

АЭРОБНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЛЫЖНИКОВ-ГОЩИКОВ, ПРОЯВЛЯЮЩИЕСЯ ВО ВРЕМЯ ПОРОГА АНАЭРОБНОГО ОБМЕНА И ПРИ МАКСИМАЛЬНОМ ПОТРЕБЛЕНИИ КИСЛОРОДА

Ю.С. Ванюшин¹, professor.vanushin@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2667-6124>

Р.Р. Хайруллин¹, hai_ranis81@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5407-9269>

М.И. Рахимов², Ramail1979@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0562-1928>

А.С. Шалавина², Shalavina_anna@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4633-9256>

¹ Поволжский университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

Аннотация. Цель: определение параметров аэробных возможностей организма спортсменов, занимающихся лыжными гонками, в зависимости от гендерных особенностей, процентное соотношение величин ПАНО от МПК и степень участия показателей внешнего дыхания в механизмах по обеспечению организма спортсменов кислородом. **Материалы и методы.** У спортсменов, занимающихся лыжными гонками, определяли оценку аэробных возможностей. В первую группу вошли представители мужского пола в количестве 21 человека, а во вторую – спортсмены женского пола в количестве 10 человек. Для определения аэробных возможностей применялось тестирование с повышающейся нагрузкой на тредбане Cosmos Quasar с газоанализом изучаемых показателей. **Результаты.** Наибольшие показатели аэробных возможностей отмечались в группе спортсменов мужского пола при их определении в зоне мощности МПК, нежели во время ПАНО. Процентное соотношение ПАНО от МПК в группах спортсменов мужского и женского пола, занимающихся лыжными гонками, носило разнонаправленный характер. В одних случаях процент ПАНО от МПК был выше в группе мужчин, в других – в группе спортсменов женского пола. Однако во всех случаях этот процент характеризовал то, что показатели при МПК были больше, чем при ПАНО. **Заключение.** Реализация аэробных возможностей на уровне ПАНО и МПК более эффективна в группе мужского пола, нежели в группе женщин, что свидетельствует об их генетических и физиологических особенностях, а также целесообразности применения средств и методов в тренировочном процессе посредством гендерных закономерностей спортсменов, занимающихся лыжными гонками.

Ключевые слова: аэробные и анаэробные возможности, лыжники-гонщики, порог анаэробного обмена, максимальное потребление кислорода

Для цитирования: Аэробные возможности лыжников-гощиков, проявляющиеся во время порога анаэробного обмена и при максимальном потреблении кислорода / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, М.И. Рахимов, А.С. Шалавина // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № S1. С. 32–39. DOI: 10.14529/hsm25s104

Original article

DOI: 10.14529/hsm25s104

AEROBIC CAPACITY IN CROSS-COUNTRY SKIERS AT ANAEROBIC THRESHOLD AND $VO_{2\max}$

Yu.S. Vanyushin¹, professor.vanushin@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2667-6124>

R.R. Khairullin¹, hai_ranis81@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5407-9269>

M.I. Rakhimov², Ramail1979@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0562-1928>

A.S. Shalavina², Shalavina_anna@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4633-9256>

¹ Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

² Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Abstract. Aim. This study investigated gender-specific differences in aerobic capacity parameters among cross-country skiers, focusing on the ratio of anaerobic threshold and $VO_{2\max}$ and the contribution of external respiration indices to oxygen delivery mechanisms. **Materials and methods.** A sample of cross-country skiers (21 females and 10 males) underwent incremental load testing on a Cosmos Quasar treadmill, with concurrent gas analysis to assess aerobic capacity. **Results.** Male athletes demonstrated superior aerobic capacity in $VO_{2\max}$ power zones compared to anaerobic threshold zones. Gender disparities were observed in the anaerobic threshold/ $VO_{2\max}$ ratio: while males demonstrated higher values in some cases, females surpassed them in others. However, the results obtained at $VO_{2\max}$ consistently exceeded those obtained at anaerobic threshold across both groups. **Conclusion.** Aerobic capacity utilization at anaerobic threshold and $VO_{2\max}$ levels was more efficient in males, attributable to inherent genetic and physiological advantages. The results obtained underscore the need for gender-specific training protocols in cross-country skiers for performance enhancement.

