

ОСОБЕННОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЫЖНИЦ-ГОНЩИЦ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ОЛИМПИЙСКИМ ИГРАМ

А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова

Федеральный научный центр физической культуры и спорта, г. Москва, Россия

Цель. Изучить особенности достижения модельных характеристик функциональных возможностей систем энергообеспечения сильнейшими лыжницами-гонщицами, специализирующимися в различных видах соревновательной деятельности, в конце подготовительного периода на заключительном этапе подготовки к Олимпийским играм. **Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие 19 лыжниц в возрасте от 19 до 27 лет с квалификацией от КМС до МСМК. Все спортсменки были разделены по группам в зависимости от эффективности выступления (группы «Дистанция», «Универсалы» и «Спринт»). Программа обследования включала две тестовые процедуры: 1-я – бег ступенчато возрастающего характера «до отказа» на тредбане, 2-я – 60-секундная предельная мышечная работа по типу «all-out» на велоэргометре. Методологической особенностью исследования явилось применение стандартизированной программы построения тренировочного процесса, направленного на повышение базового уровня функциональных возможностей. **Результаты.** Определены специфические особенности достижения модельного уровня функциональных возможностей систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц в зависимости от специализации. Установлено, что достижение модельного уровня в конце подготовительного периода обеспечивается приростом функционального состояния, которое дифференцируется видовой принадлежностью спортсменок по метаболическому характеру мышечной деятельности. Результаты анализа внутригрупповых различий функциональных возможностей по отношению к модельному уровню показали выравнивание уровня физической работоспособности и достижение модельного уровня (в тесте 1), причем в группах «Универсалы» и «Спринт» преимущественно за счет повышения мощности лактацидной энергетической системы, а в группе «Дистанция» – за счет повышения анаэробного порога. В группе «Спринт» по отношению к группам «Дистанция» и «Универсалы», сохраняется доминирование в уровне реализационной готовности по результатам теста 2. **Заключение.** Результаты исследования позволили выявить особенности достижения модельных характеристик у лыжниц-гонщиц в зависимости от специализации, сформулировать положение об особенностях становления функциональных возможностей систем энергообеспечения в зависимости от их генетической предрасположенности.

Ключевые слова: *лыжные гонки, женщины, модельные характеристики, функциональные возможности окислительной и лактацидной энергетических систем, анаэробный порог, реализационная готовность к соревновательной деятельности.*

Введение. Современные тенденции развития лыжного спорта и возрастающая конкуренция во всех видах соревновательной программы на фоне поиска эффективных средств и методических подходов к развитию функциональных возможностей спортсменок высокой квалификации требуют совершенствования системы подготовки к главным стартам четырехлетия – Олимпийским играм.

Важное место в решении данной проблемы отводится поиску эффективности управления тренировочным процессом, направлен-

ным на достижение максимально возможного уровня развития основных систем энергообеспечения, что невозможно без учета степени их становления по отношению к модельным характеристикам у спортсменок, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности и на различных этапах многолетней подготовки [1, 2, 11, 12].

Анализ результатов современных исследований, выполненных ведущими зарубежными специалистами в лыжных гонках [5–8, 10–17], подтверждает мнение специалистов

[4, 9], что исследования функциональных возможностей лыжниц-гонщиц высокой квалификации встречаются крайне редко и составляют лишь шестую часть [3, 5, 9, 10, 14, 16] от общего объема работ, выполненных на мужчинах, при этом большинство из них не имеют общей методологической основы.

Именно поэтому **целью настоящего исследования** явилось изучение особенностей достижения модельных характеристик функциональных возможностей систем энергообеспечения сильнейшими российскими лыжницами-гонщицами, специализирующимися в различных видах соревновательной деятельности в конце подготовительного периода на заключительном этапе подготовки к Олимпийским играм.

Методы и организация исследования.

Для решения поставленной цели лыжницы-гонщицы, специализировавшиеся в различных видах соревновательной деятельности, были разделены по группам в зависимости от эффективности выступления на различных дистанциях: 8 человек дистанционной направленности, 6 человек универсальной направленности и 5 человек спринтерской направленности. Всего в исследовании приняли участие 19 лыжниц-гонщиц в возрасте от 19 до 27 лет с квалификацией от КМС до МСМК и находившихся на централизованной подготовке от 6 до 13 лет.

