

УДК [616.1:613.72]:796.92

DOI: 10.37482/2687-1491-Z068

**СОСТОЯНИЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ  
БИАТЛОНИСТОВ И ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ  
ПРИ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОМ ТЕСТИРОВАНИИ<sup>1</sup>**

Ю.Г. Солонин\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2737-9738>

И.О. Гарнов\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2604-2773>

Т.П. Логинова\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7003-6664>

А.Л. Марков\* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0152-6250>

\*Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,  
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН  
(Республика Коми, г. Сыктывкар)

**Цель работы** – сравнить физиологические показатели кардиореспираторной системы в покое и при велоэргометрической нагрузке «до отказа» у биатлонистов и лыжников-гонщиков для выявления разницы в аэробной работоспособности спортсменов двух близких видов зимнего спорта. **Материалы и методы.** Обследованы 18 биатлонистов и 28 лыжников-гонщиков мужского пола в возрасте 17–21 года, кандидаты в мастера спорта, члены сборной команды Республики Коми. Спортсмены протестированы нагрузками «до отказа» на велоэргометре с использованием системы Oхусон Про (Германия), изучен комплекс кардиореспираторных показателей, определены значения максимального потребления кислорода и рассчитана физиологическая стоимость единицы работы. **Результаты.** В состоянии покоя статистически значимо более высокая степень тренированности лыжников-гонщиков по сравнению с биатлонистами подтверждена такими показателями гемодинамики, как систолическое артериальное давление, пульсовое давление и двойное произведение (индекс Робинсона). При максимальной нагрузке о более высокой степени тренированности лыжников-гонщиков свидетельствуют значения мощности и длительности нагрузки на велоэргометре, пульсовой и сердечной стоимости единицы работы, валовое и удельное значения максимального потребления кислорода. Организм лыжников-гонщиков при нагрузке «до отказа», по данным кислородного пульса, работает более эффективно, чем организм биатлонистов. Таким образом, более высокая тренированность лыжников-гонщиков проявляется в экономизации функций кардиореспираторной системы как в покое, так и при максимальных велоэргометрических нагрузках, а также в показателях удельной физиоло-

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках базового бюджетного финансирования (№ ГР АААА-А17-117012310157-7).

**Ответственный за переписку:** Солонин Юрий Григорьевич, адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: solonin@physiol.komisc.ru

**Для цитирования:** Солонин Ю.Г., Гарнов И.О., Логинова Т.П., Марков А.Л. Состояние кардиореспираторной системы биатлонистов и лыжников-гонщиков Республики Коми при велоэргометрическом тестировании // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 3. С. 305–315. DOI: 10.37482/2687-1491-Z068

гической стоимости единицы работы. О повышенных функциональных возможностях (или резервах) организма лыжников-гонщиков свидетельствуют систолическое артериальное давление, пульсовое давление, двойное произведение, минутный объем дыхания, потребление кислорода и энерготраты. Можно предположить, что у биатлонистов аэробная производительность организма ниже, чем у лыжников-гонщиков, в связи с меньшим объемом тренировочных нагрузок по бегу на лыжах.

**Ключевые слова:** биатлонисты, лыжники-гонщики, степень тренированности, аэробная работоспособность, велоэргометрическая нагрузка, кардиореспираторная система, максимальное потребление кислорода, физиологическая стоимость единицы работы.

Биатлон и лыжные гонки – это близкие виды спорта, связанные с высоким напряжением организма и тренировкой такого важного качества спортсмена, как выносливость. Однако стрельба в биатлоне со статической и нервно-эмоциональной нагрузкой и сниженный объем бега на лыжах придают этому виду спорта свою психофизиологическую специфику и могут негативно повлиять на аэробную работоспособность спортсмена. В научной литературе последних лет достаточно широко обсуждаются физиологические вопросы оценки выносливости у биатлонистов как в полевых, так и в лабораторных условиях [1–7]. Немало работ посвящено и изучению физической работоспособности лыжников-гонщиков [8–13]. В ряде исследований при оценке функциональных особенностей организма спортсменов биатлонисты и лыжники-гонщики объединены в одну группу [14–17], что, на наш взгляд, нецелесообразно. Лишь единичные работы посвящены сравнительному анализу морфофункциональных и психофизиологических показателей биатлонистов и лыжников-гонщиков [18–20], при этом в подобных исследованиях отсутствуют данные о физической и аэробной работоспособности указанных спортсменов. В связи с вышесказанным нам представляется актуальным сравнение функций кардиореспираторной системы в состоянии покоя и во время велоэргометрического тестирования при максимальных нагрузках

у биатлонистов и лыжников-гонщиков. Исходная наша гипотеза состоит в том, что у биатлонистов, из-за заведомо меньшего объема динамических мышечных нагрузок по сравнению с лыжниками-гонщиками, уровень аэробной производительности может отличаться от последних.

Цель работы – сравнить физиологические показатели кардиореспираторной системы в покое и при велоэргометрических нагрузках «до отказа» у биатлонистов и лыжников-гонщиков для выявления различий в их аэробной работоспособности.

