

1. Баевский, Р.М. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Слово. – 217 с.
2. Полякова, Т.Д. Обоснование необходимости формирования у студентов специальности «Физическая реабилитация и эрготерапия» профессионально значимых физических качеств / Т.Д. Полякова, Хамед Мохамед С. Абдельмажид, С.А. Бучко // Молодежь – науке. Актуальные проблемы теории и методики физической культуры и спорта: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту», 8–10 апр. 2009 г. / редкол.: М.Е. Кобринского (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУФК. – Т. 2. – С. 526–529.
3. Баевский, Р.М. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Слово. – 217 с
4. Апанасенко, Г.Л. Здоровье: методология и методика количественной оценки / Г.Л. Апанасенко // Здоровье и функциональные возможности человека. – М., 1985. – С. 21.
5. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.П. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: ФиС. – 1988. – 208 с.
6. Амнуэль, Л.В. Регрессионные взаимосвязи показателей сократимости сердца и его сосудистой нагрузки с частотой сердечных сокращений и PWC_{170} у спортсменов / Л.В. Амнуэль, Л.Л. Головина, А.Г. Травинская // Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: материалы IX науч.-практ. конф. – М.: ГКГ МВД РФ, 2007. – С.333–343.
7. Баевский, Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М. Баевский. – М.: Медицина – 1979. – 298 с.
8. Ранняя диагностика регуляторных нарушений сердечно-сосудистой системы с использованием реографа-полианализатора / А.С. Медведев [и др.] // Материалы междунар. науч.-практ. конф. государств – участников СНГ по проблемам физ. культуры и спорта, 27–28 мая 2010 г. / редкол.: М.Е. Кобринский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУФК. – Ч. 2. – С. 415–419.

Поступила 07.06.2010

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ КОНЬКОБЕЖЦАМИ

Е.А. Мороз, Л.М. Шкуматов, канд. биол. наук,

Научно-исследовательский институт физической культуры и спорта
Республики Беларусь

В статье представлены данные исследования биокинетики лактата после выполнения однократного и многократного повторения тестирующей нагрузки (бег в гору с максимальной скоростью) II квалифицированными спортсменами, специализирующимися в скоростном беге на коньках. Рассчитан вклад лактацидного механизма энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении тестирующих упражнений. Полученные результаты исследования могут быть использованы для количественной оценки развития аэробных и анаэробных (главным образом гликолитических) возможностей энергообеспечения в ходе тренировочного процесса.

Investigation data of lactate biokinetics following single and multiple repetition of a testing loading (uphill running at a maximal rate) of 11 qualified athletes specializing in speed skating are presented in the article. Lactidemia mechanism contribution to muscles activity energy supply was calculated in the process of testing exercises execution. The research findings can be applied in a training process to quantitative estimation of aerobic and anaerobic (mainly glycolytic) energy supply potentialities.

Рост спортивных результатов в скоростном беге на коньках зависит от широкого внедрения новых средств и методов подготовки, рационализации системы планирования и построения тренировочного процесса. Эти положения применительно к подготовке конькобежцев основываются на широком использовании результатов научных исследований в области биохимии и физиологии спорта. Они могут использоваться практическими тренерами в построении современных методов и схем тренировки [1]. Важным компонентом общей системы подготовки спортсменов является комплексный контроль, который дает возможность планировать тренировочную программу и вносить в нее необходимую коррекцию [2]. С появлением крытых катков конькобежцы получили возможность не только увеличить объем специальной подготовки, но и значительную ее часть проводить в летнее время. В тренировочную работу на льду включают интервальные тренировки на относительно коротких отрезках, гликолитическую тренировку [3]. Специфический режим работы конькобежцев, особенно на дистанциях до 1500 м, требует развития специальной выносливости. Повышение эффективности этого процесса связано с необходимостью количественной оценки компонентов, составляющих это качество. Анаэробный компонент является важной составляющей специальной выносливости [4].