Модельные характеристики функциональных возможностей лыжниц-гонщиц, описывающие модель олимпийца-2018, разработаны специалистами ФГБУ ФНЦ ВНИИФК в рамках подготовки целевой комплексной программы «Подготовка спортивной сборной команды Российской Федерации по лыжным гонкам к XXIII Олимпийским зимним играм 2018 года в г. Пхенчхане, Республика Корея».

Исследование функциональных возможностей лыжниц-гонщиц осуществлялось на протяжении олимпийского цикла 2015–2018 гг. в рамках реализации программы НМО при проведении этапных комплексных обследований в лаборатории циклических олимпийских видов спорта ФГБУ ФНЦ ВНИИФК.

На протяжении всего периода исследования применялась стандартизированная программа обследования, включавшая две тестовые процедуры:

1-я – ступенчато возрастающая нагрузка «до отказа» на беговом тредбане (тест 1, на-

правлен на оценку развития аэробной производительности),

2-я – 60-секундная предельная мышечная работа, выполняемая по типу «all-out» на велоэргометре (тест 2, направлен на оценку развития анаэробной производительности).

Применение выбранных тестовых процедур, средств и методов контроля за исследуемыми показателями систем энергообеспечения осуществлялось на основе методических рекомендаций по исследованию функционального состояния высококвалифицированных спортсменов при выполнении физических нагрузок в лабораторных условиях [1, 2].

Методологической особенностью данного исследования являлось применение стандартизированной тренировочной программы, ориентированной на повышение базового уровня функциональных возможностей спортсменов всех групп, за счет увеличения общего объема циклической нагрузки с задачей выведения на уровень – 9300–9500 км.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате проведенного исследования получены данные, по которым можно оценить уровень физической работоспособности на основе интегральных показателей (время работы и скорости бега до отказа в тесте 1), позволяющих установить степень их отклонения по отношению к модельным показателям олимпийца-2018 (см. таблицу). Полученные результаты позволили установить особенности становления функционального состояния систем энергообеспечения у спортсменов различных видовых специализаций в лыжных гонках.

Особенностью достижения модельного уровня интегральных показателей физической работоспособности и функциональных возможностей основных систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц группы «Дистанция» в конце подготовительного периода явилось:

– превышение модельных характеристик по времени бега на 1,2 % и скорости бега на отказе на 0,8 %, свидетельствующее о повышении уровня физической работоспособности;

– повышение эффективности кислородтранспортной системы при превышении модельного уровня кислородного пульса (на 1,9 %) за счет становления вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, приводящей к снижению максимальной величины ЧСС в тестовых нагрузках (на –4,4 % и –3,7 % в тестах 1 и 2 соответственно);

Показатели физической работоспособности и функциональных возможностей систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц в конце подготовительного периода
Performance of energy systems in elite cross-country female skiers at the end of the preparatory period
(mean ± SD) (n = 19)