Keywords: aerobic and anaerobic capacity, cross-country skiers, anaerobic threshold, maximum oxygen consumption

For citation: Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R., Rakhimov M.I., Shalavina A.S. Aerobic capacity in cross-country skiers at anaerobic threshold and $VO_{2\max}$. *Human. Sport. Medicine.* 2025;25(S1):32–39. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm25s104

Введение. Увеличение аэробных показателей в зонах мощностей ПАНО и МПК свидетельствует о росте функциональных возможностей спортсменов при занятиях циклическими видами спорта. Это относится прежде всего к потреблению кислорода и показателям внешнего дыхания, при изучении которых складывается впечатление о их значении в механизмах по обеспечению организма спортсменов кислородом в зависимости от уровня спортивной квалификации и гендерных особенностей. Предыдущие наши исследования выявили [1, 6], что существуют разнообразные способы, направленные на обеспечение организма спортсменов кислородом. Таким показателем является внешнее дыхание, которое способно меняться исходя из возраста спортсменов и выполняемой нагрузки повышающейся мощности [1, 6].

Целью исследования явилось определение параметров аэробных возможностей организма спортсменов, занимающихся лыжными гонками, в зависимости от гендерных особен-

ностей, процентное соотношение величин ПАНО от МПК и степень участия показателей внешнего дыхания в механизмах по обеспечению организма спортсменов кислородом.

Материалы и методы. У спортсменов, занимающихся лыжными гонками, которых разделили на 2 группы (спортивная квалификация их была от первого разряда до мастера спорта РФ), определяли оценку аэробных возможностей. В первую группу вошли представители мужского пола в количестве 21 человека с длиной тела $173,67 \pm 1,92$ см и массой $69,00 \pm 1,90$ кг. Вторую группу составили спортсмены женского пола в количестве 10 человек, имеющие длину тела $163,00 \pm 1,63$ см и массу тела $52,55 \pm 2,04$ кг.

Для определения аэробных возможностей применялось тестирование с повышающейся нагрузкой на тредбане Cosmos Quasar с газоанализом изучаемых показателей [4, 7, 9, 12]. Анализировались следующие показатели: время теста при определении ПАНО (порога анаэробного обмена) и МПК (максимального по-

требления кислорода), абсолютные значения потребления кислорода на уровне ПАНО и МПК, относительные значения потребления кислорода на кг массы тела в зонах мощностей ПАНО и МПК, дыхательный коэффициент при ПАНО и МПК, дыхательный объем (ДО) при ПАНО и МПК, частота дыхания (ЧД) при ПАНО и МПК, минутный объем дыхания (МОД) при ПАНО и МПК, мощность выполняемой нагрузки при ПАНО и МПК, а также высчитывался процент вышеперечисленных показателей на уровне ПАНО от МПК.

Результаты. Полученные результаты представлены в табл. 1 и 2, из которых видно, что наибольшие показатели аэробных возможностей отмечались в группе спортсменов

мужского пола при их определении в зоне мощности МПК, нежели во время ПАНО, что вполне закономерно с точки зрения гендерных особенностей испытуемых и физиологических закономерностей при выявлении аэробных величин в зонах мощностей ПАНО и МПК. Так, абсолютное и относительное потребление кислорода на достоверную величину было больше в группе спортсменов мужского пола в условиях МПК и при определении ПАНО, что свидетельствует об их более значительных функциональных возможностях по сравнению с женской группой.