**Материалы и методы.** Обследованы 18 биатлонистов и 28 лыжников-гонщиков юношеского возраста (от 17 лет до 21 года) – члены сборной команды Республики Коми, имеющие высокую спортивную квалификацию (кандидаты в мастера спорта) и находящиеся в хорошей физической форме.

Ход исследования и методика его проведения были описаны нами в одной из предыдущих работ [10]. Исследование организовано осенью, в период начала годового тренировочного цикла (сентябрь–ноябрь) и проводилось обычно через день после отдыха от тренировок, в первой половине рабочего дня в лаборатории Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (г. Сыктывкар). От каждого спортсмена было получено письменное согласие на участие в тестировании на велоэргометре. Протокол обследования был одобрен локальным комитетом

по биоэтике при Институте физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

У спортсменов определяли рост и массу тела, а показатели кровообращения – частоту сердечных сокращений (ЧСС) и систолическое (АДС) и диастолическое (АДД) артериальное давление – измеряли в состоянии покоя в положении сидя автоматическим прибором модели UA-767 (Япония). При нагрузках показатели артериального давления определяли по методу Короткова. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ), пульсовое давление (ПД) и двойное произведение (ДП) – индекс Робинсона. Для получения электрокардиограммы (ЭКГ) в 12 отведениях и пульсометрии во время нагрузки на кожу спортсменов накладывали электроды, а для регистрации респираторных показателей на лицо надевали маску с датчиками параметров внешнего дыхания, кислорода и углекислоты.

Спортсмены были протестированы возрастающими нагрузками «до отказа» на велоэргометре с помощью системы Oхусон Pro (Германия) с регистрацией следующих показателей: ЭКГ, ЧСС, частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), потребление кислорода (ПК), дыхательный коэффициент (ДК), кислородный пульс (КП), максимальное потребление кислорода (МПК) – прямым методом и расчетом ПД, ДП, энерготрат (ЭТ), дыхательного эквивалента (ДЭ), коэффициента использования кислорода (КИО<sub>2</sub>) и коэффициента полезного действия (КПД). Некоторые из этих показателей определяли и в покое.

После 5-минутного сидения на велоэргометре спортсмены выполняли 2-минутную работу мощностью 120 Вт, с последующим ступенчатым приростом нагрузки на 40 Вт каждые 2 мин при частоте педалирования 60 об/мин. Тест продолжался «до отказа» по самочувствию спортсмена.

Для сравнительной оценки реакций организма спортсменов на последней минуте нагрузки, которая у каждого индивидуальна,

мы посчитали нужным ввести показатели физиологической стоимости единицы работы: пульсовой, прессорной, сердечной, респираторной, вентиляционной, кислородной, энергетической. Их значения получали путем деления абсолютных значений соответствующих физиологических показателей при максимальной нагрузке на мощность механической работы в ваттах (пульсовая стоимость единицы работы – ЧСС/нагрузка, уд./Вт; прессорная – АДС/нагрузка, мм рт. ст./Вт; сердечная – ДП/нагрузка, усл. ед./Вт; респираторная – ЧД/нагрузка, цикл/Вт; вентиляционная – МОД/нагрузка, л/Вт; кислородная – ПК/нагрузка, мл/Вт; энергетическая – ЭТ/нагрузка, кал/Вт). Данные параметры позволяют судить о том, во что обходится организму спортсмена единица мощности работы, и на этой основе сравнивать разных индивидуумов или обследуемые выборки. Предложенные нами ранее аналогичные показатели – удельные физиологические затраты на единицу продукции – продемонстрировали высокую информативность в физиологии труда [21].

Полученные данные подвергали статистической обработке с помощью прикладных программ Statistica 6.0 и Biostat (версия 4.03) с проверкой вариационных рядов на характер распределения (по критерию Шапиро–Уилка). В представленных ниже таблицах приведены средние арифметические значения со стандартными отклонениями ( $M \pm SD$ ). Различия между выборками спортсменов принимали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Данные *табл. 1* (см. с. 308) показывают, что сравниваемые выборки спортсменов статистически значимо различаются лишь по АДС, ПД и ДП, которые у биатлонистов гораздо выше, чем у лыжников-гонщиков. По антропометрическим и остальным физиологическим показателям в покое отсутствуют значимые различия между группами.