Исследуемые показатели Indicator	Модельные показатели 2017/2018 Model features 2017/2018	Исследуемые группы Group		
		Дистанция Long-distance skiers (n = 8)	Универсалы Universals (n = 6)	Спринт Sprinters (n = 5) ^t
Время работы в тесте I (Тр.), с Performance time (Test 1), s	16,45 ± 0,45	16,57 ± 1,14 (+1,2 %)	16,33 ± 1,18 (-1,2 %)	15,37 ± 1,28 (-6,8 %)
Скорость бега в тесте I (V), м/с Running velocity (Test 1), m/s	4,79 ± 0,09	4,83 ± 0,21 (+0,8 %)	4,76 ± 0,22 (-0,7 %)	4,60 ± 0,24 (-3,9 %)
МПК, л/мин VO ₂ , l/min	3,828 ± 0,038	3,614 ± 0,169 (-5,6 %)	3,708 ± 0,260 (-3,1 %)	3,760 ± 0,273 (-1,8 %)
МПК/кг, мл/мин/кг VO ₂ peak/kg, ml/min/kg	65,23 ± 0,73	62,78 ± 3,13 (-3,8 %)	62,15 ± 3,11 (-4,7 %)	59,33 ± 1,93 (-9,0 %)
МВЛ, л/мин MPV, l/min	136,9 ± 2,7	129,4 ± 11,5 (-5,5 %)	126,9 ± 16,0 (-7,3 %)	122,6 ± 12,6 (-10,5 %)
КИО ₂ , % Oxygen consumption, %	3,85 ± 0,06	3,72 ± 0,26 (-3,4 %)	3,78 ± 0,36 (-1,9 %)	3,96 ± 0,38 (+2,9 %)
ЧСС _{max} , уд./мин HR _{max} , beats/min	202,0 ± 2,0	193,1 ± 6,4 (-4,4 %)	195,3 ± 5,6 (-3,3 %)	193,4 ± 6,5 (-4,3 %)
Кислородный пульс (КП), мл/уд. Oxygen pulse, ml/beats	18,38 ± 0,35	18,73 ± 0,99 (+1,9 %)	18,99 ± 1,37 (+3,3 %)	19,43 ± 0,98 (+5,7 %)
Лактат в тесте I, (La), мм/л La (Test 1), mol/l	12,2 ± 0,5	10,4 ± 1,2 (-14,7 %)	10,2 ± 1,3 (-16,1 %)	10,2 ± 2,5 (-16,6 %)
Скорость на уровне АТ (VAT), м/с Running velocity at lactate threshold, m/s	4,17 ± 0,04	4,15 ± 0,16 (-0,4 %)	4,05 ± 0,23 (-2,9 %)	4,00 ± 0,16 (-4,1 %)
Потребление кислорода на АТ (ПК _{АТ}), мл/мин/кг Oxygen consumption at lactate threshold, ml/min/kg	55,65 ± 0,54	55,1 ± 3,5 (-0,9 %)	54,5 ± 3,4 (-2,1 %)	52,8 ± 2,6 (-5,1 %)
ЧСС на уровне АТ (ЧСС _{АТ}) уд./мин HR at lactate threshold, beats/min	174,0 ± 0,4	169,3 ± 5,1 (-2,7 %)	171,3 ± 2,8 (-1,5 %)	170,8 ± 4,3 (-1,8 %)
Мощность работы в тесте II (МАП-60), (N _{max}), кгм/мин Performance power (Test 2), kgm/min	2345,2 ± 14,0	1982,3 ± 156,7 (-15,5 %)	2050,1 ± 114,6 (-12,6 %)	2203,9 ± 117,3 (-6,0 %)
Мощность работы в тесте II (МАП-60), (N _{max} /кг), кгм/мин/кг Performance power (Test 2), kgm/min/kg	40,42 ± 0,12	34,36 ± 1,56 (-15,0 %)	34,39 ± 1,74 (-14,9 %)	34,87 ± 2,47 (-13,7 %)
Нагрузочный момент в тесте II, (Fm), кР Load moment (Test 2) (Fm), kP	3,81 ± 0,14	3,50	3,50	3,50
Частота педалирования в тесте II (Temp), об/мин Temp (Test 2), rpm	104,0 ± 1,4	97,5 ± 7,7 (-6,3 %)	100,8 ± 5,6 (-3,0 %)	108,4 ± 5,8 (+4,2 %)
Лактат в тесте II (МАП-60) (La _{max}), мм/л La (Test 2), mol/l	15,35 ± 0,4	13,3 ± 1,4 (-13,5 %)	13,8 ± 1,8 (-10,0 %)	13,9 ± 1,9 (-9,6 %)
ЧСС в тесте II (МАП-60), уд./мин HR _{max} (Test 2), beats/min	188,2 ± 0,6	181,3 ± 7,5 (-3,7 %)	182,3 ± 5,5 (-3,1 %)	183,6 ± 5,0 (-2,4 %)

– сохранение отклонения показателей абсолютного и относительного уровня мощности окислительной системы (-5,6 % по МПК и -3,8 % по МПК/кг), а также показателей анаэробного порога (скорости бега (-0,4 %) и по-

требления кислорода на пороговом уровне (-0,9 %) от модели;

– сохранение различий (по отношению к модели) мощности внешнего дыхания (МВЛ -5,5 %) и способности к усвоению кислорода

(КИО₂ –3,4 %), что свидетельствует о продолжающихся процессах становления вегетативной регуляции;

– снижение (по отношению к модели) мощности функционирования лактаcidной энергетической системы в тесте 1 (–14,5 %) и тесте 2 (–13,5 %), свидетельствующее о доминировании воздействия тренировочных нагрузок преимущественно на окислительные возможности;

– низкий уровень мощностных возможностей лактаcidной энергетической системы явился причиной сниженной реализационной готовности к работе гликолитического характера (тест 2) по абсолютной и относительной мощности в тесте 2 (–15,5 % и –15,0 % соответственно);

– сохранение отклонения от модели показателей силовой (–8,1 %) и скоростной (–6,3 %) составляющих механической мощности.

