Х 845

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

На правах рукописи

ХОСНИ МОХАМЕД
(Тунис)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ПОВТОРНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

03.00.13 — Физиология человека и животных

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва — 1984

Работа выполнена в Государственном Центральном ордена Ленина институте физической культуры.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор Я.М.КОЦ

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук Л.А.ИОФФЕ

доктор биологических наук Б.С.КУЛАЕВ

Ведущее учреждение - Институт гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (г. Москва)

Защита диссертации состоится "23" XI 1984 г. в 17 часов на заседании специализированного совета Д.046.01.01 в Государственном Центральном ордена Ленина институте физической культуры по адресу: Москва, Сиреневый бульвар, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан "19" 10 1984 г.

Ученый секретарь
специализированного совета Скородумова А.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В процессе осуществления мышечной деятельности ее характер и мощность могут быть относительно постоянны или существенно изменяться. В первом случае речь идет о непрерывном, во втором - о переменном типах мышечной деятельности. Подавляющее большинство видов бытовой и производственной деятельности относятся к переменному типу. В спорте к этому типу относятся все соревновательные упражнения в спортивных единоборствах (борьба, бокс, фехтование), спортивных играх (футбол, хоккей, баскетбол и т.д.), а также подавляющее большинство тренировочных упражнений, применяемых при занятиях физической культурой и во всех видах спорта, в том числе в циклических видах спорта (легкой атлетике, плавании, лыжном и велосипедном спорте, гребле).

3760

Изучение физиологических особенностей повторной работы имеет большое значение для научного обоснования оптимальных режимов в производственной и бытовой деятельности и для занятий физической культурой и спортом. Вместе с тем, число исследований по этой проблеме пока невелико и потому очень неполны наши представления о физиологических особенностях повторной работы в разных режимах, т.е. при разных сочетаниях мощности и продолжительности рабочих периодов и соотношении длительности рабочих и межрабочих периодов. Особенно это касается повторной работы очень большой мощности, которая характерна для спортивной деятельности.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное изучение разнообразных режимов повторной работы с предельными рабочими периодами преимущественно анаэробно-гликолитической мощности.

Выявлены специфические особенности динамики кардио-респираторных и метаболических реакций в процессе выполнения разных режимов повторной работы; изучены некоторые физиологические факторы, лимитирующие выполнение повторной работы; установлена зависимость работоспособности от режима повторной работы, разработаны физиологические показатели для интегративной характеристики повторной работы в целом.

Цель настоящего исследования - сравнительное изучение разных режимов повторной работы с рабочими периодами предельной продолжительности преимущественно анаэробно-гликолитической мощности.

Практическая значимость. Установленная зависимость физиологических реакций и работоспособности от режима повторной работы может получить свое практическое применение при нормативном определении оптимальных режимов тренировочных нагрузок для занятий физической культурой и спортом. Полученные данные по физиологической характеристике разных режимов повторной работы могут быть использованы для создания естественно-научной классификации спортивных упражнений. Выявленные в настоящем исследовании интегральные физиологические характеристики повторной работы могут получить свое применение в практике медико-биологического и педагогического контроля для оценки физиологической нагрузки при выполнении тренировочных и соревновательных упражнений.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из Введения и 4-х глав (литературный обзор, методы исследования, собственные результаты, обсуждение результатов), выводов и библиографии. Общий объем диссертации - 213 страниц, включая 34 таблицы и 34 рисунка. Список цитированной литературы содержит 191 наименований, из них 65 работ на русском языке.

II. ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задачи исследования

I. Выявить особенности деятельности кардио-респираторной (кислород-транспортной) системы при разных режимах повторной работы с рабочими периодами преимущественно анаэробно-гликолитической мощности.

2. Исследовать особенности метаболизма разных режимов повторной работы с рабочими периодами преимущественно анаэробно-гликолитической мощности.

3. Установить влияние разных режимов повторной работы на физическую работоспособность (общее количество выполняемой повторной работы).

Методы исследования

I. Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС) методом электрокардиографии.

2. Определение легочной вентиляции (ЛВ) по методу Дугласа.

3. Определения скорости потребления O_2 ($\dot{V}_{O_2}$) и выделения CO_2($\dot{V}_{CO_2}$) по методу Дугласа-Холдена с измерением газового состава воздуха на газоанализаторе "Спиролит" (ГДР) с систематической калибровкой и выборочными определениями отдельных проб методом Холдена.

4. Расчетные методы определения дыхательного коэффициента (ДК), Exc-CO_2, кислородного дефицита, кислородного долга и его быстрой и медленной фракций, общей энергетической стоимости и ее компонентов - анаэробно-алактатного (по методу Fox и др., 1969), анаэробно-гликолитического (по модифицированной методике Margaria и др., 1963) и аэробного.

5. Биохимические энзиматические методы определения лактата в крови и мышцах (Gutman and Wahlefeld , 1974).

