

Дата публикации: 01.06.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_3
УДК 796.922

Publication date: 01.06.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_3
UDC 796.922

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОТВЕТА ОРГАНИЗМА ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СКОРОСТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ В НАГРУЗОЧНОМ ТЕСТЕ

А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова, В.В. Эрлик

Южно-Уральский государственный университет (Научный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

Аннотация. Анализируется эффективность адаптационных изменений в организме лыжников-гонщиков с различной максимальной скоростью, развиваемой в тесте на лыжном эргометре. Выборку исследования составили 20 квалифицированных лыжников-гонщиков, которые по результатам развиваемой относительной скорости ($V_{отн.}$) на пятой ступени, были поделены на две группы. У лыжников-гонщиков 1-ой группы по сравнению со 2-ой показатели абсолютной скорости ($V_{абс.}$) были выше на 8,20%. Более эффективное функционирование мышечной системы подтверждается корреляцией мощности и скорости двигательных действий, большим вкладом ударного объема крови в обеспечении кровоснабжения и эффективностью внешнего дыхания. У спортсменов 2-й группы корреляция между $V_{абс.}$ и максимальной вентиляцией легких указывает на проявление компенсаторного механизма по удовлетворению кислородного запаса.

Ключевые слова: скоростные показатели, мощность двигательных действий, функциональное состояние, лактат, ударный объем крови, лыжники-гонщики, эргометрия.

FEATURES OF FUNCTIONAL RESPONSE IN SKI RACERS DEPENDING ON THEIR SPEED IN THE LOAD TEST

A.S. Bakhareva, D.Z. Shibkova, V.V. Erlikh

South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Annotation. The paper deals with the efficiency of adaptive changes in ski racers depending on their maximum speed on the ski ergometer. Our sample involved 20 skilled ski racers divided into two groups with respect to their relative velocity at the 5th level. In the first group, absolute speed was 8.20% higher compared with the second group. More efficient muscular performance is confirmed by the relationship between power and movement speed, as well as by a greater contribution of stroke volume in blood circulation and efficient external respiration. In the second group, the relationship between absolute velocity and respiratory rate confirms the existence of a compensatory mechanism to satisfy oxygen needs.

Keywords: speed indicators, movement power, functional state, lactate, stroke volume, ski racers, ergometry.

Введение. Сокращение в ряде олимпийских видов спорта достижений российских спортсменов на международном уровне сопряжено с качеством подготовки резерва [1] и его спортивным долголетием. Проблема подготовки спортивного резерва требует пересмотра как теоретических положений физической подготовки с учетом специализации, так и научного обоснования критериев оценки резервных возможностей, базируемых на биологической надежности функциональных систем организма [2].

В рамках решения этих задач необходим физиологически обоснованный подход в определении тренировочных нагрузок, формирующих высокий уровень общих и специфических резервных возможностей доминирующих систем обеспечения спортивной деятельности [3-4]. Известно, что на разных этапах подготовки уровень специальной работоспособности спортсменов обеспечивается приростом мощности разных функциональных систем. Высокая корреляция функциональных показателей

доказывает информативность биоэнергетических критериев для оценки специальной работоспособности и управления напряженной мышечной деятельностью спортсменов. Выбор критериев энергетического обеспечения спортивной деятельности зависит от специфики конкретного вида спорта. Так, в циклических видах спорта уровень спортивной работоспособности во многом определяется энергетическими возможностями человека – мощностью и емкостью аэробных и анаэробных источников энергии [5]. Учитывая это, выбор типа эргометра определяется спортивной специализацией [6-7].

Физическая работоспособность является интегральным показателем функциональной подготовленности спортсмена. К наиболее информативным показателям функциональной подготовленности у спортсменов циклических видов относятся параметры максимальной аэробной мощности и максимальной аэробной производительности [8]. Ведущим и общепризнанным критерием аэробной производительности является максимальное потребление кислорода (МПК), значение

которого в обеспечении работоспособности спортсменов зависит главным образом от функционального состояния кардиореспираторной системы [9]. Количественной мерой функциональной мощности является скорость, в первую очередь, энергозатрат, связанной с выполнением механической работы мышцами тела для достижения эффективного продвижения [8].

Цель исследования: выявить особенности функционирования организма квалифицированных лыжников-гонщиков с различными скоростными показателями при нагрузочном тестировании на лыжном эргометре.

Методы и организация исследования. Исследование проходило на базе Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета (Россия, г. Челябинск) в начале подготовительного периода (май месяц).

Для оценки эффективности адаптационных изменений в физиологических системах организма был проведен психофизиологический нагрузочный тест по шкале Борга (СВН 1-10) [10-11] (табл. 1).

