

## МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БРАХИОЦЕФАЛЬНЫХ И ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ СОСУДОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

**Б.Ф. Дерновой**<sup>1,2</sup>, [dernowoy@yandex.ru](mailto:dernowoy@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9864-7691>  
**В.И. Прошева**<sup>1</sup>, [v.prosheva@physiol.komisc.ru](mailto:v.prosheva@physiol.komisc.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3360-7437>

<sup>1</sup> Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения  
Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

<sup>2</sup> Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми,  
Сыктывкар, Россия

**Аннотация. Цель:** изучение морфологических и функциональных показателей брахиоцефальных и периферических сосудов у элитных лыжников-гонщиков во время зимних тренировок и соревнований. **Материалы и методы.** Исследовали зимой контрольную группу студентов университета ( $n = 14$ ) и экспериментальную группу лыжников-гонщиков высокой квалификации ( $n = 11$ ), проживающих в городе Сыктывкаре. С помощью ультразвуковой доплерографии изучали гемодинамику в периферических и брахиоцефальных сосудах. **Результаты.** У лыжников-гонщиков высокой квалификации, по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, снижены частота сердечных сокращений на 14 % и диастолическое артериальное давление – на 10 %. Толщина комплекса интима-медиа была меньше на 9,5 %, средняя линейная скорость кровотока в общих сонных артериях – на 15 %, а в правой внутренней сонной артерии – на 12,5 %. При этом индекс резистивности был выше в правой позвоночной артерии. **Заключение.** Циклическая нагрузка на сердечно-сосудистую систему северян, обусловленная лыжными гонками, сопровождается снижением линейной скорости кровотока и модификацией толщины комплекса интима-медиа в брахиоцефальных сосудах.

**Ключевые слова:** гемодинамика, периферические и брахиоцефальные сосуды, лыжники-гонщики, ультразвуковая доплерография

**Благодарности.** Исследования проведены в рамках темы НИР ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН FUUU-2022-0063.

**Для цитирования:** Дерновой Б.Ф., Прошева В.И. Морфофункциональная характеристика брахиоцефальных и периферических сосудов у высококвалифицированных лыжников-гонщиков // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 1. С. 49–56. DOI: 10.14529/hsm240106

Original article  
DOI: 10.14529/hsm240106

## MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF BRACHIOCEPHALIC AND PERIPHERAL VESSELS IN ELITE CROSS-COUNTRY SKIERS

**B.F. Dernovoy**<sup>1,2</sup>, [dernowoy@yandex.ru](mailto:dernowoy@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9864-7691>  
**V.I. Prosheva**<sup>1</sup>, [v.prosheva@physiol.komisc.ru](mailto:v.prosheva@physiol.komisc.ru), <https://orcid.org/0000-0002-3360-7437>

<sup>1</sup> Institute of Physiology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Syktyvkar, Russia

<sup>2</sup> Medical-Sanitary Unit of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation in Komi Republic,  
Syktyvkar, Russia

**Abstract. Aim.** To examine the morphological and functional parameters of brachiocephalic and peripheral vessels in elite cross-country skiers during winter training and competitions. **Materials and methods.** A control group of university students ( $n = 14$ ) and an experimental group of highly skilled skiers

(n = 11) living in Syktyvkar participated in the study in the winter. Hemodynamics in peripheral and brachiocephalic vessels were evaluated using Doppler ultrasound. **Results.** Skiers had a 14% lower heart rate and a 10% lower diastolic blood pressure compared with non-athlete students. In skiers, intima-media thickness was reduced by 9.5%, the average linear flow velocity in the common carotid arteries by 15%, and in the right internal carotid artery by 12.5%. At the same time, the resistivity index was higher in the right vertebral artery. **Conclusion.** The cyclic load on the cardiovascular system, induced by cross-country skiing, is accompanied by a decrease in linear flow velocity and a modification of intima-media thickness in the brachiocephalic vessels.