Основным компонентом (по емкости, мощности и скорости развертывания) анаэробных возможностей организма является анаэробный гликолиз. Применяемые в настоящее время методы определения вклада гликолиза в энергетику упражнения, основанные только на определении лактата, в ходе тренировочного процесса позволяют сопоставлять энергетику упражнения с эмпирически установленными зонами мощности. Применение последних имеет ряд методических ограничений, обсуждение которых выходит за рамки настоящей работы. Поэтому актуальна проблема определения доли гликолитического механизма в энергообеспечении мышечной деятельности спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках, с возможностью дальнейшей перспективой применения полученных знаний в целях увеличения эффективности тренировочного процесса.

Целью нашей работы являлось определение доли лактацидного механизма энергообеспечения мышечной деятельности при однократно и многократно (трехкратно и двенадцатикратно) повторяющихся нагрузках субмаксимальной мощности у спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: вычислить выполненную работу, количество АТФ, затраченное на выполнение

работы, определить биокинетические параметры накопления и утилизации лактата, количество АТФ, ресинтезируемого в результате анаэробного гликолиза.

Организация и методы исследования

В исследовании приняли участие 11 спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках, в возрасте от 15 до 38 лет, имеющих квалификацию: 1 разряд – 2, КМС – 4, МС – 3, МСМК – 1, ЗМС – 1 человек.

Анализ дневников показал, что обследуемые конькобежцы, вне ледовой подготовки, наиболее часто используют трехкратное, двенадцатикратное повторение бега в гору в качестве тренировочных упражнений для повышения специальной выносливости. Поэтому вклад гликолитической составляющей энергообеспечения мышечной деятельности определялся в ходе выполнения упражнений, предписанных тренировочной программой спортсменов и заключающихся в преодолении отрезков длиной 120 м при беге в гору (высота 30 м, уклон 25 %). Тренировочные задания предполагали однократное, трехкратное, двенадцатикратное повторение этой дистанции.

Первое тестирование (1) представляло бег в гору с максимальной скоростью. Упражнение выполнялось после разминки. Продолжительность выполняемой нагрузки составила от 26 до 36 с. Определение концентрации лактата в сыворотке крови проводили непосредственно перед тестированием и в 8–10 временных точках на протяжении 70 мин.

Второе тестирование (2) – бег в гору с максимальной скоростью с трехкратным повторением и периодами отдыха. Предварительно выполнялась разминка. Продолжительность забегов от 26 до 41 с. Общее время работы составляло 4,5 мин. Кровь для определения лактата забирали до выполнения нагрузки, после каждого забега и девятикратно в период 35-минутного восстановления.

Третье тестирование (3) – бег с максимальной скоростью после предварительной разминки с двенадцатикратным повторением и периодами отдыха. Время забегов составляло 39–44 с. Общее время выполнения упражнения составило 19 мин. Забор капиллярной крови для определения концентрации лактата проводили до выполнения нагрузки, после забега и девятикратно в период 45-минутного восстановления.

Кинетика лактата изучалась после последнего повторения тестирующей нагрузки.

Определение концентрации лактата проводили в сыворотке крови ионоселективным методом с использованием анализатора лактата “BIOSEN” (Германия).

Механическая работа, выполненная спортсменами в ходе упражнения, рассчитывалась по формуле (1):

$$A = m \times g \times h, \quad (1)$$

где A – работа, Дж;

m – масса спортсмена, кг;

g – ускорение свободного падения, $m \times c^{-2}$;

h – высота подъема, м.

Количество АТФ, затраченное на выполнение работы, рассчитывали по формуле (2):

$$n(AT\Phi)_t = \frac{A}{KПД \times 31500}, \quad (2)$$

где КПД утилизации АТФ мышцами при беге = 0,5;

31500 Дж – энергия 1 моль АТФ.

Из литературных источников известно, что кинетика лактата после нагрузки носит биэкспоненциальный характер [5–8]. Для исследования накопления и элиминации лактата использовали одночастевую модель с всасыванием. Для вычисления константы элиминации (k_d) использовали нелинейную регрессию. Константу скорости появления лактата в крови (k_a), т. е. выход из мышц определяли в Excel методом подбора [9–10]. Вычислили концентрацию лактата в объеме распределения ($C_{\max(v)}$), количество АТФ, образовавшегося в результате гликолиза, используя методику описанную нами ранее [11–12]. Для расчетов использовали концентрацию лактата до выполнения тестирующей нагрузки (C_1), максимальную концентрацию лактата, зафиксированную в крови ($C_{\max(b)}$).