Таблица 1

Критерии оценки уровня физической работоспособности в ступенчатом тесте по Боргу

1 ступень	2 ступень	3 ступень	4 ступень	5 ступень
I зона интенсивности	II зона интенсивности	III зона интенсивности	IV зона интенсивности	V зона интенсивности
% от ЧСС макс	% от ЧСС макс	% от ЧСС макс	% от ЧСС макс	% от ЧСС макс
60-72%	73-82%	83-87%	88-93%	94-100%
лактат	лактат	лактат	лактат	лактат
0,8-1,5 ммоль/л	1,6-2,5 ммоль/л	2,6-4,0 ммоль/л	4,1-6,0 ммоль/л	6,1 и выше ммоль/л
СВН 1-10	СВН 1-10	СВН 1-10	СВН 1-10	СВН 1-10
1-2 балла	3-4 балла	5-6 баллов	7-8 баллов	9-10 баллов
Крайне низкая	Низкая	Умеренная	Высокая	Крайне высокая

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; СВН – субъективно воспринимаемая напряженность

Тестирование проходило на лыжном эргометре “Concept 2 SkiErg” (сертификат соответствия № РОССУС.АГ66.Н05676),

работающим в синхронизации с аналитической программой “PerfPRO Studio” (США) по системе “ANT+”.

Ступенчатый тест на тренажере “Ski-Erg” проходил с фиксацией следующих параметров: средняя мощность на 5-й ступени (Вт); средняя относительная мощность на 5-й ступени (Вт/кг); средняя скорость на 5-й ступени (км/ч), максимальная ЧСС (уд/мин) на 5-й ступени; ЧСС на первой минуте после 5-й ступени в состоянии покоя; систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, мм рт. ст.) на первой минуте после 5-й ступени в состоянии покоя; на первой минуте после 5-й ступени производилось измерение концентрации лактата (ммоль/л) капиллярной крови. Данные параметры исследовались с использованием датчика пульса “Garmin” (США) в синхронизации с аналитической программой “PerfPRO” по системе “ANT+”; тонометра “Omron”; портативного измерителя концентрации лактата “LACTATE PLUS” (США). В качестве расчетных параметров были изучены: минутный объем кровообращения (МОК, л/мин); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, Па·мл-1); ударный объем крови (УОК, мл) по расчетному методу В.А. Пестряева с соавторами (2013) и коэффициент экономичности выполнения физической нагрузки (КЭК) – «ватт-пульс» (W/ЧСС) [8]. Оценка нагрузочного теста заключалась в результате достижения максимальной аэробной мощности (Вт) и максимальной аэробной производительности (МОК, мл/мин). Функция внешнего дыхания (ФВД) у лыжников-гонщиков была изучена методом компьютерный спирографии при помощи «Спиро-Спектр» фирмы «Нейрософт» г. Иваново. Спирографические исследования позволили определить максимальную вентиляцию легких (МВЛ, л/мин).

В выборку на основе информированного согласия были включены 20 лыжников-гонщиков, которые по результатам относительной скорости ($V_{отн}$), показанной на пятой ступени, были поделены на две группы. В 1-ю группу ($n=10$) вошли спортсмены с относительной скоростью ($V_{отн}$) от 0,075 до 0,001 усл.ед., средний возраст которых составил $23,50 \pm 2,99$ (M \pm δ), с квалификацией от первого разряда ($n=1$),

кандидатов ($n=2$) и до мастеров спорта ($n=7$); выборку 2-й группы ($n=10$) составили спортсмены с относительной скорости ($V_{отн}$) от -0,001 до -0,148 усл.ед., средний возраст которых составил $19,20 \pm 4,13$ (M \pm δ), спортивная квалификация от первого разряда ($n=7$), кандидатов ($n=2$) и мастеров спорта ($n=1$).

Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью пакета прикладных программ “IBM SPSS Statistics v. 23”. Для определения степени относительного разброса данных в выборках рассчитывался коэффициент вариации: $Cv = \delta / M \times 100\%$. При значении коэффициента вариации $< 33\%$ выборка считается однородной, при $> 33\%$ ряд считается неоднородным, то есть большой разброс данных относительно среднего значения.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты ступенчатого теста лыжников-гонщиков по показателям максимальной мощности и производительности, представленные в таблице 2, показывают, что спортсмены выполняли нагрузку на максимальной мощности, включая 5 зону интенсивности физической нагрузки, чему свидетельствует уровень концентрации лактата, средние значения которого в ступенчатом тесте были выше 6,1 ммоль/л. Показателем, определяющим аэробную производительность, выступил ударный объем крови (УОК). Повышение УОК и конечно-диастолического объема левого желудочка у спортсменов характеризует рост преднагрузки и влечет за собой увеличение инотропизма миокарда. Подобная адаптационная перестройка является важным приспособительным механизмом в процессе адаптации сердца к интенсивным физическим нагрузкам [13]. По данным Л.О. Бабайцева [14], при систематической мышечной деятельности до 20 лет происходит увеличение мощности работы сердца, в 20 лет наблюдаются максимальные значения ударного и минутного объемов крови в покое и при максимальной физической нагрузке, а возраст 21-24 года характеризуется максимальной потенциальной работой желудочков сердца.

