

Моделирование реализации функциональных возможностей лыжников-гонщиков при прохождении лыжных трасс разной сложности

Хмельницкая Ю.К.

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины

Аннотации:

Цель: обосновать модельные характеристики компонентов функциональной подготовленности квалифицированных лыжников-гонщиков в зависимости от условий соревновательной деятельности. **Материал:** Проводились обследование 20 спортсменов сборной команды Украины. **Результаты:** установлено, что преодоление подъемов различной длины и крутизны сопровождается определенным функциональным напряжением организма и изменениями в кардиореспираторной системе. Это влияет на эффективность дальнейшего передвижения на спуске и равнине. Установлено, что соотношение аэробной и анаэробной производительности изменяется в соответствии рельефа трассы. **Выводы:** разработаны модельные характеристики ведущих параметров подготовленности лыжников, использование которых может способствовать поддержанию высокого уровня специальной работоспособности на всех отрезках соревновательной дистанции. В особенности это касается подъемов различной крутизны.

Хмельницька Ю.К. Моделивання реалізації функціональних можливостей лижників-гонщиків при подоланні лижних трас різної складності. Мета: обґрунтувати модельні характеристики компонентів функціональної підготовленості кваліфікованих лижників-гонщиків в залежності від умов змагальної діяльності. **Матеріал:** Проводились обстеження 20 спортсменів збірної команди України. **Результати:** встановлено, що подолання підйомів різної довжини і крутизни супроводжується певним функціональним напруженням організму та змінами в кардиореспираторній системі. Це впливає на ефективність подальшого пересування на спуску та рівнині. Встановлено, що співвідношення аеробної і анаеробної продуктивності змінюється відповідно рельєфу траси. **Висновки:** розроблено модельні характеристики провідних параметрів підготовленості лижників, використання яких може сприяти підтримці високого рівня спеціальної працездатності на всіх відрізках дистанції. Особливо це стосується підйомів різної крутизни.

Khmelnitska J.K. Simulation of realization of ski-racers' functional potentials in passing ski trails of different complexity. Purpose: to substantiate model characteristics of functional fitness components of elite ski-racers, depending on competitions' conditions. **Material:** We tested 20 sportsmen of combined team of Ukraine. **Results:** it was found that climbing hills of different length and steepness is accompanied by certain functional tension of organism and changes in cardio-respiratory system. It influences on effectiveness of further descent and moving on plain. It was also determined that correlation of aerobic and anaerobic efficiency changes according to trail relief. **Conclusions:** we worked out model characteristics of skiers' fitness most important parameters, usage of which can facilitate maintaining high special workability on all segments of competition distance. In particular it concerns climbing hills of different steepness.

Ключевые слова:

лыжники, гонщики, функциональная, подготовленность, рельеф, лыжная трасса, кардиореспираторная система.

лижники, гонщики, функциональна, підготовленість, рельєф, лижна траса, кардиореспираторна система.

skiers, racers, functional fitness, relief, ski trail, cardio-respiratory system.

Введение.

На современном этапе подготовки спортсменов широко применяется моделирование различных сторон спортивной деятельности. Разрабатываемые модели являются результатом глубокого анализа и изучения исследуемых процессов. Они становятся одним из основных средств управления сложными системами подготовки спортсмена [8].

Дальнейшая конкретизация и приближение модельных характеристик к соревновательным требованиям содержатся в соответствующих разработках. Отмечается, что построение спортивной тренировки невозможно без моделирования отдельных тренировочных занятий, соревнований и различных сторон подготовки [5].

Следует отметить, что моделирование не должно сводиться к разработке обобщенных моделей и прогностических модельных характеристик возможностей спортсменов. В них отображаются индивидуальные особенности спортивного совершенствования в соответствии с этапом спортивной подготовки.

Наличие основных модельных характеристик позволяет повысить эффективность управления тренировочным процессом и создает необходимые предпосылки для разработки системы отбора перспективных спортсменов.

© Хмельницкая Ю.К., 2016

doi:10.15561/18189172.2016.0407

В лыжных видах спорта имеются свои особенности моделирования соревновательной деятельности, связанные с условиями их проведения, правилами соревнований и другими факторами. Ведущие специалисты лыжного спорта отмечают, что для планомерной и целенаправленной функциональной подготовки к высшим спортивным достижениям лыжников-гонщиков необходимо учитывать метрические и временные параметры соревновательной нагрузки на различных участках рельефа дистанций [1, 4, 15, 17]. Ориентация на структуру соревновательной деятельности является одним из самых важных факторов при составлении оптимальных модельных характеристик лыжников-гонщиков [2, 6, 10].

В наших предыдущих исследованиях на основании систематизации показателей специальной подготовленности спортсменов-лыжниц были определены модельные характеристики количественных значений функциональной подготовленности при прохождении подъемов различной сложности. Обусловлены значения вклада аэробных и анаэробных механизмов энергообеспечения. Последние при преодолении подъемов являются одним из ключевых компонентов достижения высоких спортивных результатов в лыжных гонках [8, 24].