**Keywords:** hemodynamics, peripheral and brachiocephalic vessels, cross-country skiers, Doppler ultrasound

**Acknowledgements.** This research was conducted within the Institute of Physiology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences FUUU-2022-0063.

**For citation:** Dernovoy B.F., Prosheva V.I. Morphofunctional characteristics of brachiocephalic and peripheral vessels in elite cross-country skiers. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(1):49–56. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240106

**Введение.** Одной из фундаментальных проблем спортивной медицины и физиологии человека остается изучение механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы при воздействии физической нагрузки на организм в условиях низкой температуры окружающей среды. Установлено, что в холодной атмосфере физическая активность сопровождается большей нагрузкой на систему кровообращения [7, 13], способствуя риску возникновения внезапных кардиоваскулярных событий у атлетов [15, 16, 18]. В России и в Скандинавских странах, отличающихся холодным климатом, популярны лыжные гонки, являющиеся в этих регионах национальным видом спорта. Имеются данные, свидетельствующие, что на Севере у мужчин-лыжников модифицируются значения гемодинамических показателей в системе кровообращения [1] и электрическая активность миокарда [9]. Эхокардиографическое и биохимическое исследование у лыжников-гонщиков высокой квалификации показало, что зимой увеличены размеры полости левого предсердия и желудочка, скорость диастолического кровенаполнения желудочков сердца, время кровотока в легочной артерии, понижаются показатели системной гемодинамики и снижается уровень натрийуретического пептида-В типа в крови [3, 14]. Результаты ультразвуковых исследований сосудов свидетельствуют о гендерных и возрастных отличиях кровотока во внутренних сонных артериях у лиц, не занимающихся спортом [2, 4]. У женщин фитнес-групп с разным уровнем физической подготовки с помощью ультразвуковой доплерографии сосудов установлены особенности гемодинамики в магистраль-

ных артериях головы [5]. В настоящее время отсутствуют сведения о характере кровотока в экстракраниальном отделе брахиоцефальных и периферических сосудов у квалифицированных атлетов, занимающихся циклическими видами спорта в условиях холодной атмосферы, полученные методом доплерографии. Эти данные важны для понимания адаптивных изменений в системе кровообращения у человека при регулярных спортивных нагрузках в климатических условиях Севера.

**Целью** работы явилось изучение морфометрических и гемодинамических показателей в брахиоцефальных и периферических сосудах у высококвалифицированных лыжников-гонщиков в период зимних тренировок и соревнований.

**Материалы и методы исследования.** Исследовали зимой (в декабре и январе) при средней температуре атмосферы – 14 °С контрольную группу, состоящую из 14 мужчин-студентов Сыктывкарского государственного университета (возраст – 24 ± 1,9 года; рост 174,5 ± 6,9 см, масса тела 70,1 ± 8,5 кг); и экспериментальную группу – 11 мужчин лыжников-гонщиков высокой квалификации (кандидаты и мастера спорта, спортивный стаж – 7 лет), с циклическими нагрузками на сердечно-сосудистую систему при подготовке и выступлениях на национальных соревнованиях (возраст 22 ± 2,7 года; рост 178,9 ± 6,6 см, масса тела 72,2 ± 5,9 кг), проживающих на Европейском Севере (62° с.ш.) в городе Сыктывкаре. В день исследований жалоб на плохое самочувствие и объективных отклонений в здоровье у испытуемых не было. Инструментальные исследования сердечно-сосуди-

стой системы проводили до приема пищи, с 14 до 15 часов дня, в условиях кабинета функциональной диагностики при температуре в помещении  $21,0 \pm 1,0$  С и влажности воздуха 57 %, с соблюдением этических медико-биологических норм, изложенных в Хельсинской декларации и Директивах Европейского сообщества.