Поскольку выборки не подвергались проверке на нормальное распределение, полученные результаты были обработаны с использованием методов непараметрической статистики.

Результаты и обсуждения. Масса спортсменов, принимавших участие в тестировании, составила $78,25 \pm 4,21$ кг у мужчин и $60,25 \pm 1,60$ кг у женщин. При одинаковых условиях тестирования конькобежцы выполнили работу различной величины, что было обусловлено различиями в массе тела. Работа, выполненная спортсменами, специализирующимися в скоростном беге на коньках, при первом тестировании составила $23005 \pm 1255,2$ Дж у мужчин и $16758 \pm 470,63$ Дж у женщин. Во время второго обследования при выполнении третьего повторения бега в гору была выполнена работа $23618 \pm 1192,2$ Дж и $17248 \pm 802,2$ Дж мужчинами и женщинами соответственно. В ходе третьего тестирования конькобежками во время двенадцатого повторения была выполнена работа $18617 \pm 850,87$ Дж.

Среднегрупповые показатели биокинетических параметров кинетики лактата у мужчин представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фармакокинетические параметры лактата у спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках (мужчины)

Показатели	1 обследование (n=4)	2 обследование (n=3)
	$X_{cp} \pm S_x$	$X_{cp} \pm S_x$
$n(AT\Phi)$, моль	$1,45 \pm 0,07$	$1,49 \pm 0,70$
K_d , мин ⁻¹	$0,03 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,00$
K_a , мин ⁻¹	$0,43 \pm 0,08$	$1,04 \pm 0,21^*$
t_{\max} , мин	$7,00 \pm 1,00$	$4,00 \pm 1,00$

Продолжение таблицы 1

Показатели	1 обследование (n=4)	2 обследование (n=3)
	$X_{cp} \pm S_x$	$X_{cp} \pm S_x$
C_1 , ммоль/л	1,99±0,19	8,50±0,87*
$C_{max(b)}$, ммоль/л	12,48±0,43	15,34±0,27*
$C_{max(v)}$, ммоль/л	15,81±1,18	16,89±1,08
$n(ATФ)_{gl}$, моль	0,81±0,06	0,62±0,07*

Примечание – * – достоверное отличие ($p < 0,05$).

Определены биокинетические параметры утилизации лактата после однократно и многократно повторяющихся нагрузок. После выполнения теста бег в гору у конькобежцев константа утилизации лактата составила $0,0319 \pm 0,0048$ мин⁻¹. Константа всасывания лактата из мышц в кровь составила $0,4324 \pm 0,0801$ мин⁻¹. Количество АТФ, образовавшегося в результате гликолиза, составило $0,81 \pm 0,06$ моль.

При выполнении третьего повтора бега в гору у мужчин константа утилизации лактата составила $0,0274 \pm 0,0056$ мин⁻¹. Константа всасывания лактата из мышц в кровь составила $1,0445 \pm 0,2101$ мин⁻¹. Полученное количество АТФ, образовавшегося в результате анаэробного гликолиза, составило $0,62 \pm 0,07$ моль.

Из полученных данных видно, что у мужчин константа утилизации достоверно не изменяется в зависимости от количества повторений тестирующей нагрузки. Изменение концентрации лактата в объеме распределения происходит в сторону увеличения не достоверно. Отмечается достоверное увеличение константы всасывания в 2,4 раза, концентрация лактата до выполнения нагрузки в 4,3 раз, максимальная концентрация лактата, зафиксированная в крови на 23 % ($p < 0,05$). Количество АТФ, образованное в результате гликолиза, достоверно уменьшилось на 23 % ($p < 0,05$).