Исследователями доказано [5, 14], что у женщин потребление кислорода на 30 % меньше, чем в группах мужчин. В наших

Таблица 1
Table 1

Показатели анаэробных возможностей у мужчин и женщин, занимающихся лыжными гонками
Anaerobic capacity measures in male and female cross-country skiers

Показатель Parameter	1-я группа (мужчины) 1st group (male) (n = 21)	2-я группа (женщины) 2nd group (female) (n = 10)
Время теста / Test time	9,12 ± 0,63	6,88 ± 0,56
Потребление O ₂ на уровне ПАНО VO ₂ at ANT	50,52 ± 1,91	45,80 ± 1,95
Потребление O ₂ /кг на уровне ПАНО VO ₂ per kg at ANT	3,37 ± 0,16	2,72 ± 0,21
Дыхательный коэффициент Respiratory Quotient	0,96 ± 0,02	0,96 ± 0,03
ДО / RV	2,09 ± 0,10	1,77 ± 0,13
ЧД / RR	44,78 ± 2,57	41,68 ± 1,72
МОД / Minute ventilation	91,08 ± 5,31	70,30 ± 6,24
Мощность на уровне ПАНО (Вт) Power at ANT (Watts)	250,33 ± 12,83	200,70 ± 19,76

Таблица 2
Table 2

Показатели аэробных возможностей у мужчин и женщин, занимающихся лыжными гонками
Aerobic capacity measures in male and female cross-country skiers

Показатель Parameter	1-я группа (мужчины) 1st group (male) (n = 21)	2-я группа (женщины) 2nd group (female) (n = 10)
Время теста / Test Time	14,16 ± 0,43	11,13 ± 0,40
Потребление O ₂ на уровне МПК VO ₂ at VO _{2max}	64,90 ± 1,84	55,80 ± 1,75
Потребление O ₂ /кг на уровне МПК VO ₂ per kg at VO _{2max}	4,46 ± 0,14	2,94 ± 0,15
Дыхательный коэффициент Respiratory Quotient	1,16 ± 0,02	1,13 ± 0,03
ДО / RV	2,50 ± 0,10	1,84 ± 0,05
ЧД / RR	66,03 ± 3,12	54,13 ± 1,85
МОД / Minute ventilation	152,48 ± 4,88	99,62 ± 1,87
Мощность на уровне МПК (Вт) Power at VO _{2max} (Watts)	323,05 ± 14,23	282,00 ± 24,99

исследованиях относительные величины потребления кислорода на кг массы тела на уровне МПК и ПАНО находились в пределах от 20 до 34 %, а абсолютные – от 10 до 15 %.

Показатели внешнего дыхания в группе спортсменов мужского пола были выше по сравнению с группой спортсменов женского пола, что говорит о более длительной работе при определении МПК, чем при ПАНО. На это указывает и время выполнения тестов, которое во всех случаях было больше в группе спортсменов мужского пола. Следовательно, у них возможности функциональных систем, прежде всего кардиореспираторной системы, к циклической работе выше и, стало быть, реализация аэробной мощности более эффективна, что является свидетельством проявления физиологических особенностей группы спортсменов мужского пола по сравнению с женской группой.

Процентное соотношение ПАНО от МПК в группах спортсменов мужского и женского пола, занимающихся лыжными гонками, носило разнонаправленный характер (табл. 3).

В одних случаях процент ПАНО от МПК был выше в группе мужчин, в других – в группе спортсменов женского пола. Однако во всех случаях этот процент характеризовал то, что показатели при МПК были больше, чем при ПАНО. В некоторые моменты исследования процентное соотношение, например, время

