

# **Функциональная диагностика в практике спортивной подготовки**

1. Теоретические предпосылки
2. Типы контроля в спортивной практике.
3. Классификация нагрузок. Подбор нагрузок при эргометрии.
4. Характеристика и регистрация показателей при функциональной диагностике.

- Для определения наличного адаптационного потенциала в настоящий период времени **оценивается степень тренируемости** какой-либо из сторон возможностей организма на текущий момент.
- Эта степень тренируемости формируется как **результат накопления эффектов предшествующей тренировки.**
- При этом оценивается, **насколько исчерпались резервы прироста** разных сторон функциональных возможностей. Такой анализ выполняется на основе сопоставления данных об использованной дозе воздействия нагрузки с данными измерения тренировочного эффекта (прироста тренируемой функции).
- Такой подход основывается на **том (зависимость «доза – эффект»)**, что в ходе адаптации прирост тренируемой функции снижается.

# С точки зрения управления тренировочным процессом наиболее показательны два параметра:

- 1. - скорость прироста функции в наиболее продуктивной фазе
- 2. - уровень функции, представляющий предельные возможности спортсмена к адаптации, что проявляется в **повышении напряжения** в регуляторных механизмах адаптации, **снижении уровня экономичности** функционирования.



## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ СПОРТСМЕНОВ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

### □ **Преимущества тренированного организма:**

- 1) тренированный организм может выполнять мышечную работу такой продолжительности или интенсивности, которая не под силу нетренированному;
- 2) тренированный организм отличается **более экономным функционированием** физиологических систем в покое и при умеренных, непредельных физических нагрузках и способностью **достигать** при максимальных нагрузках такого **высокого уровня функционирования** этих систем, который недостижим для нетренированного организма;
- 3) у тренированного организма **повышается резистентность** к повреждающим воздействиям и неблагоприятным факторам.

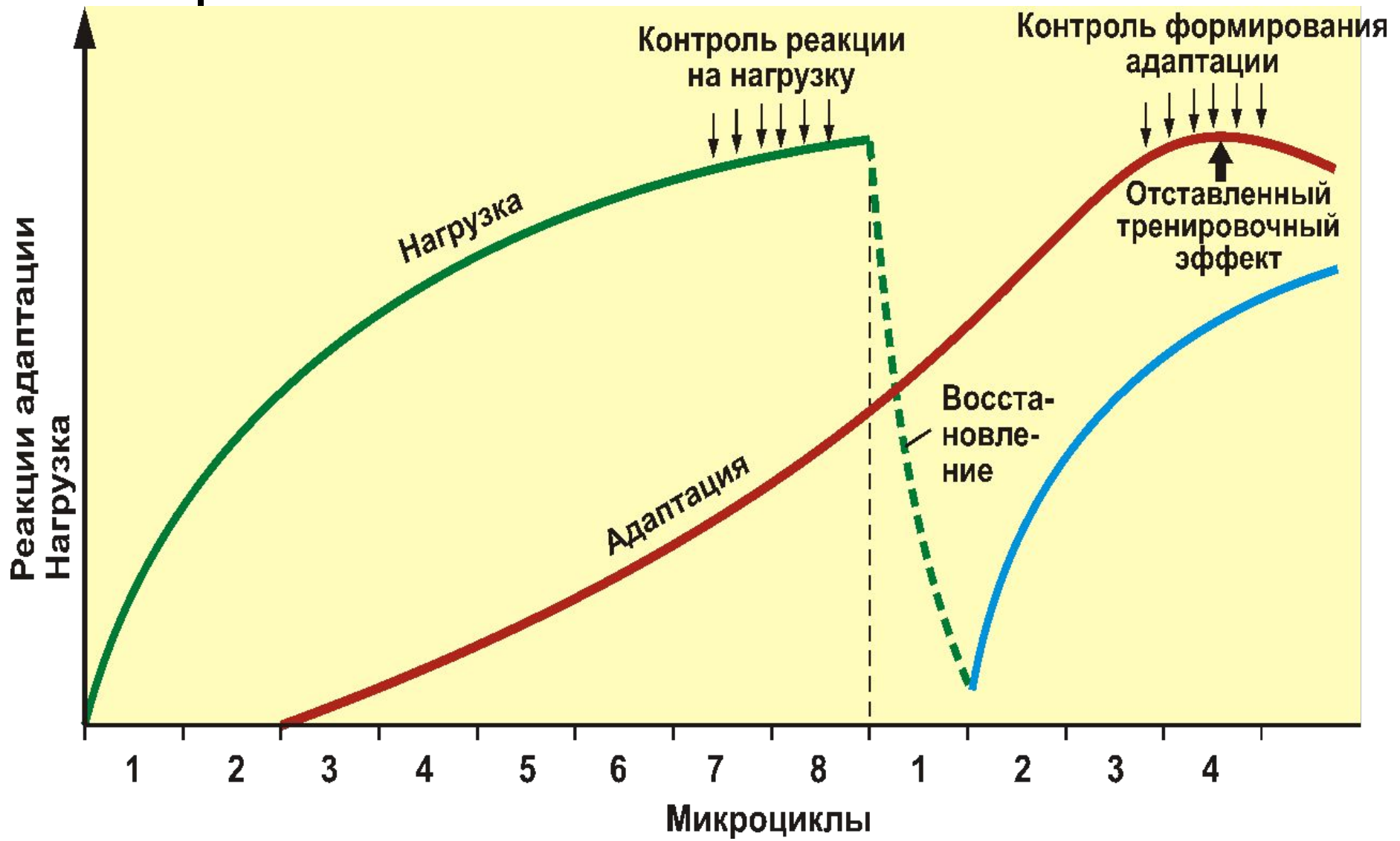
**В спортивной педагогике и, в частности,  
в теории спортивной тренировки  
процесс адаптации рассматривается:**

**на основе учета динамики прироста  
работоспособности спортсмена  
как интегрального показателя  
функциональных приспособлений организма**

**закономерности динамики развития  
устомления  
и фазовости восстановления после  
напряженных  
спортивных нагрузок, тренировочных  
занятий  
и их серий.**

