/1728-0869-2021-2-4-12
13. Попова Н.В., Попов В.А., Гудков А.Б. Возможности тепловидения и варибельности сердечного ритма при прогностической оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2012. Т. 19, № 11. С. 33–37. EDN: PFZTEB doi: 10.17816/humeco17412
14. Солонин Ю.Г. Физиологические основы укрепления здоровья занятиями физкультурой и спортом. В кн.: Медико-физиологические основы адаптации и спортивной деятельности на Севере: материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. Сыктывкар, 2015. С. 72–75.
15. Hegge A.M., Bucher E., Ettema G., et al. Gender differences in power production, energetic capacity and efficiency of elite cross-country skiers during whole-body, upper-body, and arm poling // Eur J Appl Physiol. 2016. Vol. 116. P. 291–300. doi: 10.1007/s00421-015-3281-y
16. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., et al. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes // J Strength Cond Res. 2017. Vol. 31, N 10. P. 2920–2937. doi: 10.1519/JSC.0000000000002122
17. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография»; 2019. EDN: TFXJTT
18. Кудря О.Н. Физиологические механизмы адаптации сердечно-сосудистой системы при выполнении функциональных проб спортсменами разного возраста и пола // Наука и спорт: современные тенденции. 2015. Т. 7, № 2. С. 25–31. EDN: TSFVDV
19. Логинова Т.П., Потолицына Н.Н., Гарнов И.О., и др. Динамика функциональных показателей, характеризующих порог анаэробного обмена, в велоэргометрическом тесте до отказа у юношей-лыжников // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2016. № 6. С. 4–8. EDN: XDGCP
20. Солонин Ю.Г. Физическое здоровье населения на Европейском Севере // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2017. № 2. С. 55–62. EDN: ZUFEP
21. Солонин Ю.Г., Логинова Т.П., Марков А.Л., и др. Влияние широтного фактора на организм лыжников Республики Коми. В кн.: Медико-физиологические проблемы экологии человека: материалы VII Всероссийской конференции с международным участием (19–22 сентября 2018 г.). Ульяновск: УлГУ, 2018. С. 268–270.
22. Паршукова О.И., Бойко Е.Р., Ларина В.Е. Маркеры сосудистого тонуса в крови высококвалифицированных лыжников-гонщиков Республики Коми в течение годового тренировочного цикла // Журнал медико-биологических исследований. 2019. № 2. С. 169–177. EDN: LSTOJX doi: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.169
23. Сидоренко Т.А., Калашников А.В., Юрьев Ю.Н., Шурманов Е.Г. Анализ гендерных различий показателей сердечного ритма у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 5. С. 164–168. EDN: TXQIOJ doi: 10.5930/issn.1994-4683.2015.05.123.p164-168
24. Короленко Ц.П. Психофизиология человека в экстремальных условиях. Л.: Медицина, 1978. EDN: KJDAOT
25. Устройство психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог»: методический справочник. Таганрог: НПКФ «Медиком-МТД», 2004.
26. Paniccia M., Verweel L., Thomas S., et al. Heart rate variability in healthy non-concussed youth athletes: exploring the effect of age, sex, and concussion-like symptoms // Front Neurol. 2018. Vol. 8. P. 753. doi: 10.3389/fneur.2017.00753