Таблица 1

**АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
СПОРТСМЕНОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ В ПОКОЕ ( $M \pm SD$ )  
ANTHROPOMETRIC AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS  
IN ATHLETES OF THE KOMI REPUBLIC AT REST ( $M \pm SD$ )**

Показатель	Биатлонисты ( $n = 18$ )	Лыжники-гонщики ( $n = 28$ )	$p$
Возраст, годы	19,0±1,35	18,8±1,02	0,508
Длина тела, см	176,0±3,58	177,2±3,51	0,342
Масса тела, кг	69,4±3,89	70,9±4,06	0,224
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	22,4±0,73	22,6±1,42	0,471
ЧСС, уд./мин	57±9,8	54±6,8	0,274
АДС, мм рт. ст.	119±9,3	110±10,7	0,018
АДД, мм рт. ст.	77±7,6	74±8,1	0,127
ПД, мм рт. ст.	42±5,9	36±4,8	0,039
ДП, усл. ед.	68±9,3	59±10,1	0,019
ЧД, цикл/мин	15,4±3,14	17,1±3,50	0,170
ДО, мл	688±147,0	670±150,0	0,403
МОД, л	10,4±2,00	11,1±2,15	0,110
ДК, усл. ед.	0,75±0,029	0,76±0,046	0,191
ПК, мл/мин	356±95,0	389±104,0	0,119
ЭТ, кал/мин	1600±284,0	1690±365,0	0,730
КП, мл/уд.	6,2±2,10	7,2±2,11	0,159
ДЭ, усл. ед.	29,2±2,92	28,5±4,45	0,650
КИО <sub>2</sub> , мл/л	34,5±5,00	34,9±5,24	0,254

При нагрузке «до отказа» (табл. 2) у лыжников-гонщиков по сравнению с биатлонистами оказались статистически значимо выше длительность нагрузки и достигнутая мощ-

ность работы, что свидетельствует об их более высоких физической работоспособности и тренированности на выносливость. Тем не менее между группами нет значимых различий

Таблица 2

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПОРТСМЕНОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ  
НА ПОСЛЕДНЕЙ МИНУТЕ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТА «ДО ОТКАЗА» ( $M \pm SD$ )  
PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN ATHLETES OF THE KOMI REPUBLIC  
AT THE LAST MINUTE OF THE BICYCLE ERGOMETER TEST TO EXHAUSTION ( $M \pm SD$ )**

Показатель	Биатлонисты ( $n = 18$ )	Лыжники-гонщики ( $n = 28$ )	$p$
Длительность нагрузки, мин	12,2±0,93	13,4±1,23	0,001
Максимальная нагрузка, Вт	344±24,3	376±22,6	0,000
ЧСС, уд./мин	187±11,2	185±11,3	0,813
АДС, мм рт. ст.	183±13,6	193±12,9	0,029

Окончание табл. 2

Показатель	Биатлонисты (n = 18)	Лыжники-гонщики (n = 28)	P
АДД, мм рт. ст.	84±8,7	70±18,2	0,017
ПД, мм рт. ст.	99±9,6	123±10,8	0,012
ДП, усл. ед.	342±7,1	357±6,9	0,020
ЧД, цикл/мин	50,2±8,97	53,2±9,50	0,191
ДО, мл	2908±325,0	3130±489,0	0,170
МОД, л	143,6±22,02	163,4±21,34	0,007
ДК, усл. ед.	1,07±0,071	1,08±0,070	0,744
ПК, мл/мин	4340±427,0	4726±314,0	0,002
МПК, мл/мин	4484±274,0	4760±317,0	0,006
МПК/масса тела, мл/(мин·кг)	64,7±4,70	67,2±5,04	0,048
ЭТ, кал/мин	22 307±2272,0	24 352±1858,0	0,004
КП, мл/уд.	23,7±1,91	25,3±2,57	0,009
ДЭ, усл. ед.	30,9±4,80	33,3±3,78	0,077
КИО <sub>2</sub> , мл/л	30,7±4,53	29,3±3,44	0,311
КПД, %	21,8±1,93	22,2±1,12	0,231
ЧСС/нагрузка, уд./Вт	0,54±0,040	0,49±0,040	0,000
АДС/нагрузка, мм рт. ст./Вт	0,53±0,050	0,51±0,050	0,225
ДП/нагрузка, усл.ед./Вт	0,99±0,021	0,95±0,020	0,022
ЧД/нагрузка, цикл/Вт	0,14±0,020	0,14±0,030	0,446
МОД/нагрузка, л/Вт	0,42±0,060	0,44±0,050	0,195
ПК/нагрузка, мл/Вт	12,7±1,55	12,5±0,57	0,250
ЭТ/нагрузка, кал/Вт	66,1±0,66	64,7±3,25	0,288

в значениях таких показателей, как ЧСС, ЧД, ДО, ДК, ДЭ, КИО<sub>2</sub>, КПД, АДС/нагрузка, ЧД/нагрузка, МОД/нагрузка, ПК/нагрузка и ЭТ/нагрузка. Одновременно у лыжников-гонщиков по сравнению с биатлонистами статистически значимо выше АДС, ПД, ДП, МОД, ПК, МПК и МПК/масса тела, ЭТ и КП, но ниже АДД, ЧСС/нагрузка и ДП/нагрузка.

