

1. Лактатный порог и его использование для управления тренировочным процессом: метод. рекомендации / под. ред. Д.А. Полищука. – Киев: Абрис, 1997. – 234 с.
2. Мякинченко, Е.Б. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта / Е.Б. Мякинченко, В.Н. Селуянов. – М.: ТВТ Дивизион, 2005. – 337 с.
3. Селуянов, В.Н. Физиологические механизмы и методы определения аэробного и анаэробного порогов / В.Н. Селуянов, Е.Б. Мякинченко, Д.Г. Холодняк // Теория и практика физ. культуры. – 1991. – № 10. – С. 9–12.
4. Симонова, О.Н. Оценка анаэробных порогов по изменению ЧСС при стандартных нагрузочных пробах / О.Н. Симонова // Физиология человека. – 2001. – № 4, т. 27. – С. 66–68.
5. Янсен, П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость: пер. с англ. / П. Янсен. – Мурманск: Тулома, 2007. – 160 с.
6. Brooks, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research / J.A. Brooks // Med. and Scien. in Sports and Exercise. – 1985. – № 17. – P. 22–31.
7. Bunk, V. Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes / V. Bunk, J. Heeller, J. Leso // J. of Sports Med. – 1987. – № 8. – P. 275–280.
8. Conconi, F. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners / F. Conconi, M. Ferrari, P.G. Zigilio // J. of Appl. Physiol. – 1982. – № 52. – P. 869–873.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ЛАКТАТНОЙ АНАЭРОБНОЙ СИСТЕМЫ У КОНЬКОБЕЖЦЕВ-СПРИНТЕРОВ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ДИСТАНЦИИ 500 М

Мороз Е.А. , Ильютик А.В.** , Протченко С.Д.***,*

* НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь,

** Белорусский государственный университет физической культуры,

*** Белорусский государственный аграрный технический университет,
Республика Беларусь

В конькобежном спорте уровень развития процессов энергообеспечения мышечной деятельности относится к числу важнейших факторов, определяющих спортивный результат. Поскольку скоростной бег на коньках характеризуется работой субмаксимальной мощности, то основным механизмом энергообеспечения мышечной деятельности является гликолиз [1, 2]. Анаэробная энергопродукция играет чрезвычайно важную роль в обеспечении мышечной деятельности, в частности при выполнении физических упражнений с высокой интенсивностью, при которых потребности в АТФ превышают то ее количество, которое вырабатывается аэробными биохимическими механизмами [3].

Регистрация метаболических реакций организма на тренировочную нагрузку в процессе проведения специального тестирования позволяет обосновать коррекцию физических нагрузок при проведении последующих тренировок. На основе полученной информации тренер вносит изменения в план подготовки спортсмена [4]. Одним из наиболее часто используемых биохимических показателей в современной спортивной практике является определение молочной кислоты в крови, по изменению концентрации которой можно оценить степень активации анаэробных процессов в работающих мышцах. В спортивной литературе не освещены вопросы количественных характеристик анаэробного гликолиза, которые могли бы позволить обосновать коррекцию тренировочного процесса. Поэтому целью нашей работы являлось определение основных биокинетических параметров утилизации лактата и количества АТФ, ресинтезируемого в результате анаэробного гликолиза, мощности гликолиза, выраженной в расходе универсальной «энергетической валюты» организма – АТФ.

Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: исследовать параметры биокинетики лактата; определить количество АТФ, ресинтезируемого в процессе гликолиза при прохождении дистанции 500 м.

В статье представлены данные исследования утилизации лактата конькобежцев-спринтеров (мужчины) в возрасте от 15 до 20 лет, имеющих квалификацию МС – 1, КМС – 6.

Конькобежцы проходили дистанцию 500 м с максимальной скоростью после разминки и вкатывания. Концентрацию лактата определяли с помощью анализатора лактата «BIOSEN» (Германия) перед началом, на 1, 3, 6, 10, 15, 20, 25, 35, 45, 55-й минутах после окончания забега.

Кинетика изменения концентрации молочной кислоты в крови после физической нагрузки носит биэкспонциальный характер [5, 6]. Поэтому биокинетику лактата исследовали в рамках двухчастевой фармакокинетической модели со всасыванием [7–9]. Для расчетов применяли регрессионный анализ в системе STATISTICA – модуль Multiple Regression, оценивали зависимость между временем утилизации лактата и определяемой концентрацией лактата в сыворотке крови.

Константу элиминации (k_d) рассчитали по нисходящей части кривой утилизации лактата [7].

Время полужизни лактата в крови рассчитали по формуле:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_d}, [\text{мин}] \quad (1)$$

где k_d – константа скорости исчезновения лактата из крови, мин^{-1} .

Константу скорости появления лактата в крови (k_a) (выход из мышц) определяли методом подбора в среде электронных таблиц Excel из следующего уравнения:

$$t_{\max} = \frac{\ln\left(\frac{k_a}{k_d}\right)}{k_a - k_d}, [\text{мин}] \quad (2)$$

где t_{\max} – время достижения максимальной концентрации лактата, зафиксированной в крови; k_d – константа скорости исчезновения лактата из крови.