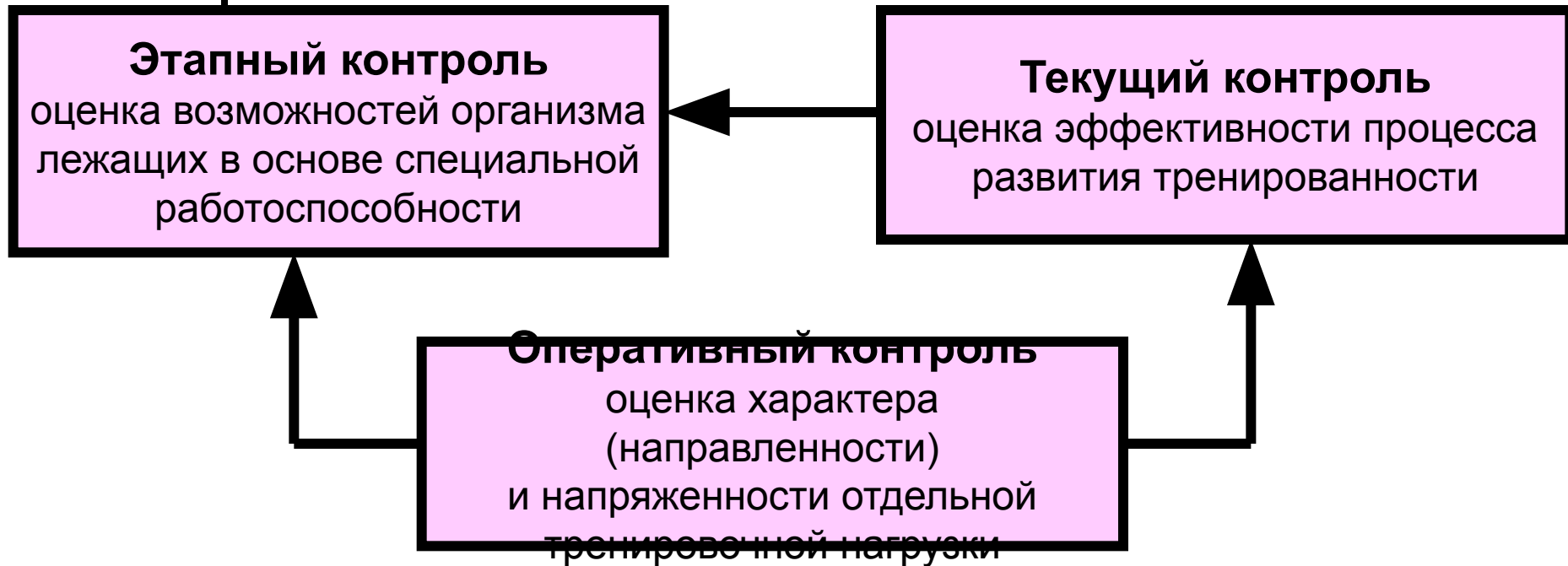
**учитывается преимущественная  
направленность  
нагрузок: аэробная - выносливость,  
анаэробная -  
скоростная или скоростно-силовая**

# Формирование отставленного тренировочного эффекта суммарной нагрузки нескольких ударных микроциклов



● ● ●

## Комплексный контроль — этапный, текущий, оперативный:



- · **эффективность подготовки;**
- · **скрытые резервы;**
- · **управление адаптационными реакциями;**
- · **оптимизация средств и методов.**

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ

(повторяемость) различных видов физиологического контроля как непрерывного процесса (мониторинга) в годичном цикле подготовки

Структурные образования тренировочного процесса	Периоды	Подготовительный					Соревновательный						Переходный
	Этапы	Общеподготовительный			Специально-подготовительный		Непосредственной предсоревновательной подготовки						
	Мезоциклы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Виды и место (*) контроля	Оперативный	Постоянно до, после и в ходе тренировочных занятий											
	Текущий	*	*	**	**	**	***	**	***	**	**	*	
	Этапный	*		*				*				*	

Мезоцикл  
главных  
соревнований



# 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

**регулярность и одинаковые сроки** на протяжении всего летнего Олимпийского цикла, при этом обязательно проведение обследования в сроки, соответствующие соревнованиям очередной Олимпиады, что позволяет оценить эффективность подготовки и своевременно внести в нее соответствующие коррективы;

**сочетание обследований в лабораторных условиях и непосредственно в условиях тренировки** с применением специфических для каждого вида спорта нагрузок, что позволяет оценить как общую, так и специальную тренированность;

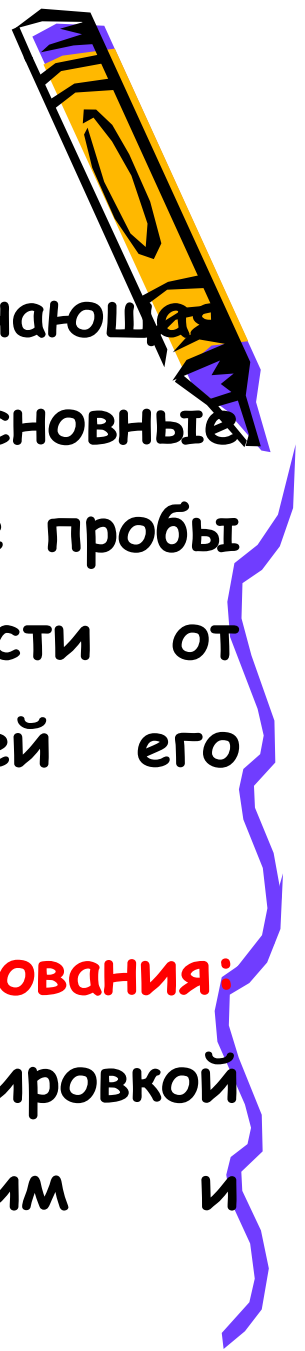


## 2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

**комплексная методика обследования,** включающая стандартные методы, охватывающие основные физиологические системы, функциональные пробы и дополнительные методы в зависимости от специфики вида спорта и особенностей его воздействия на организм;

**одинаковые методика, время и условия обследования:** промежуток времени между последней тренировкой и обследованием, нормальный режим и достаточный отдых перед ним;