**Обсуждение.** У обследованных нами лыжников-гонщиков, как более тренированных на выносливость, по сравнению с биатлонистами ниже значения АДС, ПД и ДП в покое. Это согласуется с данными научной литературы. В тех видах спорта, где тренируется выносливость, с повышением квалификации у спортсменов снижается нагрузка на сердечно-сосудистую

систему, что рассматривается как проявление экономичности в деятельности аппарата кровообращения [22]. При этом подчеркивается, что снижение ДП у спортсменов говорит о более экономном режиме работы сердца и уменьшении потребления кислорода миокардом [22]. При максимальной нагрузке у обследованных нами лыжников-гонщиков экономизация функций сердечно-сосудистой системы выявляется уже по таким показателям, как АДД, ЧСС/нагрузка и ДП/нагрузка.

Представляется уместным сравнить у спортсменов и рабочие приросты физиологических показателей, характеризующие функциональные резервы организма. Они составляют в среднем (соответственно у биатлонистов и

лыжников-гонщиков): по ЧСС – 228 и 249 %, по АДС – 66 и 75 %, по ПД – 136 и 242 %, по ДП – 403 и 505 %, по ЧД – 226 и 211 %, по ДО – 323 и 367 %, по МОД – 1280 и 1372 %, по ПК – 1119 и 1115 %, по ЭТ – 1294 и 1341 %, по ДЭ – 6 и 17 %, по КП – 283 и 251 %. И только по КИО<sub>2</sub> произошло снижение на 11 и 16 % соответственно. У лыжников-гонщиков (как более работоспособных) обнаруживается более высокий рабочий прирост большинства показателей, что свидетельствует о больших функциональных резервах в сравнении с биатлонистами.

В работе Е.Н. Филипповой было четко показано, что объем циклической нагрузки в год действительно выше у лыжников-гонщиков (6195 км), чем у биатлонистов (5408 км). В результате такой разницы в тренировках на выносливость у лыжников-гонщиков отмечены более высокие скорости бега на лыжах на 100 м и обычного бега на 1000 и 3000 м [18].

Физиологические механизмы тренировки выносливости у спортсменов направлены на повышение способности переноса и потребления кислорода во время интенсивной физической нагрузки и усилении работы легких, системы крови, сердца, сосудов и мышц. Наиболее объективным показателем адаптации систем дыхания и кровообращения, а также степени тренированности выносливости является МПК [9]. Значения МПК (абсолютные и удельные), характеризующие так называемый кислородный потолок, у лыжников-гонщиков намного выше, чем у биатлонистов, что подтверждает несравненно более высокие тренированность кардиореспираторной системы и выносливость организма первых.

Интересно было сравнить значения МПК и других показателей у спортсменов Республики Коми и других регионов страны и мира. У биатлонистов-юношей Тюменской области [1] значение МПК/масса тела было немного выше (68–73 мл/(мин·кг)), чем у обследованных нами биатлонистов Республики Коми (около 65 мл/(мин·кг)). У элитных биатлонистов со средним возрастом 21,4 года [3] значе-

ния МПК (5630 мл/мин) и ЧСС (198 уд./мин) были выше, чем у биатлонистов Республики Коми (4485 мл/мин и 187 уд./мин соответственно). У опытных биатлонистов в возрасте 23 лет [4] значения МПК (4900 мл/мин) и ЧСС (191 уд./мин) также были выше, чем у биатлонистов Республики Коми; такая же закономерность наблюдалась и по МОД – 192 и 144 л соответственно. У биатлонистов еще одной группы 23–24 лет [7] значения МПК/масса тела (66 мл/(мин·кг)), ЧСС (191 уд./мин) и МОД (192 л) превышали данные биатлонистов Республики Коми. В целом биатлонисты Республики Коми показали несколько меньшую аэробную тренированность, чем обследованные из других регионов нашей страны и за рубежом.

В объединенной группе биатлонистов и лыжников со средним возрастом 22 года из сибирских городов [14] значение МПК/масса тела составило в среднем 64,7 мл/(мин·кг), что близко к показателю биатлонистов Республики Коми (около 65 мл/(мин·кг)). Как следует из *табл. 2*, у лыжников-гонщиков Республики Коми значение МПК/масса тела – 67,2 мл/(мин·кг), а ЧСС при максимальной нагрузке достигла значения 185 уд./мин. У элитных лыжников-гонщиков из Северной Европы такого же возраста (19,6 лет) [12] значение МПК/масса тела было на уровне 71,5 мл/(мин·кг), а ЧСС при максимальной нагрузке составила 192 уд./мин. В другой группе иностранных лыжников-гонщиков [23] значение МПК/масса тела было еще выше – 78 мл/(мин·кг). Таким образом, по аэробной способности и функциональным возможностям при нагрузке «до отказа» лыжники-гонщики Республики Коми уступают своим зарубежным соперникам.

Одной из причин пониженного уровня физической работоспособности биатлонистов и лыжников-гонщиков Республики Коми могут являться сформировавшиеся в детском возрасте проблемы со здоровьем, характерные для данного региона. Многие школьники-северяне физически ослаблены, у них снижены адаптационные способности и резервные возможности организма [24].