Биокинетические параметры утилизации лактата у женщин после выполнения тестирующих нагрузок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Фармакокинетические параметры лактата у спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках (женщины)

Показатели	1 обследование (n=4)	2 обследование (n=3)	3 обследование (n=3)
	$X_{cp} \pm S_x$	$X_{cp} \pm S_x$	$X_{cp} \pm S_x$
$n(ATФ)$, моль	1,13±0,03	1,1±0,05	1,18±0,06
K_d , мин ⁻¹	0,03±0,00* ³	0,02±0,00* ³	0,02±0,001* ^{1,2}
K_a , мин ⁻¹	0,67±0,23* ³	0,78±0,38* ³	1,88±0,31* ^{1,2}
t_{max} , мин	5,8±1,00	6,33±2,03	2,67±0,38
C_1 , ммоль/л	2,42±0,68* ^{2,3}	11,03±1,27* ^{1,3}	16,07±0,94* ^{1,2}
$C_{max(b)}$, ммоль/л	11,66±1,58* ^{2,3}	18,1±0,76* ¹	17,1±0,88* ¹
$C_{max(v)}$, ммоль/л	13,75±1,78* ²	20,73±1,49* ¹	17,82±0,87
$n(ATФ)_{gl}$, моль	0,52±0,06* ³	0,41±0,08* ³	0,12±0,03* ^{1,2}

Примечание – * – достоверное отличие ($p < 0,05$).

В группе женщин при первом обследовании константа элиминации составила $0,0256 \pm 0,0005$ мин⁻¹. Константа всасывания лактата из мышц в кровь составила $0,67 \pm 0,23$ мин⁻¹. Количество АТФ, образовавшегося в результате гликолиза, равно $0,52 \pm 0,06$ моль.

Во втором обследовании у женщин константа элиминации составила $0,0207 \pm 0,0035$ мин⁻¹. Константа всасывания лактата из мышц в кровь составила $0,7814 \pm 0,3803$ мин⁻¹. Количество АТФ, образовавшегося в результате гликолиза, составляет $0,41 \pm 0,08$ моль.

При обработке результатов третьего тестирования у женщин получено, что константа скорости исчезновения лактата из крови равна $0,02 \pm 0,001$ мин⁻¹, константа скорости появления лактата из крови – $1,88 \pm 0,31$ мин⁻¹. Вычисленное количество АТФ, образованное в результате гликолиза, составило $0,12 \pm 0,03$ моль.

Полученные данные свидетельствуют, что после двенадцатого повторения тестирующей нагрузки достоверно снизилась константа скорости элиминации лактата по сравнению с однократным и третьим повторением, что указывает на уменьшение способности организма спортсменок утилизировать лактат с увеличением количества повторов нагрузки. Достоверно возросла при третьем обследовании по сравнению с первыми двумя константа скорости появления лактата в крови, что указывает на увеличение скорости выхода лактата из мышц. Концентрация лактата в крови до выполнения нагрузки достоверно возрастает с увеличением количества повторов тестирующего упражнения. После третьего повторения она увеличилась в 4,6 раза по сравнению с однократным повторением, после двенадцатого повторения – на 45 % по сравнению с третьим повторением и в 6,6 раз по сравнению с однократным повторением упражнения ($p < 0,05$). Максимальная концентрация лактата, зафиксированная в крови, достоверно увеличилась на 55 % после третьего повторения и на 46 % после двенадцатого повторения по сравнению с однократным бегом в гору ($p < 0,05$). Максимальная концентрация лактата, вычисленная для объема распределения, достоверно возросла на 51 % после второго обследования по сравнению с первым. Количество АТФ, образовавшееся в результате гликолиза, уменьшилось на 21 % после третьего повторения по сравнению с однократной нагрузкой (различия недостоверны). Данный показатель уменьшился достоверно после двенадцатого повторения на 77 % по сравнению с однократным повторением и на 71 % – с третьим повторением тестирующего упражнения ($p < 0,05$).

Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение количества повторов тестирующей нагрузки сопровождается увеличением лактата в организме, однако, количество АТФ, ресинтезируемое в процессе анаэробного гликолиза, уменьшается. Поэтому концентрация лактата, определяемая в крови после нагрузки, без учета концентрации лактата, определяемой непосредственно перед исследуемой нагрузкой, и биокинетических параметров не могут быть критериями оценки эффективности анаэробного гликолиза в процессе энергообеспечения мышечной деятельности конкретного упражнения.

Вклад лактацидного механизма энергообеспечения мышечной деятельности у конькобежцев в зависимости от количества повторов тестирующего

упражнения спортсменами, специализирующимися в скоростном беге на коньках, представлен на рисунке.