6. Метод игольчатой биопсии (Bergstrom , 1962).

7. Методы математической статистики.

При статистическом анализе экспериментальных данных вычисляли: среднее арифметическое (M), ошибку средней ($\pm^m$), коэффициент линейной корреляции (r). Достоверность различий средних арифметических и коэффициента корреляции определяли по критерию Стьюдента.

Организация исследования

Исследование проводилось при работе на велоэргометре Медикор (Венгрия) с контролируемой частотой педалирования 75 об/мин. Каждый испытуемый участвовал в нескольких опытах в разные дни, в которых выполнял: тест со ступенчато-нарастающей нагрузкой с определением максимальной скорости потребления O_2(МПК); разовую непрерывную работу с мощностью около 110% или 120% МПК с предельной продолжительностью соответственно около 2 или 1 мин с предварительной разминкой или без нее, повторную работу с разными режимами и с такой же рабочей нагрузкой (около 110% или 120% МПК), что и при разовой непрерывной работе. Все исследованные режимы повторной работы можно разбить на два класса на основании мощности рабочих периодов.

1-й класс включает два режима повторной работы с одинаковой относительной мощностью рабочих периодов (около 120% МПК), соответствующей разовой работе предельной продолжительности около 1 мин.

<u>1-й режим</u>: 3 x (1' + 2') - три повторения рабочих периодов до отказа с длительностью первого из них около 1 мин, с периодами отдыха между рабочими периодами в 2 мин.

2-й режим: 4 х (I' + 4') - четыре повторения рабочих периодов до отказа, первый из которых длится I мин, с периодами отдыха между рабочими периодами в 4 мин.

2-й класс составляют 5 режимов повторной работы о одинаковой относительной мощностью рабочих периодов (около II0% МПК), соответствующей разовой работе предельной продолжительности около 2 мин. Иначе говоря мощность рабочих периодов при повторной работе второго класса ниже, а их предельная продолжительность выше (за исключением 3-го режима), чем при повторной работе первого класса.

3-й режим: 5 х (I' + 4') - пять повторений рабочих периодов, из которых четыре первых длятся по I-й мин, а пятый выполняется до отказа с периодами отдыха между рабочими периодами в 4 мин.

4-й режим: 3 х (2' + 4') - три повторения рабочих периодов, каждый из которых выполняется до отказа, с периодами отдыха между ними в 4 мин. Первый из рабочих периодов длится около 2 мин, а последующие укорачиваются по мере повторения.

5-й режим: 3 х (2' + 6') - три повторения рабочих периодов, каждый из которых выполняется до отказа, с периодами отдыха между ними в 6 мин. Длительность первого рабочего периода - около 2 мин, длительность второго и третьего рабочего периодов обычно ниже, чем первого.

6-й режим: 3 х (2' + 8') - три повторения рабочих периодов, каждый из которых выполняется до отказа, с периодами отдыха между ними в 8 мин. Длительность первого рабочего периода - около 2 мин, остальных - ниже.

7-й режим: 3 х (2' + 20') - три повторения рабочих периодов, каждый из которых выполняется до отказа с периодами отдыха между ними в 20 мин. Предельные длительности каждого рабочего периода - около 2 мин.

По данным исследований при повторной работе расочитывали ряд средних показателей: I) средний показатель за каждый рабочий период, 2) оредний показатель за каждый период отдыха, 3) средний показатель за "средний рабочий период": оумма первых показателей, деленная на число рабочих периодов, 4) оредний показатель за "оредний период отдыха": сумма вторых показателей, деленная на число рабочих периодов, 5) средний показатель за рабочий цикл - средний показатель за отрезок времени, включающий рабочий период и следующий за ним период отдыха, 6) средний показатель за "средний рабочий цикл": сумма пятых показателей, деленная на число рабочих циклов.

Испытуемые

В исследовании приняли участие 25 студентов института физической культуры. Средний возраст - 20,5 ± 0,5 лет (I8-23), рост I77,4 ± I,9 см (I6I-I92), вес - 75,7 ± I,8 кг (60-87).

Средний МПК для группы - 3,95 ± 0,08 л/мин (3,30-4,90) или 52,8 ± 0,09 мл/кг·мин (47 - 60,2). Максимальная частота сердечных сокращений ($ЧСС_{макс}$) в оредном для группы составила I96,3±I,8 уд/мин (I72-208).

Ш. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Работоспособность (общее количество выполняемой повторной работы)

В процессе выполнения повторной работы (особенно 2-го класоа) предельная продолжительность рабочих периодов снижается от цикла к циклу. Это снижение тем больше, чем короче продолжительность периодов отдыха. В пределах изученных режимов повторной работы чем больше предельная продолжительность (ниже мощность) рабочих периодов и чем длительнее периоды отдыха, тем больше сум-

марное рабочее время или общее количество повторной работы (табл. I).