Испытуемых исследовали в положении лежа на спине после стабилизации ритма сердца общепринятым методом [6] по короткой и длинной оси магистральных сосудов линейным датчиком LA-532 (5–7 МГц) с помощью ультразвукового сканера MyLab Class С ESAOTE (Италия). Методом ультразвуковой доплерографии (УЗДГ) в В режиме измеряли в миллиметрах (мм) толщину комплекса интима медиа (ТКИМ), морфометрические параметры брахицефальных (БЦА) сосудов: диаметр правой общей сонной артерии (DOCA dex); диаметр в проксимальном сегменте правой внутренней сонной артерии (DBCA dex); диаметр левой общей сонной артерии (DOCA sin); диаметр в проксимальном сегменте левой внутренней сонной артерии (DBCA sin); диаметр правой позвоночной артерии (ДПА dex) и левой позвоночной артерии (ДПА sin), в сегменте V2, а также периферических сосудов: диаметр правой задней большеберцовой артерии (ДЗББА dex) и левой задней большеберцовой артерии (ДЗББА sin) на уровне верхней границы медиального мышечка голеностопного сустава в обеих нижних конечностях. Диаметры артерий, за исключением позвоночных, устанавливали измерением в продольном сечении сосуда и верифицировали измерениями в поперечном сечении сосудов. Диаметры позвоночных артерий из-за ограничений доступа устанавливали только в одном сечении – продольном. Среднюю линейную скорость кровотока (V) в одноименных сосудах оценивали в режиме импульсного доплеровского исследования в см/с, под контролем цветного доплеровского картирования и угла сканирования гемодинамического потока, не превышающего 30 градусов. Индекс резистивности сосудов (RI) рассчитывали в (у.е.) автоматически программой, заложенной в ультразвуковом сканере. Частоту сердечных сокращений (ЧСС), измеряемую в уд./мин, определяли с помощью программы, установленной в ультразвуковом сканере по интервалам R–R. Систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) арте-

риальное давление измеряли в мм рт. ст. с помощью полуавтоматического манометра OMRON M2 Basic (Япония).

Нормальность распределения данных определяли с помощью W-критерия Шапиро – Уилка. Данные представлены как среднее арифметическое значение  $\pm$  стандартное отклонение. Различия двух групп оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., США).

**Результаты и обсуждение.** Частота сердечных сокращений у лыжников была ниже по сравнению со студентами-неспорсменами и составляла  $55 \pm 5$  против  $64 \pm 6$  уд./мин;  $p = 0,001$ ). Нами обнаружено сниженное диастолическое артериальное давление у лыжников по сравнению с спортсменами ( $63 \pm 7$  против  $70 \pm 8$  мм рт. ст.;  $p = 0,049$ ). В то же время не было достоверных различий в значениях систолического артериального давления у исследованных групп мужчин-северян ( $124 \pm 7$  против  $122 \pm 5$  мм рт. ст.;  $p = 0,313$ ).

В таблице представлены структурные и функциональные показатели брахицефальных сосудов у лыжников-гонщиков и студентов-мужчин, не занимающихся спортом, в сравнении с опубликованными нормативными данными для мужчин-спортсменов. Средние значения морфометрических и гемодинамических показателей в брахицефальных сосудах у исследованных групп северян находились в границах экстремумов нормы для мужчин с нормальным артериальным давлением [6].

В холодное время года у спортсменов-лыжников в сравнении с контрольной группой – студентами – ниже значения ТКИМ, средней линейной скорости кровотока в общих сонных артериях и в правой ВСА. При этом у лыжников-гонщиков, в отличие от студентов, индекс резистивности в правой позвоночной артерии был выше (см. таблицу).