**исключение заболеваний и перевозбуждения во**



**Оценка уровня физической работоспособности,**  
• стаж занятий физическими упражнениями,  
содержания спортивной тренировки

**Антропометрия, денситометрия,  
состав тела, оценка силы  
основных групп мышц**

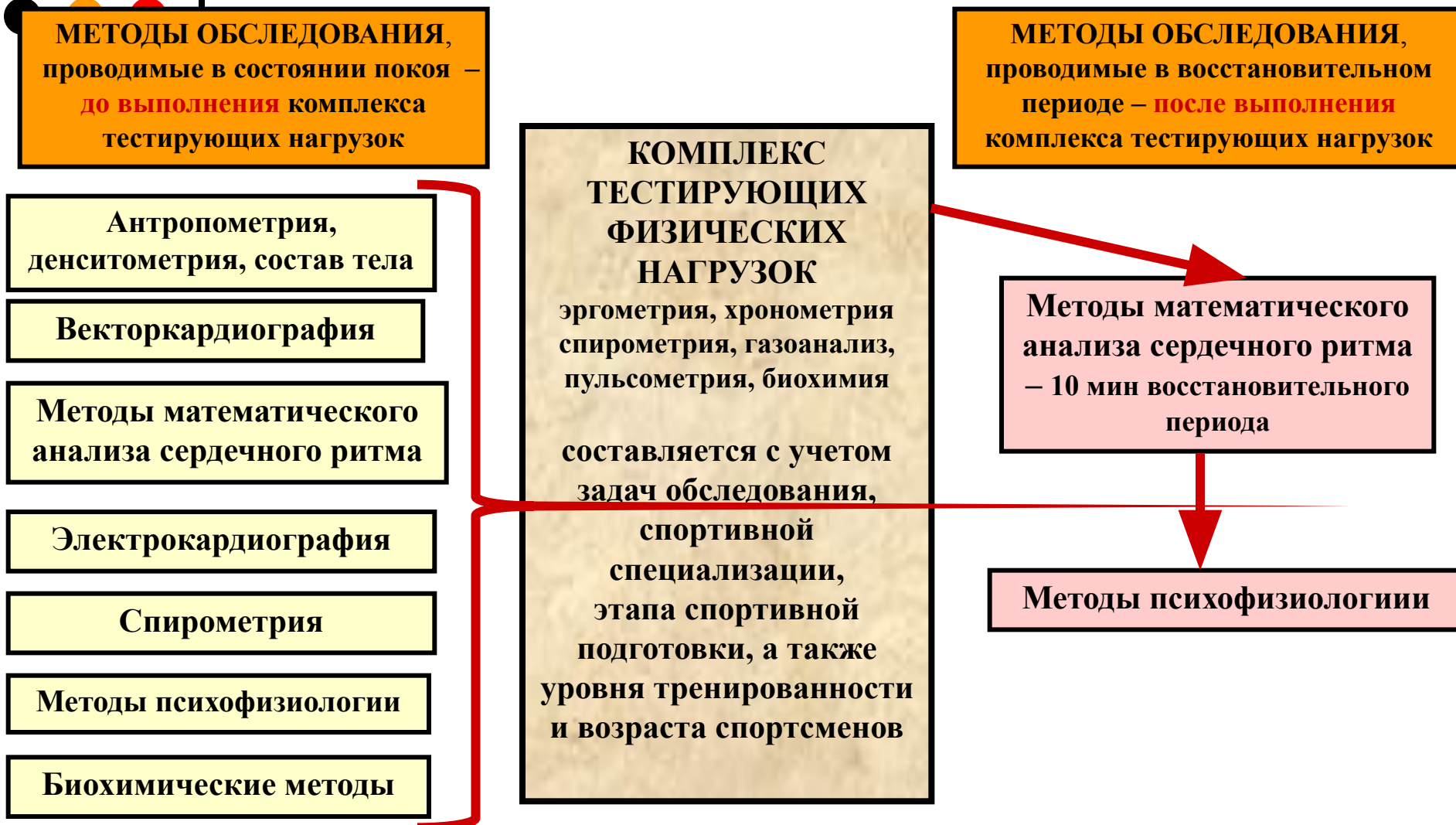
**Определение особенностей реакции  
кардиореспираторной системы  
на физические нагрузки**

**Определение особенностей вегетативной  
регуляции**

**Оценка функционального состояния  
сердечно-сосудистой системы  
в состоянии покоя**



# СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ



□ *Этапное комплексное обследование спортсменов с применением комплекса тестирующих физических нагрузок рекомендуется проводить 2-3 раза в год*

**С Х Е М А  
ПРОВЕДЕНИЯ ЭТАПНОГО КОМПЛЕКСНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБСЛЕДОВАНИЯ СПОРТСМЕНОВ**

**МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ,  
проводимые в состоянии относительного покоя  
(без выполнения комплекса тестирующих нагрузок)**

**Антропометрия,  
денситометрия, состав тела**

**Спирометрия**

**Методы математического  
анализа сердечного ритма**

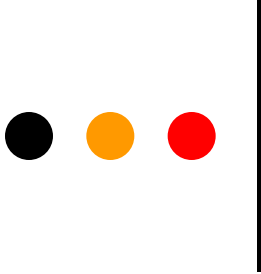
**Биохимические методы**

**Векторкардиография**

**Электрокардиография**

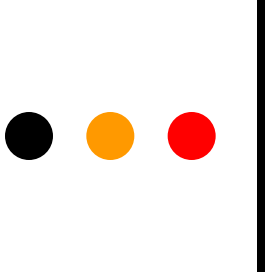
**Методы психофизиологии**

- Этапное комплексное обследование спортсменов без применения комплекса тестирующих физических нагрузок рекомендуется проводить не реже 5 раз в год**



**По программе, разработанной Международным комитетом по стандартизации тестов физической готовности [Larson L. A., 1969], определение работоспособности должно включать четыре направления**

- ▣ **1) медицинский осмотр;**
- ▣ **2) определение физиологической реакции разных систем организма на физическую нагрузку (стандартные и специфические);**
- ▣ **3) определение типа телосложения (соматотипа) и антропометрия; состава тела в корреляции с физической работоспособностью; определение показателей возраста (паспортного, биологического);**
- ▣ **4) определение способности к выполнению физических нагрузок и движений в комплексе упражнений, совершение которых зависит от разных систем организма.**



