

Цель работы: Установление степени физической подготовленности и переносимости (толерантности) физических нагрузок

Приборы и принадлежности: Велоэргометр ВЭ- 2 с пультом управления, секундомер

Теоретическая часть:

Согласно первому началу термодинамики количество теплоты Q , тратится на изменение внутренней энергии человека ΔU и на работу против внешних сил A :

$$Q = \Delta U + A. \quad (1)$$

Однако, в отличие от тепловых машин, живые организмы производят работу и меняют свою внутреннюю энергию не за счет теплоты Q , а посредством использования химической энергии пищевых продуктов, усвоенных ими, которая, таким образом, выполняет роль теплоты в уравнении (1). В процессе роста человека часть этой энергии идет на увеличение внутренней энергии человека ΔU (пропорциональной массе) (Энергия, выделяющаяся в процессе биохимических реакций, также может быть рассчитана с помощью уравнения (1); однако, все эти реакции циклические, для них для каждого цикла $\Delta U = 0$, так как начальные и конечные состояния в начале и конце цикла совпадают. Поэтому под изменением внутренней энергии понимается *необратимое* изменение внутренней энергии, связанное, как правило, с изменением массы человека).; **ПО ОКОНЧАНИИ** формирования организма изменение внутренней энергии (в норме) прекращается, и вся энергия идет на совершение работы A . Работа A делится, в свою очередь, на две составляющие A_1 и A_2 :

$$A = A_1 + A_2, \quad (2)$$

где A_1 – работа биохимических процессов обмена в состоянии покоя, которая зависит от пола, конституции человека, и в среднем равна 1900 ккал/сутки.

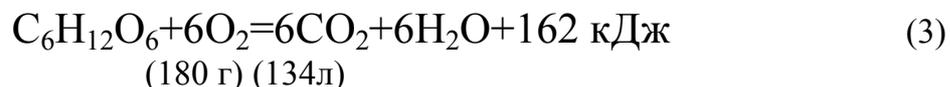
A_2 - работа включающая в себе биохимические процессы, связанные с совершением механической работы (например: ходьба, бег), совершение непосредственной механической работы (например, поднятие тяжести, самостоятельный подъем человека на гору).

На последнем этапе совершения этих видов работ вся работа A превращается в теплоту, которая выделяется организмом в виде теплового излучения, теплопроводности, испарение пота и пр.

Для поддержания нормальной жизнедеятельности организма необходимы обеспечение клеток питательными веществами и удаление продуктов обмена.

Энергия, выделяющаяся при этом, обусловлена экзотермическими реакциями окисления. Перенос кислорода обеспечивается движением крови, которое, в свою очередь, определяется работой сердца. Одной из важнейших функций кровотока является снабжение тканей кислородом, обеспечивающим теплопродукцию и мышечную активность.

Для примера можно рассмотреть пример окисления углеводов:



Уравнение показывает, что утилизация 6 молей кислорода при окислении одного моля глюкозы сопровождается выделением 162 кДж тепла, которое может идти на процессы обмена и совершение механической работы мышц. Поэтому величина потребления кислорода является важнейшим физиологическим показателем, отражающим энергию, потребляемую организмом; соответственно количество кислорода, потребляемого человеком за единицу времени, будет пропорционально суммарной мощности процессов обмена и мощности механической работы мышц.

В условиях покоя человек потребляет 200-250 мл/мин кислорода, что обеспечивается объемом крови, которое перекачивает сердце за одну минуту - объемной скоростью кровотока Q (не путать с теплотой!), равной приблизительно 5,2 л/мин.