Таким образом, сформулированная нами гипотеза подтвердилась. В состоянии покоя статистически значимо повышенная степень тренированности лыжников-гонщиков Республики Коми по сравнению с биатлонистами выявляется по таким показателям гемодинамики, как АДС, ПД и ДП. При максимальной нагрузке более высокая аэробная работоспособность у лыжников-гонщиков обнаруживается по мощности и длительности нагрузки на велоэргометре, по абсолютному и удельному значениям МПК. В целом более выраженная степень тренированности у лыжников-гонщиков Республики Коми по сравнению с биатлонистами проявляется в экономизации и бóльшей эффективности функций кардиореспираторной системы как в покое, так и, в особенности, при максимальных велоэрго-

метрических нагрузках (ЧСС/нагрузка, ДП/нагрузка, АДД). Повышенные функциональные возможности (или резервы) лыжники-гонщики показывают по таким параметрам, как АДС, ПД, ДП, МОД, ПК, ЭТ и КП. Отсюда следует, что при медико-биологических и физиологических исследованиях и оценках группы биатлонистов и лыжников-гонщиков необходимо рассматривать отдельно.

К недостаткам нашего исследования надо отнести ограниченность выборки по уровню спортивного мастерства (обследованы только кандидаты в мастера спорта). Представляется целесообразным проверить нашу гипотезу на выборках лыжников I разряда, мастеров спорта, а также спортсменов женского пола.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Список литературы

1. Черкасов В.В., Ильиных И.А., Старых И.А., Калашикова Т.В. Развитие выносливости биатлонистов на специальноподготовительном этапе годичного тренировочного цикла // Теория и практика физ. культуры. 2017. № 10. С. 78–80.
2. Болотин А.Э., Парамзин В.Б., Яцык В.З. Методы исследования физического состояния и резервных возможностей организма у биатлонистов в процессе развития выносливости // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Краснодар, 11 февраля 2019 г.). Краснодар: КГУФКСТ, 2019. С. 250–252.
3. Luchsinger H., Talsnes R.K., Kocbach J., Sandbakk Ø. Analysis of a Biathlon Sprint Competition and Associated Laboratory Determinants of Performance // Front. Sports Act. Living. 2019. Vol. 1. Art. № 60. DOI: [10.3389/fspor.2019.00060](https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00060)
4. Kårström M.J., McGawley K., Laaksonen M.S. Physiological Responses to Rifle Carriage During Roller-Skiing in Elite Biathletes // Front. Physiol. 2019. Vol. 10. Art. № 1519. DOI: [10.3389/fphys.2019.01519](https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01519)
5. Комарова Н.А., Кокурин А.В., Шуняева Е.А. Управление тренировочным процессом юных биатлонистов на основе показателей функциональной диагностики // Теория и практика физ. культуры. 2020. № 9. С. 20.
6. Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Терехов П.А., Осипова Н.В. Особенности анаэробной работоспособности биатлонистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 4. С. 368–377. DOI: [10.37482/2687-1491-Z029](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z029)
7. Laaksonen M.S., Andersson E., Kårström M.J., Lindblom H. Laboratory-Based Factors Predicting Skiing Performance in Female and Male Biathletes // Front. Sports Act. Living. 2020. Vol. 2. Art. № 99. DOI: [10.3389/fspor.2020.00099](https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00099)
8. Мануйлов И.В., Масько Е.В. Взаимосвязь физической работоспособности с показателями кардиореспираторной системы у лыжников в годовом цикле на Европейском Севере // Бюл. Сев. гос. мед. ун-та. 2014. № 1(32). С. 213–214.
9. Polat M., Korkmaz Eryilmaz S., Aydoğan S. Seasonal Variations in Body Composition, Maximal Oxygen Uptake, and Gas Exchange Threshold in Cross-Country Skiers // Open Access J. Sports Med. 2018. Vol. 9. P. 91–97. DOI: [10.2147/OAJSM.S154630](https://doi.org/10.2147/OAJSM.S154630)