У спортсменов-лыжников в сравнении со студентами, не занимающимися спортом, в периферических сосудах нами не обнаружено различий в значениях диаметра просвета артерии ДЗББА dex ( $2,1 \pm 0,2$  против  $1,97 \pm 0,1$ ;  $p = 0,097$ ) и ДЗББА sin ( $2,0 \pm 0,2$  против  $1,9 \pm 0,1$ ;  $p = 0,061$ ), а также и скорости кровотока VЗББА dex ( $29,5 \pm 2,7$  против  $31,7 \pm 7,4$ ;  $p = 0,364$ ) и VЗББА sin ( $29,1 \pm 2,5$  против  $32,9 \pm 7,4$ ;  $p = 0,116$ ).

Структурные и функциональные параметры брахиоцефальных сосудов у лыжников-гонщиков и студентов-мужчин, не занимающихся спортом, и опубликованные нормативные значения  
Structural and functional parameters of brachiocephalic vessels in male cross-country skiers and male non-athletes with corresponding reference values

Показатель Parameter	Северяне Northerners		Опубликованные нормативные значения Reference values
	Лыжники-гонщики Cross-country skiers	Студенты-мужчины не спортсмены Male non-athletes	Мужчины-не спортсмены (В.Г. Лелюк и др., 2004) Male non-athletes (V.G. Lelyuk et al., 2004)
DOCA dex (мм)	6,02 ± 0,42	6,05 ± 0,31	4,2–6,9
DOCA sin (мм)	6,04 ± 0,35	6,0 ± 0,3	4,1–6,8
VOCA dex (см/с)	30,0 ± 3,0	35,7 ± 5,9*	28–40
VOCA sin (см/с)	29,8 ± 2,3	35,1 ± 5,4*	23–47
VBCA dex (см/с)	29,1 ± 2,1	33,2 ± 4,9*	–
VBCA sin (см/с)	29,2 ± 2,2	32,0 ± 5,4	–
DPA dex (мм)	3,45 ± 0,37	3,5 ± 0,4	2,7–4,0
DPA sin (мм)	3,7 ± 0,4	3,7 ± 0,4	2,3–4,3
VPA dex (см/с)	26,6 ± 3,1	24,5 ± 5,1*	11,7–25
VPA sin (см/с)	28,0 ± 4,8	26,7 ± 5,2	11–32
RIPA dex (y. e.)	0,69 ± 0,04	0,62 ± 0,06*	0,55–0,83
RIPA sin (y. e.)	0,68 ± 0,05	0,64 ± 0,06	0,55–0,91
ТКИМ (мм)	0,67 ± 0,05	0,74 ± 0,09*	0,6–1,1

*Примечания.* Данные представлены как среднее арифметическое значение ± стандартное отклонение. DOCA dex – диаметр правой общей сонной артерии, DOCA sin – диаметр левой общей сонной артерии, VOCA dex – средняя линейная скорость кровотока в правой общей сонной артерии, VOCA sin – средняя линейная скорость кровотока в левой общей сонной артерии, VBCA dex – средняя линейная скорость кровотока в правой внутренней сонной артерии, VBCA sin – средняя линейная скорость кровотока в левой внутренней сонной артерии, DPA dex – диаметр правой позвоночной артерии, DPA sin – диаметр левой позвоночной артерии, VPA dex – средняя линейная скорость кровотока в правой позвоночной артерии, VPA sin – средняя линейная скорость кровотока в левой позвоночной артерии, RIPA dex – индекс резистивности правой позвоночной артерии, RIPA sin – индекс резистивности правой позвоночной артерии, ТКИМ – толщина комплекса интима медиа; \* – значимые различия ( $p < 0,05$ ) между лыжниками-гонщиками и мужчинами-не спортсменами.