С другой стороны, скорость кровотока Q определяется произведением частоты сердечных сокращений (ЧСС) ν и ударным объемом крови:

$$Q = \nu V_{\text{уд}} \quad (4)$$

Ударным объемом крови называется объем крови, который выталкивается в аорту при одном сокращении сердца. Учитывая, что при постоянном уровне кровотока потребление кислорода может также возрасти еще в три раза только за счет более полной отдачи его гемоглобином во время прохождения крови через ткани за счет коэффициента утилизации k , получаем, что количество кислорода, потребляемое тканями, пропорционально

$$kQ = k\nu V_{\text{уд}} \quad (5)$$

Из последней формулы 5 следует, что работа, производимая человеком за единицу времени (мощность N), напрямую связана как с ЧСС, так и ударным объемом крови.

При интенсивной нагрузке величина Q может возрасти в 6 раз, коэффициент утилизации кислорода k – в три раза, что позволяет увеличить доставку кислорода к тканям в 18 раз.

У нетренированных людей величина k и ударный объем крови при умеренных нагрузках обычно меняются мало, поэтому увеличение двигательной активности (мощности выполнения механической работы) линейно зависит от ЧСС. Такая зависимость наблюдается в пределах 50-90% максимальной переносимости нагрузок.

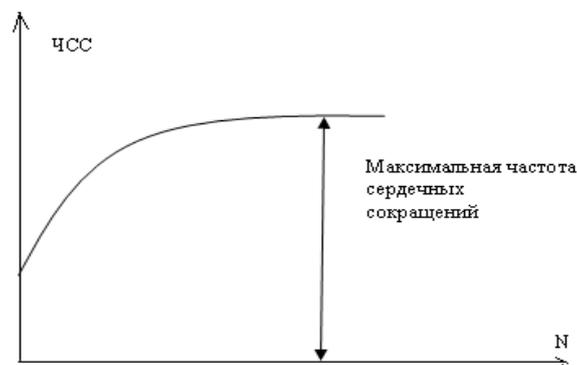


Рисунок 1

Таким образом, зависимость ЧСС от мощности N совершения механической работы имеет вид (рис.1).

ЧСС при $N=0$ отвечает мощности метаболических процессов в состоянии покоя.

В итоге экспериментально найденная зависимость ЧСС от мощности нагрузки позволяет судить о степени тренированности, а также о функциональном состоянии организма.

Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения должный максимальный уровень потребления кислорода (ДМПК) от мощности нагрузки, характер изменения ЧСС от величины

потребления кислорода в норме зависит от возраста, пола и веса человека и может быть найден с помощью соответствующих таблиц (1-3) и графиков (1-2). Так как мощность, соответствующая ДМПК, может вызвать у нетренированных людей тяжелые осложнения, ее определяют в клинической практике путем экстраполяции.

Велоэргометр – аппарат, который служит для определения физической работоспособности, переносимости физической нагрузки (толерантности к физическим нагрузкам), для тренировок спортсменов и нетренированных здоровых и больных людей. Работа на велоэргометре аналогична езде на велосипеде. Испытуемый вращает педали со скоростью 60 об/ мин, вращение передается диску, который может затормаживаться механическим или электрическим способом. Измерение скорости вращения педалей или силы торможения диска позволяет точно указать усилия, затрачиваемые на выполнение работы.

Велоэргометр позволяет создавать регулируемую нагрузку на организм человека при вращении педалей и изменения развиваемой при этом мощности. Пульт управления предназначен для плавного регулирования выпрямляемого тока питания катушки электромагнитов и контроля частоты вращения педалей.

На передней панели пульта управления находится: ваттметр, тахометр, кнопка «сеть», сигнальная лампочка, переключатель выбора диапазонов измерения нагрузки и ручки регулирования нагрузки «грубо» и «плавно».

ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ

Для исследования толерантности и физическим нагрузкам применяется серия ступенеобразной возрастающей мощности (рис.2).

Для здоровых людей подбор эргометрических нагрузок соответственно возрасту, полу, весу, осуществляется в зависимости от процента должного максимального поглощения кислорода (ДМПК). Лицам, занимающимся спортом или спортсменам с невысокой общей выносливостью, рекомендуют нагрузки 20, 35, 50, 75% ДМПК. Рост нагрузки прекращается при достижении у испытуемого предельной (субмаксимальной) частоты сердечных сокращений.

