АЭРОБНЫЕ И АНАЭРОБНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА. МЕТОДИКИ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные энергетические системы

Анаэробная алактатная (фосфагенная)

АТФ

3 сек

КрФ

КрФ→Кр + Ф

4 моль АТФ/мин

10сек

Анаэробная лактатная

глюкоза→HLA

2,5моль АТФ/мин

1,3-1,6 мин

Аэробная

Глюкоза

Жирные кислоты

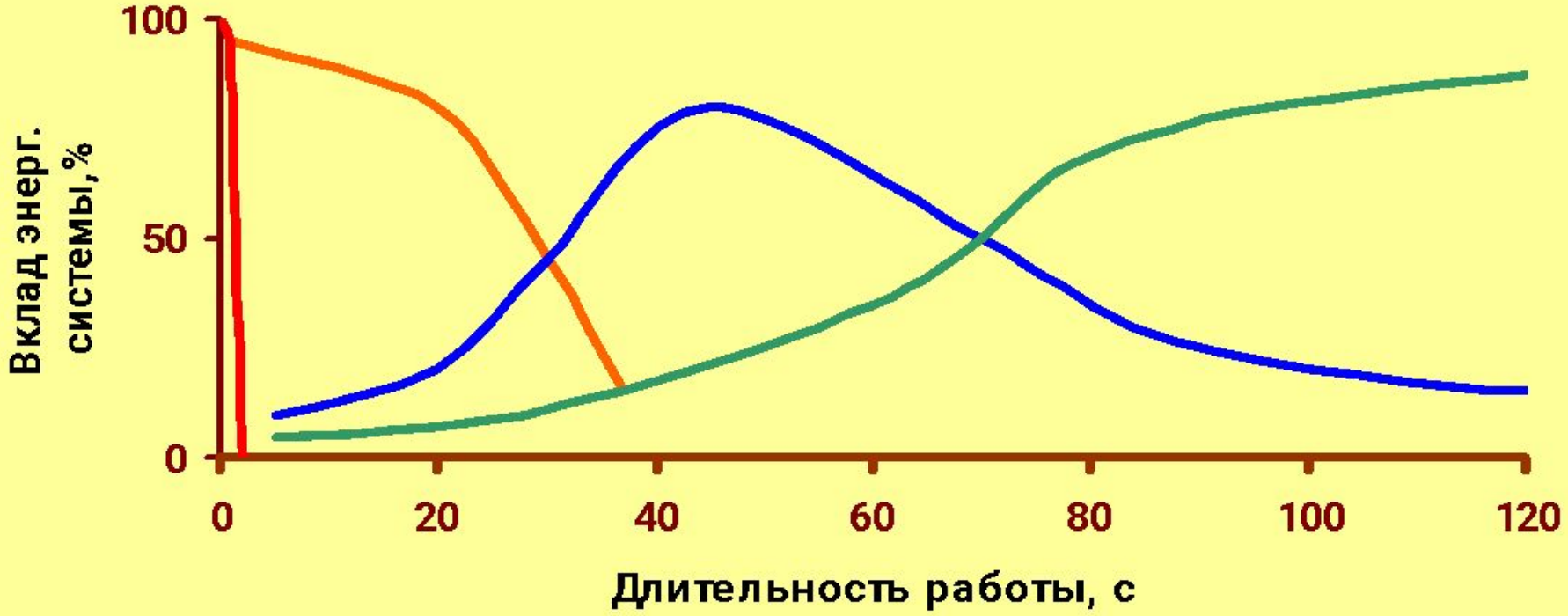
Аминокислоты

$+O_2$

$CO_2 + H_2O$

1 моль АТФ/мин

До истощения энергетических субстратов



КрФ

анаэробная лактатная

аэробная

АТФ

Факторы, обеспечивающие развитие аэробных возможностей:

Степень развития кислородтраспортной системы:

- Дыхательная система
- Сердечно-сосудистая система
- Система крови

Какие показатели отражают ФС разных звеньев КРС?

Внешнее дыхание:

ДО, ЧД, МОД, ЖЕЛ, МВЛ, сила дыхательной мускулатуры

Диффузия и перенос газов кровью:

КЕК, $ПО_2$, МПК

Клеточное дыхание:

ПАНО, HLa, кислотно-щелочное равновесие

Оценка аэробных возможностей:

Методы:
PWC 170
МПК
ИГСТ
тест Новакки

Проводятся в лаборатории

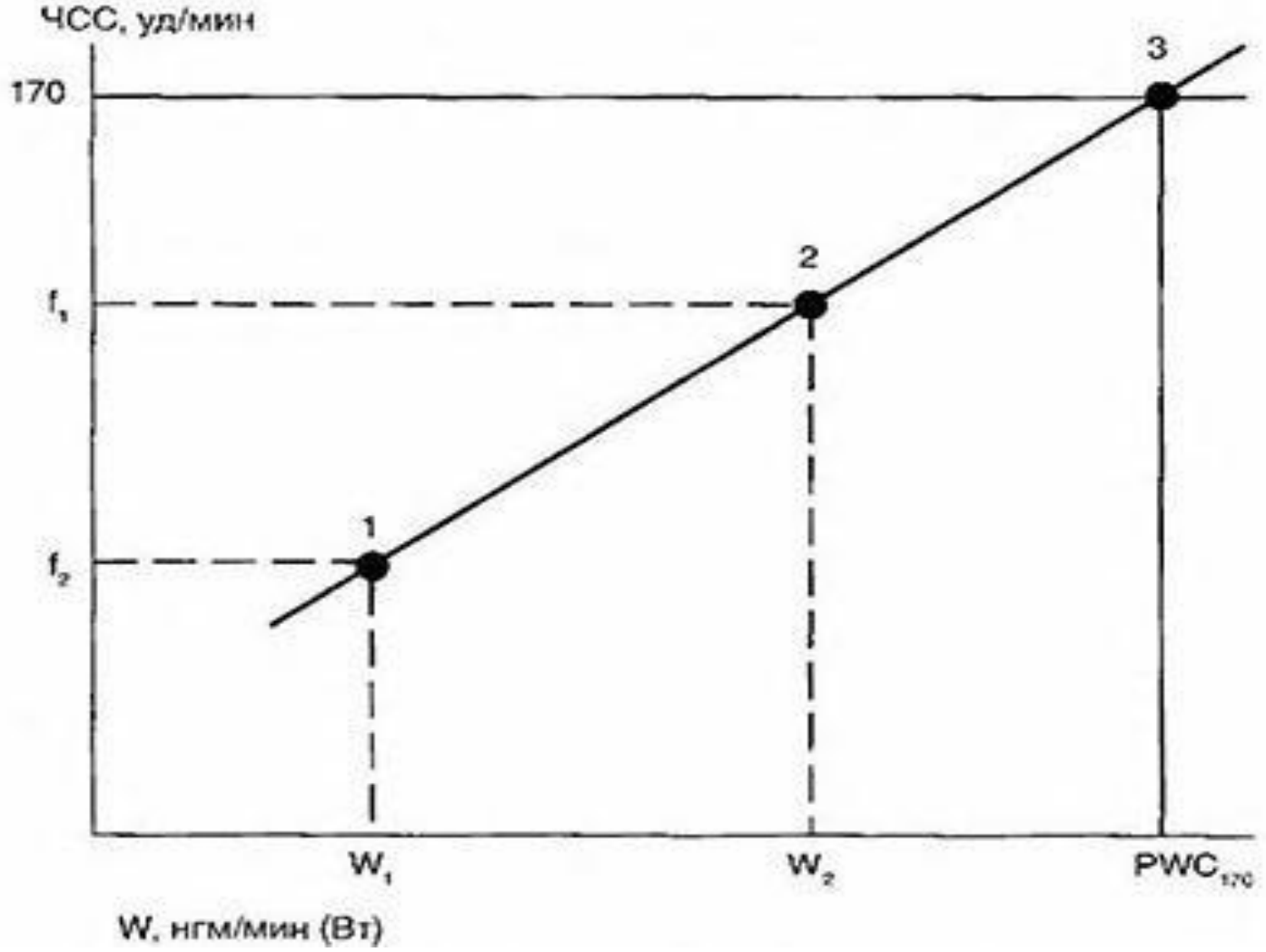
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

с помощью теста PWC $_{170}$

Физическая работоспособность - способность человека проявлять максимальные физические усилия в статической, динамической или смешанной работе.

Физическая работоспособность - интегральное выражение возможностей человека, характеризуется рядом объективных факторов:

- телосложением,
- мощностью механизмов аэробного и анаэробного энергообеспечения,
- силой и выносливостью,
- координацией движений,
- состоянием опорно-двигательного аппарата,
- нейроэндокринной регуляцией,
- психическим состоянием.


ЧСС, уд/мин
170
f1
f2
1
2
3
W1
W2
PWC170
W, нгм/мин (Вт)

1 метод: Определение PWC170 с помощью велоэргометра

Для определения величины PWC170 испытуемый последовательно выполняет две нагрузки различной интенсивности в течение 4 минут, каждая с интервалом трехминутного отдыха при частоте педалирования 60-70 в минуту. Нагрузку выполняют без предварительной разминки. Величину физической нагрузки рассчитывают разными способами.

Наиболее простой способ:
мощность первой нагрузки W1 составляет
1 Вт/кг массы тела (или 6 кгм/мин);
мощность второй нагрузки W2– 2 Вт/кг массы (или 12 кгм/мин).