10. Солонин Ю.Г., Логинова Т.П., Гарнов И.О., Марков А.Л., Черных А.А., Бойко Е.Р. Кардиореспираторная система при велоэргометрическом тестировании у лыжников Республики Коми с разной степенью тренированности // Ульян. мед.-биол. журн. 2019. № 1. С. 76–84. DOI: [10.34014/2227-1848-2019-1-76-84](https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-1-76-84)
11. Starczewski M., Żmijewski P., Witek K., Klusiewicz A. Physiological Aspects of Different Roller Skiing Techniques in Field Conditions // J. Hum. Kinet. 2019. Vol. 66. P. 111–120. DOI: [10.2478/hukin-2018-0052](https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0052)
12. Torvik P.-Ø., van den Tillaar R., Iversen G. Does the Order of Submaximal Lactate Threshold and Maximal Oxygen Uptake Testing Influence Test Outcomes? // Sports (Basel). 2020. Vol. 8, № 6. Art. № 75. DOI: [10.3390/sports8060075](https://doi.org/10.3390/sports8060075)
13. Grzebisz N. Cardiovascular Adaptations to Four Months Training in Middle-Aged Amateur Long-Distance Skiers // Diagnostics (Basel). 2020. Vol. 10, № 7. Art. № 442. DOI: [10.3390/diagnostics10070442](https://doi.org/10.3390/diagnostics10070442)
14. Гарганеева Н.П., Таминова И.Ф., Ворожцова И.Н., Бурматов Н.А. Функциональные особенности сердечно-сосудистой системы у квалифицированных спортсменов разных видов спорта в зависимости от интенсивности и типа физической нагрузки // Сиб. мед. журн. (г. Томск). 2012. Т. 27, № 4. С. 47–51.
15. Попов Д.В., Грушин А.А., Виноградова О.Л. Физиологические основы оценки аэробных возможностей и подбора тренировочных нагрузок в лыжном спорте и биатлоне. М.: Совет. спорт, 2014. 80 с.
16. Гринь Г.Р., Сухонос Ю.А. Комплексная оценка функционального состояния лыжников и биатлонистов // Вопросы восстановительной и спортивной медицины: материалы междунар. науч.-практ. конф. М., 2017. С. 76–78.
17. Degens H., Stasiulis A., Skurvydas A., Statkeviciene B., Venckunas T. Physiological Comparison Between Non-Athletes, Endurance, Power and Team Athletes // Eur. J. Appl. Physiol. 2019. Vol. 119, № 6. P. 1377–1386. DOI: [10.1007/s00421-019-04128-3](https://doi.org/10.1007/s00421-019-04128-3)
18. Филиппова Е.Н. Сравнительный анализ морфофункциональных и психофизиологических показателей лыжников-гонщиков и биатлонистов // Современ. тенденции развития науки и технологий. 2017. № 2-4. С. 137–140.
19. Гарнов И.О., Варламова Н.Г., Логинова Т.П., Потолыцина Н.Н., Черных А.А., Бойко Е.Р. Гл. 15. Влияние максимальной физической нагрузки на координационные способности лыжников-гонщиков и биатлонистов // Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: Коми респ. тип., 2019. С. 174–182.
20. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н. Сравнительный анализ морфологического статуса лыжников и биатлонистов России и Норвегии // Современ. вопр. биомедицины. 2020. Т. 4, № 2. С. 58–63.
21. Солонин Ю.Г. Нормирование физического напряжения при труде: моногр. Новосибирск: СибАК, 2017. 180 с.
22. Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов: норма и атипичные изменения. М.: Совет. спорт, 2012. 548 с.
23. Lundgren K.M., Karlsen T., Sandbakk Ø., James P.E., Tjønnå A.E. Sport-Specific Physiological Adaptations in Highly Trained Endurance Athletes // Med. Sci. Sports Exerc. 2015. Vol. 47, № 10. P. 2150–2157. DOI: [10.1249/MSS.0000000000000634](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000634)
24. Солонин Ю.Г. Физическое здоровье школьников Севера // Школа здоровья. 1996. Т. 3, № 1. С. 5–13.

## References

1. Cherkasov V.V., Il'inykh I.A., Starykh I.A., Kalashnikova T.V. Razvitie vynoslivosti biatlonistov na spetsial'nopodgotovitel'nom etape godichnogo trenirovochnogo tsikla [Special Endurance Building in Biathlon at Special Pre-Season Stage of Annual Training Cycle]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2017, no. 10, pp. 78–80.
2. Bolotin A.E., Paramzin V.B., Yatsyk V.Z. Metody issledovaniya fizicheskogo sostoyaniya i rezervnykh vozmozhnostey organizma u biatlonistov v protsesse razvitiya vynoslivosti [Methods for Studying the Physical State



and Reserve Capacity of Biathletes in the Process of Developing Endurance]. *Fizicheskaya kul'tura i sport. Olimpiyskoe obrazovanie* [Physical Education and Sports. Olympic Education]. Krasnodar, 2019, pp. 250–252.

3. Luchsinger H., Talsnes R.K., Kocbach J., Sandbakk Ø. Analysis of a Biathlon Sprint Competition and Associated Laboratory Determinants of Performance. *Front. Sports Act. Living*, 2019, vol. 1. Art. no. 60. DOI: [10.3389/fspor.2019.00060](https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00060)

4. Kårström M.J., McGawley K., Laaksonen M.S. Physiological Responses to Rifle Carriage During Roller-Skiing in Elite Biathletes. *Front. Physiol.*, 2019, vol. 10. Art. no. 1519. DOI: [10.3389/fphys.2019.01519](https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01519)

5. Komarova N.A., Kokurin A.V., Shunyaeva E.A. Upravlenie trenirovochnym protsessom yunykhiatlonistov na osnove pokazateley funktsional'noy diagnostiki [Training Process Management in Youth Biathlon Based on Functional Diagnostics Indicators]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2020, no. 9, p. 20.

