

10.25

636

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Институт физиологии им. акад. Л. А. ОРБЕЛИ

На правах рукописи

ЗИНЧЕНКО НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ

ДИНАМИКА МЕТАБОЛИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ
У СПОРТСМЕНОВ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ
МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

(030013—Физиология человека и животных)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

Ереван 1978

Работа выполнена на кафедре конькобежного спорта и в проблемной научно-исследовательской лаборатории программирования тренировки и физиологии спортивной работоспособности Государственного Центрального ордена Ленина института физической культуры (ректор института—доцент В. И. Маслов).

Научный руководитель:

Кандидат биологических наук, доцент **И. И. Волков**

И. М. Коц

Л. Л. Ишханов

научно-исследовательский

час. На заседании совета
и животных (Д—1183)
АН Арм. ССР. Адрес:

Библиотеке института.

совета,

В. КАЗАРЯН

0257

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В условиях напряженной мышечной деятельности состояние обмена веществ претерпевают быстрые изменения по ходу работы. Различия в исходном функциональном состоянии, степень выраженности предстартовых реакций, особенности включения в работу различных энергетических источников приводит к тому, что при фиксированных значениях внешней механической работы абсолютное значение происходящих сдвигов и соотношений различных биохимических показателей, которые характеризуют метаболические состояния, обнаруживают широкий диапазон колебаний и существенно изменяются со временем работы (Кулик А.М. 1959, Погодаев К.И., Турова Н.Ф. 1972, Виру А.А. 1974, Лондра К., Ратх Р., Басс А. 1976). Изучение динамики метаболических показателей и установление характера происходящих изменений метаболизма имеет важное значение для прогнозирования спортивных достижений, определения наиболее рациональной тактики ведения борьбы, выбора наиболее эффективных средств и методов подготовки.

Научная новизна. Изучение динамики метаболических функций во время напряженной мышечной деятельности с помощью традиционных методов позволило выявить неоднозначность отдельных фаз работы, в частности, общепринято выделение периода "вработывания", охватывающего начальный этап работы, периода "стационарного" режима работы, и заключительного этапа, где существенно проявляется утомление или резко стимулируется физиологическая активность за счет финишного ускорения Горкин Г.Я. 1956, Виноградов М.И. 1957, Гандельсман А.Б. Смирнов К.М. 1970, *Henry F.M. and J.C. De Meoz 1956, Astzand P.O.*

and Saltin (1961)

Однако, подробного описания динамики метаболических изменений в каждой фазе работы и особенности перехода из одного режима работы в другой до сих пор не было. Одна из причин заключается в том, что традиционные методы исследования газообмена и химической динамики крови требуют больших объемов анализируемого газа или жидкости которые могут быть получены в течение длительного промежутка времени, исчисляемого десятками секунд и потому дают лишь усредненную картину происходящих явлений, которые маскируют детали изменения отдельных метаболических функций (Ольнянская Р.П., Исаакян Л.А. 1959, Яковлев Н.Н. 1974, Wasserman K. 1965)

Примененная в работе техника быстрых, непрерывных изменений газометрических показателей, показателей химической динамики крови — позволило в деталях проследить кинетику метаболических функций и вскрыть ряд важных закономерностей ускользавших от внимания исследователей при использовании традиционных экспериментальных методов. В целях более глубокого градирования метаболических состояний в различных режимах напряженной мышечной деятельности был использован методический прием с заданием начальных ускорений различающихся по мощности и продолжительности. С помощью этого приема были получены точные количественные характеристики динамики метаболических состояний во время работы и проведена их классификация. Выявлены критические условия работы в наибольшей мере способствовавшие механической производительности.

Практическая значимость. Установленные метаболические сос-

тоятий, возникающих на различных этапах напряженной мышечной деятельности, их количественная оценка позволяет установить режимы работы способствующие появлению наиболее высокой работоспособности. На этой основе становится возможным построение наиболее рационального графика прохождения дистанций, установление оптимальных мощности и продолжительности начального и финишного ускорения. В целях лучшей реализации рациональной раскладки сил на дистанции, каждому спортсмену, в соответствии с особенностями его функционального развития, могут быть предложены направленный отбор средств и методов способствующих развитию требуемых функциональных свойств организма.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, шести глав и выводов., содержит 122 страницы машинописного текста, 4 схемы, 8 таблиц, 146 графиков, библиографического указателя, содержащего 217 работ, из которых 117 на русском и 100 - на других языках.

П е р в а я глава посвящена анализу литературных данных о динамике метаболических функций и работоспособности человека при напряженной мышечной деятельности.

Основное внимание в этой главе отводится таким важным характеристикам как критерий мощности, емкости, эффективности энергетических источников и их динамике в процессе выполнения упражнения.

Во в т о р о й главе описаны экспериментальные процедуры и использованные в работе методы физиологических исследований.

Т р е т ь я глава содержит фактический материал, полученный при работе на уровне критической мощности и регистрации

динамики ряда метаболических функций в ходе выполнения упражнений.

В четвертой главе представлены данные о динамике метаболических функций при начальных ускорениях с последующим переходом на уровень пороговой мощности.

В пятой главе представлены данные о динамике метаболических функций при работе на критической и пороговой мощности с начальными ускорениями, после предварительной умеренной работы.

В шестой главе, на основе полученных результатов, обсуждается эффект ускорений разной мощности и продолжительности выполняемых в начальной фазе напряженной мышечной работы, а также выбор мощности восстановительного упражнения и эффект предварительной работы.