Гипотеза. Предполагается, что функциональная подготовленность лыжников берется за основу обе-

спечения работоспособности спортсменов в условиях непосредственного прохождения соответствующей соревновательной дистанции. Поэтому существует необходимость повышения значимости изучения функциональных возможностей организма квалифицированных спортсменов. Целью такой разработки является обоснование конкретных требований к построению тренировочного процесса с учетом целевых моделей соревновательной деятельности и функциональной подготовленности спортсменов.

Цель работы – обосновать модельные характеристики компонентов функциональной подготовленности квалифицированных лыжников-гонщиков в зависимости от условий соревновательной деятельности.

Материал и методы.

Участники. В исследовании приняли участие 20 лыжников в возрасте 21-34 года. Квалификация: мастер спорта международного класса ($n=6$), мастер спорта ($n=14$). Из них 10 девушек и 10 юношей. Все спортсмены являлись членами Национальной сборной команды Украины по лыжным гонкам.

Организация исследований. Модельные исследования проводились на базе лаборатории университета. Тестирование специальной выносливости и реализации функциональных возможностей организма спортсменов в естественных условиях преодоление соревновательной дистанции проводилось на учебно-спортивной базе «Тысовец» (Львовская обл.). Функциональные возможности спортсменов оценивались при помощи комплексного тестирования. Тестирование включало: эргометрию, спидометрию, анализ системы дыхания с помощью газоанализатора «MetaMax 3B» (Cortex, Германия) и пульсометрию. Объективное измерение характеристики мышечной

работы в лабораторных условиях осуществлялось с помощью специализированного эргометра с увеличенной площадью полотна Wide Folding Track (POMA, Германия). Использование эргометра позволяет передвигаться на лыжероллерах свободным стилем.

В естественных условиях использовалась система GPS-навигации телеметрического регистратора ЧСС «Polar RS800» («Polar», Финляндия), позволившая регистрировать частоту сокращений сердца (ЧСС), скорость преодоления дистанции и высоту над уровнем моря. На основании этих показателей были определены профили трасс, характеризовались скорость движения спортсмена на различных участках дистанции, мощность работы и др. показатели.

Статистический анализ. Статистическая обработка материалов исследований велась с помощью пакета программ Statistica 10.0 и Excel 2003, 2007. Достоверность различия между группами проводилась с помощью критерия Уилкоксона.

Результаты исследований.

Полученные в ходе исследований данные позволили выявить определенную зависимость показателей эффективности соревновательной деятельности от текущего функционального и оперативного состояния спортсменов, отображаемых в модельных характеристиках.

Модельные характеристики реализации функциональных возможностей в условиях моделирования преодоления соревновательной дистанции разрабатывались на основе построения регрессионных моделей. В качестве эталонного значения (табл. 1.) предложены средние величины функциональных показателей, необходимые для поддержания средней скорости 6,2 м/с (22,3 км/ч) на дистанции 6 км.

Таблица 1. Эталонные и среднegrupповые значения функциональных показателей дыхания и кровообращения у спортсменов, специализирующихся в лыжных гонках

Показатель			Эталонные значения	Средние значения для группы
f	Частота дыхания	1/мин	56,94	57,2
VE	Легочная вентиляция	л/мин	153,66	131,25
V _{o2}	Уровень потребления кислорода	л/мин	4,30	3,68
V _{co2}	Уровень выделения углекислого газа	л/мин	4,349	4,12
V _{o2} /m	Уровень потребления кислорода на 1 кг массы тела	мл/мин/кг	71,44	65,75
RQ	Дыхательный коэффициент	у.е.	1,01	1,12
VE/V _{o2}	Вентиляционный эквивалент по O ₂	у.е.	38,91	34,37
VE/V _{co2}	Вентиляционный эквивалент по CO ₂	у.е.	36,5	30,725
HR	Частота сердечных сокращений (ЧСС)	1/мин	191	186
V _{o2} /HR	Кислородный пульс	мл	24,43	19,775

Представленные величины не содержат пиковых значений, характерных для преодоления подъемов. Они находятся в значительной зависимости от градиента наклона подъема (отношение длины подъема к перепаду высоты) и высоты над уровнем моря, погодных условий. Для разработки модели динамики функциональных реакций составлялась карту профиля трассы, на которой будут проходить соревнования.

Проведенные нами исследования показали, что средне-дистанционная скорость преодоления соревновательной дистанции зависела от характеристик порога анаэробного обмена (ПАНО). Мощность порога анаэробного обмена (ПАНО, Вт; Вт·кг⁻¹ массы тела, % от максимального потребления кислорода) является характеристикой работы, при которой интенсивность протекания аэробных реакций энергообеспечения оказывается недостаточной для покрытия энергетического запроса. В результате этого происходит активное включение гликолитических процессов, сопровождающихся накоплением лактата свыше 4 ммоль·л⁻¹. В спортивной практике ПАНО используют для дозирования нагрузок. Поэтому в практике часто используется выражение отношения текущего потребления кислорода к его максимальной величине (%). Также известно, что работоспособность на уровне ПАНО является одним из ведущих критериев оценки специальной выносливости лыжников-гонщиков [3, 7, 9].

