

# Оценка аэробных возможностей организма

## План практического занятия:

1. Физиологическая классификация физических упражнений
2. Анаэробный и аэробный компонент энерготрат при упражнениях различной мощности
3. Половые и возрастные энерготраты, аэробные и анаэробные возможности организма
4. Методы, определяющие аэробные возможности организма

В настоящее время общепринятой считается классификация физических упражнений, предложенная московским физиологом В. С. Фарфелем (1970).

Схема физиологической классификации упражнений в спорте (по В.С. Фарфелю, 1970, 1975)

Позы: лежание, сидение, стояние, с опорой на руки

Движения

I. Стереотипные (стандартные) движения

1) Качественного значения (с оценкой в баллах),

2) Количественного значения (с оценкой в килограммах, метрах, секундах).

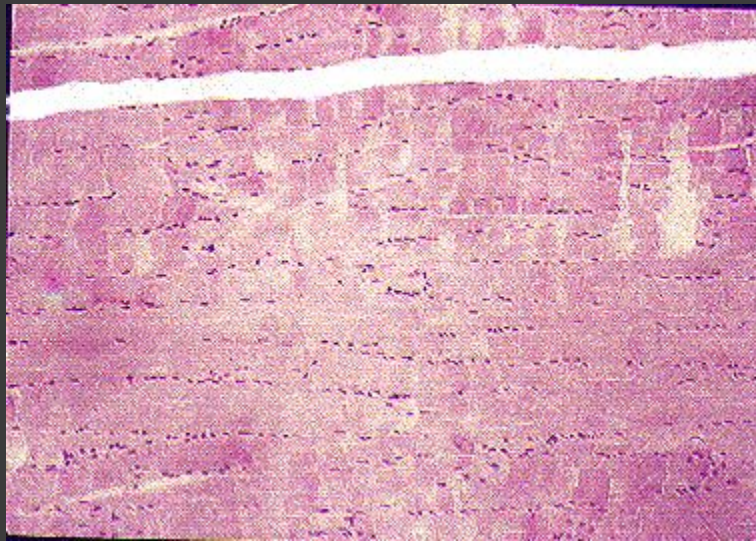
- Циклические (по зонам мощности: максимальной, субмаксимальной, большой, умеренной);

- Ациклические: собственно-силовые, скоростно-силовые, прицельные;

II. Ситуационные (нестандартные) движения: спортивные игры, единоборства, кроссы

Тренированный организм спортсмена затрачивает огромную энергию и развивает значительные сдвиги в моторных и вегетативных функциях, недоступные для неподготовленного человека. Энергетические затраты зависят от длительности работы, которая подразделяется на 4 зоны по относительной мощности — максимальную, субмаксимальную, большую и умеренную.

# Поперечно-полосатая мускулатура



Кроме вышеприведенной классификации спортивные упражнения делят по преобладающему источнику энергии

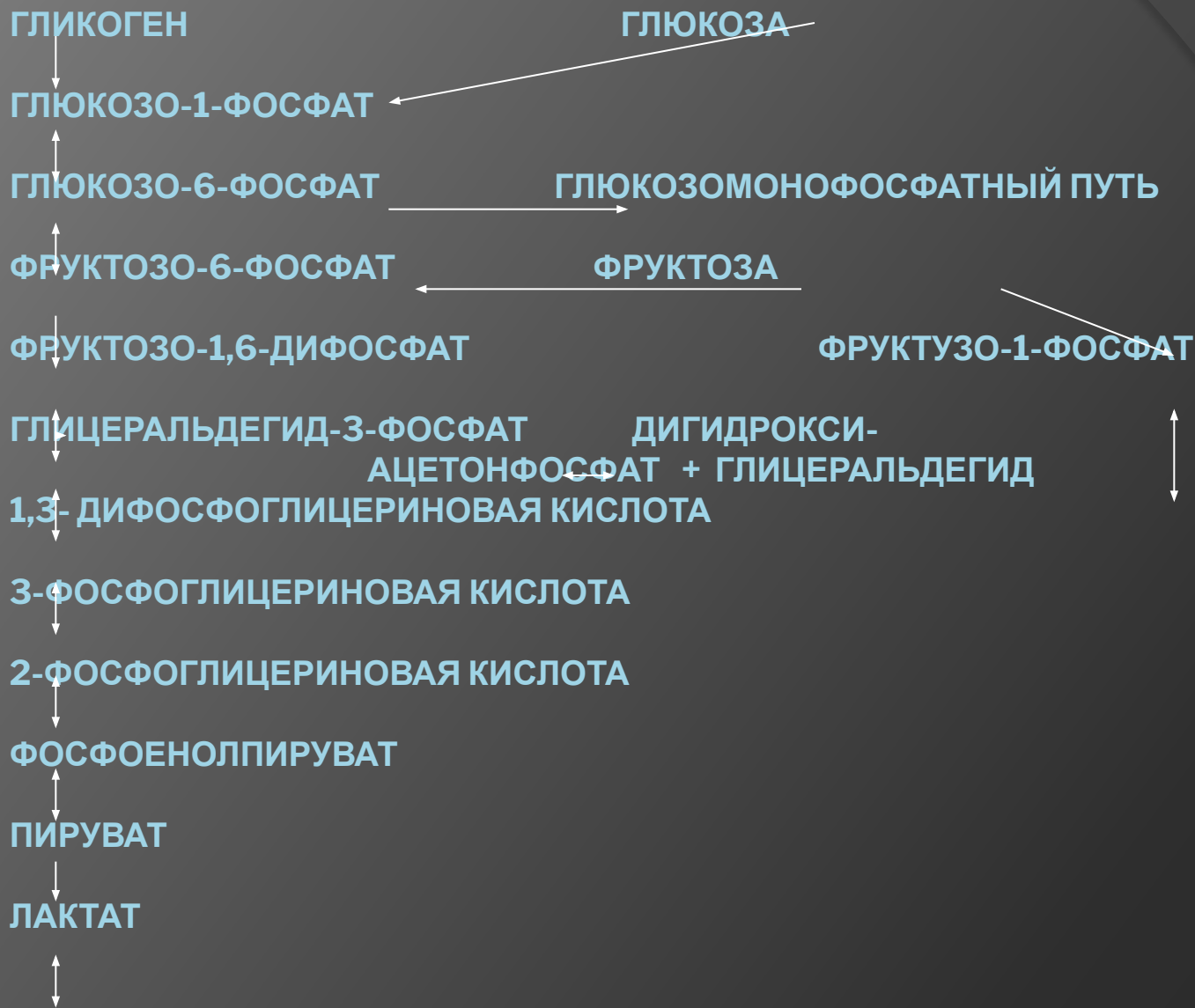
*(классификация по энергетическим критериям)*. Выделяют упражнения:

- анаэробные алактатные (осуществляемые за счет фосфогенной системы - АТФ и КТФ);
- анаэробные лактатные (за счет энергии гликолиза - распада углеводов с образованием молочной кислоты);
- аэробные (за счет окисления углеводов и жиров).

Соотношение анаэробных и аэробных источников энергии зависит от длительности работы.

# Энергетика мышечного сокращения и расслабления





**Цикл Эмбдена – Мейергофа (анаэробный путь)**



Работа максимальной мощности продолжается до 20-30 секунд (спринтерский бег на 60, 100, 200 м; плавание на 25-50 м; велогонки на треке – гиты 200 и 500 м)

Такая работа относится к анаэробным алактатным нагрузкам, т.е. выполняется на 90-95 % за счет энергии фосфогенной системы АТФ и креатинфосфата.

При малом времени работы кислородный долг не успевает развиться. Существенные сдвиги со стороны кровообращения обусловлены предстартовым состоянием. В связи с активным выходом из печени углеводов обнаруживается гипергликемия. Суммарные энерготраты – 80 ккал. Пульс 200 уд/мин.

Ведущими системами организма при работе в зоне максимальной мощности являются ЦНС и ОДА.

Работа субмаксимальной мощности продолжается от 20-30 секунд до 3-5 мин (бег на средние дистанции – 400, 800, 1000, 1500 м; плавание на 100, 200, 400 м; скоростной бег на коньках на 500, 1000, 1500 и 3000 м; велогонки – гиты на 1000 м; гребля 500, 1000 м).

Нагрузка анаэробно-аэробного характера. Суммарные энерготраты – от 150 до 450 ккал. Пульс 180 уд/мин. Предельно нарастает концентрация молочной кислоты, смещается рН (до 7,0 и менее). Кислородный долг достигает предельной величины (22 л).

Ведущими физиологическими системами являются кислородтранспортная систем (кровообращение, дыхание, кровь), центральная нервная система).

Работа большой мощности продолжается от 5-6 мин до 20-30 мин (бег на 3000, 5000, 10000 м; плавание на 800, 1500 м; скоростной бег на коньках на 5000, 10000 м; лыжные гонки - 5, 10 км; гребля – 1,5, 2 км).

Нагрузка анаэробно-аэробного характера. Наряду с гликолизом энергообразование происходит в результате окисления глюкозы.

Максимальное включение в работу кислородотранспортной системы обеспечивает достижения организмом спортсмена МПК. Кислородный долг достигает 12-15 д (10-30 % от кислородного запроса) при большой длительности работы. Высокая концентрация молочной кислоты, заметное снижение рН крови. Пульс 180 уд/мин. Суммарные энерготраты 750-900 ккал.

Ведущие системы кислородотранспортная, терморегуляции, желез внутренней секреции.

Работа умеренной мощности продолжается от 30-40 мин до нескольких часов (беговые дистанции 20, 30 км, марафон 42195 м, шоссейные велогонки 100 км и более; лыжные гонки 15, 30, 50 км и более, спортивная ходьба 10 до 50 км и т.д.).

Нагрузка аэробного характера. Энергообразование происходит в результате перехода окисления глюкозы к жирам. Потребление кислорода в составляет 70-80 % от МПК. Кислородный долг около 4 л. Концентрация молочной кислоты на уровне нормы (1 - 2 ммоль/л), гипогликемия, ведущая в марафоне к нарушению функции ЦНС (координации движений, дисориентации, потере сознания). Длительная монотонная работа ведет к запредельному (охранительному) торможению. Пульс 160-180 уд/мин, энерготраты до 2-3 тыс ккал.

Ведущее значение в зоне умеренной мощности имеют большие запасы углеводов, предотвращающие гипогликемию.

Во всех стандартных ациклических упражнениях сочетается динамическая и статическая работа анаэробного (штанга, прыжки, метания) или анаэробно-аэробного характера (вольные упражнения в гимнастике, произвольная программа в фигурном катании и др.), которые по длительности соответствуют зонам максимальной и субмаксимальной мощности.

Суммарные энерготраты невысоки из-за краткости выполнения, кислородный запрос и кислородный долг малы (около 2 л). Высока роль координации, внимания, чувства пространства и времени, абсолютная и относительная сила.

Ведущими системами являются ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат.