Задачи, методы и организация экспериментальных исследований.

Исходя из намеченной цели и учитывая современное состояние вопроса, основными задачами нашего исследования были поставлены следующие:

1. Изучить динамику метаболических функций при работе выполняемой на уровне критической мощности.
2. Установить эффект начальных ускорений различной мощности и продолжительности на динамику метаболических функций при последующей работе на уровне критической и пороговой мощности.
3. Выявить особенности метаболических состояний при работе на уровне критической, пороговой мощности и зависимости от различий в исходном метаболическом состоянии.

В экспериментах приняли участие пять коньков бежцев

5.

• высших разрядов (мастера спорта и кандидаты в мастера).

Средний возраст испытуемых составлял 22,4 года, средний рост- 178 см, средний вес- 74,8 кг.

Максимальный уровень потребления кислорода в среднем по группе был равен 4,7 л/мин, частота сердечных сокращений в покое составляла 61,5 уд/мин.

Индивидуально для каждого испытуемого определялась критическая, пороговая мощность и максимальная анаэробная мощность. Исходя из известных значений этих мощностей и используя зависимость "мощность-предельное время" определяли предельную мощность для 45- секундной работы и предельную мощность для 180 сек работы.

Каждый испытуемый, зачисленный в нашу группу, провел серию состоящую из 19 основных экспериментов (см. схему) Для определения степени достоверности некоторые эксперименты испытуемыми проводились дважды.

Все описываемые экспериментальные работы проводились в проблемной лаборатории биоэнергетики ГЦОЛИФК в период с сентября 1974 года по июнь 1975 года.

Каждый день проводили один эксперимент с одним испытуемым, эксперимент и подготовка к нему занимали более двух часов. Время проведения падало на утренние часы с 10 до 12 часов.

За час до начала эксперимента испытуемый приходил в лабораторию для участия в эксперименте.

Для решения перечисленных задач, нами использовались следующие методы: 1) газометрия, 2) пульсометрия, 3) определение содержания молочной кислоты в крови, 4) определение показателей кислотно-щелочного равновесия крови (рН-_т)

С целью изучения состава выдыхаемого воздуха и определения вентиляционных объемов нами был использован автоматический коллектор для забора выдыхаемого воздуха конструкции А.Конрада (Ширковец А.Е., Конрад А.Н., Зинченко Н.П. 1974)

Все полученные данные подвергнуты статистической обработке. Определялась также достоверность различий при общепринятом в биологических исследованиях 5- процентном уровне значимости.

СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- I этап Проведение предварительных испытаний в стандартизированных лабораторных тестах для установления индивидуальных значений $\dot{V}_{O_2 \max}$, критической и пороговой мощности времени удержания $W_{\text{критич}}$.
- II этап Установление индивидуальных значений мощности, соответствующий предельному времени работы 45 и 180 сек
- III этап Проведение кинетических измерений при работе на критической мощности с начальными ускорениями
- IV этап Проведение кинетических измерений при работе на пороговой мощности с начальными ускорениями
- V этап Проведение кинетических измерений, при работе на критической и пороговой мощности с начальными ускорениями, выполняемыми после предварительной работы на уровне ПАНО.

Рис. 1.

2. Результаты исследований.

Динамика метаболических функций при работе на уровне критической мощности.

При выполнении упражнений критической мощности, максимально высокий стационарный уровень аэробных процессов достигается после непродолжительного периода вработывания, где имеет место значительная активизация аэробных процессов. Степень мобилизации анаэробных источников в начальный период работы на критической мощности, их соотношение с аэробными процессами в стационарном режиме во многом зависит от исходного функционального уровня и, в частности, от локализации порога анаэробного обмена (Волков Н.И., Широков Е.А. 1973)

Утомление при напряженной мышечной деятельности возникает как результат несоответствия текущего уровня аэробных процессов энергетическому запросу работы, т.е. как результат чрезмерного усиления анаэробного метаболизма в работающей ткани (Hill A.V. 1955-56)

Выявление особенностей метаболических состояний, возникающих в процессе мышечной деятельности, возможно на основе детальной регистрации наиболее существенных функций, относящихся к сфере аэробного и анаэробного энергетического обмена.

Особый интерес представляет регистрации тех функций в которых интегрируется множество отдельных событий разыгрывающихся в различных органах и тканях, к числу таких функций, прежде всего, следует отнести газообмен в легких и динамику химического состава крови (Шеррер 1973, *Åstrand P.O. and Saltin E.J. 1961, Margaria K. 1971*).

В динамике уровня потребления кислорода при работе на уровне критической мощности отмечается несколько фаз. Начальная фаза вработывания охватывает период от старта и до 100 сек. работы. За этот промежуток времени уровень потребления кислорода достигает своего стационарного значения (см. рис. 2 А). Фаза стационарного уровня охватывает период от 100 и до 230-250 сек. работы.

В заключительной фазе уровень потребления кислорода несколько снижается, а затем вновь быстро увеличивается,

Таким образом, в динамике уровня потребления кислорода четкого проявляется три фазы: 1) фаза быстрого экспоненциального нарастания уровня потребления кислорода в период вработывания, 2) фаза поддержания стационарного уровня потребления, 3) фаза выраженного нарушения в динамике кислородного потребления.

В динамике выделения неметаболического излишка CO_2 отчетливо проявляется так называемый Лаг- период, период без выраженных изменений в $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$, охватывающий время от начала работы и до 30-50 сек (см. рис. 2 Б).

