

СЕЗОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛЫЖНИКОВ МАССОВЫХ СПОРТИВНЫХ РАЗЯДОВ – ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

*А.Б. Гудков** ORCID: [0000-0001-5923-0941](https://orcid.org/0000-0001-5923-0941)

*И.В. Мануйлов*** ORCID: [0000-0002-2302-596X](https://orcid.org/0000-0002-2302-596X)

*О.Н. Попова** ORCID: [0000-0002-0135-4594](https://orcid.org/0000-0002-0135-4594)

*А.Ф. Щербина**** ORCID: [0000-0002-0577-6866](https://orcid.org/0000-0002-0577-6866)

*А.А. Небученных** ORCID: [0000-0002-2302-9784](https://orcid.org/0000-0002-2302-9784)

*Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)

**Балашихинская областная больница, филиал № 3
(Московская обл., г. Балашиха)

***Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова
(Москва)

Проанализированы результаты корреляционного анализа показателей гемодинамики у 38 лыжников-мужчин в возрасте 18–22 лет, имеющих 1-2-й спортивный разряд. У обследованных 4 раза в год (осень, зима, весна, лето) определялись: сердечный выброс, частота сердечных сокращений, минутный объем кровообращения, коэффициент эффективности миокарда, индекс напряжения миокарда, индекс мощности левого желудочка и общее периферическое сопротивление сосудов. Установлено, что в течение года у лыжников массовых спортивных разрядов изменяются не только значения показателей гемодинамики, но и связи между ними. Так, в структуре минутного объема кровообращения преобладает сердечный выброс, особенно в осенний и зимний периоды года, что указывает на существенный хронотропный резерв сердечно-сосудистой системы обследуемых. Коэффициент эффективности миокарда обеспечивается величиной сердечного выброса. Зависимость между коэффициентом эффективности миокарда и индексом мощности левого желудочка у лыжников появляется осенью и особенно зимой. Величина общего периферического сопротивления сосудов отрицательно влияет на минутный объем кровообращения, сердечный выброс, индекс напряжения миокарда, частоту сердечных сокращений и индекс мощности левого желудочка.

Ключевые слова: Арктический регион, лыжники массовых спортивных разрядов, сердечно-сосудистая система, сезонные изменения, функциональная организация гемодинамики.

Ответственный за переписку: Гудков Андрей Борисович, адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51; e-mail: gudkovab@nsmu.ru

Для цитирования: Гудков А.Б., Мануйлов И.В., Попова О.Н., Щербина А.Ф., Небученных А.А. Сезонная организация гемодинамики у лыжников массовых спортивных разрядов – жителей Арктической зоны РФ // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 1. С. 102–107. DOI: 10.37482/2687-1491-Z048

Природно-климатические особенности территории России, как самой холодной страны в мире [1], являются благоприятными для развития зимних видов спорта, в т. ч. и лыжного. Благодаря своей доступности лыжные гонки – один из самых массовых видов спорта. Так, в 2020 году в спортивной мероприятии «Лыжня России» приняло участие более 1,5 млн человек¹.

В спортивной и экологической физиологии признано, что наиболее чувствительным индикатором адаптационно-приспособительных реакций организма к физическим нагрузкам и изменяющимся сезонным факторам окружающей среды является сердечно-сосудистая система, поскольку она представляет собой основную систему транспорта энергии и одной из первых вовлекается в процессы адаптогенеза [2, 3].

В настоящее время выполнены многочисленные исследования, направленные на выявление особенностей функционального состояния организма лыжников, как у спортсменов высокой квалификации, так и у любителей. Изучались физическая работоспособность и газообмен [4], метаболические характеристики адаптации и дезадаптации [5], взаимосвязь ритма сердца с тренировочными и соревновательными нагрузками [6], электрическая активность сердца [7], особенности кардиореспираторной системы у лыжников разной спортивной специализации [8], некоторые аспекты формирования спортивного перенапряжения [9] и др. Однако сведения о сезонной организации гемодинамики у особой и достаточно многочисленной категории населения – лыжников массовых спортивных разрядов практически отсутствуют, что и явилось побудительным мотивом для проведения настоящего исследования.