*Note.* Values are means ± standard deviation. CCAD dex – diameter of the right common carotid artery, CCAD sin – diameter of the left common carotid artery, CCAV dex – average linear blood flow velocity in the right common carotid artery, CCAV sin – average linear blood flow velocity in the left common carotid artery, ICAV dex – average linear blood flow velocity in the right internal carotid artery, ICAV sin – average linear blood flow velocity in the left internal carotid artery, VAD dex – diameter of the right vertebral artery, VAD sin – diameter of the left vertebral artery, VAV dex – average linear blood flow velocity in the right vertebral artery, VAV sin – average linear blood flow velocity in the left vertebral artery, VARI dex – right vertebral artery resistivity index, VARI sin – left vertebral artery resistivity index, IMCT – thickness of the intima media complex; \* – differences are significant ( $p < 0.05$ ) between cross country skiers and male non-athletes.

По-видимому, для студентов-не спортсменов и лыжников-гонщиков, близких между собой по возрасту и соматическим параметрам тела, морфофункциональные показатели в ЗББА являются оптимальными для обеспечения тканевого метаболизма дистальных отделов нижних конечностей независимо от воздействия на организм спортивных нагрузок.

Нами установлена низкая ЧСС и сниженное диастолическое артериальное давление у лыжников-гонщиков. Эти результаты согла-

суются с данными литературы [1, 3] и свидетельствуют об уменьшении тонуса резистивных сосудов и напряженности деятельности сердца вследствие повышенного влияния вагуса на периферическое и центральное звено системы кровообращения [3]. Реакция организма на физические нагрузки, сопровождающаяся понижением тонуса резистивных сосудов, может быть обусловлена и другими механизмами, эффективно обеспечивающими вазомоторный баланс и гомеостазис в системе

кровообращения, в частности эндотелиальной системой. Известно, что эндотелиальные клетки сосудов являются рецепторно-эффекторным органом, реагирующим на изменение гемодинамики [11]. Оксид азота (NO), продуцируемый эндотелиальной системой, оказывает мощный вазодилататорный эффект [10]. Однако, по данным литературы [8, 12, 17], действие его на тонус сосудов непродолжителен. Предполагается, что зимой у человека реакция на циклические гемодинамические нагрузки может сопровождаться не только увеличением секреции NO [11] и депонированием NO в эндотелии и в гладкой мышце интимы сосудов [8], но и транзиторным повышением чувствительности эндотелиальной системы к циркулирующим в крови или продуцируемым стенкой интимы сосудов вазоактивным веществам. Вероятно, зимой, когда вследствие тренировок на холоде возрастает нагрузка на сердечно-сосудистую систему [1, 3], транзиторное повышение чувствительности эндотелиальной системы к вазоактивным веществам может иметь пролонгированный характер. Предполагается, что такого рода изменения способствуют поддержанию оптимального вазомоторного баланса и гемодинамики для сохранения метаболизма и эффективности процессов восстановления в организме после интенсивной мышечной деятельности.

Установленные у спортсменов, в сравнении с контрольной группой, меньшие значения VOCA dex, VBCA dex, VOCA sin свидетельствуют о меньшей скорости гемодинамики в экстракраниальных отделах брахиоцефальных сосудов. Очевидно, что период восстановления лыжников-гонщиков после физических нагрузок сопровождается регионарным сдвигом скорости кровотока, и, по-видимому, такого рода изменения обуславливают эффективность восстановительных процессов в дистальном отделе опорно-двигательного аппарата.

Примечательно, что у спортсменов в сравнении с мужчинами, не занимающимися спортом, обнаружены меньшая скорость VBCA dex и больший индекс RIPA dex (см. таблицу). Асимметрия показателей гемодинамики в БЦА является характерным для человека и может быть обусловлена разными факторами [2, 4]. Предполагается, что в нашем случае это может быть обусловлено физиологической асимметрией функционирования центральной нервной системы в восстановительный период после психоэмоционального стресса, вызванного интенсивным этапом подготовки и участием в соревнованиях. Вместе с тем достоверных морфометрических отличий в диаметре просветов исследуемых сосудов между исследованными группами мужчин не обнаружено.