Затем обнаруживается быстрое увеличение выделения $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$, которое продолжается до 100 сек работы. В дальнейшем уровень $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$ циклически изменяется. Первый максимум наблюдается около 200 сек, после чего уровень несколько снижается, колебания с максимальными значениями наблюдаются теперь уже на 340 и 430 сек, а к окончанию работы $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$ снижается.

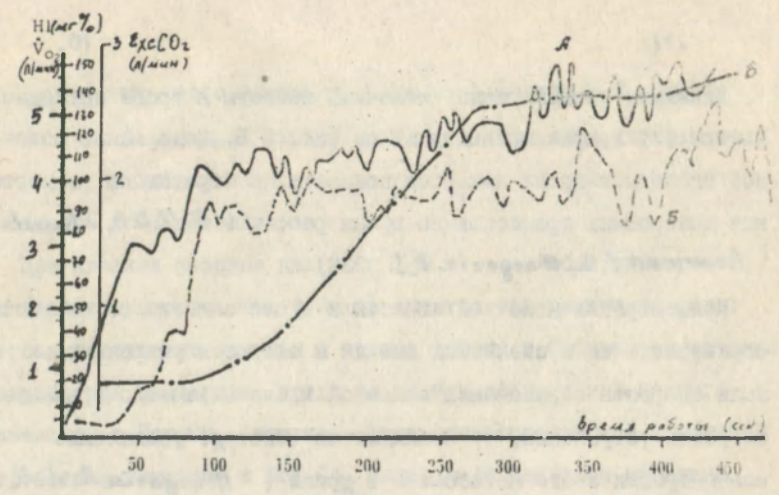


Рис. 2. Динамика метаболических функций при работе на критической мощности. А — уровень O_2 -потребления; В — метаболическое выделение CO_2 ; В — уровень концентрации молочной кислоты в крови.

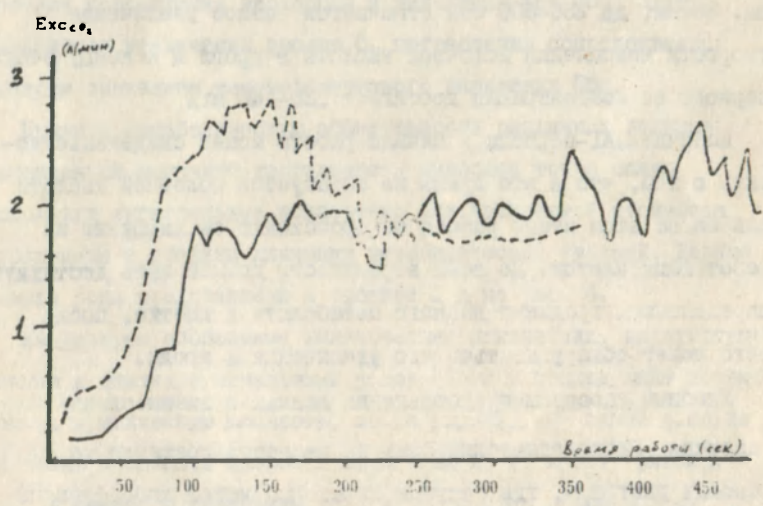


Рис. 4. Динамика неметаболического выделения CO_2 при работе на критической мощности — ; после начального ускорения и перехода на критическую мощность - - -

Динамику концентрации молочной кислоты в крови наглядно иллюстрирует график приведенный на рис. 2 В. Содержание молочной кислоты в крови является показателем отражающим разветвление анаэробных процессов во время работы (*Bell D.B., Edwards H.J. Pennington E.V., Magazanik R.J. 1936*)

Концентрация молочной кислоты в крови зависит от скорости образования ее в скелетных мышцах и скорости устранения. Если скорость образования молочной кислоты заметно превышает скорость устранения, то наблюдается быстрое увеличение концентрации этого метаболита в крови (*Magazanik R. et al 1971*)

В динамике молочной кислоты в крови, во время работы на критической мощности, в первые 100-150 сек работы наблюдается отсутствие сколь-либо выраженных изменений ЛАГ-период. Затем, до 250-300 сек отмечается резкое увеличение скорости накопления молочной кислоты в крови и к концу этого периода ее концентрация достигает 130-140 мг%

Наличие ЛАГ-периода в начале работы может свидетельствовать о том, что в это время не образуется молочной кислоты или же на этом этапе работы не происходит ее диффузии из работающих клеток. Но все же в какой-то момент должен быть достигнут определенный градиент данного метаболита в клетке, после чего может наблюдаться его увеличение в крови.

Удобным способом представления данных о взаимосвязи различных физиологических функций является составление звонких диаграмм, где темпорежимомиссия какой-либо функции сопоставляется с изменением другой физиологической функции

на протяжении всего времени упражнения (Волков И.И. 1969)

На рис. 3 приведен пример такого рода фазовой диаграммы, характеризующей взаимосвязи между показателями потребления кислорода и неметаболического выделения CO_2 .