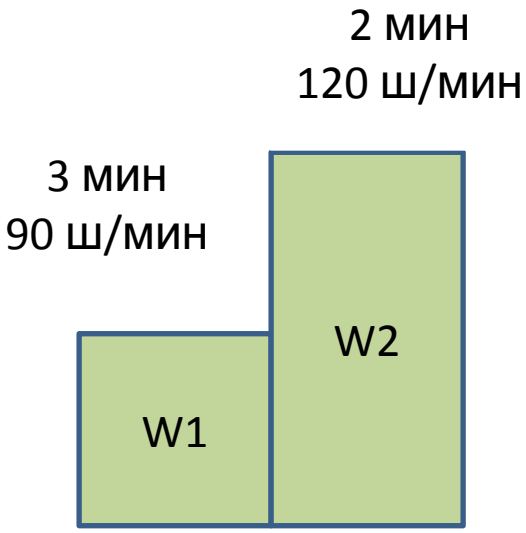
2 метод : Определение PWC170 с помощью степ-теста (степэргометрии)

Обследуемый выполняет 2 нагрузки, мощность которых рассчитывают по формуле:

$$W = 1{,}5 \cdot P \cdot h \cdot n$$

где W — мощность нагрузки, Вт; Р — масса тела, кг; h — высота ступеньки, м; п — количество восхождений в 1 мин; 1,5— коэффициент, учитывающий величину работы при спуске со скамейки. Высоту ступеньки подбирают в зависимости от длины ноги обследуемого, поэтому рекомендуется иметь набор ступенек различной высоты; удобно использовать универсальную раздвижную ступеньку с изменяющейся высотой площадки.

Для женщин лучше использовать ступеньки высотой 33 см, для мужчин — 40 см. Применительно к данной высоте ступенек разработаны таблицы, в которых указаны мощность работы и количество восхождений в зависимости от массы тела обследуемых. При степэргометрии нагрузки должны быть такой интенсивности, чтобы ЧСС в конце 1-й нагрузки устойчиво находилась в пределах 100—120, а в конце 2-й — 140—160 ударов в минуту.



$$W = 1{,}5 \cdot P \cdot h \cdot n$$

$$K = 1{,}5 \cdot h \cdot n$$

	W1	W2
К ♂	13,5	18
К ♀	11	15

$$W = P \cdot K$$

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{170 - ЧСС_1}{ЧСС_2 - ЧСС_1}$$

Количественной мерой физической работоспособности является единица работы: **килограммометр (кгм),** ватты (Вт), джоули (Дж), ньютоны (Н):

1 Вт = 6,12 кгм/мин; 1 Н = 1 кгм/ $с^2$

Оценка физической работоспособности по результатам теста PWC170 (кгм/мин) у квалифицированных спортсменов в зависимости от специализации и массы тела

Масса тела, кг	Оценка физической работоспособности				
	низкая	***Ниже средней***	***средняя***	***Выше средней***	***высокая***
Спортсмены, тренирующие выносливость					
60-69	<1199	1200-1399	1400-1799	1800-1999	>2000
70-79	<1399	1400-1599	1600-1999	2000-2199	>2200
80-89	<1549	1500-1749	1750-2149	2150-2349	>2350
Спортсмены, занимающиеся игровыми видами спорта, единоборствами, специально не тренирующиеся на выносливость					
60-69	<999	1000-1199	1200-1599	1600-1799	>1800
70-79	<1149	1150-1349	1350-1749	1750-1949	>1950
80-89	<1299	1300-1499	1500-1899	1900-2099	>2100
Спортсмены, занимающиеся скоростно-силовыми и сложно-координационными видами спорта					
60-69	<699	700-899	900-1299	1300-1499	>1500
70-79	<799	800-999	1000-1399	1400-1599	>1600
80-89	<899	900-1099	1100-1499	1500-1699	>1700

Средние данные физической работоспособности по тесту PWC170 у спортсменов-мужчин различных специализаций (В.Л.Карпман, 1974)

Вид спорта	Абсол.PWC170 (кгм/мин)	Относит.PWC170 (кгм/мин/кг)
Лыжные гонки	1760	25,7
Конькобежный спорт	1710	24,0
Легкая атлетика (средние дистанции)	1694	24,2
Велоспорт	1670	22,6
Баскетбол	1625	18,7
Гребля академическая	1619	21,2
Спортивная ходьба	1548	22,5
Футбол	1523	21,7
Хоккей	1428	20,1
Бокс	1360	20,2
Борьба	1370	18,6
Теннис	1260	16,4
Гимнастика	1044	16,5
Тяжелая атлетика	1148	15,2
Дзюдо	1600	18,4
Самбо	1540	20,2
Нетренированные мужчины	1027	15,5
Нетренированные женщины	640	10,5