Кардио-респираторные показатели

Вегетативные (кардио-респираторные) и биохимические изменения, отражающие метаболические процессы энергообеспечения, принципиально сходны при разных режимах повторной работы.

При всех режимах повторной работы на протяжении рабочего периода частота сердечных сокращений (ЧСС) возрастает, а в период отдыха снижается (рис. I). Изменения ЧСС на протяжении совпадающих по длительности отрезков рабочих периодов сходны при двух классах повторной работы. Отсюда следует, что в некоторых пределах начальная динамика прироста ЧСС не зависит от мощности рабочих периодов.

В процессе выполнения повторной работы происходит некоторое увеличение рабочей ЧСС от периода к периоду, что можно связать с феноменом разминки, которая повышает предрабочую ЧСС. В пользу такого заключения свидетельствует тот факт, что предварительная разминка, предшествующая выполнению разовой работы, вызывает повышение ЧСС, сходное с таковым перед выполнением и во время третьего рабочего периода повторной работы (рис. 2).

Благодаря большей продолжительности, максимальная ЧСС, достигаемая в конце двухминутных рабочих периодов, выше, чем в конце одноминутных рабочих периодов. Соответственно, средняя рабочая ЧСС при повторной работе, оцениваемая как ЧСС за "средний рабочий период", выше при двухминутной, чем при одноминутной повторной работе (табл. 2). Так как мощность рабочих периодов в первом случае ниже, чем во втором, это означает, что в пределах изученной мощности повторной работы средняя рабочая ЧСС находится в прямой зависимости от предельной продолжительности рабочих периодов.

Таблица I

Средние эргометрические показатели, O_2-дефицит, O_2-долг и концентрации лактата в крови при разных режимах повторной работы

Режимы	Средние эргометрические показатели		Средний O_2-дефицит, л	Суммарный O_2-долг, л	Концентрация лактата в крови, мМ/л		
	суммарное время работы, с	общее количество работы, кгм			средний прирост за рабочий период	в конце работы (последнего рабочего периода)	максим. (после работы)
I) 3x(I'+2')	I72,3 ±8,2	625I ±443	2,40 ±0,I6	II,I5 ±I,0	-	I4,6 ±0,5	I5,6 ±0,4
2) 4x(I'+4')	2I5,4 ±I2,5	7999 ±599	2,05 ±0,II	-	3,8 ±0,3	I5,0 ±0,7	I5,2 ±0,7
3) 5x(I'+4')	326,9 ±II,9	II269 ±387	2,30 ±0,I0	-	3,7 ±0,3	I5,9 ±0,3	I6,5 ±0,6
4) 3x(2'+4')	260,7 ±II,9	9I52 ±372	2,8I ±0,I2	I5,5 ±I,34	4,I ±0,3	I4,6 ±0,8	I4,9 ±I,2
5) 3x(2'+6')	273,9 ±9,9	9654 ±356	2,93 ±0,I2	I9,3 ±0,76	5,5 ±0,4	I5,5 ±0,4	I6,4 ±0,5
6) 3x(2'+8')	29I,6 ±I5,7	I0228 ±420	3,I5 ±0,I4	23,4 ±I,I	5,0 ±0,2	I5,3 ±0,4	I5,7 ±0,5
7) 3x(2'+20')	360,3 ±20,3	I33I3 ±535	4,I2 ±0,3I	I9,6 ±0,5	6,6 ±0,7	I5,I ±I,7	I6,0 ±I,5