Цель исследования – выявить особенности сезонной функциональной организации гемодинамики у лыжников массовых спортивных разрядов, проживающих в Арктической зоне РФ.

Обследовалась одна и та же группа мужчин-лыжников в количестве 38 человек осенью (сентябрь), зимой (январь), весной (апрель) и летом (июль). Возраст обследованных 18–22 лет (средний возраст 19,6 (19,2; 21,7) лет), спортивный стаж 3–5 лет, все имели 1-2-й взрослый разряд, родились и постоянно проживали в Архангельске или Северодвинске, которые отнесены к Арктической зоне РФ [10]. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации, все участники подписали информированное согласие.

Изучение сердечно-сосудистой системы осуществлялось с использованием 4-канального реографа «Диамант-П», входящего в комплекс КМ-АР-01. В автоматическом режиме определялись: сердечный выброс (СВ), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), индекс мощности левого желудочка (ИМЛЖ). Пальпаторно измерялись частота сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД) по методу Н.С. Короткова, данные величины использовались для расчета минутного объема кровообращения (МОК), среднего динамического давления (СДД), индекса напряжения миокарда (ИНМ), показателя внешней работы миокарда (ВРМ) и критерия эффективности миокарда (КЭМ) [11].

Статистическая обработка результатов проводилась при помощи программы SPSS, v. 19.0 (IBM). Для анализа переменных на нормальность распределения использовался тест Шапиро–Уилка ($n < 50$). Оценка связей между показателями осуществлялась методом корреляционного анализа с использованием критерия Спирмена, поскольку полученные переменные не подчинялись закону нормального распределения. Критический уровень значимости (p) принимался равным 0,05.

В результате проведенного исследования установлено, что в течение года изменяются не

¹В «Лыжне России-2020» приняли участие более восьми тысяч омичей. URL: <https://regnum.ru/news/2852859.html> (дата обращения: 26.12.2020).

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ
В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ У ЛЫЖНИКОВ МАССОВЫХ СПОРТИВНЫХ РАЗЯДОВ –
ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ($n = 38$)

CORRELATION BETWEEN THE HAEMODYNAMIC PARAMETERS
DURING THE YEAR IN SKIERS WITH SPORTS RANKS
LIVING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION ($n = 38$)

Показатели	Сезон года			
	Осень	Зима	Весна	Лето
МОК–ЧСС	0,252	0,181	–0,027	0,139
МОК–СВ	0,86*	0,89*	0,63*	0,42*
КЭМ–СВ	0,84*	0,70*	0,80*	0,84*
КЭМ–ИМЛЖ	0,55*	0,57*	0,29	0,18
ОПСС–ЧСС	–0,45*	–0,27	–0,11	–0,13
ОПСС–ИНМ	–0,42*	–0,18	–0,17	–0,27
ОПСС–СВ	–0,55*	–0,54*	–0,59*	–0,59*
ОПСС–МОК	–0,66*	–0,70*	–0,96*	–0,72*
ОПСС–ИМЛЖ	–0,47*	–0,63*	–0,54*	–0,54*

Примечание. 1. Приведены значения коэффициента корреляции Спирмена. 2. * – показатели статистически значимы.

только значения показателей гемодинамики, но и связи между ними (см. таблицу).