## **классификация функциональных проб, проводимых в лаборатории**

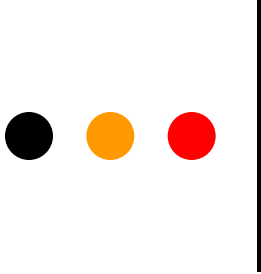
- а) физическая нагрузка - физические тесты могут быть разделены на две группы: тесты на восстановление и тесты на усилие,**
- б) изменение положения тела в пространстве,**
- в) натуживание,**
- г) изменение газового состава вдыхаемого воздуха,**
- д) введение фармакологических средств**



**!!!!!!**

- ▣ **Приступая к тестированию, необходимо учитывать состояние здоровья (допуск врача, историю болезни) обследуемого спортсмена и предварительно снять электрокардиограмму в состоянии мышечного покоя.**





## **Основные противопоказания к нагрузочному тестированию:**

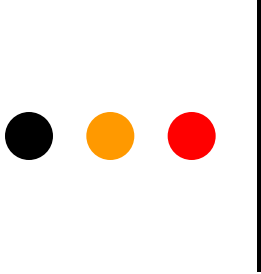
- **острые инфекционные заболевания и период реконвалесценции после них;**
- **повышенная температура тела выше 37,5 0С;**
- **клинические и электрокардиографические признаки обострения хронической коронарной недостаточности;**
- **угрожающий инфаркт миокарда и трехмесячный постинфарктный период;**
- **полный атриовентрикулярный блок;**
- **острый миокардит;**
- **выраженный стеноз аорты;**
- **активный ревмокардит;**
- **ЧСС после длительного отдыха свыше 100 уд/мин;**
- **активный или недавно перенесенный тромбофлебит;**
- **гипертоническая болезнь II-III стадий при систолическом АД выше 200 мм рт.ст., диастолическом – выше 120 мм рт.ст.**



## Показания для прекращения нагрузки:

**Тестирование должно быть прекращено при появлении одного из следующих признаков.**

- прогрессирующая боль в груди;
- выраженная одышка;
- чрезмерное утомление;
- бледность или цианоз кожи лица, холодный пот;
- нарушение координации движений;
- невнятная речь;
- чрезмерное повышение артериального давления, не соответствующее возрасту обследуемого и величине нагрузки;
- понижение систолического артериального давления;
- отклонения на ЭКГ (суправентрикулярная и желудочковая пароксизмальная тахикардия, появление желудочковой экстрасистолии, нарушения проводимости, снижение интервала S-T больше чем на 0,2 мВ).



**Правильное проведение функциональных исследований с использованием физической нагрузки предусматривает соблюдение следующих требований:**

- **привычность** для обследуемых физических нагрузок по своей структуре;
- **строгое дозирование** интенсивности физической нагрузки по темпу и качеству ее выполнения, величине проделанной работы в объективных показателях (джоули, ватты и т.д.);
- **определение** исходных величин изучаемых показателей в состоянии покоя и непосредственно во время выполнения и после нагрузки;
- **изучение** периода восстановления, то есть характера возвращения исследуемых показателей к исходному уровню;
- **многократность** исследований в течение всего учебно-тренировочного периода с целью выявления динамики реакции организма на предлагаемую стандартную нагрузку.



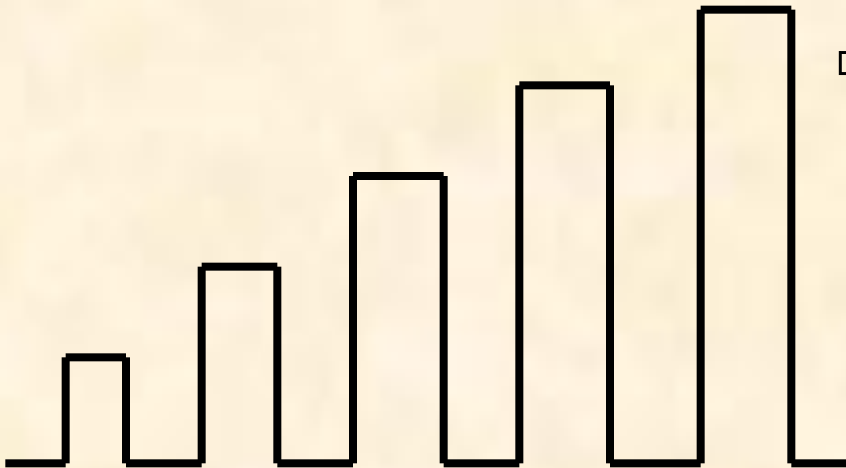
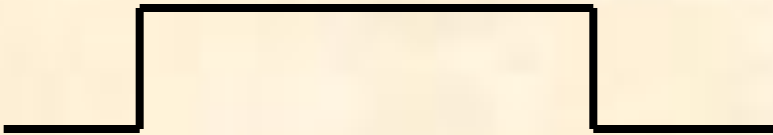
## ***Нагрузочное тестирование проводится в следующих случаях:***

- с целью определения профессиональной пригодности, подготовленности к спортивным занятиям и другим видам физической активности;**
- для выявления функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем здоровых и больных людей, результаты тестирования дополняют диагноз и позволяют судить о вероятности заболевания коронарной болезнью, при обследовании больных тесты имеют прогностическое значение;**
- оценка функционального состояния и эффективности физической реабилитации выздоравливающих после любых хронических заболеваний.**
- для укрепления здоровья и повышения работоспособности**