6. Litvin F.B., Bruk T.M., Terekhov P.A., Osipova N.V. Anaerobic Capacity in Biathletes Depending on the Type of Autonomic Heart Rate Regulation. *J. Med. Biol. Res.*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 368–377. DOI: [10.37482/2687-1491-Z029](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z029)

7. Laaksonen M.S., Andersson E., Kårström M.J., Lindblom H. Laboratory-Based Factors Predicting Skiing Performance in Female and Male Biathletes. *Front. Sports Act. Living*, 2020, vol. 2. Art. no. 99. DOI: [10.3389/fspor.2020.00099](https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00099)

8. Manuylov I.V., Mas'ko E.V. Vzaimosvyaz' fizicheskoy rabotosposobnosti s pokazatelyami kardiorespiratornoy sistemy u lyzhnikov v godovom tsikle na Evropeyskom Severe [Correlation Between Physical Performance and Cardiorespiratory Parameters in Skiers During the Annual Cycle in the European North of Russia]. *Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2014, no. 1, pp. 213–214.

9. Polat M., Korkmaz Eryılmaz S., Aydoğan S. Seasonal Variations in Body Composition, Maximal Oxygen Uptake, and Gas Exchange Threshold in Cross-Country Skiers. *Open Access J. Sports Med.*, 2018, vol. 9, pp. 91–97. DOI: [10.2147/OAJSM.S154630](https://doi.org/10.2147/OAJSM.S154630)

10. Solonin Yu.G., Loginova T.P., Garnov I.O., Markov A.L., Chernykh A.A., Boyko E.R. Kardiorespiratornaya sistema pri veloergometricheskom testirovanii u lyzhnikov Respubliki Komi s raznoy stepen'yu trenirovannosti [Cardiorespiratory System Under Bicycle Ergometer Test in Skiers with Different Training Status (Komi Republic)]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*, 2019, no. 1, pp. 76–84. DOI: [10.34014/2227-1848-2019-1-76-84](https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-1-76-84)

11. Starczewski M., Żmijewski P., Witek K., Klusiewicz A. Physiological Aspects of Different Roller Skiing Techniques in Field Conditions. *J. Hum. Kinet.*, 2019, vol. 66, pp. 111–120. DOI: [10.2478/hukin-2018-0052](https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0052)

12. Torvik P.-Ø., van den Tillaar R., Iversen G. Does the Order of Submaximal Lactate Threshold and Maximal Oxygen Uptake Testing Influence Test Outcomes? *Sports (Basel)*, 2020, vol. 8, no. 6. Art. no. 75. DOI: [10.3390/sports8060075](https://doi.org/10.3390/sports8060075)

13. Grzebisz N. Cardiovascular Adaptations to Four Months Training in Middle-Aged Amateur Long-Distance Skiers. *Diagnostics (Basel)*, 2020, vol. 10, no. 7. Art. no. 442. DOI: [10.3390/diagnostics10070442](https://doi.org/10.3390/diagnostics10070442)

14. Garganeeva N.P., Taminova I.F., Vorozhtsova I.N., Burmatov N.A. Funktsional'nye osobennosti serdechno-sosudistoy sistemy u kvalifitsirovannykh sportsmenov raznykh vidov sporta v zavisimosti ot intensivnosti i tipa fizicheskoy nagruzki [Functional Characteristics of Cardiovascular System Among Qualified Athletes from Different Sports Depending on Training Load and Exercise Type]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (g. Tomsk)*, 2012, vol. 27, no. 4, pp. 47–51.

15. Popov D.V., Grushin A.A., Vinogradova O.L. *Fiziologicheskie osnovy otsenki aerobnykh vozmozhnostey i podbora trenirovochnykh nagruzok v lyzhnom sporte i biatlone* [Physiological Foundations of Aerobic Capacity Assessment and Selection of Training Loads in Skiing and Biathlon]. Moscow, 2014. 80 p.

16. Grin' G.R., Sukhonos Yu.A. Kompleksnaya otsenka funktsional'nogo sostoyaniya lyzhnikov i biatlonistov [Comprehensive Assessment of the Functional State of Skiers and Biathletes]. *Voprosy vosstanovitel'noy i sportivnoy meditsiny* [Issues of Rehabilitation and Sports Medicine]. Moscow, 2017, pp. 76–78.

17. Degens H., Stasiulis A., Skurvydas A., Statkeviciene B., Venckunas T. Physiological Comparison Between Non-Athletes, Endurance, Power and Team Athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2019, vol. 119, no. 6, pp. 1377–1386. DOI: [10.1007/s00421-019-04128-3](https://doi.org/10.1007/s00421-019-04128-3)

18. Filippova E.N. Sravnitel'nyy analiz morfofunktsional'nykh i psikhofiziologicheskikh pokazateley lyzhnikov-gonshchikov i biatlonistov [Comparative Analysis of Morphofunctional and Psychophysiological Parameters in Cross-Country Skiers and Biathletes]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*, 2017, no. 2-4, pp. 137–140.