При анализе фазовых диаграмм такого рода обнаружено, что во взаимоотношении этих функций имеется три различных фазы: первая охватывает начальный период работы с быстрым увеличением потребления кислорода, когда не обнаруживается выраженного изменения в $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$, вторая - фаза односторонних изменений потребления кислорода и $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$ охватывает диапазон изменения потребления O_2 от 3 л/мин до 4,5 л/мин. с изменением $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$ от 0,5 л/мин до максимальных значений. В третьей фазе обнаруживаются противоположно направленные изменения в показателях потребления кислорода и выделения $\text{E}_{\text{ex}} \text{CO}_2$. Здесь дальнейшее увеличение уровня O_2 потребления сопровождается быстрым снижением неметаболического выделения CO_2 .

Оценить метаболическую эффективность различных режимов напряженной мышечной деятельности наиболее точно можно используя интегральные показатели энергетической стоимости упражнения и графики динамики метаболических функций. Данные такого рода представлены в таблице 1 и на рис. 4.

Анализируя обобщенные кинетические показатели, зарегистрированные в опытах с начальными усилиями и последующим переходом на критическую мощность, можно видеть, что самые высокие значения константы скорости вращения (\dot{V}_{O_2}) фиксируются в опытах с начальным усилием, составляющим 50% от секундного предельного усилия. Значение данного показателя в этом опыте достоверно

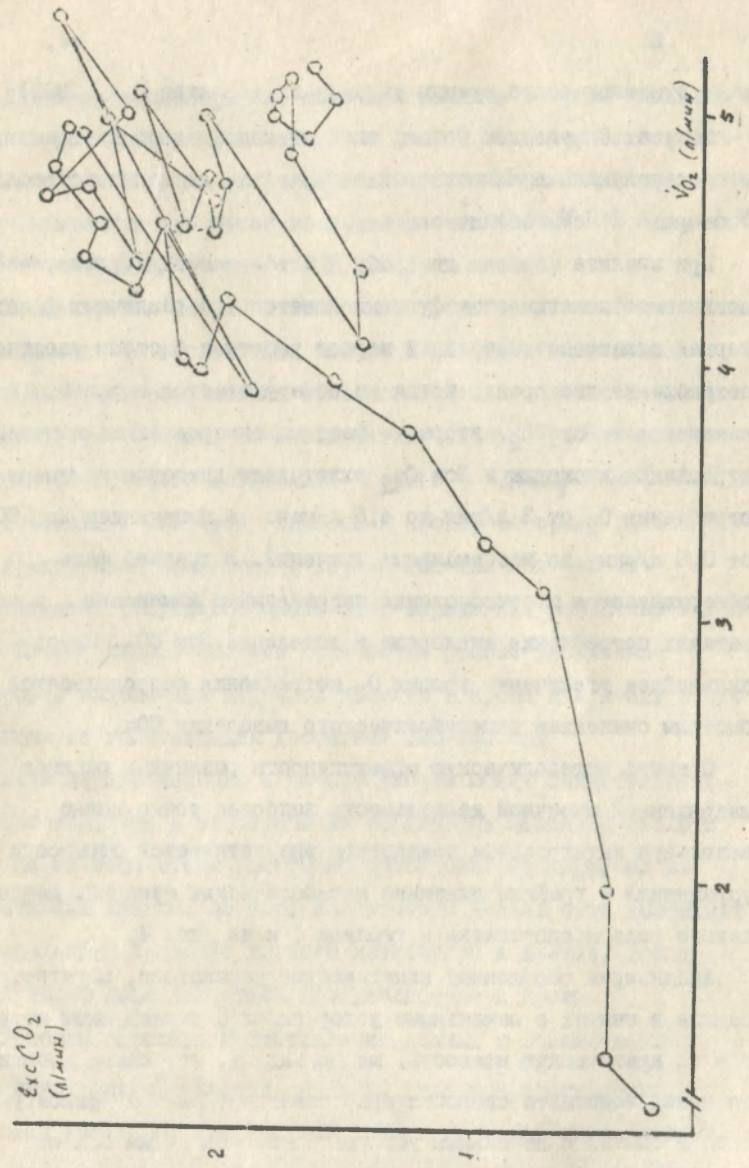


Рис. 3. Фазовая диаграмма взаимосвязи потребления кислорода и $Exс CO_2$ выделения при работе на критической мощности.

отличается от абсолютных величин, зарегистрированных в опыте на удержание критической мощности ($r > 0,97$)

Достоверные отличия в опытах с начальными ускорениями равными 20% от предельного 180-секундного упражнения, по сравнению с опытами на удержание критической мощности, обнаруживаются, также, в значениях отношения общего количества работы проделанной за время опыта к величине U_{O_2} запроса ($r > 0,97$). Существенные различия обнаруживаются в этих условиях и в других энергетических показателях, таких как O_2 дефицит, размеры алактатной фракции U_{O_2} долга и т.п.

Вместе с тем следует отметить, что указанные показатели обнаруживают существенные вариации от опыта к опыту.

Размеры O_2 дефицита тесно связаны с мощностью и временем начального ускорения. Наиболее низкие величины начального O_2 дефицита зарегистрированы в опытах с начальным ускорением составляющим 80% от предельной мощности для 45 секунд ($1,85 \pm 0,20$). Самые большие цифры O_2 дефицита ($2,79 \pm 0,8$) зарегистрированы в опыте на удержание критической мощности,!

Низкие значения O_2 дефицита, при высоких показателях константы скорости вработывания указывают на высокую метаболическую эффективность выполняемого упражнения (*Henry F. M., and J. C. De Mott 1956*)

С этой точки зрения наиболее экономичным режимом работы можно считать опыты, где начальное ускорение равнялось 20% от предельного 45-секундного упражнения. В этих условиях в течение всего времени работы поддерживается высокая средняя мощность (1853 ± 108 ктм/мин) и, что особенно важно, достигаются более высокие ^{отношения} O_2 прихода к проделанной работе.