**Нестандартные (ситуационные) упражнения, характеризующиеся работой переменной мощности, изменчивостью ситуации и дефицитом времени в энергетическом обеспечении зависят от размеров площадок, числа участников, темпа движений, определяющих соотношение аэробных и анаэробных процессов энергообразования.**

**Диапазон пульса от 130 до 190 уд/мин. Величина МПК ниже, чем у спортсменов циклических видов спорта.**

**Ведущими системами являются ЦНС, сенсорные системы, двигательный аппарат.**

# Определение общей физической работоспособности по показателям аэробных возможностей организма

- Аэробные возможности человека — это **ВОЗМОЖНОСТЬ** производить работу за счет энергии полученной в результате реакций окисления с участием кислорода *и последующего поступления энергетических соединений в миофибриллы.*
- Зависят от способностей организма эффективно транспортировать и утилизировать кислород при мышечной деятельности.

# Аэробные возможности человека

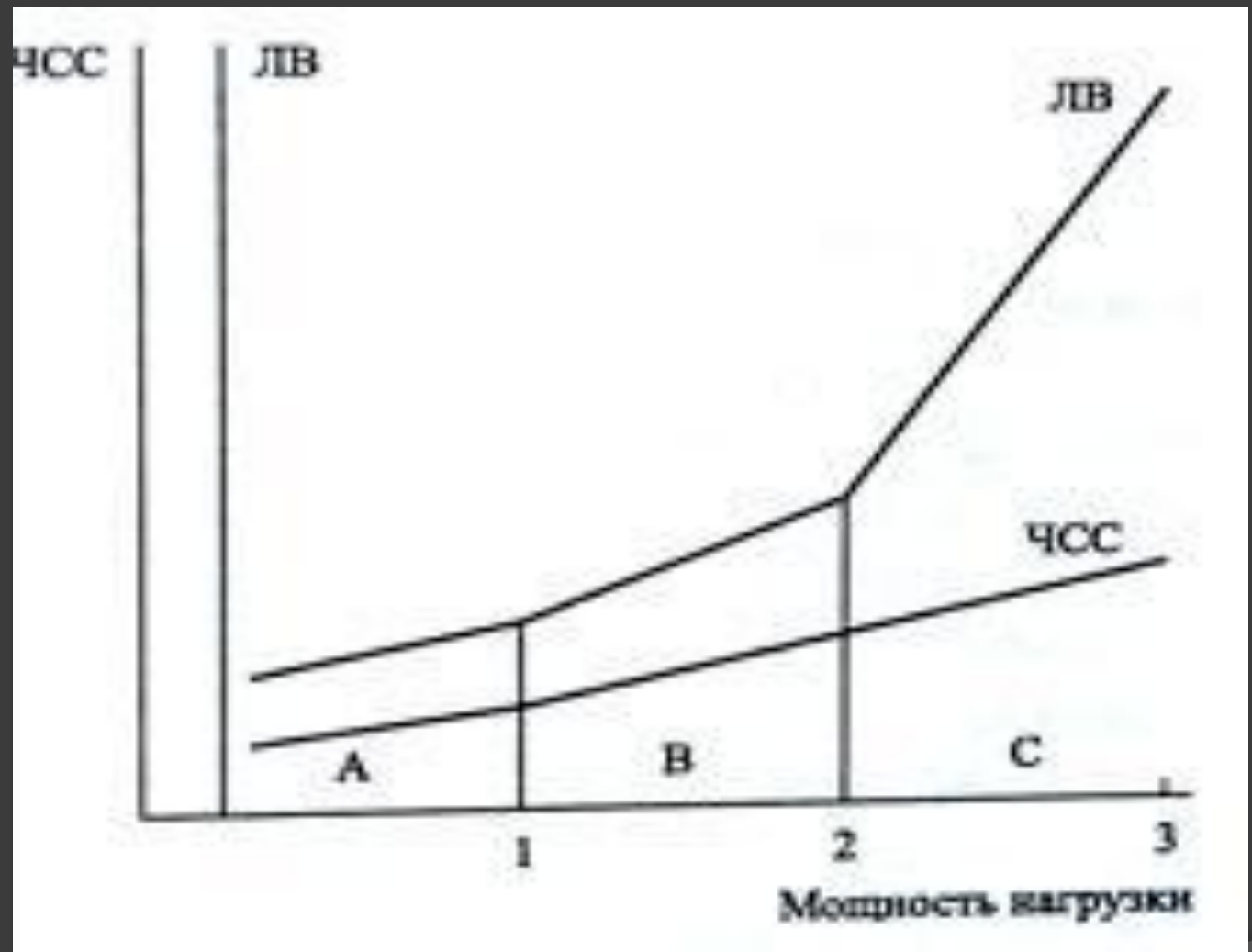
*Характеризуют, определяя:*

- ◎ 1. Аэробную мощность;
- ◎ 2. Аэробную емкость – общая величина потребления кислорода за всю работу (на уровне критической мощности);  
(объем работы, который спортсмен может выполнить на уровне МПК).



- ◎ 3. Порог анаэробного обмена (ПАНО) – это переход к использованию от аэробных к анаэробным источникам энергии – что менее выгодно для организма.
- ◎ Характеризуется выраженным увеличением содержания молочной кислоты в крови: происходит при концентрации лактата в крови около 4 ммоль/л (от 2 до 4 ммоль/л).