Модельные характеристики разрабатывались на основе концепции о значимости работоспособности на уровне ПАНО для прогнозирования высоких спортивных результатов в видах спорта, требующих проявления выносливости. В качестве эталонных нами были определены величины функциональных показателей на уровне ПАНО, необходимые для поддержания скорости 6,2 м/с (22,3 км/ч) на дистанции 6 км.

Такие характеристики были получены на основании регрессионных уравнений (рис. 1).

Были определены модельные характеристики реализации функциональных возможностей в условиях, моделирующих преодоление соревновательной дистанции (рис. 2).

Разработан и экспериментально апробирован способ использования экспериментальных данных, получаемых в лабораторных условиях (на лыжном тредбане) для прогнозирования скорости, энергетических затрат и экономичности передвижения на лыжах в реальных условиях трассы.

Для оценки взаимосвязей показателей функциональных возможностей были исследованы регрессионные зависимости между характеристиками специальной работоспособности лыжников, функциональных возможностей и особенностями рельефа трасс. Было определено, что специальная работоспособность спортсменов детерминирована показателями максимальной аэробной и анаэробной производительности, экономичностью внешнего дыхания в условиях интенсивной мышечной деятельности ($R=0,71$; $p<0,05$).

Оценить влияние крутизны подъемов и скорости их преодоления на дистанции и реализацию функциональных возможностей организма спортсменов позволила модель, отражающая взаимосвязь показателей функциональной подготовленности и особенностей подъемов. Из множества показателей спортивной результативности в лыжных гонках и вклада аэробного (анаэробного) механизма энергообеспечения в работу нами были выбраны наиболее значимые: уровень потребления кислорода, избыток углекислого газа ($ExCO_2$) и частота сердечных сокращений (ЧСС).

Была установлена специальная работоспособ-

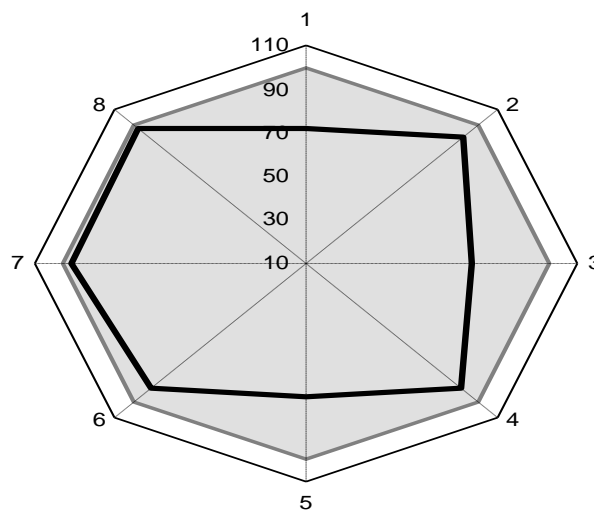


Рис. 1. Функціональні характеристики лыжников-гонщиков на уровне ПАНО (% от эталонного значения): 1 – мощность ПАНО; 2 - мощность ПАНО на 1 кг массы тела; 3 - легочная вентиляция н; 4 - легочная вентиляция на 1 кг массы тела; 5 - потребление кислорода; 6 – интенсивность потребления кислорода на 1 кг массы тела; 7 – частота сердечных сокращений (ЧСС); 8 - потребление кислорода в % в процентах от максимального потребления кислорода (МПК).

ность лыжников, связанная с проявлением аэробной производительности. Она достигала наибольших величин при небольших значениях скорости преодоления подъемов и угле наклона. Наименьших значений она достигала при наибольшем угле наклона и наименьшей скорости его преодоления (рис. 3, 4).

Представленные характеристики позволяют заключить, что для достижения высокого результата в лыжных гонках недостаточно реализовывать лишь аэробные возможности организма спортсменов. Для этого также необходим вклад и анаэробной производительности. Благодаря включению анаэробных механизмов энергообеспечения лыжники преодолевают подъемы различной сложности, которые составляют более 50% всей протяженности трассы.

Для подтверждения взаимосвязи специальной работоспособности квалифицированных лыжников с экономизацией реакции функциональной системы дыхания в условиях специальных нагрузок была разработана модель взаимосвязи показателей угла подъема, скорости его преодоления и ExsCO_2 (избыток выделения CO_2). Эта модель отражает процессы анаэробного метаболизма в организме (рис. 5). Важным показателем при характеристике особенности функ-

ционального обеспечения спортсменов на подъемах различной крутизны и длины является ExsCO_2 . Этот показатель выступает как следствие метаболического ацидоза (нарушение постоянства внутренней среды при избыточном образовании кислот, когда буферные резервы снижаются ниже нормы). Он весьма точно воспроизводит изменения содержания молочной кислоты и бикарбонатов крови. Это позволило определить у спортсменов оптимальный диапазон реализации анаэробной лактатной мощности.