Таблица 2

Показатели максимальной аэробной мощности и максимальной аэробной производительности у лыжников-гонщиков в нагрузочном ступенчатом тесте

№	Спортсмен*	Мощность (W _{абс.}), Вт	Мощность (W _{отн.}), Вт/кг	Скорость (V _{абс.}), км/ч	Лактат (Ла), ммоль/л	УОК, мл
1	Спортсмен 1	353,00	4,44	18,31	12,50	137,40
2	Спортсмен 2	388,00	5,08	18,19	14,50	140,40
3	Спортсмен 3	349,00	4,54	18,11	13,00	111,00
4	Спортсмен 4	386,00	4,65	18,18	13,70	117,90
5	Спортсмен 5	356,00	4,58	18,14	12,60	117,10
6	Спортсмен 6	323,00	4,65	17,65	11,30	125,10
7	Спортсмен 7	344,00	4,75	17,44	10,50	126,50
8	Спортсмен 9	312,00	4,40	17,42	10,20	129,80
9	Спортсмен 11	293,00	4,35	17,05	13,70	125,00
10	Спортсмен 12	293,00	4,14	17,16	13,40	133,40
11	Спортсмен 14	297,00	4,39	17,02	12,60	133,60
12	Спортсмен 24	241,00	3,35	17,00	13,80	123,60
13	Спортсмен 25	355,00	5,25	16,81	13,00	122,70
14	Спортсмен 27	355,00	5,06	16,92	13,00	148,40
15	Спортсмен 29	271,00	3,90	16,60	11,80	116,10
16	Спортсмен 40	244,00	3,34	15,94	12,20	102,00
17	Спортсмен 41	253,00	3,54	16,20	6,00	99,90
18	Спортсмен 43	257,00	3,55	16,37	12,00	109,20
19	Спортсмен 44	260,00	3,24	15,62	16,20	110,50
20	Спортсмен 45	240,00	3,02	14,60	13,70	126,90

Примечание: * – место лыжника-гонщика в Челябинской области по RUS-пунктам 5 листа

Учитывая интегративную важность показателя «скорость преодоления нагрузки», как основного параметра, отражающего уровень физической работоспособности, а в качественном выражении – уровень функциональной мощности, спортсмены были разделены на две группы: 1-я группа – «высокий уровень физической работоспособности», 2-я группа – «низкий уровень физической работоспособности» (рис. 1).

Разделение проводилось с использованием математического подхода по принципу, обоснованному в методических рекомендациях ФГБУ «Федерального

научно-клинического центра спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» (протокол № 16 от 29 марта 2018 г.) [15], путем приведения абсолютных значений скорости преодоления нагрузки в эргометрическом тесте к относительной переменной V, рассчитанной по следующей формуле (1):

$$V = \frac{(V_{\text{нагрузки}} - V_{\text{нагр.ср.}})}{V_{\text{нагр.ср.}}} \quad (1),$$

где отклонение скорости выполнения нагрузки (V_{нагрузки}) было получено относительно среднего значения в группе (V_{нагр.ср.}) спортсменов циклических видов спорта.