Считают, что при первом приросте концентрации лактата в крови фиксируется первая пороговая точка — первый анаэробный порог — ПАН01. Эту точку также называют аэробным порогом, так как до этого не отмечается существенный прирост анаэробного метаболизма. Аэробный порог — это мощность циклической работы, в которой в существенном объеме участвуют мышечные волокна гликолитического типа (БС волокна II типа). В среднем концентрация лактата в крови составляет около  $2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ . Во время дальнейшего роста нагрузки отмечается период, когда концентрация лактата в крови после периода небольшого равномерного его повышения начинает выражено увеличиваться. Это возникает, в среднем, при концентрации лактата в крови  $4 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$  и обозначается как второй анаэробный порог (ПАН02), являющийся истинным анаэробным порогом. ПАН02 отражает максимальную аэробную продуктивность МС волокон (I типа).



# МПК

- ◎ Главным показателем **аэробной МОЩНОСТИ** является МПК (Максимальное Потребление Кислорода).
- ◎ МПК характеризует максимальный объем аэробных процессов, которые могут происходить в организме спортсмена в единицу времени.

# МПК

- ◎ По тесту МПК судят:
  - - о функциональном состоянии кардио-респираторной системы;
  - - о физической работоспособности спортсмена.

# МПК

- ◎ Величина МПК зависит:
  - от ФС СВД (как вентиляции, так и диффузии);
  - от эффективности легочного кровообращения;
  - от состояния кислородной емкости крови;
  - от активности ферментных систем;
  - от количества работающих мышц;
  - от состояния системы регуляции (НС);

# МПК

- ◎ Есть 2 способа определения МПК:
  - - прямой (спортсмен достигает МПК в ходе теста);
  - - непрямой (расчетный).

## Прямой метод:

- является самым трудоемким в спортивной физиологии и медицине;
- необходимо сложное дорогостоящее оборудование (газоанализатор);

# Прямой метод определения МПК

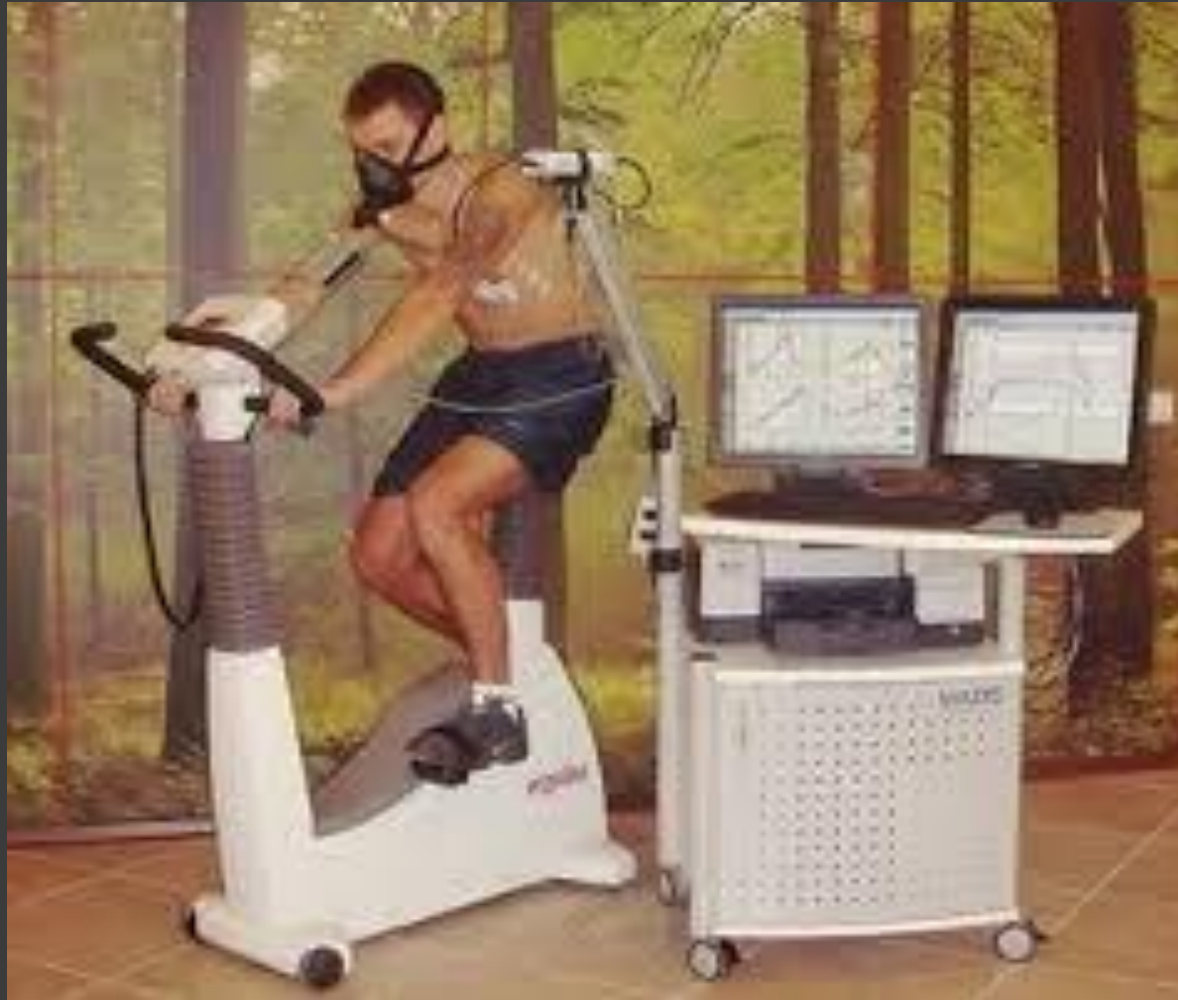
- Заключается в выполнении спортсменом работы нарастающей мощности, без перерыва между нагрузками;
- Одновременно определяется величина поглощения кислорода из вдыхаемого воздуха (спортсмен соединен с газоанализатором специальным загубником);