Таблица I.
 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, УСТАНОВЛЕННЫЕ В ОПЫТАХ С НАЧАЛЬНЫМИ УСРЕДНЕННЫМИ, РАВНЫМИ 80% И 20% ОТ
 ПРЕДЪЕМНОГО 45 И 180-СЕКУНДНОГО УПРАВЛЕНИЯ, С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВОЗВРАЩЕНИЕМ НА КРИТИЧЕСКУЮ МОЩНОСТЬ.

Вид управления	K ₅ (факт)	O ₂ d л	Vo ₂ л	t _{упр.} мин	Tot O ₂ D л	Лес. O ₂ D	A _{act} O ₂ D	K ₁	K ₂	V ₁	V ₂	V _{co₂} (Σ за работу)	Exc CO ₂ (Σ за работу)	K ₁ л/л Exc CO ₂	Ro ₂ л	Σ Exc/ R _{o₂} л/мин	Σ Exc/ t _{упр.}
Управление критической мощностью	1,2 ±0,19	2,79 ±1,8	19,6 ±1,41	5,72 ±1,14	12,21 ±1,5	11,28 ±1,8	2,37 ±0,85	1,26 ±0,124	0,085 ±0,015	2,90 ±0,4	1,91 ±1,1	22,71 ±6,04	8,53 ±2,41	33,31 ±8,51	1,72 ±0,4	1,41 ±0,21	
80% от 45 + критическая мощность	2,01 ±0,187	1,85 ±1,21	18,61 ±6,9	5,37 ±0,78	11,20 ±0,58	9,20 ±0,64	2,10 ±0,17	1,20 ±0,11	0,091 ±0,0011	2,33 ±0,01	0,85 ±0,11	21,06 ±2,17	8,03 ±1,3	2,17 ±0,2	29,81 ±2,65	5,51 ±1,12	1,47 ±0,14
10% от 30 + критическая мощность	1,58 ±0,26	2,76 ±1,76	22,13 ±1,06	6,42 ±0,2	12,97 ±2,17	10,91 ±2,6	2,06 ±0,1	1,21 ±0,055	0,072 ±0,001	2,51 ±0,2	0,91 ±0,13	25,12 ±1,4	8,51 ±1,3	1,31 ±0,15	35,10 ±2,9	5,51 ±1,6	1,31 ±1,2
20% от 30 + критическая мощность	1,58 ±0,07	2,51 ±0,68	19,33 ±1,59	6,00 ±0,2	11,95 ±0,45	8,69 ±1,32	2,35 ±0,27	1,15 ±0,22	0,101 ±0,023	2,72 ±0,27	0,91 ±0,14	21,88 ±1,89	9,01 ±2,41	1,48 ±0,2	30,88 ±2,42	5,19 ±0,16	1,46 ±0,29
10% от 45 + критическая мощность	1,84 ±0,19	1,91 ±1,21	19,85 ±2,57	6,55 ±0,27	11,01 ±3,47	9,00 ±1,79	2,01 ±0,05	1,25 ±0,07	0,197 ±0,007	2,57 ±1,19	0,81 ±0,13	25,72 ±2,23	10,17 ±0,71	1,18 ±1,14	31,90 ±1,98	4,91 ±1,46	1,14 ±0,17

Самой "неэффективной" с точки зрения скорости развертывания аэробных процессов, оказался режим работы с начальным ускорением составляющим 20% от 180-секундного предельного упражнения. В этом режиме работы отмечается, относительно, невысокое значение константы скорости вработывания большого O_2 дефицит и самое низкое отношение количества выполненной работы к величине O_2 прихода.

Можно думать, что такого рода ускорения не создают достаточного стимула для быстрого развертывания аэробного процесса в тканях, а вызываемое этим неизбежное усиление анаэробных процессов снижает метаболическую эффективность работы.

Таким образом, выбор определенной мощности и продолжительности начального ускорения в условиях напряженной мышечной деятельности может существенно сказаться на энергетических характеристиках всей последующей работы и вызвать заметные изменения метаболических состояний организма.

Динамика метаболических функций при начальных ускорениях с последующим переходом на уровень пороговой мощности.

Если интенсивность выполняемого упражнения не превышает некоторого критического уровня, соответствующего порогу анаэробного обмена, то в процессе такой работы возможна частичная оплата O_2 долга и устранение молочной кислоты образованных на предшествующем этапе более интенсивной мышечной деятельности (Hermansen L., and Stensvold J. 1972)

График динамики уровня потребления кислорода зарегистрированного в опытах с равными начальными ускорениями и последующим переходом на критическую и пороговую мощность показан

на рис. 5. Обнаруживается полное совпадение кинематических кривых на начальном этапе упражнения, вплоть до 100 сек работы.

При работе на критической мощности, после начального периода вработывания, достигается относительный стационарный уровень в потреблении O_2 . В отличие от этого, при переходе от начального ускорения на пороговую мощность, уровень потребления O_2 постепенно снижается. В фазе снижения в определенные моменты времени (250, 300 сек) отмечаются выраженные колебания регистрируемого показателя.

Близкая по форме, динамика неметаболического выделения CO_2 в обоих условиях опыта различается лишь в своих абсолютных значениях (см. рис.6). С переходом на уровень ПАНО "избыточное" выделение CO_2 выражено существенно в меньшей степени.