Максимальная работоспособность организма может быть определена максимальным потреблением кислорода во время эргометрических нагрузок возрастающей мощности. Мощность увеличивается до тех пор, пока не прекратится прирост потребляемого кислорода. Мощность выполняемой при этом работы определяет уровень максимальной физической работоспособности. Так как у больных и недостаточно тренированных людей максимальные нагрузки могут вызвать тяжёлые осложнения, в широкой клинической практике используют косвенные методы определения максимальной физической работоспособности. Для этого используют прямую пропорциональную зависимость между мощностью нагрузки, частотой сердечных сокращений и ежеминутным потреблением кислорода.

Максимальный 100% ДПК соответствуют определённая ЧСС.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

I. Подготовить велоэргометр к работе:

1. Проверить заземление;
2. Включить вилку кабеля питания пульта управления в розетку;
3. Нажать кнопку «СЕТЬ» и после загорания сигнальной лампочки поворотом ручки «НАГРУЗКА» установить 200 Вт **ПО НИЖНЕЙ ШКАЛЕ** прибора.
4. Дать прибору прогреться 10-15 минут.

II. На основании справочных таблиц и графиков, приведенных в методическом руководстве, заполнить четыре графы рабочей таблицы №4:

1. По справочным таблицам 1 или 2 определить для испытуемого, согласно возрасту, весу и полу должную величину максимального потребления кислорода в л/мин, (ДМПК) и записать в графу 1.
2. По таблице 3 найти необходимые нагрузки в ваттах, соответствующие 35, 50, 75, 100% от ДМПК. Данные занести в графу 3 рабочей таблицы;
3. По графикам 1 или 2 определить должные величины частоты сердечных сокращений (ЧСС) при выбранных мощностях физических нагрузок. Данные занести в графу 4 рабочей таблицы;

III. Определение толерантности к физическим нагрузкам

1. Работа с велоэргометром:

- а) Ручкой «нагрузка» **по нижней шкале** на пульте прибора необходимо уменьшить нагрузку до 0, а затем поставить требуемое значение (изменение нагрузки должно проводиться в каждом опыте от 0 до необходимого значения);
- б) Испытуемый должен сесть в седло велоэргометра, ноги поставить на педали и, упираясь в спинку, три минуты равномерно вращать педали с частотой 60 об/мин, (контроль за частотой вращения производится по тахометру на пульте управления);

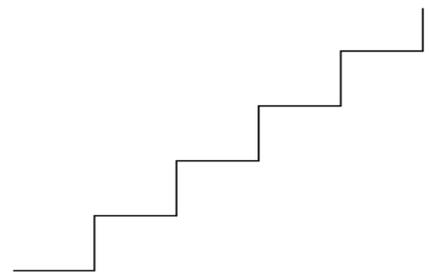


Рисунок 2. Ступенеобразно-возрастающая непрерывная

- в) По истечении этого времени испытуемый определяет пульс за 10 секунд. Число ударов, умноженное на 6, занести в графу 5 рабочей таблицы.
- г) После отдыха 3-5 минут повторить выполнение пунктов а, б, в для каждой нагрузки;
- д) Выключить велоэргометр отжатием клавиши «сеть» пульта управления и вынуть вилку из розетки.