# Прямой метод определения МПК

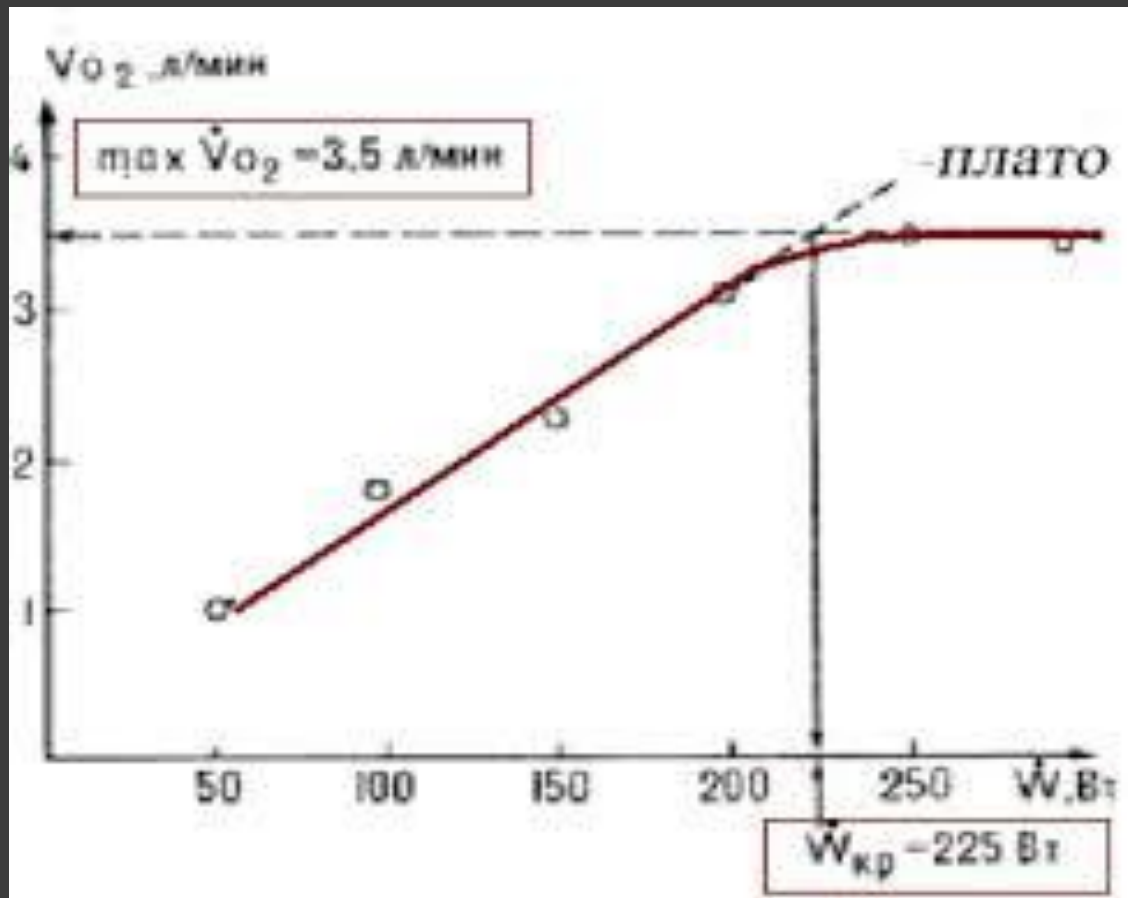
- ◎ Чаще всего тест выполняется:
  - - на велоэргометре;
  - - можно использовать тредбан (бегущую дорожку).
  - - современные спироэргометрические комплексы (Oxcon Alfa, фирмы Джегер, Германия и др).





# Прямой метод определения МПК

- В определенный момент, несмотря на дальнейшее повышение мощности работы, цифра поглощения кислорода перестает увеличиваться.
- Это и есть МПК.
- У спортсменов высокого класса достигает 5,5-6,0-6,5 литров  $O_2$ /мин при легочной вентиляции 180-220 л/мин.



**Таблица 1. Максимальное потребление кислорода у спортсменов, специализирующихся в разных видах спорта(Салтин, Астранд, 1967)**

Контингент	Абсолютная величина МПК (л/мин)	Относительная величина МПК(мл/кг/мин)
Нетренированные	3,1	44
Лыжники	5,6	83
Стайеры	4,8	79
Средневики	5,4	75
Гимнасты	3,9	60

Вид спорта	Максимальное потребление кислорода, мл/мин/кг		
	Astrand	Wilmore	В.Л. Карпман
Лыжные гонки	83	83	77
Бег на длинные дистанции (5000 и 10 000 м)	80	72	74
Бег на средние дистанции (400, 800 и 1500 м)	76	72	72
Конькобежный спорт	78	76	76
Велоспорт (шоссе)	75	70	74
Плавание	67	62	70
Спортивная ходьба	71	70	68
Теннис	59	–	56
Борьба	57	59	56
Хоккей	52	54	56
Футбол	51	58	57
Гимнастика	45	46	47
Тяжелая атлетика	44	45	45
Метания	–	44	42
Нетренированные	43	42	43

- В следующей таблице приведены рекомендации Американского Колледжа Спортивной Медицины по значениям МПК.