Таким образом, показана возможность ориентации при оценке функциональных резервов организма спортсмена на взаимосвязь нескольких показателей. Эти показатели характеризуют возможности организма. Они позволяют прогнозировать проявление и реализацию специальной работоспособности лыжников, оценить эффективность отдельных компонентов их функциональной подготовленности. Сопоставление индивидуальных данных конкретного спортсмена с модельными показателями позволило определить соответствие функциональных возможностей спортсменов заданному уровню подготовки в зависимости от его специализации.

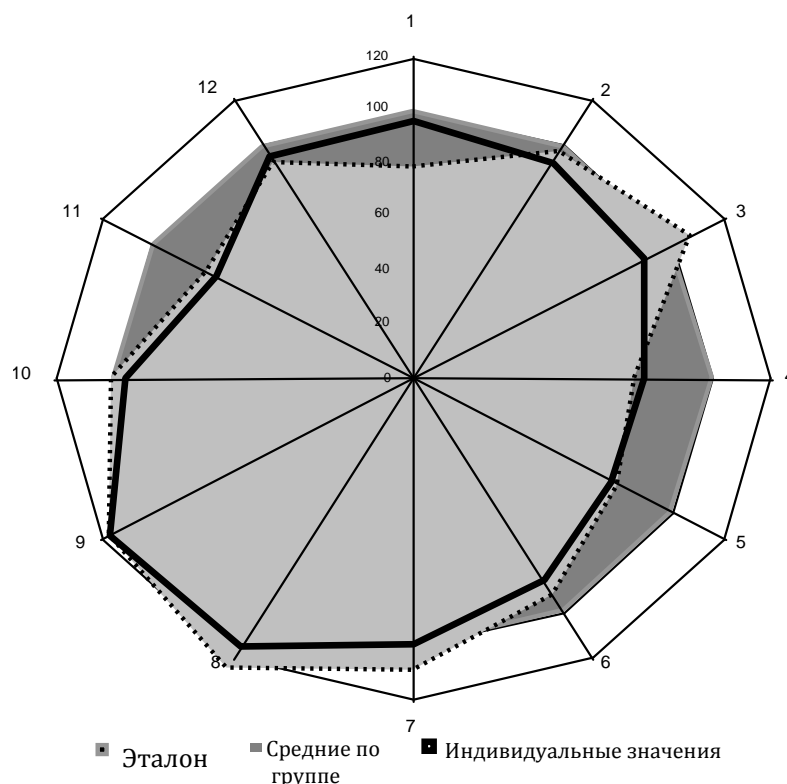


Рис. 2. Функциональные показатели лыжников в условиях, моделирующих прохождение соревновательной дистанции (% от эталонного значения):

1 – объем вдоха; 2 – частота дыхания; 3 – легочная вентиляция; 4 – потребление кислорода; 5 – выделение углекислого газа; 6 – интенсивность потребления кислорода на 1 кг массы тела; 7 – интенсивность потребления кислорода на 1 кг массы тела; 8 – респираторный коэффициент; 9 – вентиляционный эквивалент по кислороду; 10 – вентиляционный эквивалент по углекислому газу; 11 – частота сердечных сокращений; 12 – кислородный пульс.

$$V_{O_2} = 0,4658 + 0,3146 \cdot x + 0,1731 \cdot y - 0,0099 \cdot x^2 - 0,0081 \cdot x \cdot y - 0,0049 \cdot y^2$$

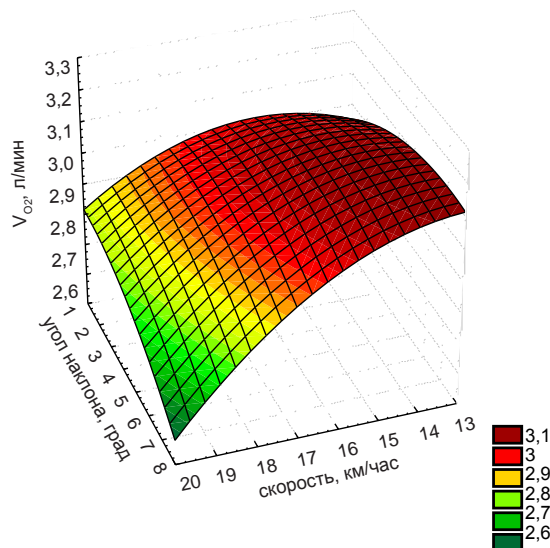


Рис. 3. Модель взаємозв'язки аеробної продуктивності лижників-гонщиків со скоростью преодоления подъемов и углом подъема

$$HR = -91,8166 + 25,0722 \cdot x + 21,3079 \cdot y - 0,5411 \cdot x^2 - 1,183 \cdot x \cdot y + 0,0303 \cdot y^2$$

$$ExcCO_2 = 293,7016 - 26,9873 \cdot x - 18,1987 \cdot y + 0,6726 \cdot x^2 + 0,6992 \cdot x \cdot y + 0,6419 \cdot y^2$$