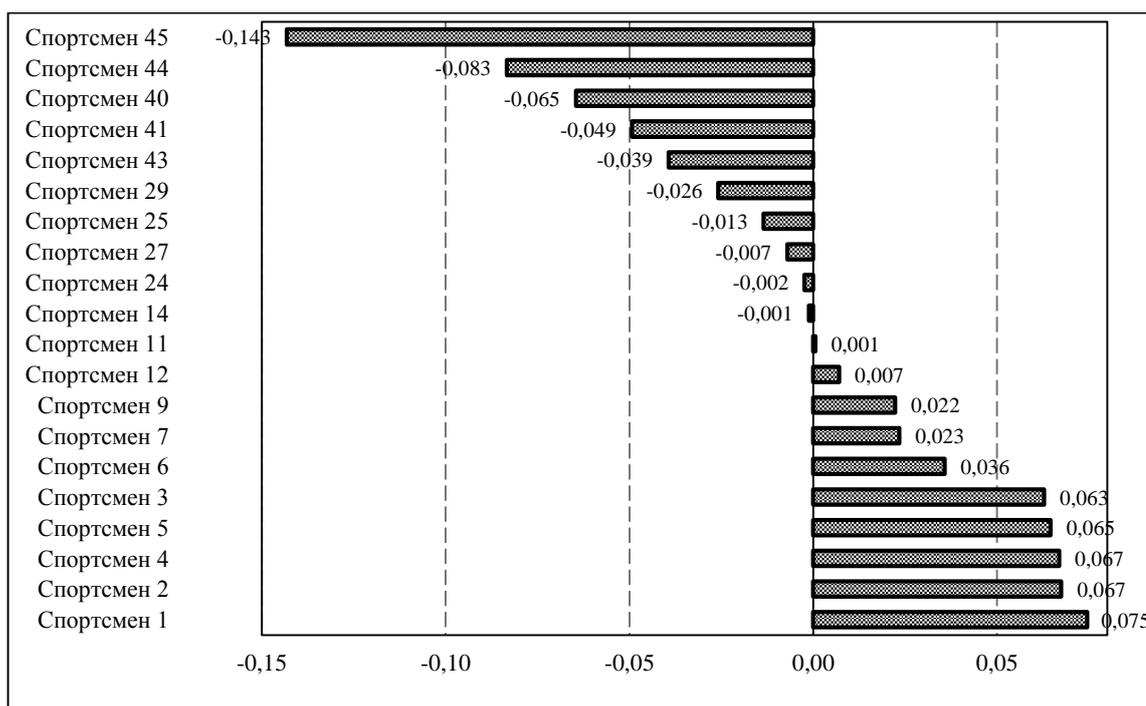


Рис. 1. Диаграмма распределения общей выборки лыжников-гонщиков по относительной скорости преодоления нагрузки в ступенчатом тесте (n=20)

Так как численность выборки в группах обследования считается малой ($n < 30$) [16], то для сравнения показателей функциональной подготовленности с применением параметрических методов (Т-тест) была проведена проверка соответствия значений переменных условиям нормальности распределения по критерию Шапиро-Уилка (W). Для определения степени однородности значений в выборках также был рассчитан коэффициент вариации (Cv). Результаты распределения на нормальность и расчет коэффициента вариации данных в выборках представлены в таблице 3.

Результаты, представленные в таблице 3, позволяют констатировать, что распределение данных в выборках обследования можно считать нормальным, и значения коэффициента вариации в двух группах спортсменов указали на однородность показателей функционального состояния ($Cv < 33\%$). У лыжников-гонщиков 1-ой группы по сравнению со 2-ой показатели

скорости, абсолютной и относительной мощности, достигнутых в эргометрическом тесте, превалировали на 8,20% ($p = 0,000$), на 18,37% ($p < 0,01$) и на 15,22% ($p < 0,05$) соответственно. Высокая статистическая значимость параметра скорости согласуется с другими исследованиями, в которых показано, что скорость является качественной характеристикой рабочей эффективности спортивных локомоций [17].

Параметры, характеризующие метаболические и физиологические изменения в сердечно-сосудистой системе, в частности уровень концентрации лактата, УОК и ОПСС, между группами не имели статистически значимых различий, и разница составила 3,72% ($p > 0,05$), 5,59% ($p > 0,05$) и 19,51% ($p > 0,05$) соответственно.

Со стороны дыхательной системы были выявлены достоверные различия, показатель МВЛ в 1-ой группе спортсменов по сравнению со 2-ой превалировал на 13,01% ($p < 0,01$).

Таблица 3

Средние значения переменных эргометрического теста у лыжников-гонщиков в группах обследования в начале подготовительного периода

Параметр	1-я группа (n=10)			2-я группа (n=10)			Т-тест, p**
	M±m	W, p*	Cv, %	M±m	W, p*	Cv, %	
V _{абс.} , км/ч	17,77±0,15	0,107	2,67	16,31±0,24	0,104	4,68	0,000
W _{абс.} , Вт	339,70±10,77	0,432	10,02	277,30±13,99	0,008	15,96	0,002
W _{отн.} , Вт/кг	4,56±0,08	0,872	5,58	3,87±0,25	0,079	20,19	0,017
Ла, мМоль/л	12,91±0,66	0,515	16,24	12,43±0,82	0,019	20,83	0,376
УОК, мл	126,36±2,94	0,926	7,35	119,29±4,72	0,796	12,51	0,163
ОПСС, Па·мл ⁻¹	59,13±3,61	0,683	19,29	70,67±5,74	0,476	25,67	0,116
МВЛ, л/мин	164,04±5,21	0,431	10,04	142,69±4,15	0,994	4,15	0,003
КЭК, усл.ед.	1,80±0,06	0,912	10,23	1,48±0,07	0,091	13,96	0,002

Примечание: * – низкое значение p предполагает нарушение предположения о нормальности; ** – p<0,05 достоверные различия; p<0,01 и <0,001 – высоко достоверные различия

