

*Мороз Е.А.*

Белорусский государственный университет физической культуры

*Шкуматов Л.М.*

Республиканский научно-практический центр спорта

Республика Беларусь, Минск

**СООТНОШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ, АЭРОБНЫХ  
И АНАЭРОБНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ  
СУБМАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ В ТЕЧЕНИЕ 3 МИНУТ  
НА ГРЕБНОМ ТРЕНАЖЕРЕ**

*Moroz E.A.*

Belarusian State University of Physical Culture

*Shkumatov L.M.*

Republican Scientific and Practical Center of Sport

Republic of Belarus, Minsk

**CORRELATION BETWEEN MECHANICAL WORK, AEROBIC  
AND ANAEROBIC ABILITIES WHILE PERFORMING A 3-MINUTE LOAD  
OF SUBMAXIMAL CAPACITY ON A ROWING MACHINE**

**ABSTRACT.** The article presents data related to the last stage of testing on a rowing ergometer «Dansprint» (4×3 min). 18 oarsmen have been tested. It had been revealed that for the purpose of supplying the exercise with energy from glycolysis 1,03 mol was resynthesized, and by means of the aerobic mechanism 2,53 mol of adenosine triphosphate was resynthesized. The contribution of glycolysis was 31 %, the contribution of aerobic mechanism was 68 %. Relatively large glycolysis capacity related to covering the distance during 3 minutes with maximum working capacity. Rather big capacity of glycolysis is connected with passing of the distance within 3 minutes with performance of work of the maximum power.

**KEYWORDS:** lactate; glycolysis; kayaking; anaerobic mechanism of energy supply.

**АННОТАЦИЯ.** В статье представлены данные относящиеся к последней ступени теста на гребном эргометре «Dansprint» (4×3 мин). Протестировано 18 гребцов на байдарках. Показано, что для обеспечения энергией упражнения за счет гликолиза ресинтезировано 1,03 моль, а за счет аэробного механизма – 2,53 моль АТФ. Вклад гликолиза составил 31 %, аэробного механизма – 68 %. Относительно большая емкость гликолиза связана с прохождением дистанции в течение 3 мин с выполнением работы максимальной мощности.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** лактат; гликолиз; гребля на байдарках; анаэробный механизм энергообеспечения.

Уровни развития аэробного и анаэробных механизмов энергообеспечения являются важнейшими структурными компонентами спортивного мастерства гребцов. Они позволяют трансформировать хорошую специальную подготовку в достижение максимального спортивного результата [1]. Поэтому определение емкости метабо-

лических процессов образования энергии и их вклад в энергетику упражнений является актуальным для циклических видов спорта, в том числе гребли. Целью нашего исследования являлось определение количественных показателей гликолитического механизма генерации энергии и соотношение данных показателей с аэробным механизмом и выполненной механической работой.

В исследовании принимали участие 18 мужчин, членов национальной команды Республики Беларусь по гребле на байдарках, в возрасте от 18 до 31 года, имеющих квалификацию: ЗМС – 6, МСМК – 10, МС – 2.

Тестирование проводили в начале цикла годичной подготовки на гребном тренажере-эргометре «Dansprint» со ступенчато повышающейся мощностью. Тест состоял из 4 ступеней, продолжительностью 3 мин с интервалами для отдыха между ступенями продолжительностью 1 мин.

Содержание лактата в капиллярной крови определяли на анализаторе глюкозы и лактата «BIOSEN» (Германия) до нагрузки, после каждой ступени и в течение 31–53 мин восстановления после тестирования. Время забора крови фиксировали индивидуально для каждого спортсмена. Показатели кинетики лактата рассчитывали на основании данных четвертой ступени тестирования, используя методику определения вклада анаэробного гликолиза в энергообеспечение упражнений на основе биокинетики лактата согласно одночастевой фармакокинетической модели с всасыванием [2].

Эргоспирометрическое тестирование проводилось на портативном мобильном комплексе MetaMax 3B.