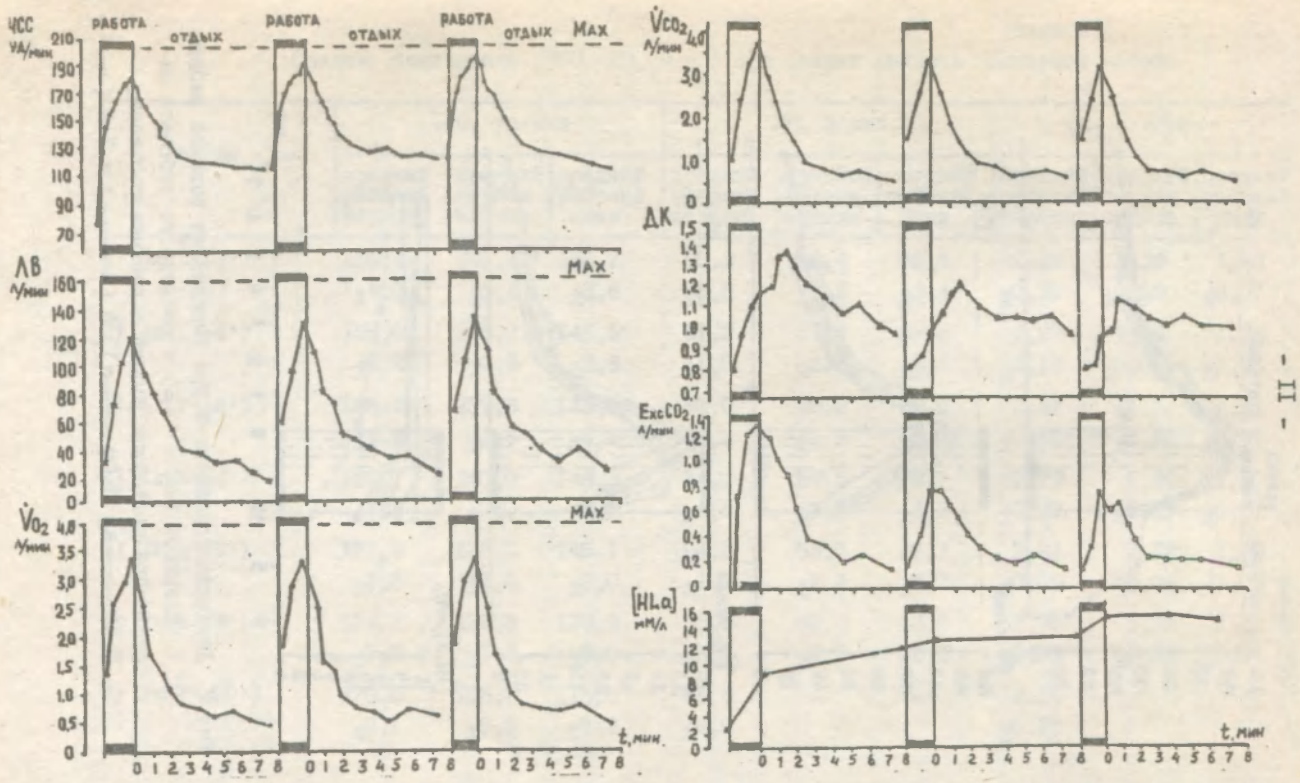


Рис.I. Динамика ЧСС, легочной вентиляции (ЛВ), скорости потребления O_2($\dot{V}O_2$), скорости выделения CO_2 ($\dot{V}CO_2$), ДК, Exc-CO_2 и концентрации лактата в крови на протяжении повторной работы в режиме 3x(2'+8')

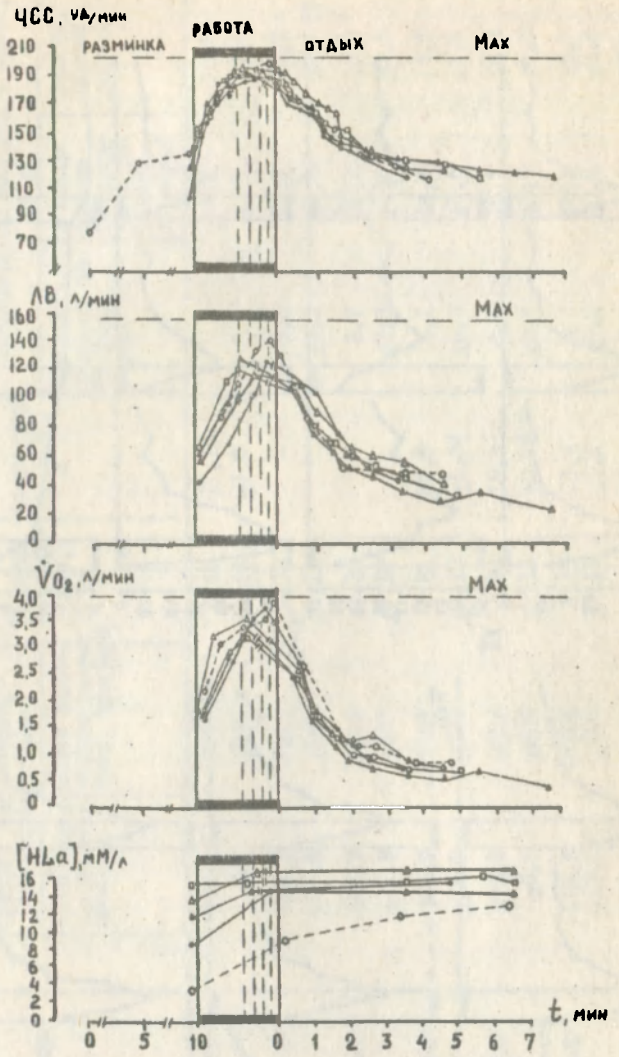


Рис.2 Динамика показателей при выполнении разовой работы с разминкой (o- - - -o) и последнего рабочего периода при повторной работе с разными режимами: 3 (Δ——Δ) 5 (□——□), 6 (▲——▲) и 7-й (●——●).