При оценке деятельности сердечно-сосудистой системы уровень ее функционирования принято определять по МОК, который отражает способность обеспечивать адекватное снабжение кровью органы и ткани. Поскольку МОК тесно связан с ЧСС и СВ, то можно предположить, что организм сам выбирает наиболее рациональные пути взаимоотношений между МОК, ЧСС и СВ. В ходе корреляционного анализа у лыжников была установлена статистически значимая сильная связь между показателями МОК и СВ в осенний и зимний периоды года. Физиологический смысл преобладания компонента СВ в структуре МОК понятен, т. к. в этом случае сохраняется хронотропный резерв и сердечно-сосудистая система потенциально будет обладать большим диапазоном ответных реакций на предлагаемую физическую нагрузку. Полученные результаты указывают на более эффективную деятельность системы кровообращения лыжников осенью

и зимой по сравнению с другими периодами года. Следует также отметить, что СВ косвенно отражает силу сердечной мышцы. Поскольку в структуре МОК преобладал СВ во все сезоны года, то это указывает на развитие силы миокарда и его инотропного резерва как результат систематических физических нагрузок в рамках тренировочных занятий.

Так как основная функция сердечно-сосудистой системы по доставке крови в органы и ткани может выполняться только при условии достаточной объемной скорости кровотока, то кроме МОК в качестве основных показателей всегда анализируют СДД и ОПСС, которые характеризуют количество протекающей через сосуды крови, а значит, доставляемых тканям кислорода, минеральных веществ и витаминов. В выполненных исследованиях у лыжников значение СДД использовано для расчета КЭМ и ИМЛЖ, которые отражают эффективность деятельности сердечной мышцы. При проведении корреляционного анализа установлена статистически значимая средней силы и силь-

ная корреляционная связь на протяжении всех сезонов года между показателями КЭМ и СВ, что является вполне ожидаемым результатом.

Корреляционная связь средней силы между КЭМ и ИМЛЖ отмечена осенью и зимой, а весной и летом она была слабой и статистически незначимой. Установленный факт имеет большой физиологический смысл, поскольку указывает на повышение эффективности работы миокарда в соревновательный период. Можно предположить, что это является результатом адекватно подобранных тренировочных нагрузок, выполненных лыжниками осенью.

Сосудистый тонус играет существенную роль в обеспечении гомеостаза гемодинамики. Неслучайно у лыжников установлены корреляционные связи между ОПСС и величинами ЧСС, ИНМ, СВ, МОК, а также ИМЛЖ. Наиболее сильные статистически значимые отрицательные корреляционные связи были выявлены между ОПСС и МОК, особенно в осенний период года. Величина ОПСС оказывала влияние и на ИМЛЖ. Наибольшая статистически значимая отрицательная корреляционная связь средней силы между этими показателями была выявлена в зимний период года. Статистически значимая средняя отрицательная связь была отмечена между ОПСС и СВ у лыжников во все сезоны года. Отрицательная

средней силы статистически значимая корреляционная связь между ОПСС и ЧСС, а также между ОПСС и ИНМ появилась у лыжников в осенний период года. Таким образом, снижение эластичности стенок сосудов и, как следствие, увеличение сопротивления кровотоку отрицательно влияют на МОК, СВ, ЧСС, ИНМ и ИМЛЖ. Вероятно, повышение роли ОПСС связано с влиянием холодового фактора, что хорошо демонстрирует установленная корреляционная зависимость показателей гемодинамики в осенний период года. Следует заметить, что увеличение ОПСС создает более сложные условия для обеспечения функций сердечно-сосудистой системы из-за возрастания противодействия кровотоку в транспортно-демпферном звене.