**Показатели МПК для мужчин (мл/мин/кг)**

Уровень МПК	Возраст					
	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	65+
Отличный	> 60	> 56	> 51	> 45	> 41	> 37
Хороший	52-60	49-56	43-51	39-45	36-41	33-37
Выше среднего	47-51	43-48	39-42	35-38	32-35	29-32
Средний	42-46	40-42	35-38	32-35	30-31	26-28
Ниже среднего	37-41	35-39	31-34	29-31	26-29	22-25
Низкий	30-36	30-34	26-30	25-28	22-25	20-21
Очень низкий	< 30	< 30	< 26	< 25	< 22	< 20

**Показатели МПК для женщин (мл/мин/кг)**

Уровень МПК	Возраст					
	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	65+
Отличный	> 56	> 52	> 45	> 40	> 37	> 32
Хороший	47-56	45-52	38-45	34-40	32-37	28-32
Выше среднего	42-46	39-44	34-37	31-33	28-31	25-27
Средний	38-41	35-38	31-33	28-30	25-27	22-24
Ниже среднего	33-37	31-34	27-30	25-27	22-24	19-22
Низкий	28-32	26-30	22-26	20-24	18-21	17-18
Очень низкий	< 28	< 26	< 22	< 20	< 18	< 17

# Непрямой метод определения МПК

- Используется намного чаще (величина нагрузки меньше);
- Спортсмен выполняет работу умеренной мощности (на велоэргометре);
- МПК определяется расчетным путем на основании наличия строгой линейной зависимости между ЧСС и величиной потребления кислорода во время работы.

# Непрямой метод определения МПК

- ◎ При прямом методе спортсмен достигает МПК при ЧСС 170-200 уд/мин;
- ◎ При непрямом он работает на ЧСС 135-155 уд/мин.

# Непрямой метод определения МПК

- ◎ Используется:
  - - тест RWC170 (с перерасчетом МПК);
  - - ступенька Гарвардского степ-теста;
  - - номограмма Астранда.

# Гарвардский степ-тест

- ◎ Предназначен для определения общей физической работоспособности (ОФР).
- ◎ Разработан в Гарвардском университете США в 1936г. для изучения утомления (Бруа с соавт.);
- ◎ В 1942г. использовался для изучения работоспособности морских пехотинцев (США);
- ◎ В послевоенные годы перешел на спортсменов (стал использоваться для изучения спортивной работоспособности).

# Гарвардский степ-тест

- ◎ Тест выполняется с использованием ступеньки.
- ◎ Ее высота для мужчин – 50 см, время восхождения – 5 минут;
- ◎ Для женщин – 43 см и 5 минут восхождения.
- ◎ Тест выполняется в темпе 30 подъемов в минуту. 1 подъем – 4 шага, т.е. в 1 минуту – 120 шагов – под метроном.
- ◎ Тест могут выполнять дети и подростки начиная со школьного возраста.

# Гарвардский степ-тест

Обследуемые	Возраст, лет	Площадь поверхности тела	Высота ступеньки	Время восхождения
Мальчики, девочки	до 8 лет	-	35 см	2 мин
Мальчики, девочки	8 - 11 лет	-	35 см	3 мин
Девушки	12 – 18 лет	-	40 см	4 мин
Юноши (подростки)	12 – 18 лет	<1,85 м <sup>2</sup>	45 см	4 мин
Юноши (подростки)	12 – 18 лет	>1,85 м <sup>2</sup>	50 см	4 мин

# Гарвардский степ-тест

## Схема проведения:

У испытуемого в покое, сидя измеряют ЧСС и АД.

Затем он выполняет нагрузку.

Сразу после этого у него сидя измеряют ЧСС за первые 30 сек на 2-й, 3-й и 4-й минутах отдыха, получая значения  $f_1$ ;  $f_2$ ;  $f_3$ .

*Помимо этого обычно измеряют ЧСС и АД по стандартной методике за 5 минут восстановительного периода.*



# Гарвардский степ-тест

## Оценка теста

Проводится по  
индексу Гарвардского степ-теста (ИГСТ):

$$\text{ИГСТ} = \frac{t \times 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \times 2}$$

$f_1$ ;  $f_2$ ;  $f_3$  – частота пульса на  
2-й, 3-й и 4-й минутах  
отдыха;

$t$  – время восхождения в  
секундах; **Обычно: 5 мин  
x 60 сек = 300 сек.**

# Гарвардский степ-тест

- Если испытуемый устал и отстает от ритма в течении 20 сек тест прекращают и учитывают реальное время его выполнения, т.е. 4 мин. или 3,5 мин. и т.д.;

## ОЦЕНКА ТЕСТА

ИГСТ	Физическая работоспособность
менее 55	плохая
55-64	ниже средней
65-79	средняя
80-89	хорошая
90 и более	отличная

# Гарвардский степ-тест

## ОЦЕНКА ТЕСТА ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ

ОЦЕНКА по ИГСТ	Ациклические виды спорта	Циклические виды спорта
плохая	менее 60	менее 70
ниже средней	60-69	70-79
средняя	70-79	80-89
выше средней	80-89	90-99
хорошая	90-99	100-109
отличная	100 и более	110 и более

# Гарвардский степ-тест

- Измерение ЧЧ и АД по обычной методике на 1-й и 5-й минутах восстановительного периода позволяет также оценивать тип реакции ССС на нагрузку.
- Чтобы определить ценой какого напряжения ССС достигнут тот или иной уровень работоспособности ( не отменяя оценку по ИГСТ).
- Есть упрощенная формула расчета ИГСТ:
- $$\text{ИГСТ} = \frac{t \times 100}{f_1 \times 5,5}$$

*дает ориентировочную оценку теста.*

# Тест PWC-170

- Тест предназначен для определения физической работоспособности лиц, занимающихся физической культурой и спортом.
- Суть теста состоит в определении мощности физической нагрузки, при которой ЧСС после вработывания устанавливается на уровне 170 уд/мин.
- PWC – от англ. «Physical Working Capacity» - объем физической работы.
- ЧСС в 170 уд/мин – является оптимальным уровнем функционирования кардио-респираторной системы под нагрузкой.