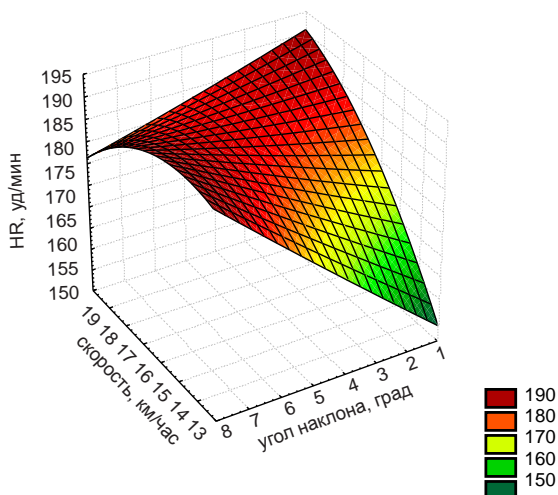


Рис. 4. Модель взаємозв'язки ЧСС лижников-гонщиків со скоростью преодоления подъемов и его углом

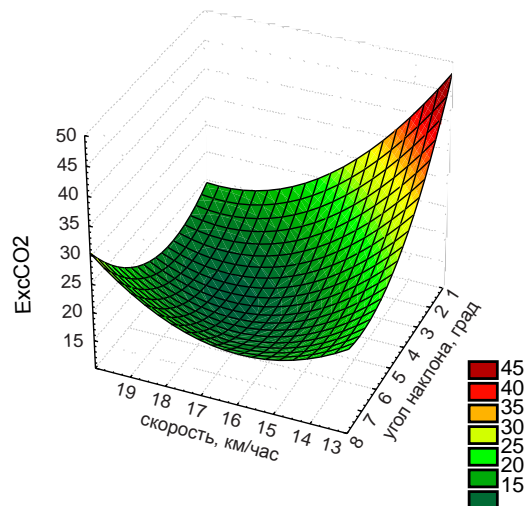


Рис. 5. Модель взаємозв'язки $ExcCO_2$ лижников-гонщиків со скоростью преодоления подъемов и его углом

Дискуссія.

Результати досліджень підтвердили достовірну взаємозв'язку гомологаційних характеристик лижних трас з рівнем реалізації функціональних можливостей організму спортсменів. Отримані дані збігаються з даними інших авторів [12, 13, 20, 21] о необхідності визначення оптимальних параметрів спеціальної работоспособності спортсменів. В результаті проведених досліджень встановлено, що робота в час змагань на пересічених трасах носить змінний характер. Основним джерелом забезпечення работоспособності спортсмена є аеробні можливості організму. Їх рівень досягає 92-95% від максимальних значень. Разом з тим, проходження раз-

личних по довжині і по часу підйомів і спусків викликає не однакову інтенсифікацію аеробного обміну. Наряду з цим встановлено, що в час змагань підйомів значуща роль в енергозабезпеченні організму лижників-гонщиків належить анаеробним джерелам. Їх об'єм досягає 80% своїх максимальних значень. Таким чином, співвідношення метаболічних реакцій обумовлює більшу спрямованість адаптаційних змін в провідних функціональних системах, забезпечують спеціальну работоспособність спортсменів. Функціональні можливості спортсменів з високим рівнем реалізації аеробних і анаеробних резервів близькі до потрібних значень функціональної підготовленості.

Анализ публикаций ведущих специалистов свидетельствует о том [11, 14], что моделирование состояния специальной подготовленности спортсменов включает разработку комплекса наиболее существенных и ранжированных по уровню значимости показателей – модельных характеристик. Такие характеристики должны быть достигнуты в процессе тренировки к моменту главных соревнований. Особое внимание уделяется моделированию функциональных возможностей спортсменов, необходимых для преодоления подъемов. Этот факт является основополагающим условием формирования специальной работоспособности лыжников.

Анализ показал, что одним из проблемных вопросов увеличения функциональных возможностей спортсменов является развитие функции дыхательной компенсации метаболического ацидоза. Такой подход согласуется с данными других авторов [16, 18, 19]. В основе оценки этой функции лежит изменение реакции легочной вентиляции, которая характеризует способность организма к выведению избыточного CO_2 . При этом среди выявленных факторов проявления аэробной мощности, наибольшую значимость имеют абсолютные и удельные показатели потребления кислорода ($r=0,96$; $p<0,05$) и предельный уровень интенсивности работы ($r=0,73$; $p<0,05$). Среди выявленных факторов проявления анаэробной мощности наибольший удельный вес имеют общая скорость образования и выведения CO_2 ($r=0,79$; $p<0,05$), дыхательный коэффициент ($r=0,98$; $p<0,05$) и избыток образующегося CO_2 ($r=0,96$; $p<0,05$). Это является подтверждающим фактором невозможности достижения высокого уровня результативности в лыжных гонках без существенной реализации анаэробного потенциала в процессе преодоления соревновательной дистанции.

Материалы наших исследований в достаточной мере дополняют теоретические положения, посвященные проблеме совершенствования функциональной подготовленности лыжников-гонщиков на различных

участках дистанции. Нами впервые были определены модельные характеристики функциональных возможностей лыжников-гонщиков при прохождении подъемов различной сложности, которые могут быть положены в основу системы оценки компонентов специальной работоспособности спортсменов на различных участках соревновательной дистанции

Выводы.