Установлено, что у лиц, занимающихся лыжными гонками, толщина комплекса интима-медиа была меньше, чем у сверстников, не занимающихся спортом. По-видимому, у молодых лыжников-гонщиков циклические гемодинамические нагрузки на организм сопровождаются модификацией толщины КИМ, что, в свою очередь, может оказывать влияние на резистивность магистральных сосудов и затрагивать функцию эндотелиальной системы. Предполагается, что при увеличении спортивного стажа и возраста спортсмена дальнейшие приспособительные изменения в сосудистой системе могут сопровождаться компенсаторным утолщением КИМ и повышением ригидности стенок сосудов, затрагивая функцию рецепторно-эффекторного аппарата эндотелиальной системы и создавая предпосылки для увеличения риска возникновения васкулярной патологии.

**Заключение.** Установлено, что циклическая нагрузка на сердечно-сосудистую систему северян, обусловленная лыжными гонками, сопровождается функциональными изменениями гемодинамики и модификацией толщины комплекса интима-медиа в экстракраниальном отделе брахиоцефальных сосудов.

### Список литературы

1. Гудков, А.Б. Сезонные изменения гемодинамических показателей у спортсменов-лыжников на Европейском Севере России / А.Б. Гудков, О.Н. Попова, И.В. Мануйлов // Вестник Северного (Арктического) федерального ун-та. Серия «Медико-биологические науки». – 2014. – № 1. – С. 56–63.
2. Гудков, А.Б. Морфофункциональные особенности сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста: моногр. / А.Б. Гудков, О.В. Шишелова. – Архангельск: Изд-во Север. гос. мед. ун-та, 2011. – 152 с.

3. Дерновой, Б.Ф. Кардиогемодинамика и секреторная функция миокарда у высококвалифицированных лыжников-гонщиков при адаптации к холоду / Б.Ф. Дерновой, В.И. Прошева // *Экология человека*. – 2019. – № 6. – С. 45–50. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-6-45-50
4. Железкова, А.А. Возрастные особенности линейной и объемной скорости кровотока во внутренних сонных артериях / А.А. Железкова, Ю.Ю. Скоробогатов, О.В. Филатова // *Изв. Алтайского гос. ун-та*. – 2010. – № 3 (2). – С. 29–34.
5. Королева, М.В. Показатели кровотока в магистральных артериях головы у женщин различных фитнес-групп / М.В. Королева, В.В. Королева, Г.А. Шорин // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»*. – 2008. – № 19. – С. 109–114.
6. Лелюк, В.Г. Церебральное кровообращение и артериальное давление / В.Г. Лелюк, С.С. Лелюк. – М.: Реальное Время, 2004. – 304 с.
7. Линченко, С.Н. К вопросу об адаптации организма человека в меняющихся метеорологических условиях / С.Н. Линченко, В.В. Хан, Г.В. Грушко // *Успехи современного естествознания*. – 2010. – № 5. – С. 62–64.
8. Манухина, Е.Б. Роль оксида азота в развитии и предупреждении дисфункции эндотелия / Е.Б. Манухина, И.Ю. Малышев // *Вестник Витеб. гос. мед. ун-та*. – 2003. – Т. 2, № 2. – С. 5–17.
9. Пантелеева, Н.И. Реполяризация желудочков сердца лыжников-гонщиков на разных этапах годовичного тренировочного цикла / Н.И. Пантелеева, И.М. Роцевская // *Физиология человека*. – 2018. – Т. 44, № 5. – С. 66–73.
10. Роль оксида азота в улучшении функции эндотелия и сердечно-сосудистого здоровья: фокус на небиволол. / G.L. Bakris, J.N. Basile, T.D. Giles, A.A. Taylor // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. – 2011. – Т. 10. – № 2. – С. 116–121. – <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2011-2-116-121>
11. Солодков, А.П. Оксид азота, ауторегуляция коронарного кровотока и стресс / А.П. Солодков, И.Ю. Щербинин, Л.Е. Беляева // *Вестник Витеб. гос. мед. ун-та*. – 2002. – Т. 1, № 1. – С. 19–30.
12. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / отв. ред. Е.Р. Бойко. – Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2019. – 256 с.
13. Castellani, J.W. Cold stress effects on exposure tolerance and exercise performance / J.W. Castellani, M.J. Tipton // *Comprehensive Physiology*. – 2015. – Vol. 6 (1). – P. 443–469. DOI: 10.1002/cphy.c140081
14. Dernovoj, B. Seasonal variation of right heart function in elite skiers-racers: an echocardiographic study / B. Dernovoj, V. Nuzhny, V. Prosheva // *European Journal of Applied Physiology*. – 2022. – Vol. 122, no. 5. – P. 1261–1268. DOI: 10.1007/s00421-022-04907-5
15. Link, M.S. Sudden cardiac death in the young: Epidemiology and overview / M.S. Link // *Congenital Heart Disease*. – 2017. – Vol. 12. – P. 597–599. DOI: 10.1111/chd.12494
16. Non-compaction cardiomyopathy in an asymptomatic athlete / M.K. Manus, S. Roy, R. Stag, D. Hyman // *BMJ Case Reports*. – 2016. DOI: 10.1136/bcr-2016-216339
17. McAllister, R.M. Vascular nitric oxide: effects of exercise training in animals / R.M. McAllister, S.C. Newcomer, M.H. Laughlin // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. – 2008. – Vol. 33, no. 1. – P. 173–178. DOI: 10.1139/H07-146
18. Skalik, R. Qualifying athletes for exercise / R. Skalik // *E-Journal of Cardiology Practice*. – 2014. – Vol. 12, no. 29.