Применение корреляционного анализа позволило выявить различные взаимосвязи между функциональными показателями в группах лыжников-гонщиков, которые позволили определить эффективность механизмов адаптации в формировании уровня физической работоспособности и, соответственно, скорости двигательных действий. Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке 2. Различные силы корреляционных взаимосвязей между показателями, выявленные в группах обследования, позволили судить о различном уровне функционирования их физиологическим систем. Как правило, увеличение мощности двигательных действий до критического уровня обеспечивается за счет повышения эффективности работы аэробного компонента энергообеспечения мышечной деятельности, который характеризуется увеличением максимальной скорости потребления кислорода [18]. Выявленные положительные корреляционные связи в группах лыжников-гонщиков между показателями МОК и УОК указывают на преобладающую функциональную роль УОК в обеспечении адекватного объема кровообращения во время мышечной деятельности. В то же время, во 2-й группе лыжников-гонщиков на минутный

объем кровотока при нагрузке повышающейся мощности наряду с УОК оказалась значима и ЧСС. Значимость гемодинамического показателя МОК в доставке кислорода подтверждает наличие равнозначных отрицательных корреляционных взаимосвязей между МОК и ОПСС в обеих группах обследования [19]. Учащение ритма сердца, которое характерно для 2-й группы, сопровождается значительным укорочением диастолы, уменьшением времени, в течение которого коронарные сосуды снабжаются кровью эффективным способом. Увеличение ЧСС является компенсаторной реакцией организма, вызванной возрастающей потребностью в кислороде [20]. Наличие положительной корреляционной взаимосвязи между ЧСС и концентрацией лактата (r=0,76) у спортсменов 2-й группы указало на недостаточный уровень поступления кислорода для ресинтеза АТФ в аэробных условиях. Происходит переключение метаболизма в клетках мышечной ткани с окисления жирных кислот на окисление глюкозы с компенсаторной активизацией анаэробного гликолиза, как более эффективного в плане выработки энергии [21-22]. Результатом чего является резкое уменьшение окислительного фосфорилирования и одновременное накопление в мышце

продуктов анаэробного гликолиза. В результате развиваемого ацидоза изменяется электрическая импульсация сигналов в мышцах и нервах и ослабляется мышечное сокращение.

Повышение концентрации лактата на фоне увеличения ЧСС подтверждается

исследованиями ряда авторов, в которых продемонстрировано, что увеличение суммарного выхода лактата из мышцы в условиях гипоксии регулируется главным образом активацией симпато-адреналовой системы [23].

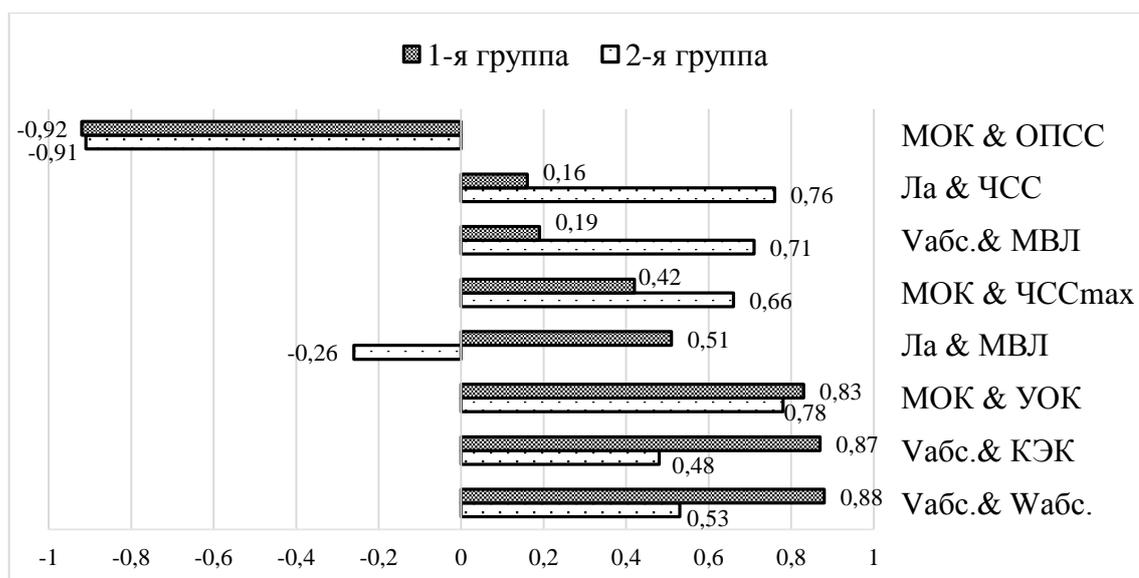


Рис. 2. Диаграмма корреляционных взаимосвязей по Пирсону у лыжников-гонщиков

Наличие корреляционной взаимосвязи у спортсменов 2-й группы между показателями $V_{абс.}$ и МВЛ ($r=0,71$) позволило судить о проявлении компенсаторного механизма со стороны внешнего дыхания, направленного на удовлетворение кислородного запроса организма в условиях увеличения мощности эргометрической нагрузки при сниженных величинах сердечного выброса. Однако, такой путь снабжения организма кислородом считается малоэффективным, так как значительная часть кислорода, поступающая в организм спортсменов, расходуется на удовлетворение энергетических потребностей мышц дыхательной системы, то есть возрастает кислородная и энергетическая стоимость дыхания [24].