На основании проведенных нами исследований разработаны модельные характеристики ведущих параметров (функциональных и соревновательной деятельности) подготовленности спортсменов высокой квалификации. Их использование может способствовать поддержанию высокого уровня специальной работоспособности на всех отрезках соревновательной дистанции. В особенности это касается при наличии подъемов различной крутизны.

Выявленные индивидуальные различия в проявлении специальной работоспособности лыжников-гонщиков позволяют разрабатывать тренировочные программы с акцентом на «ведущие» показатели. Также позволяют построить групповые и индивидуальные модели преодоления соревновательной дистанции с учетом особенностей функциональной подготовленности спортсменов. Данные результаты могут быть использованы для контроля динамики специальной подготовленности на этапах подготовительного периода и реализации индивидуального подхода в управлении тренировочным процессом спортсменов.

Благодарности.

Работа выполнена согласно Сводному плану НИР в сфере физической культуры и спорта Украины по теме 2.22. «Разработка комплексной системы определения индивидуально-типологических свойств спортсменов на основе проявления генома» № государственной регистрации 0106U010778; УДК 796.072.

Конфликт интересов.

Автор заявляет, что не существует никакого конфликта интересов.

Литература

1. Баталов А.Г. Модельно-целевой способ построения спортивной подготовки высококвалифицированных спортсменов в зимних циклических видах спорта. /А.Г. Баталов //Теория и практика физической культуры, 2001, - №11, - С. 46–52.
2. Власенко С.О. Особливості проходження різних за рельєфом ділянок дистанції в лижних гонках / С.О. Власенко, Л.Н. Кузьменко // Педагогіка, психологія а медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. наук. пр. – Х., 2005 - №1. – С. 18-22.
3. Дунаев К.С. Технология целевой физической подготовки высококвалифицированных биатлонистов в годичном цикле тренировки: автореф. дис. на соискание уч. степени док. пед. наук : спец. 13.00.04 «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры» / К.С. Дунаев. – СПб., 2007. – 50 с.
4. Дьяченко А. Ю. Практичні аспекти оптимізації

Reference

1. Batalov AG. Model'no-celevoj sposob postroeniia sportivnoj podgotovki vysokokvalificirovannykh sportsmenov v zimnikh ciklicheskih vidakh sporta [Model-target method of construction of elite sportsmen's training in winter cyclic kinds of sports] *Teoriia i praktika fizicheskoi kul'tury*, 2001;11:46–52. (in Russian)
2. Vlasenko SO, Kuz'menko LN. Osoblivosti prokhodzhennia riznikh za rel'iefom dilianok distancii v lizhnikh gonkakh [Peculiarities of passing of different by relief distances in ski racings] *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2005;1:18-22. (in Ukrainian)
3. Dunaev KS. *Tekhnologiia celevoj fizicheskoi podgotovki vysokokvalificirovannykh biatlonistov v godichnom cikle trenirovki. Dokt. Diss.* [Technology of targeted physical training of elite biathlon sportsmen in annual cycle of training. Doct. Diss.], Sankt Petersburg; 2007. (in Russian)
4. D'iachenko Alu. Praktichni aspekti optimizacii fiziologichnoi