Таблица 2

Средние показатели (ЧСС, ЛВ, $\dot{V}_{O_2}$) при разных режимах повторной работы

Режимы	ЧСС, уд/мин			ЛВ, л/мин			V_{O_2}, л/мин		
	средний рабочий период	средний период отдыха	средний рабочий цикл	средний рабочий период	средний период отдыха	средний рабочий цикл	средний рабочий период	средний период отдыха	средний рабочий цикл
I) 3x(I'+2')	I56,4 ±4,0	I52,2 ±3,4	I53,7 ±3,6	80,3 ±5,5	65,4 ±2,5	70,2 ±3,4	2,I8 ±0,I0	I,38 ±0,08	I,63 ±0,07
2) 4x(I'+4')	I59,0 ±0,2	I36,7 ±2,6	I4I,5 ±2,6	8I,2 ±I,0	5I,4 ±2,9	57,5 ±3,I	2,27 ±0,I0	I,09 ±0,05	I,36 ±0,06
3) 5x(I'+4')	I66,4 ±I,9	I39,6 ±I,6	I45,0 ±I,2	80,0 ±5,2	49,2 ±2,I	55,0 ±3,3	2,47 ±0,09	II,I ±0,05	I,4I ±0,07
4) 3x(2'+4')	I67,7 ±2,4	I40,0 ±2,0	I48,3 ±I,5	94,2 ±4,8	59,5 ±2,7	69,7 ±3,3	2,79 ±0,I0	I,29 ±0,07	I,80 ±0,07
5) 3x(2'+6')	I7I,9 ±2,3	I38,2 ±I,6	I45,I ±2,0	94,2 ±I,I	55,7 ±2,4	67,3 ±2,7	2,64 ±0,09	I,I2 ±0,06	I,59 ±0,05
6) 3x(2'+8')	I74,8 ±2,2	I32,3 ±I,6	I39,9 ±2,0	95,9 ±5,I	53,9 ±2,5	63,7 ±2,5	2,70 ±0,09	I,I5 ±0,06	I,6I ±0,05
7) 3x(2'+20')	I70,0 ±2,I	I08,7 ±0,9	II5,8 ±2,8	89,8 ±4,9	-	-	2,88 ±0,I0	-	-

При одинаковой мощности рабочих периодов (в пределах одного класса) средняя рабочая ЧСС при повторной работе примерно одинакова при разных режимах, т.е. не зависит от продолжительности периода отдыха. Наоборот, увеличение продолжительности периодов отдыха снижает среднюю ЧСС за "средний период отдыха" (см. табл. 2).

ЧСС за "средний рабочий цикл" не зависит от мощности рабочих периодов. Так, ЧСС за "средний рабочий цикл" в I-м режиме (I-й класс) статистически не отличается от 4-го режима (2-й класс) с разной мощностью, но одинаковым соотношением длительности периодов работы и отдыха. Нет различий между 2 м режимом (I-й класс), с одной стороны, 3-м и 5-м режимом (2-й класс), с другой (см.табл. 2). Вместе с тем в пределах одного класса повторной работы (с одинаковой мощностью рабочих периодов) ЧСС за "средний рабочий цикл" находится в обратной зависимости от продолжительности периодов отдыха.

Динамика респираторных показателей (легочная вентиляция, скорости потребления кислорода и выделения углекислого газа) на протяжении повторной работы в принципе сходна с таковой для ЧСС: они увеличиваются на протяжении рабочих периодов и снижаются в периоды отдыха (см. рис. I). Однако респираторные показатели относительно быстрее уменьшаются в период отдыха, чем ЧСС, что объясняет некоторое отличие между ними.

В начале рабочих периодов респираторные показатели увеличиваются одинаково в двух классах повторной работы, т.е. независимо от мощности работы. Однако в отличие от ЧСС респираторные показатели в начале рабочих периодов существенно зависят от продолжительности периодов отдыха. Особенно заметны эти различия в первые 30 с второго и последующего рабочих периодов. По мере продолжения рабочих периодов влияние продолжительности отдыха

на респираторные показатели уменьшается. При одинаковой мощности рабочих периодов (в пределах одного и того же класса повторной работы) респираторные показатели в повторных рабочих периодах тем ниже, чем больше продолжительность периода отдыха.

В конце рабочих периодов респираторные показатели уже не зависят от продолжительности периодов отдыха, а находятся в прямой зависимости от продолжительности рабочих периодов. Последние тем продолжительнее, чем больше периоды отдыха.