# Тип тестирующей физической нагрузки

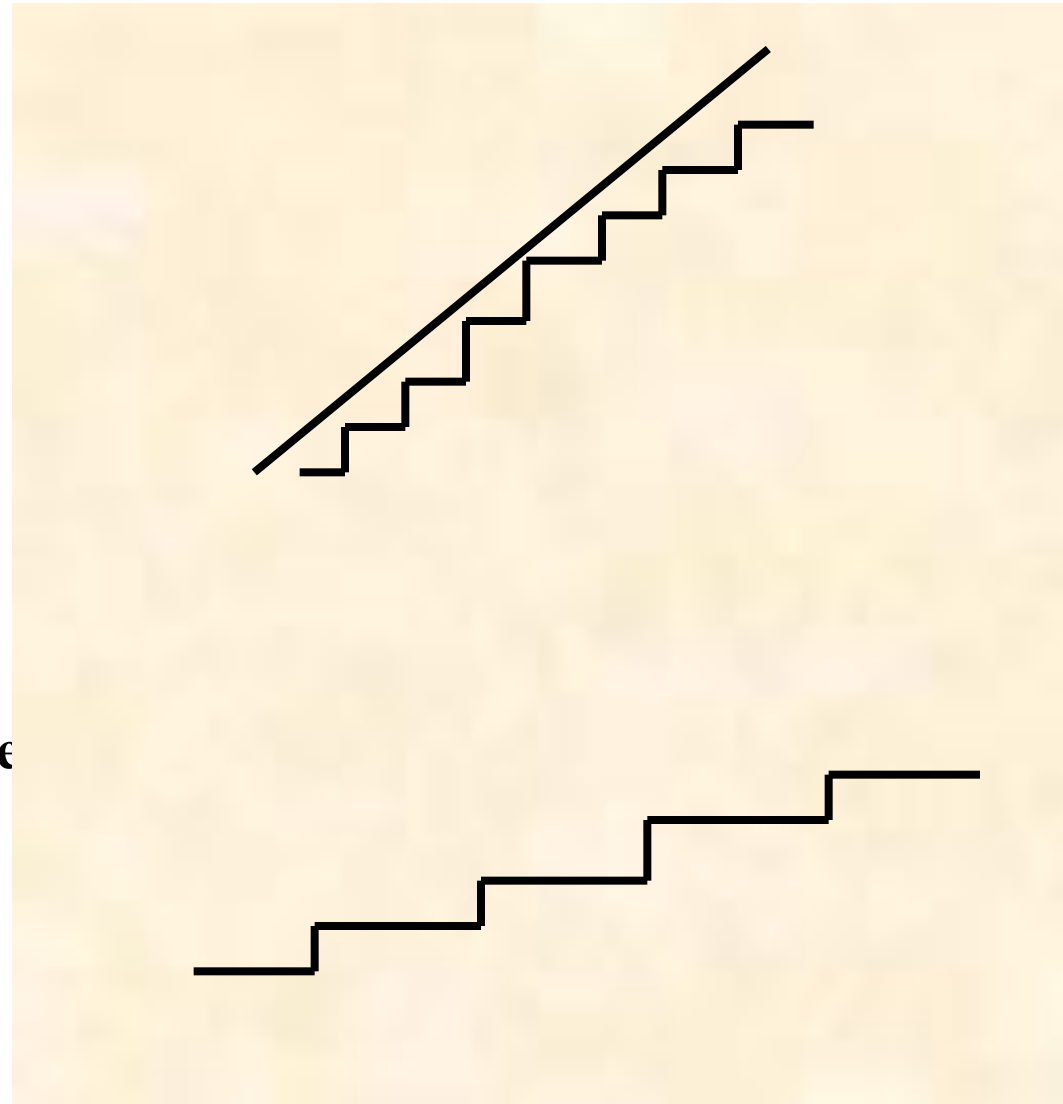
- 1) непрерывная нагрузка равномерной интенсивности, мощность работы может быть одинаковой для всех обследуемых или устанавливается в зависимости от состояния здоровья, пола, возраста и физической подготовленности;
- 2) ступенеобразно повышающаяся нагрузка с интервалами отдыха после каждой «ступени», увеличение мощности и продолжительность интервалов варьируется в зависимости от задач исследования;





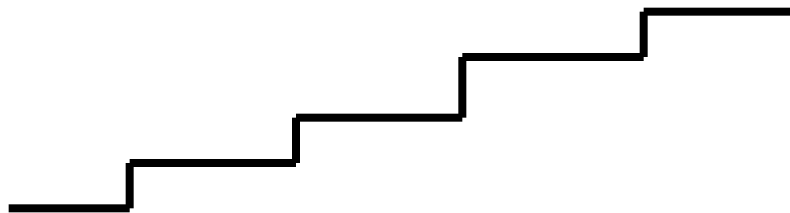
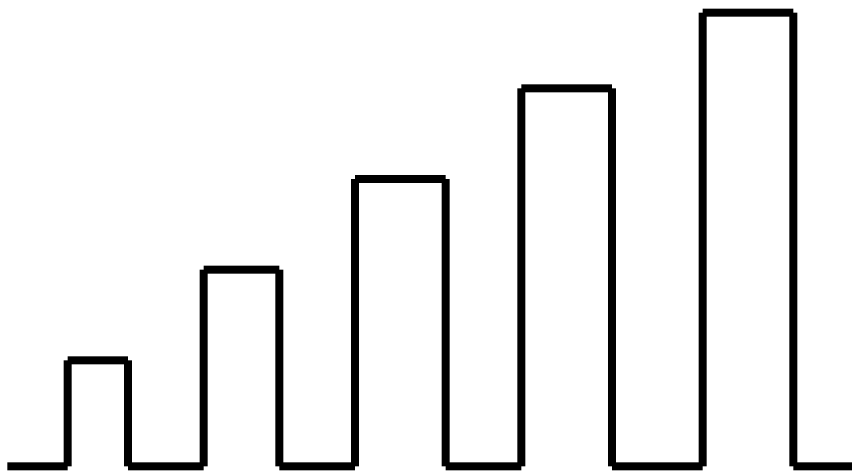
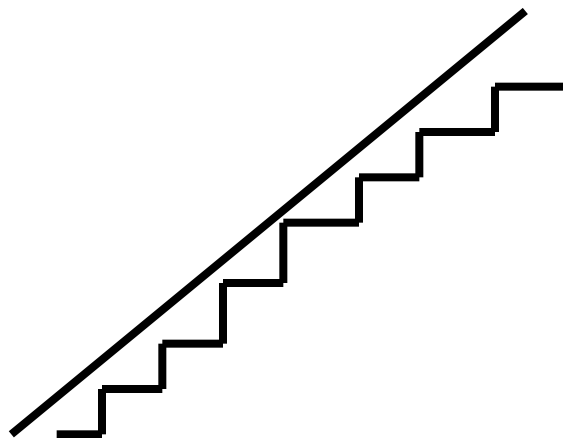
# Тип тестирующей физической нагрузки

- 3) непрерывная работа равномерно повышающейся мощности с быстрой сменой последующих ступеней без интервалов отдыха;
- 4) нагрузка без интервалов непрерывная ступенеобразно повышающаяся отдыха, при которой кардиореспираторные показатели достигают устойчивого состояния на каждой ступени.