Показатели PWC 170 (кгм/мин на 1 кг) у взрослых людей

ВОЗРАСТ, лет	**Относительные величины**			
	Нетренированные		Тренированные	
	Мужчины	*Женщины*	*Мужчины*	*Женщины*
20	17	14	25	20
30	15	13	23	18

Метод определения МПК

МПК
Максимальное Потребление Кислорода

- интегральный показатель, характеризующий суммарную мощность как аэробных, так и анаэробных систем энергообеспечения во время мах физической нагрузки. Соответствует max ЧСС.
- абсолютные показатели (лO_2/мин) в прямой зависимости от размеров (веса) тела. У нетренированных мужчин 20-30 лет МПК≈3-3,5л/мин, у элитных спортсменов МПК до 5-6л/мин.
- относительные показатели МПК (мл O_2/кг*мин) в обратной зависимости от веса тела. Соответственно: 45-50мл/кг*мин и более 80мл/кг*мин

- **Скаковая лошадь имеет МПК≥150мл/кг*мин**

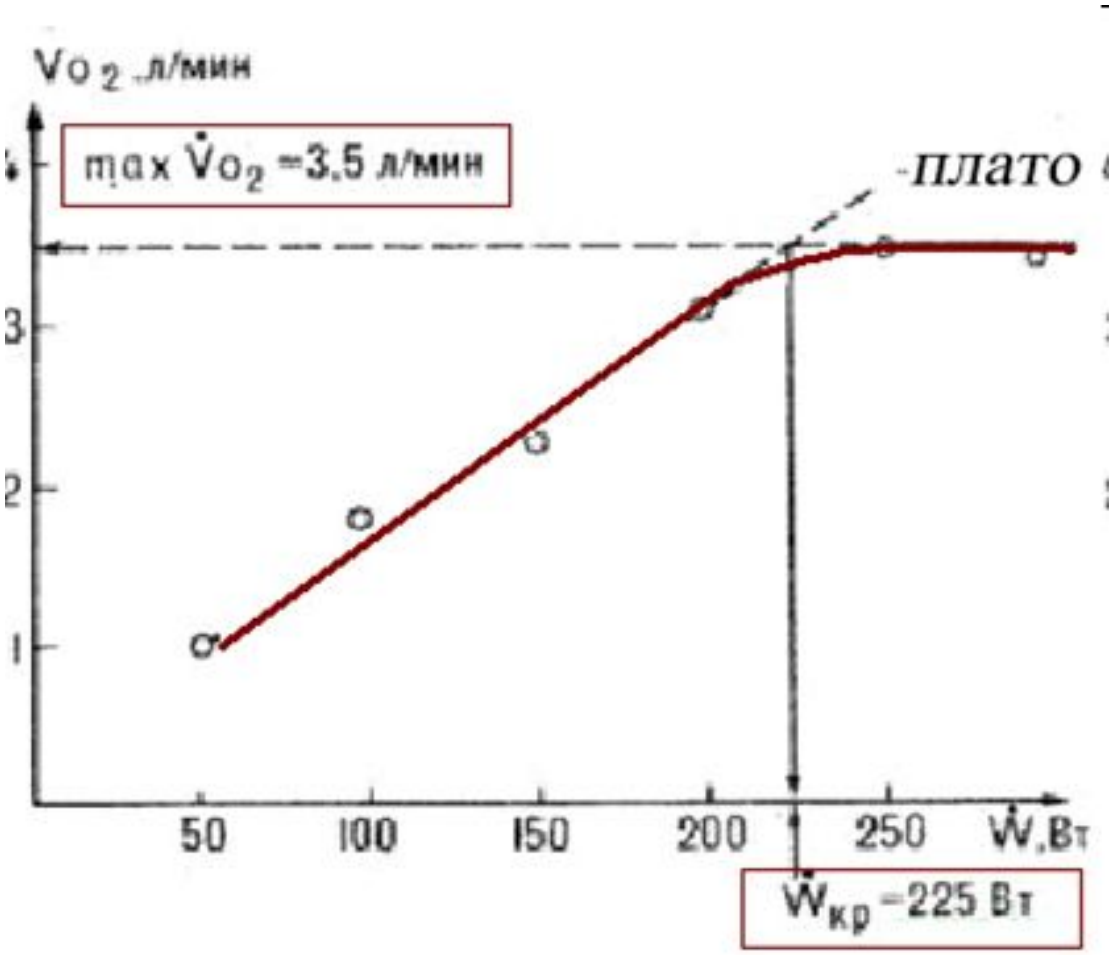
Физиологические критерии здоровья: Уровень МПК