Как и в отношении ЧСС, обнаруживается определенная динамика изменения рабочих респираторных показателей от периода к периоду. В одинаковые интервалы второго рабочего периода ЛВ выше, чем в те же интервалы первого рабочего периода, а в третьем рабочем периоде выше, чем во втором. Повышенная ЛВ во втором рабочем периоде по сравнению с первым находит как-будто объяснение как феномен "разминки". Однако, такое объяснение уже недостаточно при сравнении ЛВ во втором и третьем рабочих периодах, так как ЛВ перед началом третьего рабочего периода в среднем не отличается от ЛВ перед началом второго рабочего периода. Вероятнее всего по мере продолжения повторной работы увеличивается интенсивность "рабочего фактора" (факторов), стимулирующего (их) рабочую гипервентиляцию (И.С.Бреслав, I975; М.Е.Маршак, I973; Л.Л.Шик, I973; Haddy and Scott I968; Sahlin, I978). Важную роль в этом процессе может играть накопление лактата в крови и связанное с ним снижение pH крови (см. ниже).

Скорость потребления O_2 растет от периода к периоду в среднем так же, как и ЛВ: более заметно от первого периода ко второму и значительно меньше - от второго периода к третьему.

Несколько иной характер изменений V_{CO_2} от периода к периоду. В I-м классе повторной работы V_{CO_2} во втором рабочем периоде выше, чем в первом, но в третьем периоде не отличается от вто-

рого. Во 2-м классе повторной работы V_{CO_2} на протяжении первой минуты второго рабочего периода выше, чем в первом рабочем периоде, а в третьем рабочем периоде не отличается от второго. На протяжении 2-й минуты рабочего периода V_{CO_2} снижается от периода к периоду (режимы 4-6) или не меняется (режим 7). Это снижение скорости выделения CO_2 находит двойное объяснение: снижение содержания бикарбонатных буферов крови и увеличение доли окисляемых жиров. В пользу последнего предположения свидетельствуют данные по динамике ДК, который снижается от первого рабочего периода к следующим.

Как и ЧСС, респираторные показатели за "средний рабочий период" выше при двухминутной (2-й класс), чем при одноминутной повторных работах (см. табл. 2). Следовательно, как и в отношении ЧСС, мы должны заключить, что средние рабочие респираторные показатели при повторной работе изученных мощностей находятся в прямой зависимости от предельной продолжительности рабочих периодов.

Если каждый рабочий период выполняется до отказа, то при их одинаковой мощности (в пределах одного класса) средние рабочие респираторные показатели при повторной работе примерно одинаковы, т.е. не зависят от продолжительности периодов отдыха.

Респираторные показатели за "средний период отдыха" и за "средний рабочий цикл" не обнаруживают закономерной связи с мощностью рабочих периодов. В пределах одного класса эти показатели имеют тенденцию к снижению с увеличением продолжительности периодов отдыха (см. табл. 2).

Метаболическая характеристика повторной работы

Как и другие исследователи, мы обнаружили, что в процессе выполнения повторной работы с рабочими периодами очень большой (супрамаксимальной анаэробной) мощности происходит значительное образование и накопление лактата в рабочих мышцах и крови с чем, в частности, связано и выделение Exc-CO_2. Эти факты показывают, что в энергетическом обеспечении рабочих периодов исследованной мощности существенную роль играет анаэробный гликолиз. Интересно отметить, что концентрация лактата в крови после последнего рабочего периода, как и максимальная его концентрация после окончания повторной работы (см. табл. I), в среднем сходны при самых разных режимах повторной работы (в среднем порядка I5 ммоль/л). Это в такой же мере справедливо и для финальных концентраций лактата в рабочих мышцах в конце разных режимов повторной работы (в среднем около 25 ммоль/кг сырого веса). Эти данные дают как-будто основание заключить, что критическое накопление лактата в мышцах и крови делает невозможным продолжение работы заданной мощности. Однако, прекращение первых рабочих периодов происходит при значительно более низких концентрациях лактата в крови, чем прекращение каждого последующего рабочего периода (см. рис. I). Следовательно, накопление лактата в крови не может быть решающим фактором, ограничивающим предельную продолжительность рабочих периодов (особенно первых). Вместе с тем, нельзя исключить того вклада, который вносит постепенное накопление лактата в крови в ограничение работоспособности при выполнении повторной работы. Как уже отмечалось выше, предельная продолжительность рабочих периодов уменьшается от периода к периоду параллельно с увеличением концентрации лактата в крови (рис. 3). Конечно, возможно,

3760

что критическую или по крайней мере наибольшую роль в снижении работоспособности (уменьшении предельной продолжительности последовательных рабочих периодов) играет накопление лактата в рабочих мышцах и связанное с этим снижение pH в мышечных клетках.