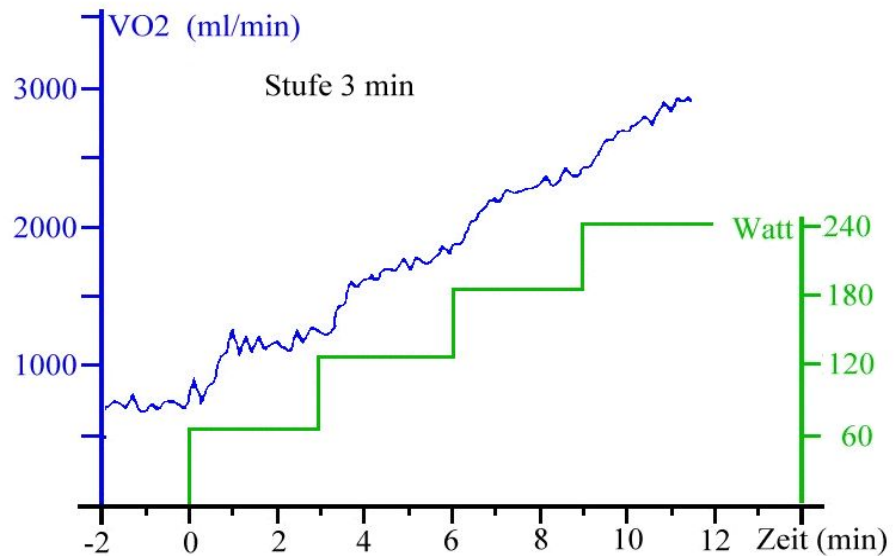
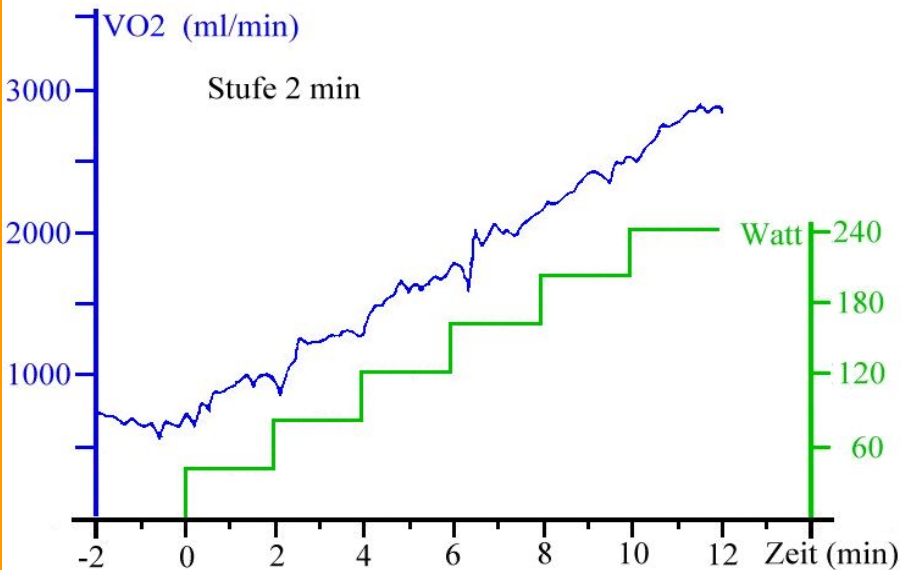
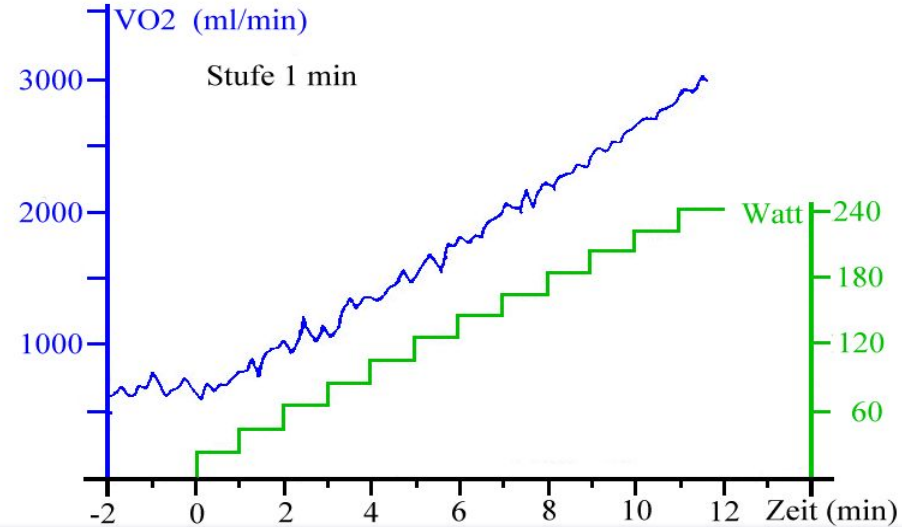
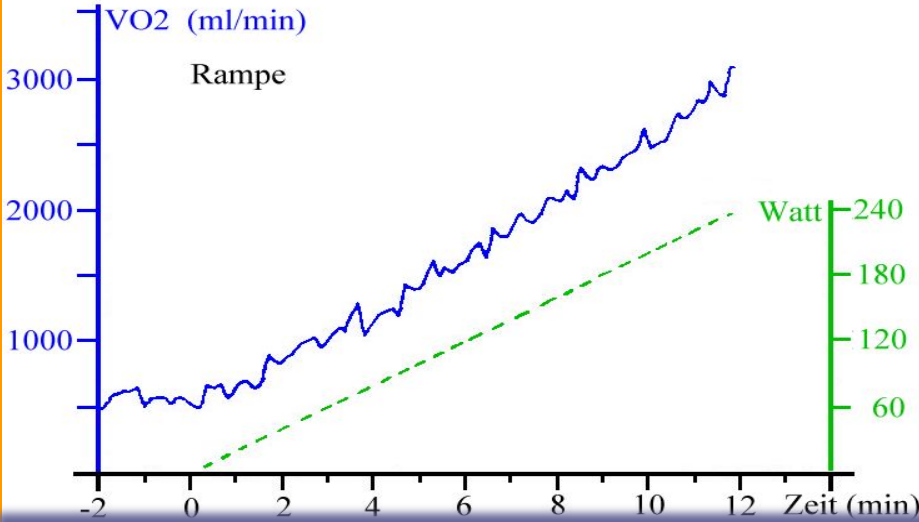