Оценка	МПК (мл/мин/кг)	Резервы по отношению к покою
Очень плохо	Менее 25	Менее 2
Плохо	25-34	2-3
Удовлетворите-льно	35-42	3-4
Хорошо	42-50	4-5
Отлично	Более 52	Более 5

Методы определения МПК:

Прямой

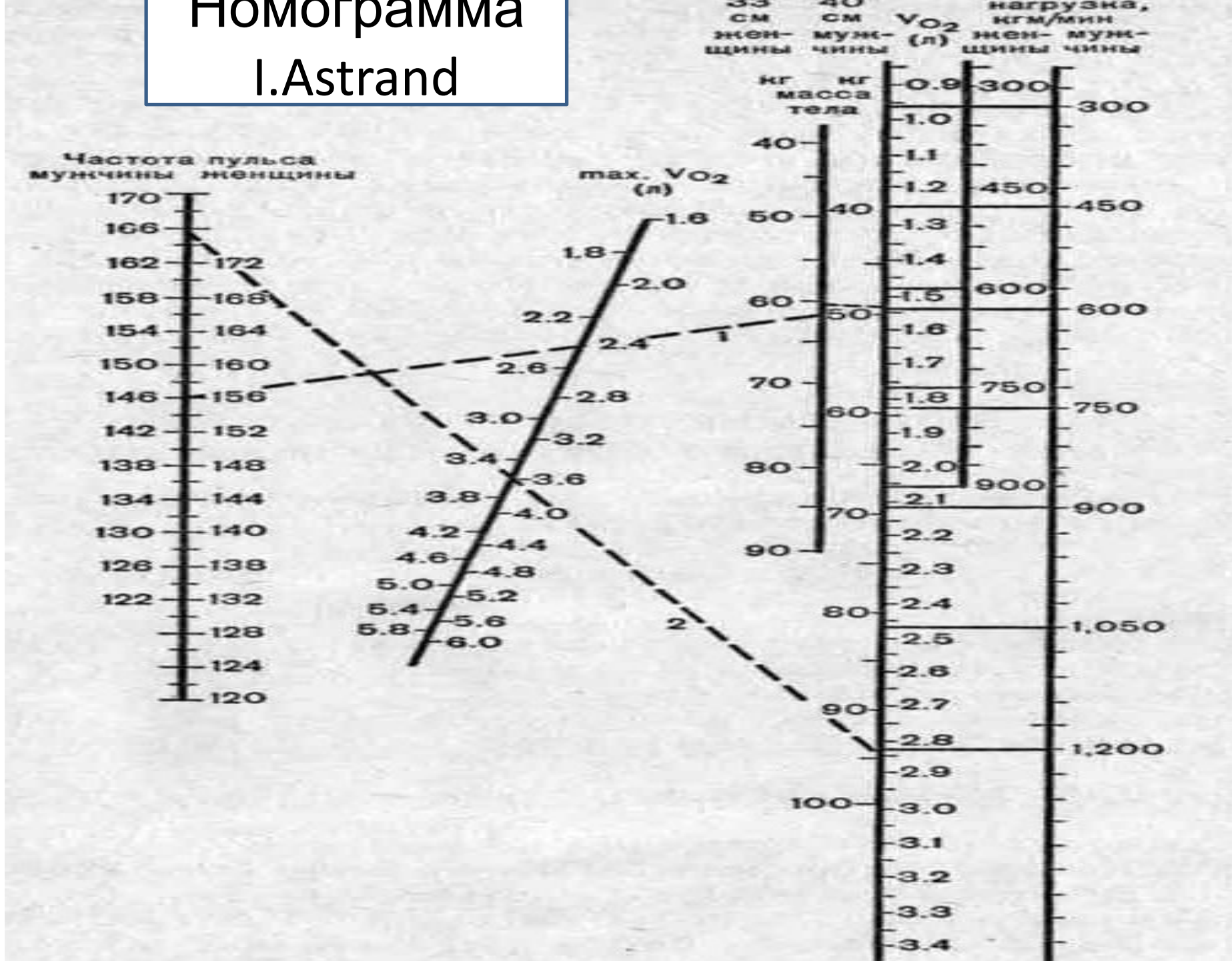
Непрямой



Непрямые методы измерения МПК:

- По номограмме I.Astrand
- Формула Добельна
- Формула В.Л.Карпмана с использованием теста PWC 170

Номограмма I.Astrand



Непрямой метод определения МПК с помощью уравнения регрессии *(Карпман В.Л.):*

Так как между PWC170 и МПК существует высокая корреляционная связь (0,9),

МПК = 1,7 х PWC170 + 1240

(для ациклических видов спорта)

МПК = 2,2 х PWC170 + 1070

(для циклических видов спорта)

МПК у спортсменов и его оценка в зависимости от пола, возраста и спортивной специализации (Дембо, 1988)