Заключение. Таким образом, по результатам эргометрического тестирования было выявлено, что в группе лыжников-гонщиков с высоким уровнем физической работоспособности, выявленной по показателям скорости двигательных действий, функциональное состояние характеризуется

стабилизацией роста мощности и мобилизации кислородтранспортной системы при параллельном росте ее экономизации и эффективности работы. У спортсменов с низким уровнем физической работоспособности функциональное состояние проявляется повышенным уровнем мобилизационных возможностей организма, сопряженных с ростом функциональной мощности кислородного обеспечения, что обуславливает меньшую экономизацию и эффективность работы кардиореспираторной системы. Результаты корреляционного анализа позволили констатировать, что между показателями скорости двигательных действий ($V_{абс.}$) и функциональной экономизацией (КЭК) существуют различные силы взаимосвязей, так коэффициент корреляции в 1-й группе лыжников-гонщиков составил 0,87, когда во 2-й группе – 0,48. По результатам исследований А.В. Курзанова (2015) показано, что чем выше уровень тренированности, тем с меньшими затратами энергии повышаются

значения функциональной активности органов и систем при меньшей степени напряжения регуляторных механизмов. Для поддержания адекватного уровня кровообращения (МОК) и, соответственно, максимального потребления кислорода при длительных двигательных действиях в зоне большой и субмаксимальной мощности у

лыжников-гонщиков в 1-й группе доминируют положительный инотропный, а во 2-й группе – инотропный и хронотропный механизм. Различные эффекты в функционировании кардиореспираторной системы определили и различные энергозатраты на переносимость нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов, Ю. А. Проблемы подготовки спортивного резерва в Российской Федерации / Ю. А. Попов // Вестник спортивной науки. – 2010. – №1. – С.15-18.
2. Эрлих, В. В. Анализ долговременной адаптации спортсменов / В. В. Эрлих, А. П. Исаев, В. И. Заляпин // Человек. Спорт. Медицина. – 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 24-31.
3. Корягина, Ю. В. Современные тенденции в физиологии лыжных гонок (по материалам зарубежной литературы) / Ю. В. Корягина // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2015. – № 3. – С. 36-40.
4. Отбор и медико-биологическое сопровождение одаренных обучающихся, реализующих образовательную и спортивную деятельность / Шибкова Д. З., Байгужин П. А., Эрлих В. В. [и др.] // Science for Education Today. – 2020. – Т. 10. – № 5. – С. 196-210.
5. Горбанёва, Е. П. Значение качественных характеристик и особенностей в структуре функциональной подготовленности спортсменов / Е. П. Горбанёва, А. Д. Викулов // Ярославский педагогический вестник. – 2015. – Т. 3. – № 74. – С. 11-14.
6. Ширковец, Е. А. Биоэнергетические критерии и тесты работоспособности спортсменов высокой квалификации / Е. А. Ширковец, Е. Д. Митусова, А. Ю. Титлов // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 2. – С. 32-35.
7. Determination of anaerobic threshold power during the ski ergometer step test with increasing load using heart rate data / A. Bakhareva, V. Cherepanov, E. Vykov, G. Budanov // Human. Sport. Medicine. – 2020. – Vol. 20. – № 4. – pp. 25-30.
8. Мищенко, В. С. Функциональные возможности спортсмена / В. С. Мищенко. – Киев: Здоровье, 1990. – 200 с.
9. Колчинская, А. Механизмы действия традиционных и нетрадиционных средств повышения аэробной производительности спортсменов / А. Колчинская // Наука в олимпийском спорте. – 2019. – №S 3. – С. 145-150.
10. Borg, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion / G. A. Borg // Med Sci Sports Exerc. – 1982. – Vol. 14. – pp. 377-381.
11. Morishita, S. Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training / S. Morishita, A. Tsubaki, T. Takabayashi // Strength and Conditioning Journal. – 2018. – Vol. 40 (2). – pp. 94-109.
12. Пат. RU 2481785 С2 Российская Федерация. Способ определения минутного объема крови (МОК) и общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) / В. А. Пестряев, С. В. Кинжалова, Р. А. Макаров; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО УГМА Минздравсоцразвития России. – № 2011128217/14; заявл. 07.07.2011; опубл. 20.05.2013, Бюл. № 14.
13. Ванюшин, Ю. С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния спортсменов / Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 7. – С. 11-14.
14. Бабайцев, Л. О. Влияние мышечной деятельности спортивного характера на возрастную динамику системы кровообращения / Л. О. Бабайцев // Сборник статей по материалам всероссийского научно-исследовательского конкурса, 2020.
15. Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности / Самойлов А. С., Разинкин С. М., Голобородько Е. В. [и др.] Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2018. – 40 с.
16. Ивановский, Р. И. Теория вероятностей и математическая статистика. Основы, прикладные аспекты с примерами и задачами в среде Mathcad: учебное пособие для студентов технических вузов / Р. И. Ивановский. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 528 с.
17. Сысоев, Ю. В. Топография и специфика развития максимальной относительной силы мышц сгибателей и разгибателей нижних конечностей и туловища женщин спринтеров