теста ПАНО от МПК было на одном уровне, что свидетельствует об одинаковом изменении времени теста в условиях ПАНО и МПК независимо от гендерных особенностей испытуемых. Аналогичное нами отмечалось по показателям потребления кислорода на уровне ПАНО и МПК, а также дыхательного коэффициента. Как свидетельствует ряд авторов [5], двигательная деятельность с интенсивностью 80 % от МПК, т. е. на уровне ПАНО, приводит к полному исчерпанию мышечного гликогена во время нагрузки длительностью 70 и более минут. Процентное соотношение потребления кислорода на массу тела, дыхательного объема, частоты дыхания, минутного объема дыхания при ПАНО и МПК были меньше в группе спортсменов мужского пола, что свидетельствует о неоднозначной роли этих показателей при определении аэробных возможностей организма спортсменов мужского и женского пола в зонах мощностей ПАНО и МПК. Кроме того, это показывает в большей степени рост изучаемых показателей в группах спортсменов женского пола, говорящий о значительных энергетических тратах при выполнении предлагаемого теста.

К важной характеристике функционального состояния организма спортсменов относится МПК, которое принимает активное участие в видах спорта на выносливость в тренировочном и соревновательном процессе. Этот

Таблица 3
Table 3

Проценты показателей анаэробных возможностей на уровне ПАНО от показателей аэробных возможностей на уровне МПК в группах спортсменов, занимающихся лыжными гонками
Anaerobic capacity indicators at ANT expressed as percentages of aerobic capacity at VO_{2max} in cross-country skiers

Показатель Parameter	1-я группа (мужчины) 1st group (male) (n = 21)	2-я группа (женщины) 2nd group (female) (n = 10)
ПАНО в % от МПК ANT (% VO_{2max})	77,84	82,08
ПАНО/кг в % от МПК/кг ANT/kg (% VO_{2max}/kg)	75,56	92,52
Дыхательный коэффициент на уровне ПАНО от МПК Respiratory Quotient at ANT to VO_{2max}	82,76	84,96
ДО на уровне ПАНО от МПК RV at ANT to VO_{2max}	83,60	96,20
ЧД на уровне ПАНО от МПК RR at ANT to VO_{2max}	67,82	77,00
МОД на уровне ПАНО от МПК Minute ventilation at ANT to VO_{2max}	59,73	70,57
Мощность на уровне ПАНО от МПК Power at ANT to VO_{2max}	77,49	71,17

показатель может достигать 80–90 мл/кг/мин и более у спортсменов, занимающихся лыжными гонками. В этом случае образование энергии происходит в результате окисления гликогена, при его исчерпании в качестве субстрата для аэробного окисления используются запасы жира, а в некоторых случаях происходит окисление белков [13, 15, 18]. При определении МПК обращают внимание на время, в течение которого спортсмен способен поддерживать его на должном уровне, что определяется индивидуальным анаэробным порогом [2, 8, 10, 16]. Поэтому определение анаэробного порога имеет важное практическое значение, так как данный показатель свидетельствует об аэробных возможностях и связан со спортивными результатами в видах спорта на выносливость. У тренированных спортсменов ПАНО достигается лишь при потреблении кислорода в пределах 80 % и выше от МПК, а у нетренированных – 45–60 % от МПК. Следовательно, его целесообразно использовать для контроля за деятельностью кардиореспираторной системы спортсменов в условиях тренировочного процесса. Исследованиями установлено [3, 11, 19], что потребление кислорода в процентах от МПК варьируется от 70 до 82 %. В наших исследованиях у спортсменов высокой квалификации этот процент независимо от гендерных особенностей испытуемых находился в пределах указанных величин (см. табл. 3). По-видимому, мы можем констатировать, что исследования проводились на спортсменах достаточно высокого уровня, у которых отмечалось значительное потребление кислорода на уровне ПАНО в результате проводимого теста.