Особенностью достижения модельного уровня показателей физической работоспособности и функциональных возможностей основных систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц группы «Универсалы» в конце подготовительного периода явилось:

– отклонение от модельных характеристик по времени бега на –1,2 % и скорости бега на отказе на –0,7 %;

– повышение эффективности кислород-транспортной системы по превышению модельного уровня кислородного пульса (на 3,3 %) при сбалансированном влиянии становления вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, приводящей к снижению максимальной величины ЧСС в тестовых нагрузках (на –3,3 % и –3,1 % в тестах 1 и 2 соответственно) и в меньшей степени отклонения от модели величины абсолютного уровня МПК (–3,1 %);

– сохранение незначительного отклонения показателей абсолютного и относительного уровня мощности окислительной системы (–3,1 % по МПК и –4,7 % по МПК/кг) от модельного уровня и в большей степени эффективности функционирования, проявляющееся в отклонении от модельного уровня показателей анаэробного порога: скорости бега (–2,9 %) и потребления кислорода на пороговом уровне (–2,1 %);

– сохранение различий (по отношению к модели) мощности внешнего дыхания (МВЛ –7,3 %) и способности к усвоению кислорода (КИО₂ –1,9 %), что свидетельствует о про-

должающихся процессах становления вегетативной регуляции, активно идущих по способности мышц к усвоению кислорода;

– разноуровневое отклонение (по отношению к модели) мощности функционирования лактаcidной энергетической системы в тесте 1 (–16,1 %) и тесте 2 (–10,0 %), что свидетельствует о более высоком потенциале к реализационной готовности лактаcidной системы представителей данной группы в специализированном тесте;

– высокое проявление мощностных возможностей лактаcidной энергетической системы обеспечило (по отношению к модели и группе «Дистанция») меньшее отклонение показателей реализационной готовности к работе гликолитического характера по абсолютной и относительной мощности в тесте 2 (–12,6 % и –14,9 % соответственно);

– сохранение отклонения от модели показателей силовой (–8,1 %) и скоростной (–3,0 %) составляющих механической мощности.

Особенностью достижения модельного уровня показателей физической работоспособности и функциональных возможностей основных систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц группы «Спринт» в конце подготовительного периода явилось:

– выраженное отклонение от модели по времени бега на –6,8 % и скорости бега на отказе на –3,9 %, свидетельствующее о недостаточности сроков подготовительного периода для достижения модельного уровня физической работоспособности;

– повышение эффективности кислород-транспортной системы по превышению модельного уровня кислородного пульса (на 5,7 %) при превалирующем влиянии прироста мощности окислительной системы (МПК –1,8 % по нижней границе модели) по отношению к становлению вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, приводящей к снижению максимальной величины ЧСС в тестовых нагрузках (на –4,3 % и –1,8 % в тестах 1 и 2 соответственно), свидетельствующее о приоритетной направленности тренировочных нагрузок на мощностные возможности функциональных систем;

– снижение степени отклонения от модели показателей абсолютного (только на –1,8 %, по нижней границе модели) и относительного (на –9,0 %, за счет прироста массы тела) уровня мощности окислительной системы (МПК) и в большей степени показателей эф-

фективности функционирования окислительной системы, проявляющееся в отклонении от модельного уровня показателей анаэробного порога: скорости бега (–4,1 %) и потребления кислорода на пороговом уровне (–5,1 %);

– сохранение различий (по отношению к модели) показателей мощности внешнего дыхания (МВЛ –10,5 %) и в меньшей степени способности к усвоению кислорода (КИО₂ – 1,9 %), что свидетельствует о процессах становления вегетативной регуляции;

– разноуровневое отклонение по отношению к модельному уровню мощности функционирования лактаcidной энергетической системы в тесте 1 (–16,6 %) и тесте 2 (–9,6 %), что свидетельствует о более высоком потенциале к реализационной готовности лактаcidной системы представителей данной группы в специализированном тесте;

– высокое проявление мощностных возможностей лактаcidной энергетической системы обеспечило (по отношению к модели и к группам «Универсалы» и «Дистанция») меньшее снижение показателей реализационной готовности к работе гликолитического характера по достигнутой мощности в тесте 2: абсолютная мощность (–6,0 %), относительная мощность (–13,7 %);

– превышение модели по скоростной составляющей (на 4,2 %), дающее основание предполагать о росте силовой составляющей.