Таким образом, у лыжников массовых спортивных разрядов в структуре МОК преобладает СВ, особенно в осенний и зимний периоды года, что указывает на существенный хронотропный резерв сердечно-сосудистой системы. Показатель КЭМ обеспечивается величиной СВ. Зависимость между КЭМ и ИМЛЖ у лыжников появляется осенью и особенно зимой. Величина ОПСС отрицательно влияет на МОК, СВ, ИНМ, ЧСС и ИМЛЖ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Кершенгольц Б.Н. Климатические изменения как фактор риска здоровья населения Российской Арктики // Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России. М., 2011. С. 10–11.
2. Сарычев А.С., Алексеенко В.Д., Симонова Н.Н., Гудков А.Б., Дёгтева Г.Н. Проблемы вахтового труда в Заполярье // Мед. акад. журн. 2007. Т. 7, № 4. С. 113–119.
3. Гудков А.Б., Небученных А.А., Попова О.Н. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра военно-морского флота России в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2008. № 1. С. 39–43.
4. Spencer M., Losnegard T., Hallén J., Hopkins W.G. Variability and Predictability of Performance Times of Elite Cross-Country Skiers // Int. J. Sports Physiol. Perform. 2014. Vol. 9, № 1. P. 5–11. DOI: [10.1123/ijspp.2012-0382](https://doi.org/10.1123/ijspp.2012-0382)
5. Шемердяк А.В. Физиологические и метаболические характеристики процессов адаптации и дезадаптации организмов спортсменов высокой квалификации: дис. ... канд. мед. наук. Тюмень, 2005. 146 с.
6. Белова Е.Л., Румянцева Н.В. Взаимосвязь показателей ритма сердца и некоторых характеристик тренировочных и соревновательных нагрузок квалифицированных лыжников-гонщиков // Вестн. спорт. науки. 2009. № 4. С. 29–33.

7. Пантелеева Н.И. Электрическая активность сердца в период реполяризации желудочков у лыжников-гонщиков: дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2012.
8. Losnegard T., Hallén J. Physiological Differences Between Sprint- and Distance-Specialized Cross-Country Skiers // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2014. Vol. 9, № 1. P. 25–31. DOI: [10.1123/ijsp.2013-0066](https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0066)
9. Матвеева А.М. Функциональные особенности формирования спортивного перенапряжения у лыжников, тренирующихся в условиях Севера: дис. ... канд. мед. наук. Тюмень, 2007.
10. О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации: указ Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Аринчин Н.Н. Проблема тензии и тонии в норме и патологии кровообращения // *Физиология человека*. 1978. Т. 4, № 3. С. 426–435.

References

1. Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Kershengol'ts B.N. Klimaticheskie izmeneniya kak faktor riska zdorov'ya naseleniya Rossiyskoy Arktiki [Climate Change as a Risk Factor for the Health of the Population in the Russian Arctic]. *Problemy zdavookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossii* [Health Care and Social Development of the Russian Arctic]. Moscow, 2011, pp. 10–11.
2. Sarychev A.S., Alekseenko V.D., Simonova N.N., Gudkov A.B., Degteva G.N. Problemy vakhtovogo truda v Zapolyar'e [Problems of Rotation Work in the Polar Region]. *Meditinskiy akademicheskij zhurnal*, 2007, vol. 7, no. 4, pp. 113–119.
3. Gudkov A.B., Nebuchennykh A.A., Popova O.N. Pokazateli deyatelnosti serdechno-sosudistoy sistemy u voennosluzhashchikh uchebnogo tsentra voenno-morskogo flota Rossii v usloviyakh Evropeyskogo Severa [Indices of Cardiovascular System Activity in Military Men from Russian Navy Training Center in Conditions of European North]. *Ekologiya cheloveka*, 2008, no. 1, pp. 39–43.
4. Spencer M., Losnegard T., Hallén J., Hopkins W.G. Variability and Predictability of Performance Times of Elite Cross-Country Skiers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2014. vol. 9, no. 1, pp. 5–11. DOI: [10.1123/ijsp.2012-0382](https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0382)
5. Shemerdyak A.V. *Fiziologicheskie i metabolicheskie kharakteristiki protsessov adaptatsii i dezadaptatsii organizmov sportsmenov vysokoy kvalifikatsii* [Physiological and Metabolic Characteristics of Adaptation and Maladaptation in Elite Athletes: Diss.]. Tyumen, 2005. 146 p.
6. Belova E.L., Rumyantseva N.V. Vzaimosvyaz' pokazateley ritma serdtsa i nekotorykh kharakteristik trenirovochnykh i sorevnovatel'nykh nagruzok kvalifitsirovannykh lyzhnikov-gonshchikov [Interrelations Between Cardiac Rhythm and Some Training and Competition Load Parameters in Elite Ski Racers]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2009, no. 4, pp. 29–33.
7. Panteleeva N.I. *Elektricheskaya aktivnost' serdtsa v period repolyarizatsii zheludochkov u lyzhnikov-gonshchikov* [Heart Electrical Activity During Ventricular Repolarization in Cross-Country Racers: Diss.]. Syktyvkar, 2012.
8. Losnegard T., Hallén J. Physiological Differences Between Sprint- and Distance-Specialized Cross-Country Skiers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 25–31. DOI: [10.1123/ijsp.2013-0066](https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0066)
9. Matveeva A.M. *Funktional'nye osobennosti formirovaniya sportivnogo perenapryazheniya u lyzhnikov, treniruyushchikhsya v usloviyakh Severa* [Functional Features of the Development of Overstrain in Skiers Training in the North: Diss.]. Tyumen, 2007.
10. *On the Land Territories of the Arctic Zone of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation No. 296 Dated May 2, 2014*. Accessed from Consultant Plus Assistance System (in Russ.).
11. Arinchin N.N. Problema tenzii i tonii v norme i patologii krovoobrashcheniya [The Problem of “Tensia” and “Tonia” in Normal and Pathological Circulation]. *Fiziologiya cheloveka*, 1978, vol. 4, no. 3, pp. 426–435.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z048