## References

1. Gudkov A.B., Popova O.N., Manuylov I.V. [Seasonal Changes in Hemodynamic Parameters Among Cross-Country Skiers in the European North of Russia]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskiye nauki* [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Ser. Medical and Biological Sciences], 2014, no. 1, pp. 56–63. (in Russ.)
2. Gudkov A.B., Shishelova O.V. *Morfofunktsional'nyye osobennosti serdtsa i magistral'nykh sudov u detey shkol'nogo vozrasta: monografiya* [Morphofunctional Features of the Heart and Great Vessels in School-age Children]. Arkhangel'sk, Northern State Medical University Publ., 2011. 152 p.

3. Dernovoy B.F., Prosheva V.I. [Cardiohemodynamics and Secretory Function of the Myocardium in Highly Qualified Cross-country Skiers During Adaptation to Cold]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2019, no. 6, pp. 45–50. (in Russ.) DOI: 10.33396/1728-0869-2019-6-45-50
4. Zhelezkova A.A., Skorobogatov Yu.Yu., Filatova O.V. [Age-related Features of Linear and Volumetric Blood Flow Velocity in the Internal Carotid Arteries]. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [News of Altai State University], 2010, no. 3 (2), pp. 29–34. (in Russ.)
5. Koroleva M.V., Koroleva V.V., Shorin G.A. Indicators of Blood Flow in the Main Arteries of the Head in Women of Various Fitness Groups. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, Healthcare, Physical Culture*, 2008, no. 19, pp. 109–114. (in Russ.)
6. Lelyuk V.G., Lelyuk C.C. *Tserebral'noye krovoobrashcheniye i arterial'noye davleniye* [Cerebral Circulation and Blood Pressure]. Moscow, Real Time Publ., 2004. 304 p.
7. Linchenko S.N., Khan V.V., Grushko G.V. [On the Issue of Adaptation of the Human Body in Changing Meteorological Conditions]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in Modern Natural Science], 2010, no. 5, pp. 62–64. (in Russ.)
8. Manukhina E.B., Malyshev I.Yu. [The Role of Nitric Oxide in the Development and Prevention of Endothelial Dysfunction]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of Vitebsk State Medical University], 2003, vol. 2, no. 2, pp. 5–17. (in Russ.)
9. Panteleyeva N.I., Roshchevskaya I.M. [Repolarization of the Ventricles of the Heart of Cross-country Skiers at Different Stages of the Annual Training Cycle]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2018, vol. 44, no. 5, pp. 66–73. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119718050134
10. Bakris G.L., Basile J.N., Giles T.D., Taylor A.A. [The Role of Nitric Oxide in Improving Endothelial Function and Cardiovascular Health. Focus on Nebivolol]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention], 2011, vol. 10, no. 2, pp. 116–121. DOI: 10.15829/1728-8800-2011-2-116-121
11. Solodkov A.P., Shcherbinin I.Yu., Belyayeva L.E. [Nitric Oxide, Autoregulation of Coronary Blood Flow and Stress]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of Vitebsk State Medical University], 2002, vol. 1, no. 1, pp. 19–30. (In Russ.)