Из представленных результатов видно, что у мужчин доля лактаcidного механизма энергообеспечения мышечной деятельности третьего повтора бега в гору с максимальной скоростью составила $41,92 \pm 5,38$ % и достоверно уменьшилась на 25 % ($p < 0,05$) по сравнению с однократным бегом в гору ($56,07 \pm 4,68$ %). У женщин вклад гликолиза в энергетику тестирующего упражнения составил: $46,38 \pm 5,31$ % – первое обследование, $36,95 \pm 5,38$ % – второе обследование, $10,13 \pm 2,88$ % – третье обследование. Наблюдается достоверное снижение доли гликолиза в энергообеспечение мышечной деятельности при выполнении двенадцатого повторения тестирующего упражнения на 78 % ($p < 0,05$) по сравнению с однократным, на 73 % ($p < 0,05$) по сравнению с третьим повторением. При сравнении первого и второго обследования наблюдается недостоверное снижение на 20 % вклада гликолитического механизма в энергетику данных упражнений. Следовательно, с увеличением числа повторений нагрузки субмаксимальной мощности вклад лактаcidного механизма энергообеспечения мышечной деятельности снижается.

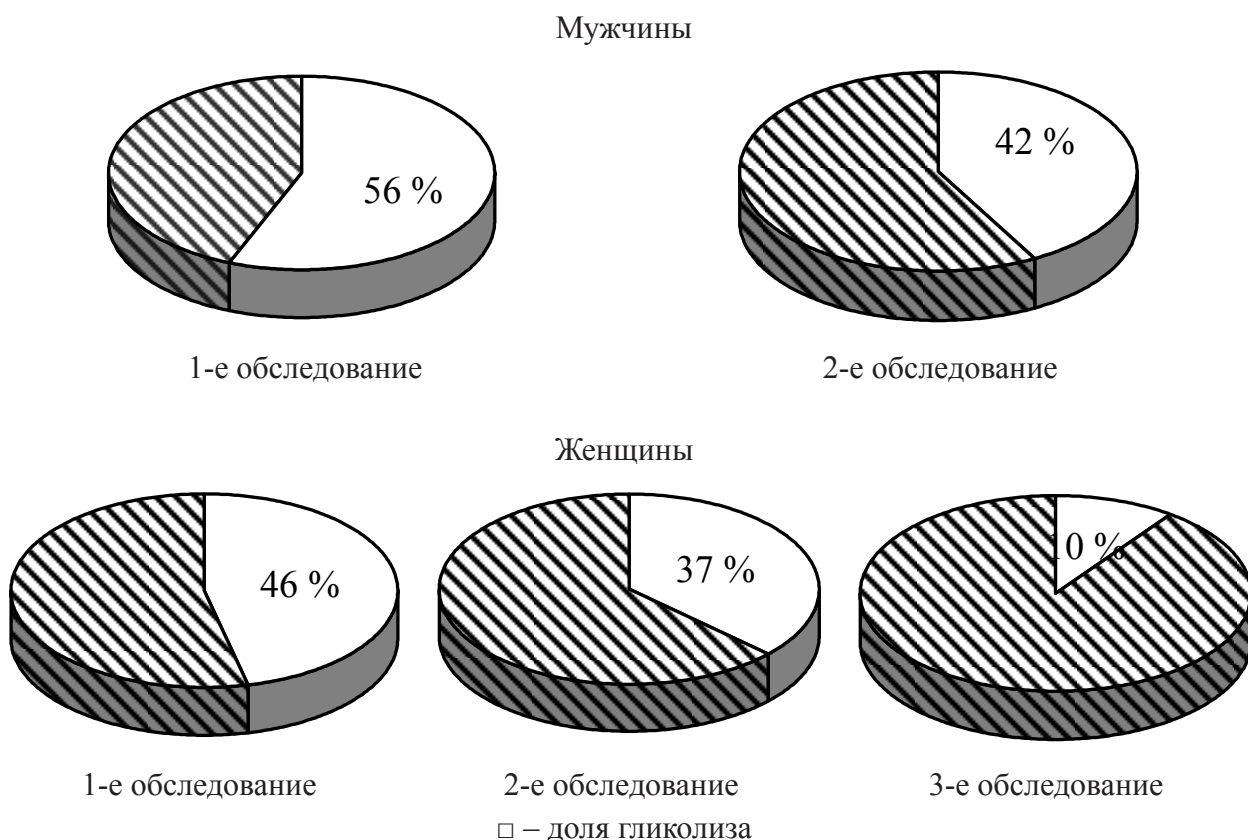


Рисунок – Вклад лактаcidного механизма энергообеспечения после однократного, третьего и двенадцатого повторения выполнения упражнения бег в гору конькобежцами-спринтерами

Заключение

С увеличением количества повторений нагрузок субмаксимальной мощности снижается способность организма спортсмена утилизировать образующийся лактат.