2. Заполнить 6, 7, 8, 9 графы рабочей таблицы № 4:

- а) Рассчитайте показатель пульсового предела толерантности (ППТ) по формуле:

$$\text{ППТ} = (\text{ЧСС}_{\text{факт.}} / \text{ЧСС}_{\text{должн.}}) \cdot 100\%$$

- б) Оцените уровень физической подготовленности: для этого сопоставьте физические значения ЧСС с должными при каждой нагрузке – превышение должной частоты более чем на 10 ударов в минуту говорит о недостаточной физической подготовленности, а если частота сокращений ниже должной на 10 и более ударов в минуту, то уровень физической подготовленности для данной нагрузки достаточен;
- в) Оцените по результатам измерений двигательную активность пациента. Если ППТ не превышает единицы лишь при 35%-50% ДПМК, двигательная активность считается средней, если при 50-70% – выше средней, больше 70% – высокой.
- г) С использованием компьютера (приложение EXCEL) постройте график зависимости ЧСС от нагрузки (по оси ординат – ЧСС, по оси абсцисс - нагрузка N). Предполагая линейную зависимость ЧСС от мощности нагрузки N во всем диапазоне изменения мощности, определите максимально возможную мощность физической работоспособности. Для этого в уравнении линейной регрессии, которое выдаст компьютер, подставьте должное значение ЧСС, соответствующее 100% нагрузке (столбец 4 таблица 4) и решите его относительно N. Найденное значение N запишите в столбец 9 таблицы 4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое механическая работа и мощность. В каких единицах они измеряются? Какова связь между калорией и Джоулем?
2. Запишите связь между скоростью, силой и мощностью.
3. Запишите первое начало термодинамики и дайте определение всех входящих в это уравнение величин.
4. Откуда берется энергия для совершения организмом механической работы.
5. Какова должна быть связь между химической энергией, потребляемой человеком, и работой биохимических процессов в условиях гиподинамии? Что произойдет, если эта связь нарушится?
6. На что тратится энергия, полученная организмом, находящимся в состоянии покоя? Какова величина этой энергии, выразите ее в Джоулях.
7. Каков механизм снабжения кислородом тканей? Что такое объемная скорость кровотока, частота сердечных сокращений, период сердечного сокращения, ударный объем крови?
8. Как связаны эти величины друг с другом?
9. Почему и когда наблюдается линейная связь ЧСС и мощности механической нагрузки?
10. Почему ЧСС отлична от нуля при отсутствии механической нагрузки?

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекции
2. В.Ф. Антонов, Физика и биофизика: Учебник/Под ред. В.Ф. Антонова. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2008.-480 с.: ил.
3. В.О. Самойлов, Медицинская биофизика: учебник для вузов / В.О. Самойлов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.; СпецЛит, 2007. -560 с.: ил.
4. Н.М. Амосов, Я.А. Бендет. Физическая активность и сердце, Киев, Здоровье, 1989

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ, РАБОЧАЯ ТАБЛИЦА И ГРАФИКИ

Должностные величины максимального потребления кислорода у мужчин (л/мин)

Таблица 1

Возраст	Вес мужчин (кг)										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
17-24	2,70	2,84	2,93	3,11	2,70	3,35	3,47	3,60	3,71	3,83	3,96
25-29	2,47	2,60	2,73	2,85	2,98	3,08	3,19	3,31	3,41	3,52	3,63
30-34	2,29	2,41	2,53	2,64	2,77	2,86	2,97	3,08	3,18	3,28	3,40
35-39	2,14	2,26	2,38	2,48	2,60	2,69	2,78	2,89	2,99	3,09	3,20

Должностные величины максимального потребления кислорода у женщин (л/мин)

Таблица 2

Возраст	Вес женщин (кг)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
17-24	2,32	2,46	2,58	2,71	2,28	2,94	3,05	3,15	3,26	3,36
25-29	2,15	2,27	2,39	2,5	2,6	2,72	2,82	2,92	3,02	3,11
30-34	2,01	2,13	2,24	2,34	2,44	2,54	2,63	2,72	2,81	2,9
35-39	1,9	2,01	2,11	2,2	2,3	2,39	2,48	2,57	2,65	2,73

Мощность физических нагрузок (Вт) при различных значениях должного максимального потребления кислорода (ДМПК) и метаболических единиц (мет).