В динамике показателя $E_{сх} CO_2$ в опытах с возвращением на уровень ПАНО можно выделить 4 различных периода:

- 1) период отсутствия каких-либо изменений в "избыточном" выделении CO_2 - ЛАГ- фаза, удерживается, примерно до 30 сек,
- 2) период быстрого увеличения "избыточного" выделения CO_2 - наблюдается в интервале от 30 до 100 сек работы;
- 3) период выраженного снижения $E_{сх} CO_2$ который длится вплоть до 250 сек упражнения;
- 4) период относительной стабилизации избыточного выделения CO_2 - появляются в заключительной фазе работы.

Во всех этапах с возвращением на критическую мощность, за исключением варианта с начальным ускорением составляющим

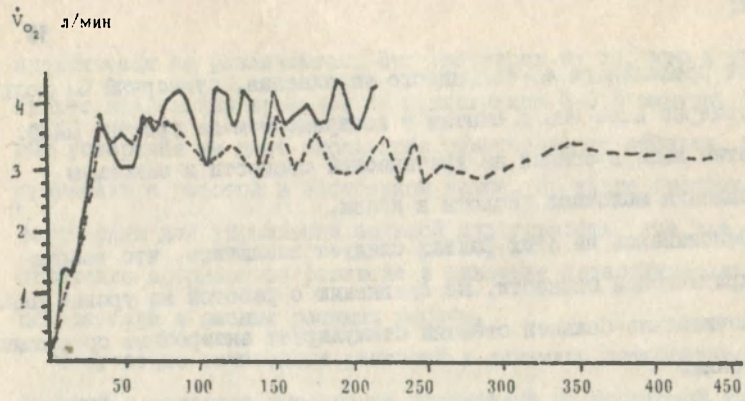


Рис. 5. Динамика потребления кислорода после одинаковых начальных ускорений и возвращения на критическую — ; и пороговую мощность ---- ;

7570

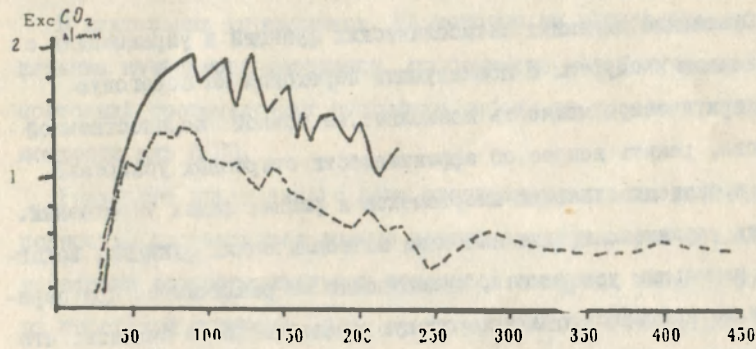


Рис. 6. Динамика неметаболического выделения CO_2 после одинаковых ускорений и перехода на критическую — ; и пороговую мощность ---- .

БИБЛИОТЕКА
Ленинского Державного
Института Физкультуры

20% от предельного 40-секундного упражнения, суммарный O_2 долж достоверно выше чем в опытах с возвращением на уровень ЦАНО. Заметно выше в опытах на критической мощности и максимум накопления молочной кислоты в крови.

Основываясь на этих фактах следует заключить, что работа на критической мощности, по сравнению с работой на уровне ЦАНО, в значительно большей степени стимулирует анаэробные превращения в тканях.

Изменение кинетических констант скорости оплаты алактатного и лактатного O_2 долга показывает, что интенсивность аэробных превращений в период срочного восстановления задается, главным образом, мощностью выполняемого упражнения (ускорение и последующая работа).

Сравнение динамики метаболических функций в упражнениях с начальным спуртом и последующим переходом на пороговую или критическую мощность позволяет, на точной количественной основе, решить вопрос об эффективности стартовых ускорений для производительности спортсменов в разных видах упражнений. В тех упражнениях, где кинетика метаболических функций, заданная начальным ускорением, существенно не различается при переходе на критическую или пороговую мощность можно считать, что начальное стартовое ускорение не дает сколько-либо существенных преимуществ в достижении высоких результатов.

Как свидетельствуют результаты проведенных исследований, при выполнении ускорений разной мощности и продолжительности с последующим переходом на уровень ЦАНО или максимального O_2 потребления, на протяжении 50-150 секунд от начала упражнения кинетические кривые, для большинства метаболических функций,

практически не различаются. Это указывает на то, что в упражнениях с предельным временем не превышающим 2-2,5 минуты, начальные ускорения не дают сколь-либо существенного эффекта, по сравнению с работой в постоянном темпе. Но такие преимущества несомненны для упражнений большой длительности, где уже отчетливо проявляется различие в динамике метаболических показателей в разных режимах работы.

Отсутствие выраженных различий в динамике метаболических функций в условиях выполнения упражнений на пороговой и критической мощности при одних и тех же ускорениях позволяет утверждать, что в этих условиях характер устанавливающихся метаболических состояний во многом определяется параметрами начального ускорения.

В длительных упражнениях, на которые не распространяется влияние начального ускорения, особенности метаболических состояний соответствуют специфике работы на уровне критической мощности или ПМО.

Результат проведенного нами экспериментального исследования полностью подтверждает данные других авторов о значительном ускорении восстановительных процессов в период выполнения работы на пороговой мощности после кратковременного интенсивного упражнения.