Пол	*Возрастная группа*	*Спортивная специализация*	*МПК (мл/мин/кг)*				
			Очень высокое	*высокое*	*среднее*	*низкое*	*Очень низкое*
Мужчины	18 лет и старше	Группа А	>78	68-78	57-67	46-50	<46
		Группа Б	>68	60-68	50-59	42-49	<42
		Группа В	>58	51-58	46-50	41-45	<41
Женщины	18 лет и старше	Группа А	>69	60-69	50-59	40-49	<40
		Группа Б	>59	52-59	44-51	36-43	<36
		Группа В	>50	46-50	41-45	36-40	<36
Дети	До 18 лет	Группа А	>70	62-70	53-61	45-52	<45
		Группа Б	>60	54-60	47-53	40-46	<40
		Группа В	>56	46-56	41-45	35-40	<35

Примечание:

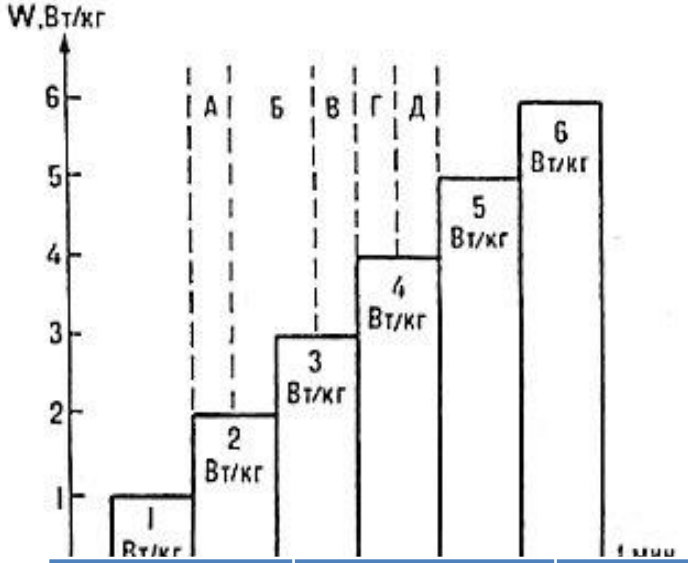
***Группа А** – лыжные гонки, бег(800м и более), спортивная ходьба, современное пятиборье, велогонки (1 км и более), конькобежный спорт (500 м и более), гребля академическая, на байдарках и каноэ, плавание (200 м и более), биатлон, лыжное двоеборье.*

***Группа Б –** спортивные игры, единоборства (бокс, борьба, фехтование), спринтерские дистанции в л/а беге, беге на коньках, велоспорте, плавании, фигурное катание на коньках, л/а многоборья, прыжки в воду, художественная гимнастика.*

***Группа В** – спортивная гимнастика, тяжелая атлетика, л/а метания, стрельба пулевая и стендовая, стрельба из лука, конный спорт, автомотоспорт.*

Тест
Новакки

Тест Новакки



Для его проведения используют велоэргометр.
Суть теста: определение времени, в течение которого испытуемый способен выполнить нагрузку (Вт/кг) конкретной, зависящей от собственного веса, мощности.
Нагрузка начинается с 1 Вт/кг массы, через каждые 2 мин
увеличивается на 1 Вт/кг до тех пор, пока испытуемый откажется от выполнения работы (нагрузки).
В этот момент потребление кислорода близко или равно МПК, ЧСС также достигает максимальных

Тест Новакки пригоден для исследования как тренированных,
так и нетренированных лиц, может быть использован при подборе реабилитационных средств после повреждений и
начинать с
порте.

Мощность нагрузки, Вт/кг	Время работы (мин)	Оценка результатов тестирования
2	1	Низкая работоспособность у нетренированных (А)
3	1	Удовлетворительная работоспособность у нетренированных (Б)
3	2	Нормальная работоспособность у нетренированных (В)
4	1	Удовлетворительная работоспособность у спортсменов (Г)
4	2	Хорошая работоспособность у спортсменов (Д)
5	1-2	Высокая работоспособность у спортсменов
6	1	Очень высокая работоспособность у спортсменов

Индекс Гарвардского степ-теста (ИГСТ)

Производится восхождение на ступеньку: для мужчин — высотой 50 см, для женщин — 40 см при частоте 30 в минуту (темп метронома устанавливают на 120 в 1 мин) и длительности 5 мин.
После завершения работы у обследуемого в положении сидя подсчитывают ЧСС в первые 30 с начиная со 2-й, 3-й и 4-й минут восстановления. По полученным данным рассчитывают индекс Гарвардского степ-теста (ИГСТ) по формуле:

$$\text{ИГСТ} = \frac{t \times 100}{(П1 + П2 + П4) \times 2}$$

где t — время восхождения, с; П1, П2, — частота пульса соответственно во 2-ю, 3-ю и 4-ю минуты восстановлени