- фізіологічної реактивності в спортивній підготовці кваліфікованих спортсменів. Теорія і методика фізичного виховання і спорту // Науково-теоретичний журнал / А.Ю. Дьяченко.– 2010. – №3. – С. 22-27.
5. Котляр С.Н. Модельные характеристики функциональных возможностей лыжников-гонщиков высокой квалификации успешно выступающих в гонках классическим и коньковым стилями передвижения / С.Н. Котляр // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання та спорту: Зб. наук. пр. – Харків: ХДАДМ, 2002. - №27. – С. 86-92.
 6. Михайловский С.П. Управление тренировочным процессом на основе моделирования ведущих показателей подготовки лыжников-гонщиков. /С.П. Михайловский // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта, 2009, - №- 7 (53).– С. 74-77.
 7. Мулик В.В. Система многолетнего спортивного совершенствования в усложненных условиях сопряжения основных сторон подготовленности спортсменов (на материале лыжного спорта). - Дис. ... д-ра наук з фіз. вихов. і спорту / Мулик В.В. - К., 2002. - 515 с.
 8. Нестеров В.Н. Общая характеристика функциональной подготовленности лыжников-гонщиков высокой квалификации. // В.Н.Нестеров, Ю.К.Хмельницкая – XIII Международный научный конгресс «Современный Олимпийский спорт и спорт для всех». Материалы конгресса. – Алматы: КазАСТ, 2009. – С. 249-252.
 9. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: ученик тренера высшей квалификации [Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: ученик тренера высшей квалификации]. К.: Олимпийская литература, 2004. - 584 с.
 10. Филиппов М.М. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности /М.М.Филиппов, Д.Н.Давиденко - СПб.-Киев (Россия –Украина): БПА,2010. - 260с.
 11. Хохлов Г.Г. Тестирование лыжников-гонщиков в естественных условиях /Г.Г. Хохлов // Слобожанский научно-спортивный вiсник. – 2002. - №5. – С. 120-122.
 12. Astorino T.A. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *J Strength Cond Res*, 2012. 26(1): p. 138-145.
 13. Carlsson P., Ainegren M., Tinnsten M., Sundström D., Esping B., Koptioug A., & Bäckström, M. Cross-Country Ski. In: *The Engineering Approach to Winter Sports*. Springer New York. 2016.
 14. Dubrovinskiy S. S., Batalov A. G. modelling of technical and tactical actions in competitive sprint activity of elite cross-country skiers (the case of olympics 2010 and 2014) // *Theory and practice of physical culture*. – 2015. – №. 9. – С. 20-25.
 15. Gabrys T. Dynamics of aerobic capacity in cross-country skiing in the view of training loads structure. /Gabrys T.; Szmatlan-Gabrys U.; Plewa M., In: Koskolou M. (ed.), *European College of Sport Science, Proceedings of the 7th annual congress of the European College of Sport Science, Athens, Greece, 24-28 July 2002*. Athens, Pashalidis Medical Publisher, 2002, p.448.
 16. Holmberg H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing/H. Holmberg // 6 International Congress on Science and Skiing. Austria. 2013, P. 7.
 17. Klusiewicz A. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer/A. Klusiewicz J. Faff, J. Starczewska-Czapowska // *Biol. Sport*. - 2011. - № 28. - P. 31-35.
 18. Losnegard T. Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit, and performance in elite cross-country skiers. *J reaktivnosti v sportivnij pidgotovci kvalifikovanih sportsmeniv* [Practical aspects of optimization of physiological reactivity in sports training of elite sportsmen]. *Teoriia i metodika fizichnogo vikhovannia i sportu*, 2010;3:22-27. (in Ukrainian)
 5. Kotliar SN. Model'nye kharakteristiki funkcional'nykh vozmozhnostej lyzhnikov-gonshchikov vysokoj kvalifikacii uspesno vystupaiushchikh v gonkakh klassicheskim i kon'kovym stiliami peredvizhenia [Model characteristics of functional potentials of elite ski racers, who successfully participate in racings with classic and skate styles] *Pedagogs, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2002;27:86-92. (in Russian)
 6. Mikhajlovskij SP. Upravlenie trenirovochnym processom na osnove modelirovaniia vedushchikh pokazatelej podgotovki lyzhnikov-gonshchikov [Control of training process on the base of simulation of most important indicators of ski racers' training] *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2009;7(53):74-77. (in Russian)
 7. Mulik VV. *Sistema mnogoletnego sportivnogo sovershenstvovaniia v uslozhnennykh usloviiakh sopriazheniia osnovnykh storon podgotovlennosti sportsmenov (na materiale lyzhnogo sporta)*. *Kand. Diss.* [System of many years' sport perfection in complicated conditions of combination of main sides sportsmen's fitness (on materials of ski sports). *Cand. Diss.*], Kiev; 2002. (in Russian)
 8. Nesterov VN, Khmelnytska JK. Obschchaia kharakteristika funkcional'noj podgotovlennosti lyzhnikov-gonshchikov vysokoj kvalifikacii. [General characteristic of elite ski racers' functional fitness]. *XIII Mezhdunarodnyj nauchnyj kongress «Sovremennyj Olimpijskij sport i sport dlia vseh»* [XIII International scientific congress "Modern Olympic sports and sports for all], *Almaty: KazAST, 2009. p. 249-252.* (in Russian)
 9. Platonov VN. *Obschchaia teoriia podgotovki sportsmenov v olimpijskom sporte* [General theory of sportsmen's training in Olympic sports]. *Kiev: Olympic Literature; 2004.* (in Russian)
 10. Filippov MM, Davidenko DN. *Fiziologicheskie mekhanizmy razvitiia i kompensacii gipoksii v processe adaptacii k myshechnoj deiatel'nosti* [Physiological mechanisms of training and compensation of hypoxia in process of adaptation to muscular functioning], *Sankt Petersburg-Kiev, BPA; 2010.* (in Russian)
 11. Khokhlov G.G. Testirovanie lyzhnikov-gonshchikov v estestvennykh usloviiakh [Testing of ski racers in natural conditions]. *Slobozhanskij nauково-sportivnij visnik*. 2002;5:120-122. (in Russian)
 12. Astorino TA. Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *J Strength Cond Res*, 2012;26(1): 138-145.
 13. Carlsson P, Ainegren M, Tinnsten M, Sundström D, Esping B, Koptioug A, & Bäckström M. *Cross-Country Ski. In The Engineering Approach to Winter Sportsm*. Springer: New York; 2016.
 14. Dubrovinskiy SS, Batalov AG. modelling of technical and tactical actions in competitive sprint activity of elite cross-country skiers (the case of olympics 2010 and 2014). *Theory and practice of physical culture*, 2015;9:20-25.
 15. Gabrys T, Szmatlan-Gabrys U, Plewa M. Dynamics of aerobic capacity in cross-country skiing in the view of training loads structure. In: Koskolou M. (ed.), *European College of Sport Science, Proceedings of the 7th annual congress of the European College of Sport Science, Athens, Greece, 24-28 July 2002.* (p.448). Athens: Pashalidis Medical Publisher;