различной спортивной квалификации / Ю. В. Сысоев, А. А. Федорива-Шпаер // Ученые записки университета П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 3(145). – С. 195-201.

18. Параметры функциональной подготовленности, сопряженные с высокой физической работоспособностью у спортсменов циклических видов спорта / О.В. Балберова, Е.В. Быков, А.В. Чипышев, Е.Г. Сидоркина // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – Т. 4. – № 3(12). – С. 5-14.

19. Самойленко, А. В. Соотношения венозного возврата с общим периферическим сопротивлением в устойчивом состоянии и динамике прессорных изменений сердечно-сосудистой системы / А. В. Самойленко, Б. И. Ткаченко // Вопросы экспериментальной физиологии. – 1997. – С. 66-73.

20. Индивидуальные различия показателей гемодинамики при сочетании гипоксической и ортостатической нагрузок / Е.М. Лесова, В.О. Самойлов, Е.Б. Филиппова, О.В. Савокина // Вестник российской военно-медицинской академии. – 2015. – № 1(49). – С. 157-163.

21. Robergs, R. A. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis / R. A. Robergs, F. Ghasvand, D. Parker // Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol – 2004. – № 287. – pp. 502-516.

22. Костюченко, С. С. Кислотно-щелочной баланс в интенсивной терапии / С. С. Костюченко // Книги: Анестезиология, реаниматология и интенсивная терапия. – Минск, 2008. – С. 108.

23. Popov, D. V. Physiological basis for assessing aerobic capabilities and the training loads selection in skiing and biathlon / D. V. Popov, A. A. Grushin, O. L. Vinogradova. – M.: Soviet Sport, 2014. – 78 p.

24. Хайруллин, Р. Р. Вегетативное обеспечение двигательной деятельности спортсменов / Р.Р. Хайруллин, Д.Е. Елистратов. – Казань: Изд-во «Отечество», 2014 – 162 с.

25. Курзанов А. Н. Функциональные резервы организма в ракурсе клинической физиологии / Курзанов А. Н. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20456> (дата обращения 08.04.2022).

REFERENCES

1. Popov Yu.A. Problems of Olympic reserve training in Russian Federation. *Bulletin of Sports Science*, 2010, no.1, pp. 15-18. (in Russ.)

2. Erlikh V.V., Isaev A.P. Zalyapin V.I., Analysis of athletes' long-term adaptation. *Human. Sport. Medicine.*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 24-31. (in Russ.)

3. Koryagina Yu.V. Current tendencies in physiology of cross-country skiing (according to foreign literature). *Therapeutic Exercise and Sports Medicine*, 2015, no. 3, pp. 36-40. (in Russ.)

4. Shibkova D.Z. Erlikh V.V., Bajguzhin P.A., Batueva A.E. Selection and biomedical support for gifted children simultaneously involved in education and sports. *Science for Education Today*, 2020, vol. 10, no. 5, pp. 196-210. (in Russ.)

5. Gorbaneva E.P., Vikulov A.D. Effect of qualitative characteristics and features in the structure of sportsmen's functional readiness. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2015, vol. 3, no. 74, pp. 11-14. (in Russ.)

6. Shirkovets E.A., Mitusova E.D., Titlov A.Yu. Bioenergetic criteria and performance tests in elite athletes. *Bulletin of Sports Science*, 2020, no. 2, pp. 32-35. (in Russ.)

7. Bakhareva A.S., Cherepanov V.S., Bykov E.V., Budanov G.V. Determination of anaerobic threshold power during the ski ergometer step test with increasing load using heart rate data. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 4, pp. 25-30. (in Russ.)