# Тест PWC-170

- ◎ Тест был разработан в Каролинском университете Стокгольма в 1948г. Валундом и Съестрандом.
- ◎ Представлял собой ступенчато повышающиеся нагрузки на велоэргометре:
  - ◎ - по 5 (6) минут каждая;
  - ◎ - без отдыха между ними;
  - ◎ - до получения ЧСС у спортсмена в 170 ударов в минуту.
- ◎ Это был прямой метод определения PWC-170.
- ◎ Но долгий и трудоемкий: требовалось 5-6 нагрузок и 30-35 минут на одного спортсмена.

# Тест РWC-170

- В 1969г в Москве В.Л. Карпман (с соавт.) модифицировал тест, предложив не прямой метод определения РWC-170.
- В основе модификации – наличие линейной зависимости между ЧСС и мощностью выполняемой работы в определенном диапазоне нагрузок (при ЧСС 120-180 уд/мин).
- Был предложен графический и математический метод определения РWC-170.

# Тест PWC-170

- Тест выполняется на велоэргометре.
- Спортсмену дается 2 нагрузки по 5 минут каждая.
- Между нагрузками 3 минуты отдыха;
- Вторая нагрузка больше первой.
- В конце выполнения каждой нагрузки у него измеряют ЧСС за 30 секунд в пересчете на минуту, **получая значения  $f_1$  и  $f_2$** ;
- Частота вращения педалей на обе нагрузки – примерно 60 об/мин.



# Подбор нагрузок

- Обычно величина первой нагрузки составляет 1 Ват (Вт) на кг веса, а второй – 2(2,5) до 4 (4,5) Вт/кг, в зависимости от ЧСС на первую нагрузку;
- Разница пульса на обе нагрузки должна быть не менее 40 уд/мин, т.е.:
  - на первую нагрузку - 100-120 уд/мин;
  - на вторую - 140-160 уд/мин.
- Величины нагрузок также могут быть взяты из специальных таблиц по видам спорта и весу спортсменов.

# ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ р<sub>вс</sub>-170

Пример: вес спортсмена 70 кг.

Величина первой нагрузки ( $W1$ ) - из расчета  
 $1 \text{ Вт/кг} = 70 \text{ Вт}$ .

Но на графике нагрузка откладывается в  
других единицах – в  $\text{кг}\cdot\text{м/мин}$ .

Поэтому используют коэффициент пересчета:

$1 \text{ Вт} = 6,1 \text{ кг}\cdot\text{м/мин}$ . Тогда  **$W1=420$**   $\text{кг}\cdot\text{м/мин}$ .

ЧСС1 ( $f1$ ) на эту нагрузку – **100** уд/мин.

Величина  **$W2$**  –  $2 \text{ Вт/кг}$  –  $140 \text{ Вт}$  или  $840$   
 $\text{кг}\cdot\text{м/мин}$ .

ЧСС2 ( $f2$ ) –  $140$  уд/мин.

По этим данным строят график.

# Математический метод определения PWC-170

- По формуле Карпмана:

$$PWC-170 = W1 + (W1 + W2) \times \frac{170 - f1}{f2 - f1}$$

- 

## ОЦЕНКА ТЕСТА

У здоровых нетренированных мужчин PWC-170 равен 700 – 1100 кгхм/мин.

У женщин – 450 – 850 кгхм/мин.

У спортсменов показатель зависит от специализации, составляя 1000 – 2000, в тренировках на выносливость - до 2600.

# Тест PWC-170

- На величину теста влияет вес спортсмена.
- Чтобы уйти от этой зависимости, вычисляют PWC-170 относительное.
- **PWC170 отн. = PWC-170/вес,кг.**
- У нетренированных мужчин  
PWC170 отн. = 15,5 кгхм/мин/кг.  
У женщин = 10,5 кгхм/мин/кг.

# Тест PWC-170

## Оценка теста для спортсменов

PWC -170 относит.	Физическая работоспособность
менее 15	низкая
15 – 16,9	ниже средней
17 – 18,9	средняя
19 – 20,9	выше средней
21 – 22,9	высокая
23 и более	очень высокая

# Тест PWC-170

- По величине PWC-170 можно рассчитать:
- 1. Величину МПК (максимального потребления кислорода):  
МПК =  $1,7 \times PWC170 + 1240$  (для нетренированных);  
МПК =  $2,2 \times PWC170 + 1070$  (для тренированных);
- 2. Должную величину объема сердца;
- 3. Величину максимального ударного объема крови.

# Определение МПК при помощи ступеньки степ-теста

- ⊙ МПК может рассчитываться при восхождении на ступеньку:
  - - высотой 40 см - для мужчин;
  - - 33 см для женщин.
- ⊙ Количество подъемов за 1 мин составляет 22 (по 4 шага, т.е. 88 шагов).
- ⊙ Спортсмен выполняет работу в течение 6 мин.
- ⊙ Сразу после окончания у него (стоя) считают пульс за 10 сек в пересчете на 1 минуту – **f**.

# Мощность нагрузки рассчитывают по формуле

- ◎  $W = 1,5 \times p \times h \times n$
- ◎  $p$  – вес спортсмена, кг;
- ◎  $h$  – высота ступеньки, см;
- ◎  $n$  – количество шагов в мин.