Максимальная концентрация лактата в крови после выполнения нагрузки без учета биокинетических параметров лактата не может служить критерием оценки вклада гликолитического механизма в энергетику многократно повторяющегося упражнения субмаксимальной мощности.

Вклад лактацидного механизма энергообеспечения мышечной деятельности снижается в повторных упражнениях субмаксимальной мощности. Следовательно, если растет концентрация лактата в организме, а при этом снижается вклад лактацидного механизма в энергетику последующих повторений, то интервальная тренировка может быть использована для развития емкости, но не мощности гликолитического механизма энергообеспечения мышечной деятельности.

Полученные данные могут быть использованы для оценки динамики развития анаэробного гликолиза в ходе тренировочного процесса и определения доли лактацидного механизма энергообеспечения мышечной деятельности при выполнении повторных упражнений субмаксимальной мощности.

1. Волков, Н.И. Эффективность интервальной гипоксической тренировки при подготовке конькобежцев высокой квалификации / Н.И. Волков, Б.А. Стенин, С.Ф. Сокунова // Теория и практика физ. культуры. – 1998. – № 3. – С. 8–13.

2. Бахрах, И.И. Комплексный контроль в системе подготовки юных конькобежцев / И.И. Бахрах, А.М. Докторович // Теория и практика физ. культуры. Тренер: журнал в журнале. – 2000. – № 9. – С. 35–37.

3. Вашляев, Б.Ф. О специальной подготовке конькобежцев / Б.Ф. Вашляев, И.Р. Вашляева // Теория и практика физ. культуры. Тренер: журнал в журнале. – 2006. – № 2. – С. 28–31.

4. Сорванов, В.А. Поиск способов измерения специальной выносливости / В.А. Сорванов, Ю.П. Алексеева // Теория и практика физ. культуры. – 2005. – № 3. – С. 49–53.

5. Freund, H. Lactate after exercise in man: I. Evolution kinetics in arterial blood / H. Freund, P. Zouloumian // Eur J Appl Physiol Occup Physiol. – 1981. – Vol. 46, № 2. – P. 121–133.

6. Zouloumian, P. Lactate after exercise in man: II. Mathematical model / P. Zouloumian, H. Freund // Eur J Appl Physiol Occup Physiol. – 1981. – Vol. 46, № 2. – P. 135–147.

7. Zouloumian, P. Lactate after exercise in man: III. Properties of the compartment model / P. Zouloumian, H. Freund // Eur J Appl Physiol Occup Physiol. – 1981. – Vol. 46, № 2. – P. 149–160.

8. Freund, H. Lactate after exercise in man: IV. Physiological observations and model predictions / H. Freund, P. Zouloumian // Eur J Appl Physiol Occup Physiol. – 1981. – Vol. 46, № 2. – P. 161–176.

9. Варфоломеев, С.Д. Биокинетика: практический курс / С.Д. Варфоломеев, К.Г. Гуревич. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999. – 720 с.

10. Фармакокинетика / Н.Н. Каркищенко [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 377 с.

11. Мороз, Е.А. Энергообеспечение упражнений субмаксимальной мощности у конькобежцев высокой квалификации / Е.А. Мороз, Л.М. Шкуматов // Научные труды НИИ физической культуры и спорта: сб. науч. тр. – Минск, 2010. – Вып. 9. – С. 202–207.

12. Мороз, Е.А. Определение доли гликолитического механизма в энергообеспечении многократно повторяющейся нагрузки субмаксимальной мощности / Е.А. Мороз, Л.М. Шкуматов // Научные труды НИИ физической культуры и спорта: сб. науч. тр. – Минск, 2010. – Вып. 9. – С. 207–212.

Поступила 21.05.2010