## REFERENCES

1. Averyanova IV, Vdovenko SI. Human physiological conditions at different stages of adaptation to the high North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(7):12–17. EDN: YEUBYQ doi: 10.33396/1728-0869-2021-7-12-17
2. Belova EL, Rumiantzeva NV. Interrelations between cardiac rhythm and some training and competition load parameters in elite ski racers. *Sports Science Bulletin*. 2009;(4):29–33. (In Russ.) EDN: LPBKHZ
3. Boyko ER, editor. *Human Adaptation to Environmental and Social Conditions of the North*. Syktyvkar : Ural'skoe otdelenie RAN; 2012. (In Russ.) EDN: RMJIDF
4. Eseva TV, Varlamova NG, Loginova TP, et al. Computer model of presentation of the medical examination results on the training zones of skiers-racers. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*. 2018;(4):25–30 EDN: YTOZSH doi: 10.19110/1994-5655-2018-4-25-30
5. Krivoschekov SG, Balioz NV. Adaptive chemoreflexory mechanisms responding to extreme factors. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2014;13(6):146–154. EDN: THUWMT doi: 10.20538/1682-0363-2014-6-146-154
6. Mazhenov ST, Bekembetova RA, Makogonova TA, et al. Characteristics of functional indicators of skiers of high qualifications. *Theory and Methods of Physical Education*. 2017;(1):20–23. EDN: YPUBNE
7. Ionova TI, Kirin VN, Sheidorova AC, et al. A population study of the quality of life of the habitancy of the Chukotka autonomous area. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(8):41–49. EDN: NIKQCF doi: 10.33396/1728-0862-8-41-49
8. Masko EV, Mosyagin IG, Boyko IM. Seasonal dynamics in functional state of nervous system among skiers of the military age based on visual-motor response: cohort study. *Marine Medicine*. 2022;8(3):70–76. EDN: KOAMWP doi: 10.22328/2413-5747-2022-8-3-70-76
9. Potolitsyna NN, Bojko ER, Nutrikhin AV. Comparative analysis of metabolites and cortisol levels in cross-country skiers after the competition: from sprint to marathon. *Sports Science Bulletin*. 2016;(2):36–40. EDN: WLBDCZ
10. Garnov IO, Varlamova NG, Loginova TP, et al. Influence of acute physical fatigue on coordination abilities and functional state of cross-country skiers and biathletes. In: *Medical and physiological problems of human ecology: Materials of the VII and All-Russian conference with international participation (September 19–22, 2018)*. Ulyanovsk: UIGU; 2018. P. 79–81. doi: 10.23648/MPPHE.2018.8.16275
11. Korobitsyna EV, Gudkov AB, Popova ON. Changes in central hemodynamics after local skin cooling in females. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(11):20–23. EDN: QHPAQB doi: 10.33396/1728-0869-2019-11-20-23
12. Salikova SP, Vlasov AA, Grinevich VB. Human adaptation to the conditions of the Far North: emphasis on the correction of the microbial-tissue complex of the gastrointestinal tract. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(2):4–12. EDN: HMYWAW doi: 10.33396/1728-0869-2021-2-4-12
13. Popova NV, Popov VA, Gudkov AB. Opportunities of thermography and heart rate variability in predictive valuation of cardiovascular system functional state. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2012;19(11):33–37. EDN: PFZTEB doi: 10.17816/humeco17412
14. Solonin YuG. Physiological foundations of health promotion through physical education and sports. In: *Medical and physiological bases of adaptation and sports activity in the North: Materials of the All-Russian Correspondence Scientific and Practical Conference*. Syktyvkar; 2015. P. 72–75. (In Russ.)
15. Hegge AM, Bucher E, Ettema G, et al. Gender differences in energy production, energy consumption and efficiency of elite skiers during exercises with the whole body, upper body and arms. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:291–300. doi: 10.1007/s00421-015-3281-y
16. Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, et al. Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. *J Strength Cond Res*. 2017;31(10):2920–2937. doi: 10.1519/JSC.0000000000002122
17. Boyko ER, editor. *Physiological and Biochemical Mechanisms of Ensuring Sports Activity of Winter Cyclic Sports*. Syktyvkar: OOO «Komi respublikanskaya tipografiya»; 2019. EDN: TFXJTT
18. Kudrya ON. Physiological mechanisms of adaptation of cardio-vascular system while functional tests among sportsmen of different age and sex. *Science and Sport: Current Trends*. 2015;7(2):25–31. EDN: TSFDVD
19. Loginova TP, Potolitsyna NN, Garnov IO, et al. Dynamics of anaerobic threshold indicators in the maximal cycle ergometer test in young male skiers. *Exercise Therapy and Sports Medicine*. 2016;(6):4–8. EDN: XDGCCP
20. Solonin YuG. Public health in the north of the European Russia. *Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology*. 2017;(2):55–62. EDN: ZUFEPP
21. Solonin YuG, Loginova TP, Markov AL, et al. Influence of latitudinal factor on ski runners of the Komi Republic. In: *Medical and Physiological Problems of Human Ecology: Proceedings of the VII and All-Russian Conference with International Participation (September 19–22, 2018)*. Ulyanovsk: UIGU; 2018. P. 268–270. EDN: VRDJMM doi: 10.19110/1994-5655-2018-4-19-24
22. Parshukova OI, Boyko ER, Larina VE. Markers of vascular tone in the blood of elite cross-country skiers of the Komi Republic during the annual training cycle. *Journal of Medical and Biological Research*. 2019;7(2):169–177. EDN: LSTOJX doi: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.2.169
23. Sidorenko TA, Kalashnikov AV, Yuryev YuN, Shurmanov YeG. Gender distinctions analysis of the heart rhythm indicators among the sportsmen engaged in cyclic sports. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta*. 2015;(5):164–168. EDN: TXQIOJ doi: 10.5930/issn.1994-4683.2015.05.123.p164-168
24. Korolenko TsP. Human psychophysiology in extreme conditions. Leningrad: Meditsina; 1978. (In Russ.) EDN: KJDAOT
25. The device of psychophysiological testing UPFT-1/30 "Psychophysiologicalist": Methodological handbook. Taganrog: NPKF «Medikom-MTD»; 2004. (In Russ.)
26. Panicia M, Verweel L, Thomas S, et al. Heart rate variability in healthy non-concussed youth athletes: exploring the effect of age, sex, and concussion-like symptoms. *Front Neurol*. 2018;8:753. doi: 10.3389/fneur.2017.00753

## ОБ АВТОРАХ

**\*Масько Евгений Валерьевич;**

адрес: Россия, 169049, с. Айкино, ул. Садовая, 1А;  
ORCID: 0000-0003-4855-7863;  
eLibrary SPIN: 4962-7012;  
e-mail: maskoev@yandex.ru

**Мосягин Игорь Геннадьевич, д-р мед. наук, профессор;**

ORCID: 0000-0002-9485-6584;  
eLibrary SPIN: 2296-4321;  
e-mail: mosyagin-igor@mail.ru

**Бойко Игорь Михайлович, канд. мед. наук, доцент;**

ORCID: 0000-0001-5918-7074;  
eLibrary SPIN: 9644-4257;  
e-mail: imboyko@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Evgeniy V. Masko;**

address: 1A Sadovaya str., p. Aikino, 169049, Russia;  
ORCID: 0000-0003-4855-7863;  
eLibrary SPIN: 4962-7012;  
e-mail: maskoev@yandex.ru

**Igor G. Mosyagin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;**

ORCID: 0000-0002-9485-6584;  
eLibrary SPIN: 2296-4321;  
e-mail: mosyagin-igor@mail.ru

**Igor M. Boyko, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor;**

ORCID: 0000-0001-5918-7074;  
eLibrary SPIN: 9644-4257;  
e-mail: imboyko@mail.ru

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author