На значительные аэробные возможности высококвалифицированных спортсменов, определяемые при помощи МПК, оказывает

влияние высокая производительность сердца, т. е. величина МОК, которая достигается во время выполнения работы за счет увеличения УОК. Известно, что показатель МПК генетически обусловлен. Однако в последнее время считают, что его величины можно повысить за счет правильно построенного тренировочного процесса в циклических видах спорта [17, 20]. При этом внешнее дыхание играет свою незаменимую роль в механизмах увеличения МПК. Чем больше показатели внешнего дыхания при физической нагрузке, тем выше МПК. По-видимому, рост показателей внешнего дыхания будет позитивно отражаться на повышении МПК. Для этого в тренировочном процессе необходимо больше внимания уделять выполнению физических упражнений, используя аэробные механизмы энергообеспечения, т. е. при достаточном снабжении организма кислородом, следовательно, работать над повышением общей выносливости в первой или аэробной зоне мощности при ЧСС от 130 до 150 уд/мин.

Заключение. Таким образом, в данной работе представлено значение параметров дыхательной функции при ПАНО и МПК, их процент на уровне ПАНО от МПК у спортсменов-лыжников в зависимости от гендерных особенностей для выбора направления, с помощью которого можно осуществлять коррекцию тренировочного процесса. Реализация аэробных возможностей на уровне ПАНО и МПК более эффективна в группе спортсменов мужского пола, нежели в группе женщин, что свидетельствует о их генетических и физиологических особенностях, а также целесообразности применения средств и методов в тренировочном процессе посредством гендерных закономерностей спортсменов, занимающихся лыжными гонками.

Список литературы

1. Аэробная система энергообеспечения как результат деятельности кардиореспираторной системы / Ю.С. Ванюшин, Д.Е. Елистратов, Н.А. Федоров, М.И. Рахимов // Теория и практика физ. культуры. – 2022. – № 8. – С. 24–27.
2. Варламова, Н.Г. Объемные характеристики функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков в годовом цикле / Н.Г. Варламова, Е.Р. Бойко // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. – 2021. – № 55. – С. 77–96.
3. Изменение физиологических показателей при анаэробной работе под воздействием нормобарической гипоксии / Р.В. Тамбовцева, Ю.Л. Войтенко, А.И. Лаптев и др. // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 7. – С. 86–88.
4. Особенности становления анаэробного энергообеспечения у лыжников-гонщиков в спортивном онтогенезе / А.И. Головачев, Т.Ф. Абрамова, Б.А. Дышко, С.В. Широкова // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 1. – С. 32–34.