Концентрация лактата в объеме распределения ($C_{\max(v)}$) была рассчитана с помощью параметров однокамерной фармакокинетической модели с учетом всасывания по уравнению:

$$C_{\max(v)} = \frac{C_{\max(b)} \times (k_a - k_d)}{(\exp[-k_d t_{\max}] - \exp[-k_a t_{\max}]) \times k_a}, [\text{ммоль} / \text{л}] \quad (3)$$

где $C_{\max(b)}$ – максимальная зафиксированная концентрация лактата в сыворотке крови; t_{\max} – максимальное время; k_d – константа элиминации; k_a – константа всасывания [7–9].

Количество АТФ, образовавшегося в результате гликолиза, рассчитали по формуле:

$$n(\text{АТФ})_{gl} = \frac{(C_{\max(v)} - C_1) \times V_d \times 1,5}{1000}, [\text{моль}] \quad (4)$$

где $C_{\max(v)}$ – концентрация лактата в объеме распределения; C_1 – исходная концентрация лактата в сыворотке крови; V_d – объем распределения, который составляет 60 % от массы спортсмена, л [10–12]; 1,5 – количество АТФ, приходящееся на образование 1 моль лактата при гликолизе; 1000 – коэффициент пересчета ммоль в моль.

Полученные результаты основных биокинетических параметров, количество АТФ, синтезируемое за счет анаэробного гликолиза, мощность лактатной анаэробной системы, выраженная в скорости расхода АТФ при пробегании спортсменами дистанции 500 м, представлены в таблице.

Таблица – Параметры биокинетики лактата и мощность лактатной анаэробной системы, выраженная в расходе АТФ, у конькобежцев-спринтеров после прохождения дистанции 500 м

Параметры	Ж-о	Л-ч	Ш-ий	А-й	К-й	П-к	Т-ч
Время, с	40,7	42,2	41,2	45,5	44,8	43,5	43,0
Масса, кг	89	75	73	70	70	71	85
K_d , мин ⁻¹	0,0292	0,0329	0,0416	0,0361	0,0357	0,0511	0,0305
R^2	1,00	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98
K_a , мин ⁻¹	5,2138	5,0684	4,7868	4,7868	4,9724	0,2491	0,2344
$t_{1/2}$, мин	23,73	21,06	16,66	19,20	19,41	13,56	22,70
t_{max} , мин	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,00	10,00
C_1 , ммоль/л	0,99	1,36	1,63	1,40	1,99	1,19	1,51
$C_{max(b)}$, ммоль/л	17,07	15,27	15,40	15,16	13,19	13,72	12,25
$C_{max(v)}$, ммоль/л	17,58	15,78	16,05	15,73	13,67	20,65	16,62
$n(ATФ)_{gl}$, моль	1,33	0,97	0,95	0,90	0,74	1,24	1,16
$n(ATФ)_{gl}/t$, ммоль/с	32,68	22,99	23,06	19,78	16,52	28,51	26,98

Примечания – K_d – константа скорости исчезновения лактата из крови; R^2 – коэффициент детерминации; K_a – константа скорости появления лактата в крови (выхода из мышц в кровь); $t_{1/2}$ – время полужизни лактата; C_1 – концентрация лактата в крови до выполнения нагрузки; $C_{max(b)}$ – максимальная концентрация лактата, зафиксированная в крови; $C_{max(v)}$ – максимальная концентрация лактата, вычисленная для объема распределения; $n(ATФ)_{gl}$ – количество АТФ, образованное в результате гликолиза; $n(ATФ)_{gl}/t$ – мощность гликолиза, выраженная в расходе АТФ.

Таким образом, получены параметры биокинетики лактата: константа скорости исчезновения лактата из крови составила от 0,0292 до 0,0511 мин⁻¹; константа скорости появления лактата в крови изменялась в диапазоне от 0,2344 до 5,2138 мин⁻¹; время полужизни лактата – от 13,56 до 23,73 мин; максимальная концентрация лактата, вычисленная для объема распределения, – 13,67–20,65 ммоль/л. Найдено количество АТФ, образованное в результате гликолиза, – 0,74–1,33 моль. Рассчитана мощность гликолиза, выраженная в расходе универсальной «энергетической валюты» организма, составившая от 16,52 до 32,68 ммоль/с при пробегании основной соревновательной дистанции обследуемых спортсменов 500 м.

Полученные данные дают возможность объективно оценить энергетику анаэробного гликолитического механизма при выполнении специальной работы спортсменами, специализирующимися на спринтерских дистанциях в скоростном беге на коньках. Это позволит тренеру корректировать индивидуальную тренировочную программу конькобежцев.

1. Яковлев, Н.Н. Биохимия спорта / Н.Н. Яковлев. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 288 с.
2. Игнатъева, Л.П. Биохимические основы спортивной работоспособности: учеб. пособие / Л.П. Игнатъева, А.А. Герасимова, Т.П. Чуксева. – Волгоград, 1987. – 88 с.
3. Метаболизм в процессе физической деятельности / Л. Спрайет [и др.]; под ред. М. Харгривса. – Киев: Олимпийская литература, 1998. – 286 с.
4. Рогозкин, В. А. Методы биохимического контроля в спорте / В.А. Рогозкин. – Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта, 1990. – 178 с.
5. Blood lactate exchange and removal abilities after relative high-intensity exercise: effects of training in normoxia and hypoxia / L. Messonnier [et al.] // Eur J Appl Physiol. – 2001. – № 84. – P. 403–412.