12. Boyko E.R. (Ed.) *Fiziologo-biokhimicheskiye mekhanizmy obespecheniya sportivnoy deyatel'nosti zimnikh tsiklicheskih vidov sporta* [Physiological and Biochemical Mechanisms for Ensuring Sports Activity in Winter Cyclic Sports]. Syktyvkar, LLC Komi Republican Publ., 2019. 256 p.
13. Castellani J.W., Tipton M.J. Cold Stress Effects on Exposure Tolerance and Exercise Performance. *Comprehensive Physiology*, 2015, vol. 6 (1), pp. 443–469. DOI: 10.1002/cphy.c140081
14. Dernovoj B., Nuzhny V., Prosheva V. Seasonal Variation of Right Heart Function in Elite Skiers-Racers: an Echocardiographic Study. *European Journal of Applied Physiology*, 2022, vol. 122, no. 5, pp. 1261–1268. DOI: 10.1007/s00421-022-04907-5
15. Link M.S. Sudden Cardiac Death in the Young: Epidemiology and Overview. *Congenital Heart Disease*, 2017, vol. 12, pp. 597–599. DOI: 10.1111/chd.12494
16. Manus M.K., Roy S., Stag R., Hyman D. Non-compaction Cardiomyopathy in an Asymptomatic Athlete. *BMJ Case Reports*, 2016. DOI: 10.1136/bcr-2016-216339
17. McAllister R.M., Newcomer S.C., Laughlin M.H. Vascular Nitric Oxide: Effects of Exercise Training in Animals. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2008, vol. 33, no. 1, pp. 173–178. DOI: 10.1139/H07-146
18. Skalik R. Qualifying Athletes for Exercise. *E-Journal of Cardiology Practice*, 2014, vol. 12, no. 29.

#### **Информация об авторах**

**Дерновой Бронислав Федорович**, доктор медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики госпиталя, Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми; старший научный сотрудник, Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия.

**Прошева Валентина Ивановна**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия.

***Information about the authors***

**Bronislav F. Dernovoy**, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Functional Diagnostics of the Hospital, Medical and Sanitary Unit of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation for the Komi Republic; senior researcher, Institute of Physiology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia.

**Valentina I. Prosheva**, Doctor of Biological Sciences, leading researcher, Institute of Physiology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia.

***Вклад авторов:***

Дерновой Б.Ф. – внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; подготовил первый вариант статьи и переработал её на предмет важного интеллектуального содержания; отредактировал статью; окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Прошева В.И. – внесла существенный вклад в анализ и интерпретацию данных; отредактировала статью; окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

***Contribution of the authors:***

Dernovoy B.F. – the concept and design of the study; the acquisition, analysis and interpretation of data; the first draft of the article and its revision; article editing; and final approval of the manuscript.

Prosheva V.I. – analysis and interpretation of data; article editing; final approval of the manuscript.

The authors declare no conflicts of interests.

***Статья поступила в редакцию 08.09.2023***

***The article was submitted 08.09.2023***