Выводы. На основе изучения степени отклонения показателей функциональных возможностей систем энергообеспечения у лыжниц-гонщиц, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности, были выявлены специфические особенности их достижения.

В процессе работы установлено, что к концу подготовительного периода под воздействием стандартизированной тренировочной программы, направленной на повышение базового уровня за счет увеличения общего объема циклической нагрузки, происходит выравнивание уровня физической работоспособности (оцениваемого в тесте 1) в группах «Дистанция» и «Универсалы» с сохранением различий по отношению к группе «Спринт», доминирование которой начинает проявляться в реализационной готовности, сопряженной с результативностью работы в тесте 2 (гликолитическая мощность).

Полученные результаты позволили сформулировать положение об особенностях ста-

новления функциональных возможностей основных систем энергообеспечения в зависимости не столько от суммарного объема циклической нагрузки, сколько от генетически детерминированных факторов, отражающих метаболический профиль спортсменов, обуславливающий предрасположенность к видовой специализации.

Результаты исследования могут быть использованы для управления тренировочным процессом на основе избирательного тренировочного воздействия используемых средств и методов спортивной тренировки для достижения модельного уровня основных систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц на различных этапах олимпийского цикла.

Литература

1. Головачев, А.И. Динамика функциональных возможностей систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц высокой квалификации, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // *Вестн. спортив. науки.* – 2019. – № 3. – С. 8–14.

2. Головачев, А.И. Поиск резервов повышения эффективности выступления на XXIII Олимпийских зимних играх 2018 года в Пхенчхане (Республика Корея) / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // *Теория и практика физ. культуры.* – 2017. – № 2. – С. 11–13. EID: 2-s2.0-85037175211

3. Головачев, А.И. Современные методические подходы контроля физической подготовленности в лыжных гонках / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // *Вестник спортивной науки.* – 2018. – № 5. – С. 11–17.

4. Специальная работоспособность лыжников-гонщиков: современные тенденции (по материалам зарубежной литературы) / В.И. Михалев, Ю.В. Корягина, О.С. Антипова и др. // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* – 2015. – № 4 (122). – С. 139–144.

5. Are Gender Differences in Upper-Body Power Generated by Elite Cross-Country Skiers Augmented by Increasing the Intensity of Exercise? / A.M. Hegge, K. Myhre, B. Welde et al. // *PLoS ONE.* – 2015. – Vol. 10 (5). – e0127509. DOI: 10.1371/journal.pone.0127509

6. Carlsson, M. Prediction of race performance of elite cross-country skiers by lean mass / M. Carlsson, T. Carlsson, D. Hammarstrom // *International Journal of Sports Physiology*

and Performance. – 2014. – Vol. 9 (6). – P. 1040–1045. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0509

7. Carlsson, M. Oxygen uptake at different intensities and sub-techniques predicts sprint performance in elite male cross-country skiers / M. Carlsson, T. Carlsson, M. Knutsson // *European Journal of Applied Physiology*. – 2014. – Vol. 114 (12). – P. 2587–2595. DOI: 10.1007/s00421-014-2980-0

8. Carlsson, M. Time trials predict the competitive performance capacity of junior cross-country skiers / M. Carlsson, T. Carlsson, D. Hammarstrom // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2014. – Vol. 9 (1). – P. 12–18. DOI: 10.1123/ijsp.2012-0172

9. Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers / K. Hebert-Losier, C. Zinner, S. Platt et al. // *Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 47. – P. 319–342. DOI: 10.1007/s40279-016-0573-2

10. Gender differences in the physiological responses and kinematic behavior of elite sprint cross-country skiers / O. Sandbakk, G. Ettema, S. Leirdal, H.C. Holmberg // *European Journal of Applied Physiology*. – 2012. – Vol. 112, № 3. – P. 1087–1094. DOI: 10.1007/s00421-011-2063-4

11. Losnegard, T. Anaerobic capacity as a determinant of performance in sprint skiing / T. Losnegard, H. Myklebust, J. Hallén // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 2012. – Vol. 44 (4). – P. 673–681. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182388684

12. Losnegard, T. Elite cross-country skiers do not reach their running VO_{2max} during roller ski skating / T. Losnegard, J. Hallén // *Journal Sports Med. Phys. Fitness*. – 2014. – No. 54 (4). – P. 389–393.