По контрасту с динамикой метаболических функций при выполнении упражнения на критической мощности, возвращение, после начального ускорения, на уровень ПМО существенно снижало текущие энергетические затраты упражнения и приводило к быстрому восстановлению анаэробных показателей.

Реакции на напряженную мышечную деятельность во многом определяются исходным функциональным состоянием испытуемого (Погадаев К.И., Турова Н.Ф., 1972)

Умеренная работа, выполняемая перед началом напряженного упражнения, положительно сказывается на скорости развертывания функций в период вработывания (Горкин М.Я. 1956, Зацворский В.М. 1966)

Для создания определенного фона функционального состояния важное значение имеет выбор параметров предварительной мышечной деятельности. Мы избрали значения мощности порога анаэробного обмена потому, что работа на ней не вызывает сколько-либо заметного утомления, а продолжительность предварительной работы в 6 минут была достаточна для установления устойчивого стационарного состояния (*Astrand P. O. and Sattin B. J. 1961*)

Кинетика O_2 потребления, при ускорении равном 80% от предельного 45-секундного упражнения, после предварительной работы на мощности ПАНО представлена на рис. 3.

В первые 50 секунд от начала ускорения уровень потребления O_2 изменяется совершенно идентично в обоих условиях опыта. После небольшого сбоя потребление O_2 , в опытах с возвращением на критическую мощность, достигает стационарного уровня который на 20% превышает значения стационарного потребления O_2 в предварительной работе.

В опытах с возвращением на пороговую мощность, после первых 50 секунд, скорость O_2 потребления постепенно понижается пока не будет достигнут новый стационарный уровень в конце работы.

В этих условиях наблюдаются выраженные осцилляции в кинети-

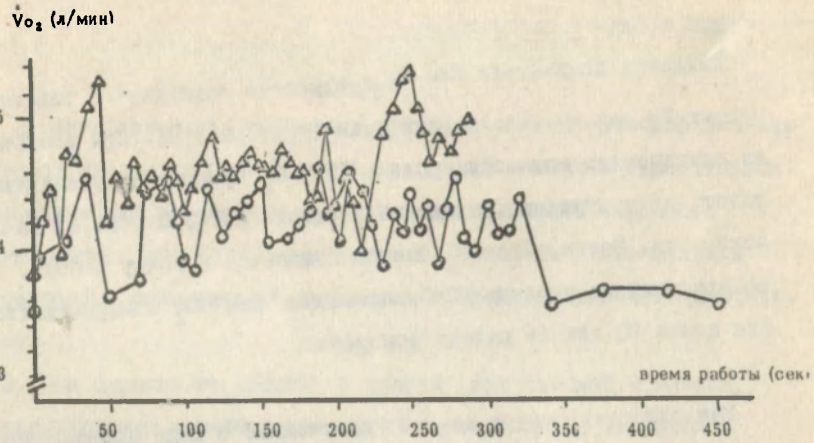


Рис. 7. . Динамика O_2 потребления с начальной работой на ПАНО, рывком 80% от 45 сек. удержания и возвращением на критическую — Δ и мощность ПАНО — ○

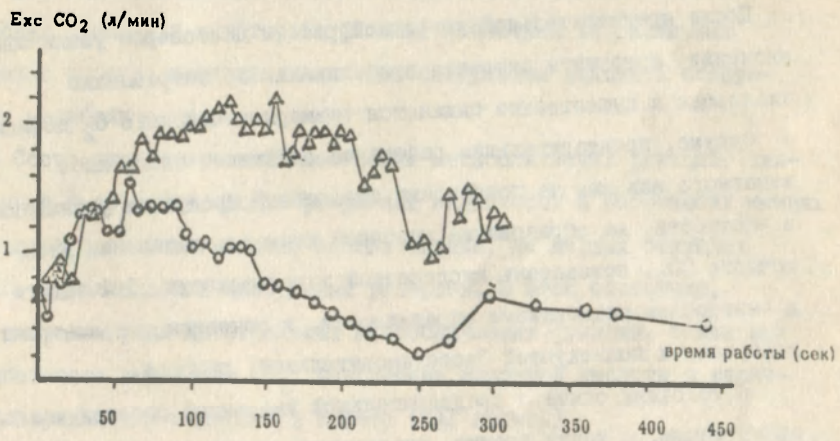


Рис. 8 Динамика E_{CO_2} выделения с начальной работой на ПАНО, рывком 20% от 180 сек. удержания и возвращением на критическую — Δ и пороговую мощность — ○

ческой кривой O_2 потребления.

Динамика показателя $E_{xc} CO_2$ полностью совпадает в течение первых 70 сек от начала ускорения (см. рис. 8). При возвращении на критическую мощность уровень $E_{xc} CO_2$ продолжает увеличиваться вплоть до достижения максимума в районе 130-150 сек. от начала ускорения. Затем, $E_{xc} CO_2$ быстро снижается к концу работы. При возвращении на уровень ПАНО, понижение $E_{xc} CO_2$ обнаруживается уже после 70 сек от начала ускорения.

Как свидетельствуют данные, полученные в ходе проведенных экспериментов, предварительная умеренная работа оказывает существенное влияние на кинетику метаболических функций в начальной фазе вращивания и на показатели общей энергетической стоимости упражнения.

После предварительной умеренной работы достоверно увеличивается значение константы скорости вращивания по потреблению кислорода и существенно снижаются размеры начального O_2 дефицита.