Количество АТФ, ресинтезированное в процессе окислительного фосфорилирования ( $n(ATP)_{окФ}$ ) при выполнении последней ступени задания, рассчитали по формуле 1:

$$n(ATP)_{окФ} = \frac{(V(O_2)_{cp} - V(O_2)_0) \cdot 3 \cdot K_1 \cdot 0,45}{E_{ATP}} \cdot 0,75, \quad (1)$$

- где  $V(O_2)_{cp}$  – среднее значение объема потребления кислорода при выполнении последней ступени задания, л/мин;  
 $V(O_2)_0$  – объем потребления кислорода до нагрузки, л/мин;  
 3 – время выполнения нагрузки, мин;  
 $K_1$  – калориметрический коэффициент в зависимости от среднего значения дыхательного коэффициента, кДж/л;  
 0,45 – КПД окислительного фосфорилирования;  
 $E_{ATP}$  – энергия гидролиза АТФ до АДФ кДж/моль;  
 0,75 – доля АТФ, затраченная на гребки [3].

Полученные и расчетные данные работы были обработаны с помощью программы Statistika. Поскольку большая часть значений изучаемых показателей не соответствовала закону нормального распределения – были использованы непараметрические методы описательной статистики. Для выявления взаимосвязей между длиной пройденной дистанции и полученными, расчетными изучаемыми показателями кинетики лактата и энергетики работы использовался метод Спирмена.

Результаты исследования представлены в таблице. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха.

Таблица – Полученные и расчетные энергетические показатели работы, корреляционная матрица взаимосвязи длины пройденной дистанции с изучаемыми показателями при прохождении последней ступени на гребном тренажере

Показатель	Медиана	25-процентиль	75-процентиль	r	p
Дистанция, м	707	681	725		
Работа, Дж	42176	39150	45288	<b>0,681</b>	<b>0,0018</b>
$n(\text{АТФ})_t$ , моль	3,57	3,31	3,83	<b>0,681</b>	<b>0,0018</b>
$k_d$ , мин <sup>-1</sup>	0,03	0,03	0,04	-0,284	0,2530
$k_a$ , мин <sup>-1</sup>	0,30	0,22	0,40	-0,334	0,1762
$t_{\max}$ , мин	5,13	3,75	7,17	0,356	0,1466
$C_t$ , ммоль/л	4,55	2,80	5,40	-0,297	0,2320
$C_{\max(b)}$ , ммоль/л	14,44	13,33	15,95	0,456	0,0569
$\Delta C_{\max(v)}$ , ммоль/л	13,01	11,09	15,42	<b>0,502</b>	<b>0,0338</b>
$n(\text{АТФ})_{gl}$ , моль	1,03	0,90	1,19	<b>0,488</b>	<b>0,0397</b>
Вклад гликолиза, %	31	26	34	0,228	0,3624
$V(\text{O}_2)_0$ , л/мин	0,80	0,67	0,87	0,091	0,7787
$V(\text{O}_2)_{cp}$ , л/мин	4,61	3,99	5,00	0,126	0,6967
$DK_{cp}$	0,95	0,91	1,03	0,407	0,1891
$n(\text{АТФ})_{\text{ОкФ}}$ , моль	2,53	2,18	2,80	0,217	0,4986
Вклад $\text{ОкФ}$ , %	68	63	76	-0,126	0,6967
Сумма вкладов, %	98,05	95,22	102,24	0,098	0,7621

Примечание:  $n(\text{АТФ})_t$  – количество АТФ, затраченное на выполнение работы,  $k_d$  – константа скорости исчезновения лактата,  $k_a$  – константа скорости появления лактата в крови,  $t_{\max}$  – время достижения максимальной концентрации лактата в крови,  $\Delta C_{\max(v)}$  – прирост концентрации лактата в объеме распределения,  $n(\text{АТФ})_{gl}$  – количество АТФ, ресинтезированного в процессе гликолиза,  $DK_{cp}$  – среднее значение дыхательного коэффициента, вклад  $\text{ОкФ}$  – вклад в энергообеспечение упражнения окислительного фосфорилирования