13. Losnegard, T. Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers / T. Losnegard, J. Hallén // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2014. – Vol. 9 (1). – P. 25–31. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0066

14. Peak hand-grip force predicts competitive performance in elite female cross-country skiers / M. Carlsson, T. Carlsson, M. Olsson et al. // 19th annual ECSS Congress Amsterdam, The Netherlands, July 2–5, 2014. – Amsterdam, 2014. – P. 719.

15. Sandbakk, O. The physiology of world-class sprint skiers / O. Sandbakk, H.-C. Holmberg, S. Leirdal // *Scand J Med Sci Sports*. – 2011. – Vol. 21 (6). – P. e9–e16. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x

16. The physiological capacity of the world's highest ranked female cross-country skiers / O. Sandbakk, A.M. Hegge, T. Losnegard et al. // *Med Sci Sports Exerc*. – 2016. – Vol. 48 (6). – P. 1091–1100. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000862

17. The importance of scaling VO_{2max} to predict cross-country skiing performance / T. Carlsson, M. Carlsson, B. Ronnestad et al. // 18th annual ECSS Congress Barcelona, Spain, June 26–29, 2013. – 2013. – P. 909–910.

Головачев Александр Иванович, кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10, стр. 1. E-mail: malta94@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8839-9575.

Колыхматов Владимир Игоревич, кандидат педагогических наук, научный сотрудник лаборатории циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10, стр. 1. E-mail: kolykhmatov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9452-4694.

Широкова Светлана Владимировна, кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник лаборатории циклических олимпийских видов спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский пер., 10, стр. 1. E-mail: širokova-vniifk@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1225-3411.

Поступила в редакцию 17 мая 2021 г.

ACHIEVING THE MODEL PERFORMANCE OF ENERGY SYSTEMS IN ELITE CROSS-COUNTRY FEMALE SKIERS BEFORE THE OLYMPICS

A.I. Golovachev, malta94@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8839-9575,

V.I. Kolykhmatov, kolykhmatov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9452-4694,

S.V. Shirokova, shirokova-vniifk@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1225-3411

Federal Scientific Center of Physical Education and Sport, Moscow, Russian Federation

Aim. The article deals with investigating the features of achieving the model performance of energy systems in Russian elite cross-country female skiers specializing in various competitive events. **Materials and methods.** The study involved 19 elite female skiers aged from 19 to 27 years specializing in various competitive events. These athletes were divided into 3 groups depending on their sports performance (long-distance skiers, universal skiers and sprinters). The test program included two protocols: (1) a stepwise increasing load to failure on a treadmill and (2) 60 second threshold performance on a bicycle ergometer. A unified training program aimed at basic performance enhancement was proposed to athletes. **Results.** The features of achieving the model performance of energy systems in elite cross-country female skiers were found. Model performance at the end of the preparatory period was ensured by an increase in the functional state, which was differentiated by the metabolic character of muscular activity. Intragroup differences between functional performance and the model one demonstrated the improvement of physical performance and achievement of the model level (Test 1). Moreover, in universal skiers and sprinters, this improvement was associated with an increase in the aerobic energy system, while long-distance skiers showed an increase in anaerobic threshold. Sprinters demonstrated the best performance compared to long-distance and universal skiers according to the results of Test 2. **Conclusion.** The results of the study allowed to identify the most important features for achieving model performance of elite cross-country female skiers and establish the conditions for forming an adequate energy system depending on the genetic predisposition of athletes.

Keywords: cross-country skiing, elite female skiers, model performance, energy system, anaerobic threshold.