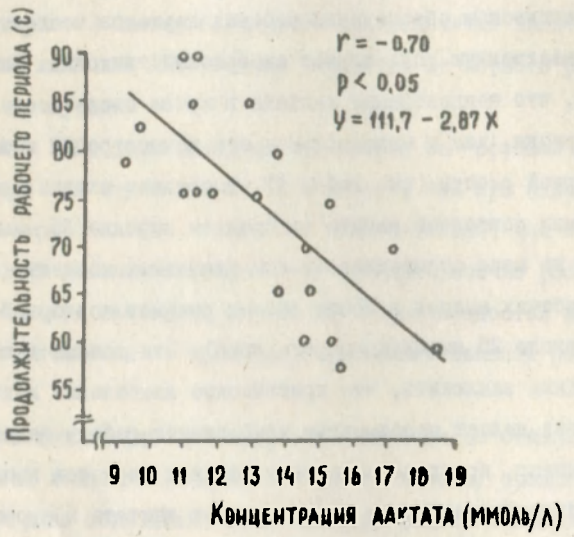


Рис. 3. Связь между концентрацией лактата в крови перед началом 2-го и 3-го рабочих периодов и продолжительностью этих периодов (данные 5-го и 6-го режимов повторной работы)

Другим указанием на значительную роль анаэробной энергопродукции в обеспечении повторной работы с рабочими периодами 1-2 мин предельной продолжительности служит общий O_2-долг (табл. 1). Можно было предполагать, что общий O_2-долг после повторной работы будет ниже, чем после разовой работы в основном за счет его лактацидной фракции. Действительно, общий O_2-долг после повторной работы в 2-3 раза выше, чем O_2-долг после разовой ра-

боты. Однако, если соотнести величину общего O_2-долга при повторной работе с суммарной продолжительностью рабочих периодов, то каких-либо различий между разными режимами повторной работы и разовой работы с разминкой и без нее не обнаруживается. Отсюда можно заключить, что как и при разовой работе, O_2-долг при повторной работе определяется мощностью и (суммарной) продолжительностью рабочих периодов.

Часть O_2-долга составляет кислородный дефицит, возникающий в начале работы. O_2-дефицит является в определенной мере следствием относительно замедленного врабатывания кислород-транспортной (кардио-респираторной) системы и начального окислительного метаболизма в рабочих мышцах. Величина O_2-дефицита прямо связана с мощностью и длительностью работы (см.табл.I). По нашим данным, наибольший O_2-дефицит обнаружен при выполнении разовой работы без разминки - 3,8±0,I л, разминка уменьшает его до 3,0±0,3 л. При повторной работе в качестве такой разминки выступают предыдущие рабочие периоды. Как следствие, каждый следующий рабочий период характеризуется более высоким уровнем деятельности и более быстрым врабатыванием кардио-респираторной системы (выше ЧСС, ЛВ, V_{O_2}), что снижает O_2-дефицит от цикла к циклу.

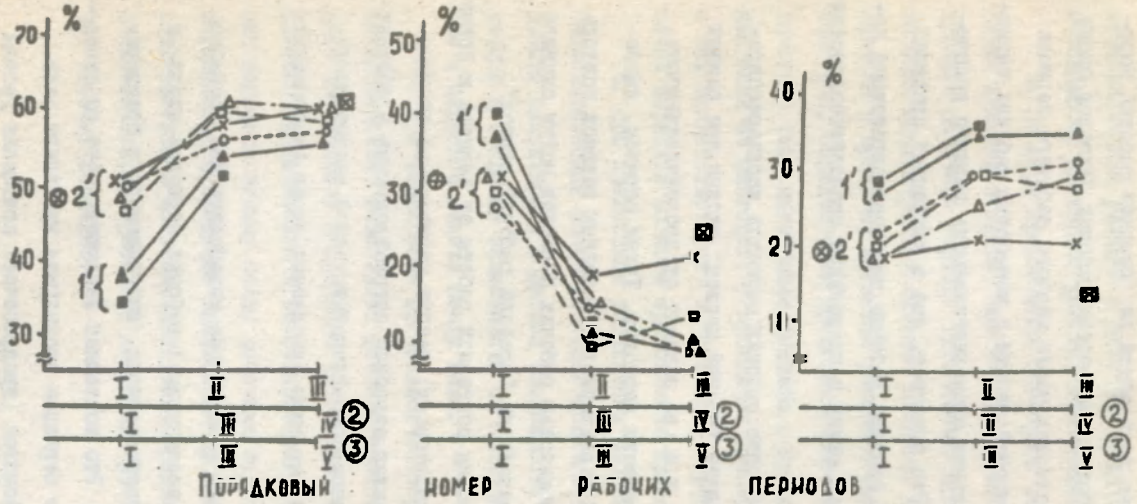
Усиление деятельности кислород-транспортной системы по мере выполнения повторной работы (от периода к периоду) как проявление феномена разминки (ускорения врабатывания), с одной стороны, и укорочение предельной продолжительности рабочих периодов от цикла к циклу (проявление утомления), с другой стороны, позволяет понять, почему по мере выполнения повторной работы (от периода к периоду) уменьшается накопление (прирост концентрации) молочной кислоты в крови.