19. Garnov I.O., Varlamova N.G., Loginova T.P., Potolitsyna N.N., Chernykh A.A., Boyko E.R. Gl. 15. Vliyanie maksimal'noy fizicheskoy nagruzki na koordinatsionnye sposobnosti lyzhnikov-gonshchikov i biatlonistov [Ch. 15. The Influence of Maximum Physical Load on the Coordination Abilities of Cross-Country Skiers and Biathletes]. Boyko E.R. (ed.). *Fiziologo-biokhimicheskie mekhanizmy obespecheniya sportivnoy deyatel'nosti zimnikh tsiklicheskikh vidov sporta* [Physiological and Biochemical Mechanisms Underlying Sports Activity in Cyclic Winter Sports]. Syktyvkar, 2019, pp. 174–182.

20. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. Sravnitel'nyy analiz morfologicheskogo statusa lyzhnikov i biatlonistov Rossii i Norvegii [Comparative Analysis of the Morphological Status of Skiers and Biathletes of Russia and Norway]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 58–63.

21. Solonin Yu.G. *Normirovanie fizicheskogo napryazheniya pri trude* [Normalization of Physical Stress During Work]. Novosibirsk, 2017. 180 p.

22. Belotserkovskiy Z.B., Lyubina B.G. *Serdechnaya deyatel'nost' i funktsional'naya podgotovlennost' u sportsmenov: norma i atipichnye izmeneniya* [Cardiac Activity and Functional Fitness in Athletes: The Norm and Atypical Changes]. Moscow, 2012. 548 p.

23. Lundgren K.M., Karlsen T., Sandbakk Ø., James P.E., Tjønnå A.E. Sport-Specific Physiological Adaptations in Highly Trained Endurance Athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2015, vol. 47, no. 10, pp. 2150–2157. DOI: [10.1249/MSS.0000000000000634](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000634)

24. Solonin Yu.G. Fizicheskoe zdorov'e shkol'nikov Severa [Physical Health of Schoolchildren Living in the North]. *Shkola zdorov'ya*, 1996, vol. 3, no. 1, pp. 5–13.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z068

**Yuriy G. Solonin\*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2737-9738>

**Igor' O. Garnov\*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2604-2773>

**Tat'yana P. Loginova\*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7003-6664>

**Aleksandr L. Markov\*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0152-6250>

\*Institute of Physiology of Komi Science Centre of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences, FRC Komi SC UB RAS  
(Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation)

## CARDIORESPIRATORY SYSTEM DURING BICYCLE ERGOMETER TESTING IN BIATHLETES AND CROSS-COUNTRY SKIERS OF THE KOMI REPUBLIC

**The purpose** of this paper was to compare the physiological parameters of the cardiorespiratory system at rest and during the bicycle ergometer test to exhaustion in biathletes and cross-country skiers to identify the difference in the aerobic performance of athletes of two closely related winter sports. **Materials and methods:** 18 biathletes and 28 male cross-country skiers aged 17–21 years, all with the rank of the Candidate for Master of Sport, were examined. Bicycle ergometer testing to

exhaustion was used (Oxycon Pro, Germany), cardiorespiratory parameters were analysed, maximal oxygen consumption ( $VO_2$  max) was determined, and the physiological cost of a unit of work was calculated. **Results.** At rest, a statistically significantly higher level of fitness was revealed in cross-country skiers compared with biathletes according to such haemodynamic parameters as systolic blood pressure, pulse pressure, and double product. At maximal load, an increased degree of fitness was found in cross-country skiers in terms of power and duration of bicycle ergometer exercise, cardiac and pulse cost per unit of work, as well as gross and specific  $VO_2$  max. The body of cross-country skiers under the test to exhaustion (according to oxygen pulse value) functions more efficiently than the body of biathletes. Thus, higher level of fitness among cross-country skiers of the Komi Republic is manifested in the economization of cardiorespiratory functions both at rest and at maximal ergometric loads, as well as in the value of specific physiological cost per unit of work. Increased functionality (or reserves) of cross-country skiers is indicated by such parameters as systolic blood pressure, pulse pressure, double product, respiratory minute volume, oxygen consumption, and energy expenditure. It can be assumed that the aerobic performance of biathletes is lower than that of cross-country skiers as the former receive less training in cross-country skiing.

**Keywords:** *biathletes, cross-country skiers, fitness level, aerobic performance, bicycle ergometer load, cardiorespiratory system, maximal oxygen consumption, physiological cost of a unit of work.*

Поступила 12.02.2021

Принята 22.08.2021

Received 12 February 2021

Accepted 22 August 2021

---

**Corresponding author:** Yuriy Solonin, *address:* ul. Pervomayskaya 50, Syktyvkar, 167982, Respublika Komi, Russian Federation; *e-mail:* solonin@physiol.komisc.ru

**For citation:** Solonin Yu.G., Garnov I.O., Loginova T.P., Markov A.L. Cardiorespiratory System During Bicycle Ergometer Testing in Biathletes and Cross-Country Skiers of the Komi Republic. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 3, pp. 305–315. DOI: 10.37482/2687-1491-Z068