References

1. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. [Dynamics of Functional Capabilities of the Power Supply Systems of Female Skiers of High Qualification Specializing in Various Types of Competitive Activities]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2019, no. 3, pp. 8–14. (in Russ.)
2. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. [Search of Reserves of Increase of Performance Efficiency at the XXIII Olympic Winter Games 2018 in Pyeongchang (Republic of Korea)]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 2, pp. 11–13. (in Russ.) EID: 2-s2.0-85037175211
3. Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. [Modern Methodological Approaches to Control of Physical Preparedness in Cross-Country Skiing]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2018, no. 5, pp. 11–17. (in Russ.)
4. Mikhalev V.I., Koryagin Ju.V., Antipova O.S. et al. [Special Performance of Cross-Country Skiers. Modern Trends]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the University named after P.F. Lesgaft], 2015, no. 4 (122), pp. 139–144. (in Russ.)
5. Hegge A.M., Myhre K., Welde B., Holmberg H.-C., Sandbakk O. Are Gender Differences in Upper-Body Power Generated by Elite Cross-Country Skiers Augmented by Increasing the Intensity of Exercise? *PLoS ONE*, 2015, vol. 10 (5): e0127509. DOI: 10.1371/journal.pone.0127509
6. Carlsson M., Carlsson T., Hammarstrom D. Prediction of Race Performance of Elite Cross-Country Skiers by Lean Mass. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, vol. 9 (6), pp. 1040–1045. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0509

7. Carlsson M., Carlsson T., Knutsson M. Oxygen Uptake at Different Intensities and Sub-Techniques Predicts Sprint Performance in Elite Male Cross-Country Skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 2014, vol. 114 (12), pp. 2587–2595. DOI: 10.1007/s00421-014-2980-0
8. Carlsson M., Carlsson T., Hammarstrom D. Time Trials Predict the Competitive Performance Capacity of Junior Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, vol. 9 (1), pp. 12–18. DOI: 10.1123/ijsp.2012-0172
9. Hebert-Losier K., Zinner C., Platt S. et al. Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports Medicine*, 2017, vol. 47, pp. 319–342. DOI: 10.1007/s40279-016-0573-2
10. Sandbakk O., Ettema G., Leirdal S. et al. Gender Differences in the Physiological Responses and Kinematic Behavior of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *European Journal of Applied Physiology*, 2012, vol. 112 (3), pp. 1087–1094. DOI: 10.1007/s00421-011-2063-4
11. Losnegard T., Myklebust H., Hallén J. Anaerobic Capacity as a Determinant of Performance in Sprint Skiing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2012, vol. 44 (4), pp. 673–681. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182388684
12. Losnegard T., Hallén J. Elite Cross-Country Skiers do not Reach Their Running VO_{2max} during Roller Ski Skating. *Journal Sports Med. Phys. Fitness.*, 2014, no. 54 (4), pp. 389–393.
13. Losnegard T., Hallén J. Physiological Differences Between Sprint- and Distance-Specialized Cross-Country Skiers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, vol. 9 (1), pp. 25–31. DOI: 10.1123/ijsp.2013-0066
14. Carlsson M., Carlsson T., Olsson M. et al. Peak Hand-Grip Force Predicts Competitive Performance in Elite Female Cross-Country Skiers. *19th annual ECSS Congress Amsterdam*, 2014. 719 p.
15. Sandbakk O., Holmberg H.-C., Leirdal S. The Physiology of World-Class Sprint Skiers. *Scand J Med Sci Sports*, 2011, vol. 21 (6), pp. 9–16. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01117.x
16. Sandbakk O., Hegge A.M., Losnegard T. et al. The Physiological Capacity of the World's Highest Ranked Female Cross-Country Skiers. *Med Sci Sports Exerc.*, 2016, vol. 48 (6), pp. 1091–1100. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000862
17. Carlsson T., Carlsson M., Ronnestad B. et al. The Importance of Scaling VO_{2max} to Predict Cross-Country Skiing Performance. *18th annual ECSS Congress Barcelona*, 2013, pp. 909–910.

Received 17 May 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Головачев, А.И. Особенности достижения модельных показателей функциональных возможностей систем энергообеспечения лыжниц-гонщиц высокой квалификации при подготовке к Олимпийским играм / А.И. Головачев, В.И. Колыхматов, С.В. Широкова // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 38–45. DOI: 10.14529/hsm210305

FOR CITATION

Golovachev A.I., Kolykhmatov V.I., Shirokova S.V. Achieving the Model Performance of Energy Systems in Elite Cross-Country Female Skiers before the Olympics. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 38–45. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210305