*Andrey B. Gudkov** ORCID: [0000-0001-5923-0941](https://orcid.org/0000-0001-5923-0941)
*Il'ya V. Manuylov*** ORCID: [0000-0002-2302-596X](https://orcid.org/0000-0002-2302-596X)
*Ol'ga N. Popova** ORCID: [0000-0002-0135-4594](https://orcid.org/0000-0002-0135-4594)
*Anatoliy F. Shcherbina**** ORCID: [0000-0002-0577-6866](https://orcid.org/0000-0002-0577-6866)
*Anatoliy A. Nebuchennykh** ORCID: [0000-0002-2302-9784](https://orcid.org/0000-0002-2302-9784)

*Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**Balashikha Regional Hospital, Branch no. 3
(Balashikha, Moscow Region, Russian Federation)

*** Plekhanov Russian University of Economics (Moscow, Russian Federation)

SEASONAL ORGANIZATION OF HAEMODYNAMICS IN SKIERS WITH SPORTS RANKS LIVING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

This paper analyses the results of a correlation analysis of haemodynamic parameters in 38 male skiers with the ranks of First- and Second-Class Sportsman aged between 18 and 22 years. Stroke volume, heart rate, cardiac output, myocardial efficiency index, myocardial stress index, left ventricular power index, and total peripheral resistance were determined 4 times a year (autumn, winter, spring and summer). It was found that not only the haemodynamic parameters, but also the connections between them change during the year. For instance, in skiers with sports ranks, stroke volume prevails in the structure of cardiac output, especially in autumn and winter, which indicates a significant chronotropic reserve of the cardiovascular system. Myocardial efficiency index is provided by the value of stroke volume. A correlation between myocardial efficiency index and left ventricular power index in skiers can be observed in autumn and, especially, in winter. The value of total peripheral resistance negatively affects cardiac output, stroke volume, myocardial stress index, heart rate, and left ventricular power index.

Keywords: *Arctic region, skiers with sports ranks, cardiovascular system, seasonal changes, functional organization of haemodynamics.*

Поступила 15.08.2020

Принята 25.12.2020

Received 15 August 2020

Accepted 25 December 2020

Corresponding author: Andrey Gudkov, *address:* prosp. Troitskiy 51, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;
e-mail: gudkovab@nsmu.ru

For citation: Gudkov A.B., Manuylov I.V., Popova O.N., Shcherbina A.F., Nebuchennykh A.A. Seasonal Organization of Haemodynamics in Skiers with Sports Ranks Living in the Arctic Zone of the Russian Federation. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 102–107. DOI: 10.37482/2687-1491-Z048