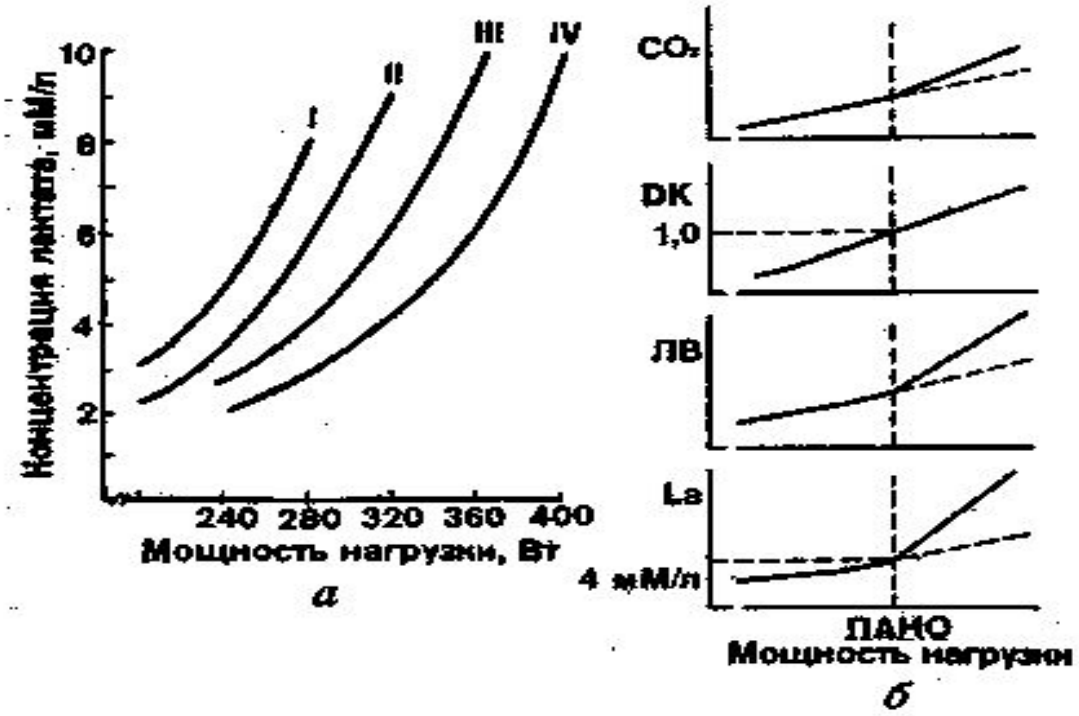
При отставании из-за усталости от заданного метрономом темпа через 15—20 с после начала нарушений тест прекращают и учитывают фактическое время работы в секундах. Тест следует немедленно прекратить при возникновении признаков чрезмерного утомления: бледности лица, появлении холодного пота, слабости и т.д.

Оценка ФР по ИГСТ

ИГСТ	Оценка
<55	Низкая
55–64	Ниже средней
65–79	Средняя
80–89	Хорошая
Более	Отличная

Методы оценки анаэробных показателей

ПАНО – порог анаэробного обмена, отражает мощность нагрузки, при которой включаются анаэробные механизмы образования Е



- Измеряется в Вт или %МПК
- Переходом на анаэробные механизмы Е-образования считают

концентрацию HLa 4 мМоль/л (ПАНО)

Энрико Арселли (1996) дает следующее определение **анаэробного порога**:

«Самая высокая интенсивность, при которой еще сохраняется равновесие между количеством производимой и поглощаемой молочной кислоты. Если спортсмен не превысил анаэробный порог, то количество образуемого мышцами и выделяемого в кровь лактата увеличивается, однако организм в состоянии удалить его. Таким образом, имеется лишь небольшое повышение или вообще не имеется повышения уровня лактата в крови, сохраняющегося постоянным даже в случае, если нагрузка длится в течение нескольких минут. Интенсивность, при которой существует это равновесие, обозначается как анаэробный порог **и соответствует, в среднем, концентрации лактата в крови около 4 ммоль на литр крови».**

Разработаны различные тесты для определения **анаэробного порога** у спортсмена. Этот показатель выражается в л/мин или мл/кг/мин — также, как и показатель **МПК**.