5. Платонов, В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов / В.Н. Платонов. – М.: Спорт, 2019. – 656 с.
6. Повышение специальной физической работоспособности триатлонистов для участия в соревнованиях на спринтерской дистанции / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин, М.И. Рахимов, Е.В. Фазлеева // Теория и практика физ. культуры. – 2024. – № 4. – С. 95–97.
7. Раджаббадиев, Р.М. Индекс анаболизма высококвалифицированных спортсменов / Р.М. Раджаббадиев, К.В. Выборная // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 10. – С. 46–48.
8. Сегизбаева, М.О. Адаптационные изменения функции внешнего дыхания у спортсменов различных специализаций / М.О. Сегизбаева, Н.П. Александрова // Физиология человека. – 2021. – Т. 47. – № 5. – С. 87–94.
9. Файзрахманов, Р.Ш. Гендерные особенности показателей аэробной работоспособности лыжников-гонщиков / Р.Ш. Файзрахманов, Ф.А. Мавлиев // Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Физиологические и биохимические основы и педагогические технологии адаптации к разным по величине физическим нагрузкам». – Казань, 2017. – С. 138–140.
10. Фудин, Н.А. Гиповентиляционное дыхание как средство повышения физической работоспособности человека при физической работе до отказа / Н.А. Фудин, С.Я. Классина, Ю.Е. Вагин // Теория и практика физ. культуры. – 2016. – № 12. – С. 55–57.
11. Функциональные возможности дыхательной системы юных легкоатлетов / Е.С. Каченкова, М.А. Гришан, С.Ю. Завалишина, Ю.В. Збруева // Теория и практика физ. культуры. – 2022. – № 12. – С. 39–41.
12. Функция внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся лыжными гонками и конькобежным спортом / А.В. Черняк, Г.В. Неклюдова, Ж.К. Науменко, Т.Л. Пашкова // Пульмонология. – 2019. – № 29 (1). – С. 62–69.
13. Шаханова, А.В. Формирование функциональных резервов регуляторных механизмов сердечной деятельности у подростков и юношей в процессе систематических занятий велоспортом / А.В. Шаханова, О.А. Сажина, А.А. Кузьмин // Теория и практика физ. культуры. – 2021. – № 11. – С. 50–52.
14. Шептикин, С.А. Эффективность системы подготовки отечественных спортсменов в циклических видах спорта с позиции теории функциональных систем / С.А. Шептикин, Н.Н. Сентябрьев // Физическая культура и спорт в XXI веке: актуальные проблемы и пути решения: сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 19–20 окт. 2022 г. / под общ. ред. В.В. Горбачевой, Е.Г. Борисенко. – Волгоград: Волгоград. гос. академия физ. культуры, 2022. – Ч. 2. – С. 250–256.
15. Brooks, G.A. Exercise physiology / G.A. Brooks, T.D. Fahey, K.M. Baldwin. – New York, 2005. – 480 p.
16. Haugnes, P. The Effect of Maximal Speed Ability, Pacing Strategy and Technique on the Finish-Sprint Cross-Country Skiing Competition / P. Haugnes // International journal of sports physiology and performance. – 2018. – P. 1–24.
17. Hartley, L.H. Cardiac function and endurance / L.H. Hartley // Endurance in short. – Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992. – P. 72–79.
18. Herba, T.J. Bionergetics of exercise and training / T.J. Herba, J.T. Cramer // Essentials of strength training and conditioning. IL: Human Kinetics. – 2016. – P. 43–64.
19. O'Toole, M.L. Applied physiology of triathlon / M.L. O'Toole, P.S. Douglas // Sports Med. – 1995. – Vol. 19 (4). – P. 251–267.
20. Volkov, N.I. Bionergetics of Sports Activities / N.I. Volkov // Theory and Practice of Physical Culture and Sports. – 2010. – № 6. – P. 141–144.

References

1. Vanyushin Yu.S., Elistratov D.E., Fedorov N.A., Rakhimov M.I. [Aerobic Energy Supply System as a Result of the Cardiorespiratory System Activity]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2022, no. 8, pp. 24–27. (in Russ.)
2. Varlamova N.G., Boyko E.R. [Volumetric Characteristics of the External Respiration Function in Cross-country Skiers in the Annual Cycle]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Tomsk State University. Biology], 2021, no. 55, pp. 77–96. (in Russ.)