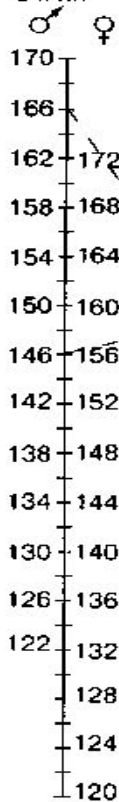
- ⦿ Величину МПК определяется по формуле, которая учитывает:
- ⦿ - мощность работы в степ-тесте (кгм/мин) – N (W);
- ⦿ - ЧСС в минуту сразу после работы - f;
- ⦿ - возраст испытуемого.

$$МПК = 1,29 \sqrt{\frac{N}{f - 60}} \cdot e^{-0,00884 \cdot A},$$

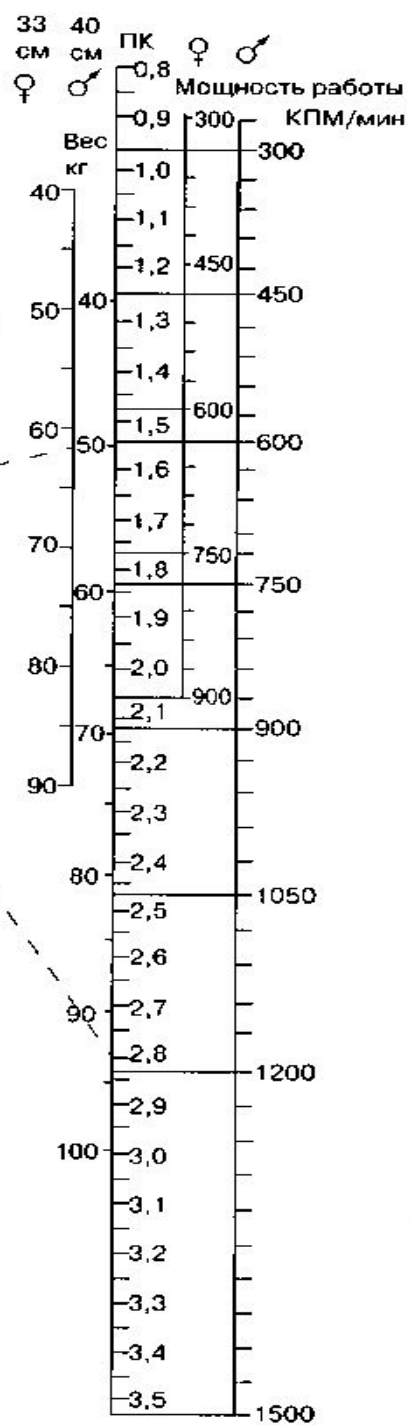
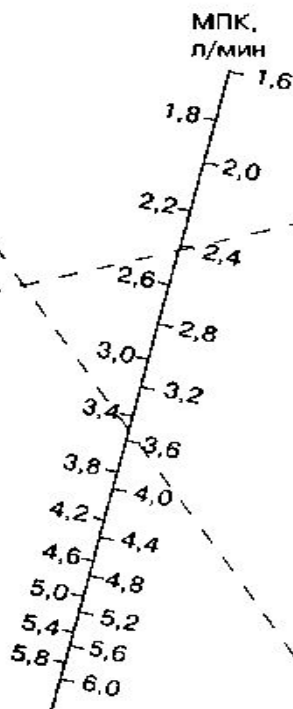
# МПК

- Может быть также определен при помощи номограммы АСТРАНДА.

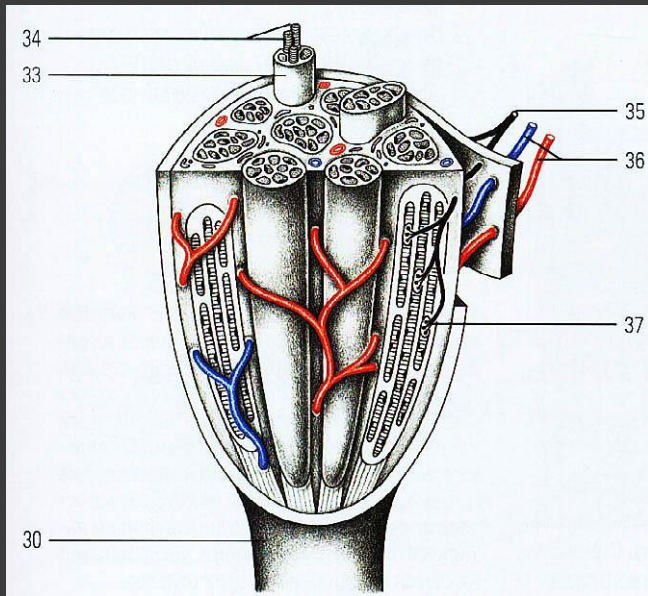
Частота  
сердцебиений  
в мин



МПК,  
л/мин



**Структура поперечно-полосатых скелетных мышц (схема).** Мышечный пучок содержит многочисленные волокна (мышечные клетки с большим количеством ядер и с контракильными, то есть способными сокращаться микроскопическими нитевидными элементами).



- 30. Мышечные сухожилия
- 33. Пучок мышечных волокон с оболочкой из соединительной ткани (Perimysium)
- 34. Мышечные волокна
- 35. Мышечные ветви нервов
- 36. Кровеносные сосуды
- Каждое мышечное волокно содержит в себе нервное окончание - глянцевую двигательную пластинку (37)