как правило, **скорость на уровне анаэробного порога** увеличивается прямо пропорционально МПК; у элитных марафонцев она превышает 20 км/ч;

скорость на уровне анаэробного порога возрастает по мере уменьшения энергостоимости бега;

Корреляция между скоростью на уровне аэробного порога, которая соответствует уровню лактата в крови 2 ммоль/л, и средней скоростью будет еще более тесной в марафоне. **Скорость на уровне аэробного**

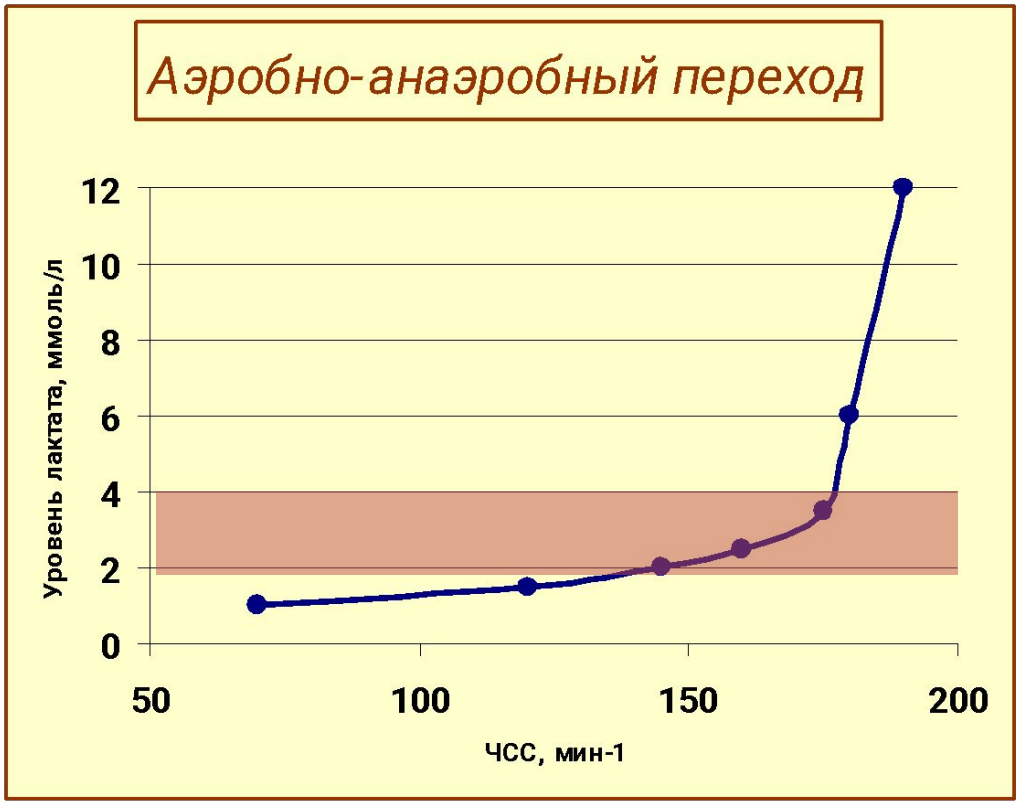
Анаэробный и Аэробный порог

Самая высокая интенсивность, при которой еще сохраняется равновесие между количеством производимой и поглощаемой молочной кислоты

концентрация лактата 4 ммоль/л

концентрация лактата 2 ммоль/л

У элитных марафонцев скорость на уровне анаэробного порога →превышает 20 км/ч



Величины ПАНО с зависимости от тренированности

Нетренированный	40-45% от МПК
Тренированный	55-60% от МПК
Спортсмен экстракласса	> 70% от МПК

Гипотетическая модель аэробно-анаэробного перехода

Показатель	ПАНО1		ПАНО2
	I фаза	II фаза	III фаза
Доминирующие пути метаболизма	Аэробный		Анаэробный
Доминирующий субстрат	Жиры	Углеводы, жиры	Углеводы
Доминирующие мышечные волокна	МВ	МВ, БВО	МВ, БВО, БВГ
Относительная интенсивность нагрузки, %	40-60		65-90
ЧСС, уд/мин	130-150		160-180
Концентрация лактата, ммоль/л	2		4

Задача 1

- Величина МПК у велосипедиста-шоссейника – 4300 мл/мин при массе тела 72 кг. Оцените уровень его аэробной производительности и предложите направленность спортивной тренировки в соответствии с Вашей оценкой. Назовите величины МПК, достаточные для спринтера, средневика и стайера.

Задача 2

- При определении общей физической работоспособности по тесту PWC_{170} у двух спортсменов-лыжников были получены следующие результаты:
- Первый спортсмен массой 74 кг, после нагрузки ЧСС = 110 уд/мин, после второй нагрузки – 150 уд/мин.
- У второго спортсмена, имеющего массу тела 80 кг, при проведении тестирования ЧСС1 = 120 уд/мин, ЧСС2 = 150 уд/мин. У которого из спортсменов выше общая физическая работоспособность? Проанализируйте показатели относительной PWC_{170} у данных спортсменов. Достаточны ли эти величины для данного вида спорта? Прогноз развития ОФР?