- Strength Cond Res, 2013. 27(7): p. 1780-90.
19. Losnegard T. Physiological differences between sprint-and distance-specialized cross-country skiers / T. Losnegard J. Hallén // *Int. Journal Sports Physiol. Perform.* - 2014; 9(1). - P. 25-31.
 20. Saltin B. Success in cc skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity / B. Saltin // *6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg.- Austria.* - 2013. - P. 14.
 21. Vandbakk K. Effects of upper body sprint interval training on endurance performance, aerobic capacity and work economy in female cross-country skiers during classical roller skiing. *Høgskolen i Nord-Trøndelag.* – 2015. – 100 p.
 22. Žiška P., Olasz D., Krčmár M. The Impact of Endurance Training on Functional Parameters During the Preparation Phase among Cross-Country Skiers // *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae.* – 2016. – T. 56. – №. 1. – С. 53-65.
 23. Szmatlan-Gabrys Urszula. Anaerobic Threshold Indices of Cross-Country Skiers During Preparatory Yearly Macrocycle Period. / Szmatlan-Gabrys Urszula; Cepulenas Algirdas; Gabrys Tomasz; Gromisz Wilhelm; Mroz Anna; Plewa Michal. *Education. Physical Training. Sport 2004: Vol. 3 Issue 53.* p. 65-73.
 24. Khmelnytska J.K., Filippov M.M. Characteristics of functional tension of qualified skiers when passing rises of different difficulty. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2015;10:70-76. doi:10.15561/18189172.2015.1011
 - 2002.
 16. Holmberg H. Integrative biomechanics and physiology in c-c skiing. *6 International Congress on Science and Skiing* (p. 7). Austria; 2013.
 17. Klusiewicz A, Faff J, Starczewska-Czapowska J. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer. *Biol. Sport.* 2011;28:31-35.
 18. Losnegard, T. Seasonal variations in VO₂max, O₂-cost, O₂-deficit, and performance in elite cross-country skiers. *J Strength Cond Res*, 2013;27(7): 1780-1790.
 19. Losnegard T, Hallén J. Physiological differences between sprint-and distance-specialized cross-country skiers. *Int. Journal Sports Physiol. Perform.* 2014; 9(1): 25-31.
 20. Saltin B. Success in cc skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity. *6 International Congress on Science and Skiing* (p. 14). Austria; 2013.
 21. Vandbakk K. *Effects of upper body sprint interval training on endurance performance, aerobic capacity and work economy in female cross-country skiers during classical roller skiing.* Høgskolen i Nord-Trøndelag; 2015.
 22. Žiška P, Olasz D, Krčmár M. The Impact of Endurance Training on Functional Parameters During the Preparation Phase among Cross-Country Skiers. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 2016;56(1):53-65.
 23. Szmatlan-Gabrys Urszula, Cepulenas Algirdas, Gabrys Tomasz, Gromisz Wilhelm, Mroz Anna, Plewa Michal. Anaerobic Threshold Indices of Cross-Country Skiers During Preparatory Yearly Macrocycle Period. *Education. Physical Training. Sport*, 2004;3(53): 65-73.
 24. Khmelnytska J.K., Filippov M.M. Characteristics of functional tension of qualified skiers when passing rises of different difficulty. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2015;10:70-76. doi:10.15561/18189172.2015.1011

Информация об авторе:

Хмельницкая Юлия Константиновна; <http://orcid.org/0000-0002-0231-1879>; juliya_2008@bigmir.net; Национальный университет физического воспитания и спорта Украины; ул. Физкультуры 1, г. Киев, 03680, Украина.

Цитируйте эту статью как: Хмельницкая Ю.К. Моделирование реализации функциональных возможностей лыжников-гонщиков при прохождении лыжных трасс разной сложности // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2016. – N4. – С. 42–49. doi:10.15561/18189172.2016.0407

Электронная версия этой статьи является полной и может быть найдена на сайте: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive.html>

Это статья Открытого Доступа распространяется под термином Creative Commons Attribution License, которая разрешает неограниченное использование, распространение и копирование любыми средствами, обеспечивающими должное цитирование этой оригинальной статьи (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>).

Дата поступления в редакцию: 22.07.2016
Принята: 26.07.2016; Опубликована: 30.08.2016

Information about the author:

Khmelnytska J.K.; <http://orcid.org/0000-0002-0231-1879>; juliya_2008@bigmir.net; National University of Physical Education and Sport of Ukraine; Fizkultury str. 1, Kiev, 03680, Ukraine.

Cite this article as: Khmelnytska J.K. Simulation of realization of ski-racers' functional potentials in passing ski trails of different complexity. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2016;4:42–49. doi:10.15561/18189172.2016.0407

The electronic version of this article is the complete one and can be found online at: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive-e.html>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).

Received: 22.07.2016
Accepted: 26.07.2016; Published: 30.08.2016