Однако, предварительная работа не оказывает сколь-либо заметного влияния на показатели анаэробной продукции упражнения, в частности, на образование молочной кислоты, выделения избыточного CO_2 , показатель кислородной задолженности. Эти сдвиги в анаэробном метаболизме определяются, в основном, параметрами ускорения и последующей "восстановительной" работой.

В условиях опыта с предварительной умеренной работой наиболее эффективным, с точки зрения, кислородных затрат и наибольшей механической производительности, как и в предыдущих сериях опытов, оказались режимы работы с ускорением составляющим 20% от 45-секундного предельного упражнения.

В ы в о д ы

1. Метаболические состояния при напряженной мышечной деятельности определяются совокупностью значений наиболее существенных метаболических переменных и характером отношений аэробного и анаэробного энергетического обмена. Метаболические функции претерпевают закономерные изменения в процессе мышечной деятельности.

2. При выполнении работы на уровне критической мощности, соответствующей максимальному уровню потребления кислорода, в динамике показателей аэробного и анаэробного обмена четко проявляются некоторые характерные особенности, которые позволяют градирировать метаболические состояния в процессе работы. Принимая во внимание значение абсолютной скорости изменения метаболических функций и характер их фазовых отношений на различных этапах работы, представляется целесообразным выделить следующие метаболические состояния:

А) Состояние "стартовой" настройки метаболических функций, связанное с созданием фонда фосфатных акцепторов в работающих мышцах за счет преимущественного использования, на первых секундах работы, алактатных анаэробных резервов. В этом состоянии, в динамике ряда интегральных метаболических функций, таких как избыточное выделение CO_2 , накопление молочной кислоты в крови - обнаруживается задержка в ответе (ЛАГ-период)

Б) Метаболическое состояние, характеризуемое одновременным быстрым экспоненциальным развертыванием как анаэробных, так и аэробных функций, возникает на втором этапе периода вработывания. В этот период происходит синхронизация в деятельности функций вегетативного обеспечения, которые стремятся достичь своего мак-

симула.

В) В стационарном режиме работы метаболические состояния характеризуются наибольшей скоростью развертывания аэробных процессов. В этот период отмечается снижение гликолитической активности скелетных мышц и стабилизация значений анаэробных функций.

Г) Метаболическое состояние, характеризующееся выраженной десинхронизацией аэробных и анаэробных функций, возникает на заключительном этапе работы при появлении выраженного утомления. Здесь часто обнаруживается вторичное усиление гликолиза из-за разобщения дыхания и окислительного фосфорилирования скелетных мышц.

В динамике ряда функций аэробного и анаэробного обмена при работе на уровне критической мощности, обнаруживаются выраженные осцилляторные изменения. В определенные периоды работы эти осцилляторные изменения метаболических функций образуют "узловые точки", где происходит переход из одного метаболического состояния в другое.

3. Начальные ускорения, выполняемые в период вработывания, оказывают существенное влияние на динамику метаболических функций и ускоряют переход на стационарный режим работы. Такие ускорения заметно увеличивают амплитуду осцилляторных изменений метаболических функций, но мало сказываются на положении "узловых точек".

Изменение мощности и продолжительности начального ускорения оказывают существенное влияние на механическую производительность напряженной мышечной деятельности. Наибольшая экономичность и

и результативность работы отмечены при ускорениях, выполняемых на мощности предельной для 45-секундного упражнения, общей продолжительностью не более 10 секунд.

4. Переход после начального ускорения на уровень мощности, соответствующей порогу анаэробного обмена, вызывает значительно снижение уровня аэробных функций в стационарном режиме работы и способствует более быстрой нормализации анаэробных сдвигов в организме. Работа на уровне пороговой мощности заметно ускоряет устранение молочной кислоты, накопившейся за период начального ускорения.

5. Предварительная работа, на уровне ПАНО, предшествующая ускорением с последующим переходом на критическую и пороговую мощность повышает скорость "вработывания" аэробных функций, уменьшает размеры O_2 дефицита и сокращает ЛАГ-период, сокращенный в кинетике содержания молочной кислоты в крови и точного выделения CO_2 .

6. При построении рациональной тактики прохождения дистанции в "стайерских" видах спорта следует рекомендовать применение ускорений, не превышающих по своей продолжительности, 20-30 секунд, с мощностью, соответствующей 45-секундному предельному упражнению.

Основные публикации по теме диссертации

1. Эргометрические критерии метаболических состояний у спортсменов в циклических видах спорта. "13-я Всесоюзная конференция по физиологической и биохимической характеристике циклических видов спорта" (тезисы докладов), Таллин, 1974 (в соавторстве).

2. Новые возможности исследования биоэнергетических процессов у спортсменов. "Теория и практика физической культуры", 1974, № 10 (в соавторстве).

3. Кинетика потребления O_2 при напряженной мышечной деятельности и разработка теоретических устройств для непрерывной регистрации скорости потребления O_2 . Научно-прикладная конференция "Газообмен - 75" (тезисы докладов), Казань, 1975 (в соавторстве).

4. Традиции метаболических состояний у человека при напряженной мышечной деятельности. 12 съезд Всесоюзного физиологического общества имени И.И. Павлова, издание "Наука", Ленинград; 1975 год, (в соавторстве).

5. Физиологическое обеспечение рывка на дистанции. "Спортивный спорт", 1976 г., выпуск № 2.