# Тип тестирующей физической нагрузки

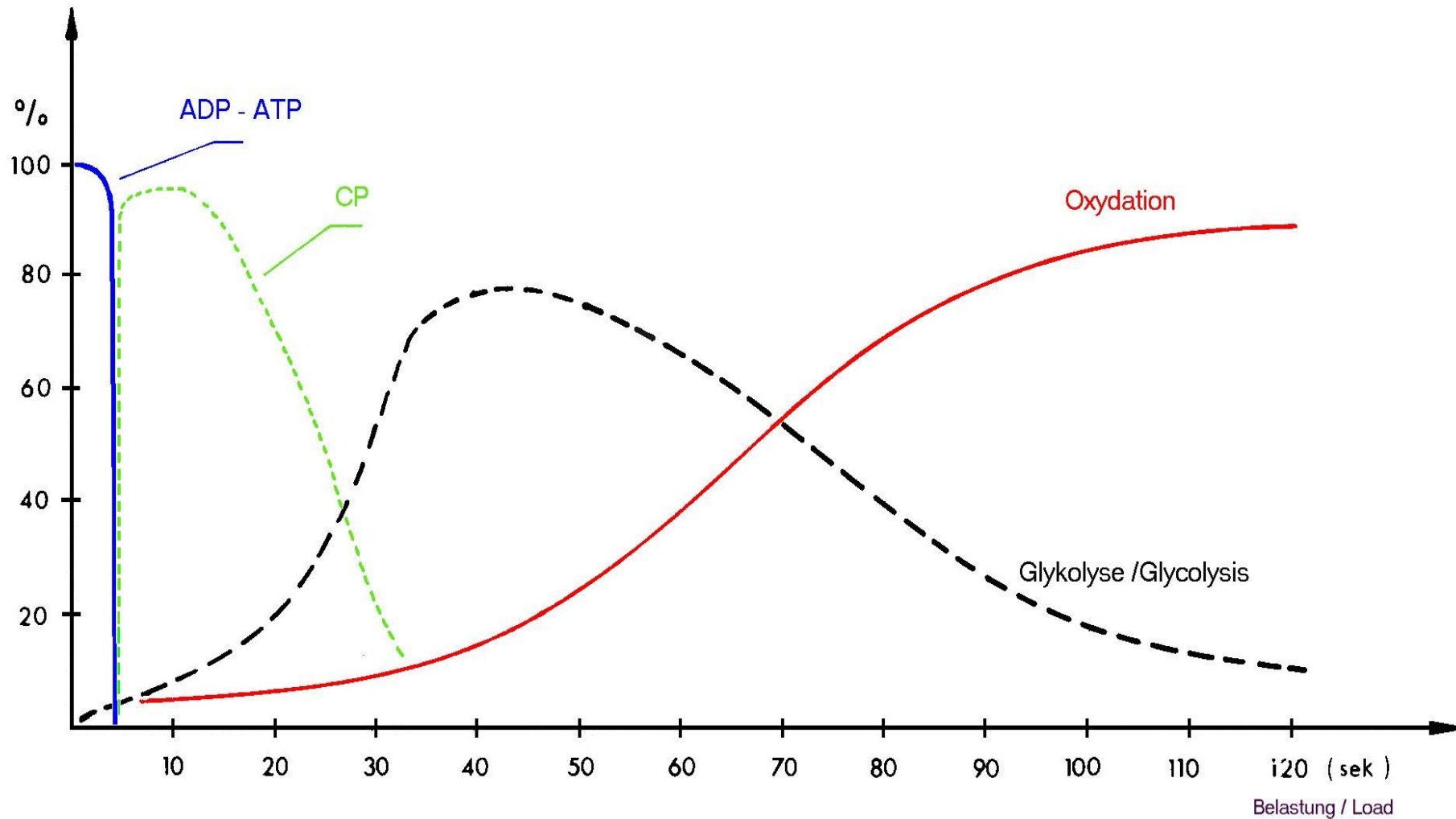


# Ramp or Step

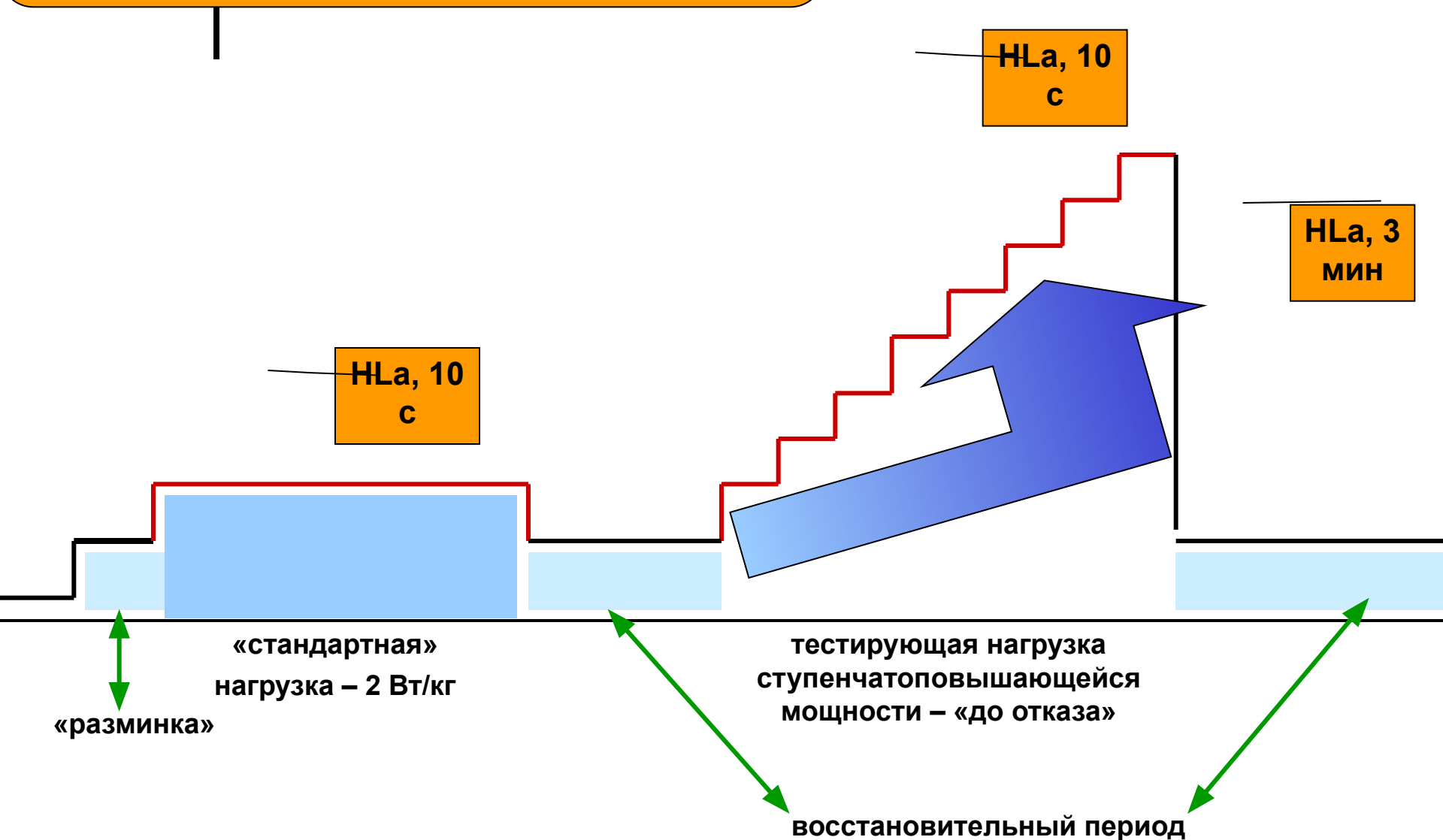


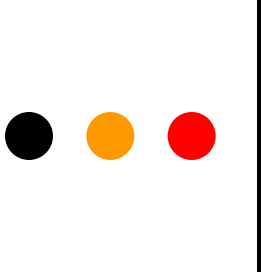


# Последовательность мобилизации и количественное соотношение (%) активности разных механизмов энергообеспечения мышечной деятельности



# 1. СХЕМА тестирующей программы с использованием физических нагрузок





# 1. Тестирующие нагрузки низкой и средней аэробной мощности

- - **нагрузка низкой аэробной мощности** - разминка: длительность – 3 мин, скорость движения - 5 км/час;

- - **нагрузка средней аэробной мощности** - “стандартная” нагрузка: длительность 12 минут, мощность 2 Ватта на килограмм массы тела, скорость движения - 10 км/час;

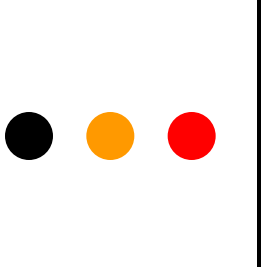
- *\*\*\* рекомендуется использовать с целью динамических наблюдений*

- *\*\*\* длительность теста и скорость движения зависит от уровня подготовленности спортсмена*

- оценка уровня экономичности и устойчивости функционирования кардиореспираторной системы, скорости развития функциональных реакций в условиях нагрузок аэробного характера

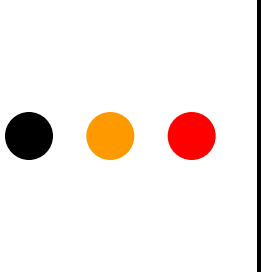
- -для прогнозирования общей функциональной подготовленности спортсменов,

- для контроля эффективности тренировочного процесса в динамике



## 2.1. Тестирующие нагрузки максимальной аэробной мощности:

- ▣ **нагрузка ступенчатоповышающейся мощности без интервалов отдыха между ступенями:**