Таблица 3

ДМПК (л/мин)	ДМПК	35%	50%	75%	100%
	мет.	2 3	4 5	6 7	8 9
0,5-1,0		10	20	40	60
1,2-1,5		20	40	70	100
1,6-2,0		30	60	100	140
2,1-2,5		40	80	130	180
2,6-3,0		50	100	160	220
3,1-3,5		60	120	190	260
3,6-4,0		70	140	220	300
4,1 и выше		80	160	250	340

Таблица 4

ДМПК	ДМПК (%)	Нагрузка (Вт)	Должная ЧСС	Фактическая ЧСС	ППТ (%)	Уровень физич. подготовки	Двигательная активность	Максим. работоспособность
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	35							
	50							
	75							
	100							

ГРАФИК 1 (МУЖЧИНЫ)

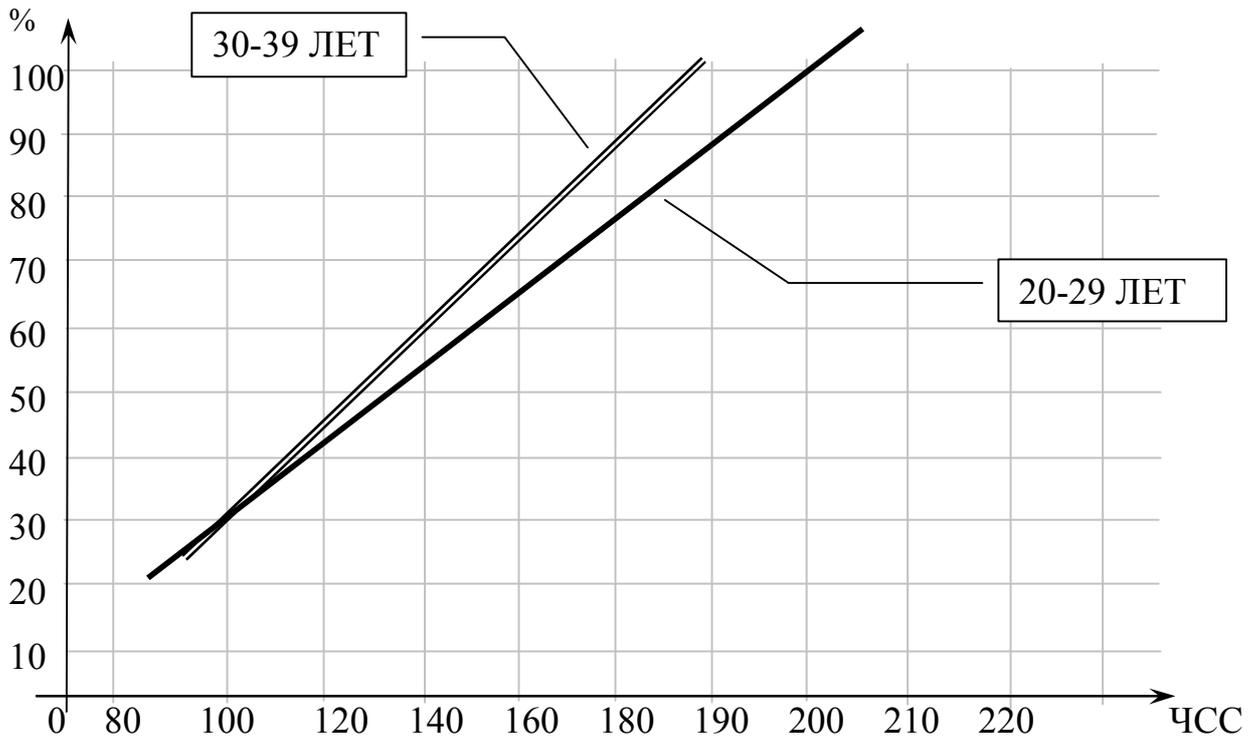


ГРАФИК 2 (ЖЕНЩИНЫ)