8. Mishchenko V.S. Functional capacities of an athlete. Kyiv: "Zdorovye", 1990. – 200 p. (in Russ.)

9. Kolchynskaya A. Mechanisms of action of traditional and non-traditional means for improving aerobic performance of athletes. *Science in Olympic Sports*, 2019. no. S3, pp. 145-150. (in Russ.)

10. Borg G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.*, 1982, Vol. 14, pp. 377-381.

11. Morishita S., Tsubaki A., Takabayashi T. Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 2018, Vol. 40 (2), pp. 94-109.

12. Pestryaev V.A., Kinzhalova S.V., Makarov R.A. Method of determining minute blood volume (MBV) and total peripheral resistance of vessels (TPRV). Patent for invention RU 2481785 C2, 2013. (in Russ.)

13. Vanyushin Yu.S., Khajrullin R.R. Cardiorespiratory system as an indicator of functional state of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2015, no. 7, pp. 11-14. (in Russ.)

14. Babajtsev L.O. The effect of sports-related muscular performance on the dynamics of blood circulation with age. *Collection of papers based on the materials of the All-Russian Research Competition*, 2020. (in Russ.)

15. Samojlov A.S., Razinkin S.M., Goloborod'ko E.V., Petrova V.V., Fomkin P.A., Kish A.A., Zharkova K.N., Natrebina A.P., Smirnova A.V., Bogoyavlenskikh N.S., Krasnobaj O.V. The evaluation and interpretation of biochemical indicators in skilled athletes during training and sports activities. M.: "FMBA Rossiya", 2018, 40 p. (in Russ.)
16. Ivanovskij R.I. Theory of probability and mathematical statistics. Fundamentals, applied aspects with examples and tasks in Mathcad: a textbook for students of technical universities. Saint Petersburg: "BKhV-Peterburg", 2008, 528 p. (in Russ.)
17. Sysoev Yu.V., Fedoriva-Shpaer A.A. Topography and specifics of development of maximal relative force of flexors and extensors of lower extremities and trunk in female sprinters of various sports qualification. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2017, no. 3 (145), pp. 195-201. (in Russ.)
18. Balberova O.V., Bykov E.V., Chipyshev A.V., Sidorkina E.G. Parameters of functional fitness associated with high physical performance in athletes of cyclical sports. *Modern Issues of Biomedicine*, 2020, vol. 4, no. 3(12), pp. 5-14. (in Russ.)
19. Samojlenko A.V., Tkachenko B.I. The relationship between venous return and total peripheral resistance at steady state and in the dynamics of pressor changes in the cardiovascular system. *Questions of Experimental Physiology*, 1997, pp. 66-73. (in Russ.)
20. Lesova E.M., Samojlov V.O., Filippova E.B., Savokina O.V. Individual differences of hemodynamics in terms of hypoxia and orthostatic stress. *Bulletin of the Russian military medical academy*, 2015, no. 1(49), pp. 157-163. (in Russ.)
21. Robergs R.A., Ghiasvand F., Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2004, no. 287, pp. 502-516
22. Kostuchenko S.S. Acid-base balance in intensive therapy. Anesthesiology, resuscitation and intensive care. Minsk, 2008, 108 p. (in Russ.)
23. Popov D.V., Grushin A.A., Vinogradova O.L. Physiological basis for assessing aerobic capabilities and the training loads selection in skiing and biathlon. Moscow: "Soviet Sport", 2014, 78 p.
24. Khajrullin R.R., Elistratov D.E. Vegetative mechanism of motor activity in athletes. Kazan: "Otechestvo", 2014, 162 p. (in Russ.)
25. Kurzanov A.N. Functional body reserves from perspective of clinical physiology. *Modern Issues of Science And Education*, 2015, no. 4, pp. 290. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20456> (Accessed 08.04.2022). (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анастасия Сергеевна Бахарева – доцент кафедры спортивного совершенствования Южно-Уральского государственного университета, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Дарья Захаровна Шибкова – главный научный сотрудник центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.
Вадим Викторович Эрлих – директор Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета e-mail: erlih-vadim@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anastasia Sergeevna Bakhareva – Associate Professor of the Department of Sports Perfection, South Ural State University, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Dar'ya Zakharovna Shibkova – Chief Researcher of the Sports Science Center, South Ural State University, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.
Vadim Viktorovich Erlich – Professor, Director of the Institute of Sports, Tourism and Service, South Ural State University, e-mail: erlih-vadim@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925.

Для цитирования: Бахарева, А. С. Особенности функционального ответа организма лыжников-гонщиков с различными скоростными показателями в нагрузочном тесте / А. С. Бахарева, Д. З. Шибкова, В. В. Эрлих // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_3

For citation: Bakhareva A.S., Shibkova D.Z., Erlich V.V. Features of functional response in ski racers depending on their speed in the load test. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_3