Энергетическая стоимость

Расчетные данные энергетической стоимости и ее отдельных компонентов при разных режимах повторной работы приводятся графически на рис. 4. Как следует из этих данных, при повторной работе I-го класса (большей мощности и меньшей продолжительности рабочих периодов) относительный вклад аэробной энергопродукции в первом рабочем периоде ниже (около I/3 общей энергопродукции), чем при повторной работе 2-го класса (около I/2). В последующих рабочих периодах этот вклад возрастает для обоих классов повторной работы, но относительно больше для I-го класса, так что относительный вклад аэробной энергопродукции в третьем рабочем периоде примерно одинаков в двух классах повторной работы и составляет около 2/3 общей энергопродукции. Соответственно вклад анаэробной энергопродукции уменьшается по мере продолжения повторной работы, особенно в I-м классе.

Таким образом, основным метаболическим эффектом повторной работы служит увеличение аэробного и уменьшение анаэробно-гликолитического (лактацидного) компонентов энергопродукции по ходу ее выполнения.

Насколько можно судить по снижению рабочего дыхательного коэффициента (см. рис. I) в процессе выполнения повторной работы усиливается вклад жиров, как субстрата окисления, и соответственно снижается вклад окисляемых углеводов в аэробную энергопродукцию.



А) Аэробный компонент (%) Б) Гликолитический компонент (%) В) Алактатный (фосфагенный) компонент (%)

Рис.4 Компоненты энергопродукции при разных режимах повторной работы:

2. ▲——▲ 4 x (I' + 4'), 3. ■——■ 5 x (I' + 4')
4. ○- - - -○ 3 x (2' + 4'), 5. △—·—△ 3 x (2' + 6')
6. □- - - -□ 3 x (2' + 8'), 7. ×——× 3 x (2' + 20')
и при разовой 2-х мин работе с разминкой ⊠ и без нее ⊗ .

ВЫВОДЫ

I. Кардиореспираторные показатели за "средний рабочий период" выше при повторной работе с мощностью рабочих периодов около II0% МПК (предельная продолжительность первого рабочего периода около 2 мин), чем при повторной работе с мощностью рабочих периодов около I20% МПК (предельная продолжительность первого рабочего периода около I мин). Это означает, что в изученных пределах мощности рабочих периодов средние рабочие кардиореспираторные показатели находятся в прямой связи с предельной продолжительностью рабочих периодов.

2. При одинаковой мощности рабочих периодов кардиореспираторные показатели за "средний рабочий период" сходны при разных режимах повторной работы, т.е. не зависят от продолжительности периодов отдыха и числа рабочих периодов. Таким образом, наиболее общей физиологической характеристикой разных режимов повторной работы с одинаковой мощностью рабочих периодов могут служить кардиореспираторные показатели за "средний рабочий период".

3. В процессе выполнения повторной работы от периода к периоду (особенно от первого ко второму) растут кардиореспираторные показатели, усиливается вклад аэробной энергопродукции и соответственно снижается вклад анаэробно-гликолитической энергопродукции, возрастает относительная доля окисляемых жиров (энергетический жировой сдвиг).

4. Кардиореспираторные и некоторые метаболические особенности повторных (второго и последующих) рабочих периодов сходны с таковыми для первого рабочего периода, выполняемого с предварительной легкой разминкой. Это позволяет заключить, что по отношению к последующим рабочим периодам предыдущие выполняют роль "разминки", обеспечивая фоновое (предрабочее) повышение уровня

активности и ускорение процесса врабатывания кардиореспираторной (кислород-транспортной) системы, а также ускорение окислительных метаболических реакций в рабочих мышцах. Это отчасти объясняет особенности повторной работы, изложенные в выводе 3.

5. По мере продолжения повторной работы нарастает концентрация лактата в крови, так что отказ от продолжения каждого следующего рабочего периода (утомление) происходит при все более высоких концентрациях лактата в крови. Следовательно, накопление лактата в крови не является решающим (критическим) лимитирующим фактором, определяющим продолжительность рабочих периодов. Вместе с тем, накопление лактата в крови может рассматриваться как один из факторов, углубляющих (ускоряющих) процесс утомления, о чем свидетельствует, в частности, прогрессивное укорочение рабочих периодов по мере продолжения предельной повторной работы.

6. При предельном выполнении рабочих периодов анаэробно-гликолитической мощности общее количество выполненной повторной работы находится в обратной зависимости от мощности рабочих периодов и в прямой зависимости от продолжительности рабочих периодов и периодов отдыха между ними.

7. При выполнении предельной повторной работы происходит взаимодействие нескольких физиологических явлений: рабочих реакций, возникающих в процессе выполнения каждого рабочего периода, явлений врабатывания и воостановления, происходящего на протяжении периодов отдыха между рабочими периодами, и утомления, развивающегося в процессе выполнения рабочих периодов. Каждое из этих явлений и их взаимодействие определяют физиологические особенности (характеристики) повторной работы в целом и ее отдельных рабочих периодов.

Тип. В/о ССО 2326-100
об'ем 1 п.л.