При работе с максимальной мощностью на последней ступени задания гребцы за 3 мин прошли дистанцию 707 (от 681 до 725) м, что является примерно средней величиной между соревновательными дистанциями 500 и 1000 м. Время достижения максимальной концентрации лактата составило 5,13 (от 3,75 до 7,17) мин восстановления. Это свидетельствует о необходимости учитывать продолжение роста содержания лактата после окончания нагрузки для оценки гликолитического механизма энергообразования. Отмечается умеренная статистически значимая положительная взаимосвязь между пройденной дистанцией и работой, количеством АТФ, затраченным для выполнения данной работы. Также отмечается умеренная статистически значимая положительная взаимосвязь между пройденной дистанцией и изменением концентрации лактата в объеме распределения, количеством АТФ, ресинтезированным в процессе гликолиза. Это свидетельствует о важной роли гликолиза в энергообеспечении прохождения дистанции в течение 3 мин.

Вклад гликолиза составил 31 %, что совпадает с данными В.Б. Иссурина, И.А. Савелева для дистанции 1000 м – 27–36 % [3; 4]. Вклад аэробного механизма в энергообеспечение мышечной деятельности составил 68 %, что практически

совпадает с данными, полученными В.Б. Иссуриним для дистанции 1000 м – 70–80 % [3]. В нашей предшествующей работе вклад гликолиза на дистанции 1000 м составил 20 %, аэробного механизма – 76 % [5]. Сумма вкладов данных процессов энергообеспечения составляет 99 %. Следовательно, на долю креатинфосфатного механизма приходится 1 %. Рассчитанные количественные характеристики гликолиза, аэробного механизма, выполненной механической работы хорошо соотносятся друг с другом.

Таким образом, при выполнении последней ступени задания с максимальной мощностью на гребном тренажере в течение 3 мин высококвалифицированные гребцы выполнили работу 42176 (от 39150 до 45288) Дж. При этом на ее выполнение затрачивается 3,57 (от 3,31 до 3,83) моль АТФ. В процессе гликолиза ресинтезировано 1,03 (от 0,9 до 1,19) моль АТФ, аэробного механизма – 2,53 (от 2,18 до 2,80) моль. Вклад гликолиза в энергообеспечение мышечной деятельности составил 31 (от 26 до 34) %, аэробного механизма – 68 (от 63 до 76) %.

Гребцы на байдарках с большей емкостью гликолиза проходят большую дистанцию в течение 3 мин работы с максимальной мощностью на гребном тренажере. Таким образом, гликолитический механизм ресинтеза АТФ один из ведущих факторов в соревновательной деятельности у высококвалифицированных гребцов на байдарках.

1. Самуйленко, В. Е. Моделирование прохождения соревновательных дистанций квалифицированными гребцами на байдарках и каноэ (на примере мужской гребли на байдарках) / В. Е. Самуйленко // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания спорта. – 2013. – № 5. – С. 57–61.

2. Шкуматов, Л. М. Метод индивидуализации подготовки высококвалифицированных гребцов на байдарках на основе особенностей кинетики эндогенного лактата: практ. пособие / Л. М. Шкуматов, В. В. Шантарович, Е. А. Мороз. – Минск: БГУФК, 2014. – 39 с.

3. Иссурин, В. Б. Биомеханика гребли на байдарках и каноэ / В. Б. Иссурин. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 111 с.

4. Савелев, И. А. Кинетика процессов аэробного и анаэробного энергетического обмена у человека при напряженной мышечной деятельности: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / И. А. Савелев. – М., 2001. – 195 с.

5. Мороз, Е. А. Энергетический баланс у байдарочников при прохождении дистанции 1000 м на гребном тренажере / Е. А. Мороз, Л. М. Шкуматов, В. В. Шантарович // Прикладная спортивная наука. – 2018. – № 2 (8). – С. 78–84.