3. Tambovtseva R.V., Voitenko Yu.L., Laptev A.I. et al. [Changes in Physiological Parameters During Anaerobic Work Under the Influence of Normobaric Hypoxia]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2021, no. 7, pp. 86–88. (in Russ.)
4. Golovachev A.I., Abramova T.F., Dyshko B.A., Shirokova S.V. [Features of the Formation of Anaerobic Energy Supply in Cross-country Skiers in Sports Ontogenesis]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2021, no. 1, pp. 32–34. (in Russ.)
5. Platonov V.N. *Dvigatel'nyye kachestva i fizicheskaya podgotovka sportsmenov* [Motor Qualities and Physical Training of Athletes]. Moscow, Sport Publ., 2019. 656 p.
6. Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R., Rakhimov M.I., Fazleeva E.V. [Improving the Special Physical Performance of Triathletes to Participate in Sprint Distance Competitions]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2024, no. 4, pp. 95–97. (in Russ.)
7. Radzhabkadiev R.M., Vybornaya K.V. [Anabolism Index of Highly Qualified Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2021, no. 10, pp. 46–48. (in Russ.)
8. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. [Adaptive Changes in the Function of External Respiration in Athletes of Various Specializations]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2021, vol. 47, no. 5, pp. 87–94. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119721050108
9. Fayzrakhmanov R.Sh., Mavliev F.A. [Gender Features of Aerobic Performance Indicators of Cross-country Skiers]. *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem "Fiziologicheskiye i biokhimicheskiye osnovy i pedagogicheskiye tekhnologii adaptatsii k raznym po velichine fizicheskim nagruzkam"* [All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation Physiological and Biochemical Foundations and Pedagogical Technologies of Adaptation to Physical Activity of Varying Magnitude], 2017, pp. 138–140. (in Russ.)
10. Fudin N.A., Klassina S.Ya., Vagin Yu.E. [Hypoventilation Breathing as a Means of Increasing Human Physical Performance During Physical Work to Failure]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2016, no. 12, pp. 55–57. (in Russ.)
11. Kachenkova E.S., Grishan M.A., Zavalishina S.Yu., Zbrueva Yu.V. [Functional Capabilities of the Respiratory System of Young Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2022, no. 12, pp. 39–41. (in Russ.)
12. Chernyak A.V., Neklyudova G.V., Naumenko Zh.K., Pashkova T.L. [Function of External Respiration in Athletes Involved in Cross-country Skiing and Speed Skating]. *Pul'monologiya* [Pulmonology], 2019, no. 29 (1), pp. 62–69. (in Russ.) DOI: 10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69
13. Shakhanova A.V., Sazhina O.A., Kuzmin A.A. [Formation of Functional Reserves of Regulatory Mechanisms of Cardiac Activity in Adolescents and Young Men in the Process of Systematic Cycling]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2021, no. 11, pp. 50–52. (in Russ.)
14. Sheptikin S.A., Sentyabrev N.N. [Efficiency of the Training System of Domestic Athletes in Cyclic Sports from the Standpoint of the Theory of Functional Systems]. *Fizicheskaya kul'tura i sport v XXI veke: aktual'nyye problemy i puti resheniya: sbornik materialov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Physical Education and Sport in the 21st Century. Current Problems and Solutions. Collection of Materials of the II International Scientific and Practical. Conference], 2022, vol. 2, pp. 250–256. (in Russ.)
15. Brooks G.A., Fahey T.D., Baldwin K.M. *Exercise Physiology*. New York, 2005. 480 p.
16. Haugnes P. The Effect of Maximal Speed Ability, Pacing Strategy and Technique on the Finish-Sprint Cross-Country Skiing Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2018, pp. 1–24.
17. Hartley L.H. Cardiac Function and Endurance. *Endurance in Short*. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1992, pp. 72–79.
18. Herba T.J., Cramer J.T. Bionergetics of Exercise and Training. *Essentials of Strength Training and Conditioning. IL: Human Kinetics*, 2016, pp. 43–64.
19. O'Toole M.L., Douglas P.S. Applied Physiology of Triathlon. *Sports Medicine*, 1995, vol. 19 (4), pp. 251–267. DOI: 10.2165/00007256-199519040-00003
20. Volkov N.I. Bionergetics of Sports Activities. *Theory and Practice of Physical Culture and Sports*, 2010, no. 6, pp. 141–144.

Информация об авторах

Ванюшин Юрий Сергеевич, доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики лыжного спорта, гольфа и стрелкового спорта, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Хайруллин Ранис Рафакатович, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики волейбола и баскетбола, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия.

Рахимов Марат Ильшатович, кандидат биологических наук, доцент общеуниверситетской кафедры физического воспитания и спорта, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Шалавина Анна Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент общеуниверситетской кафедры физического воспитания и спорта, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия.

Information about the authors

Yuri S. Vanyushin, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Theory and Methodology of Skiing, Golf and Shooting Sports; Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

Ranis R. Khairullin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Volleyball and Basketball, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia.

Marat I. Rakhimov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Anna S. Shalavina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 02.12.2024

The article was submitted 02.12.2024