- ▣ **скорость движения 10 км/час,**
- ▣ **длительность ступени - 2 мин**
- ▣ **прирост угла наклона тредмила каждые 2 мин на 2°**
- ▣ **длительность – «до отказа» испытуемого от дальнейшего продолжения работы.**
- ▣ **оценка максимальной аэробной мощности (максимального потребления кислорода), аэробной эффективности (“анаэробный порог”), уровня общей физической работоспособности,**
- ▣ **определение пульсовых режимов нагрузок различной направленности - восстановительной, аэробной, аэробно-анаэробной, анаэробно-аэробной**



## 2.2. Тестирующие нагрузки максимальной аэробной мощности:

- Тест на удержание нагрузки на уровне “критической” мощности. Величина нагрузки определяется индивидуально для каждого спортсмена по результатам выполнения нагрузки ступенчатовозрастающей мощности.
  - “Критическая” мощность нагрузки ( $W_{кр}$ , Вт, Вт/кг) определялась как та наименьшая мощность нагрузки, при которой впервые достигался максимальный уровень потребления  $O_2$ .
- Тестирующая нагрузка на уровне  $W_{кр}$  выполнялась с постоянной скоростью (10 км/час) до момента произвольного отказа испытуемого продолжать выполнять работу.
- Такой вид тестирующей нагрузки используется для определения максимальной аэробной емкости – время удержания  $W_{кр}$  ( $T_{кр}$ , мин).

## 2. СХЕМА тестирующей программы с использованием физических нагрузок

HLa, 10  
с

HLa, 10  
с

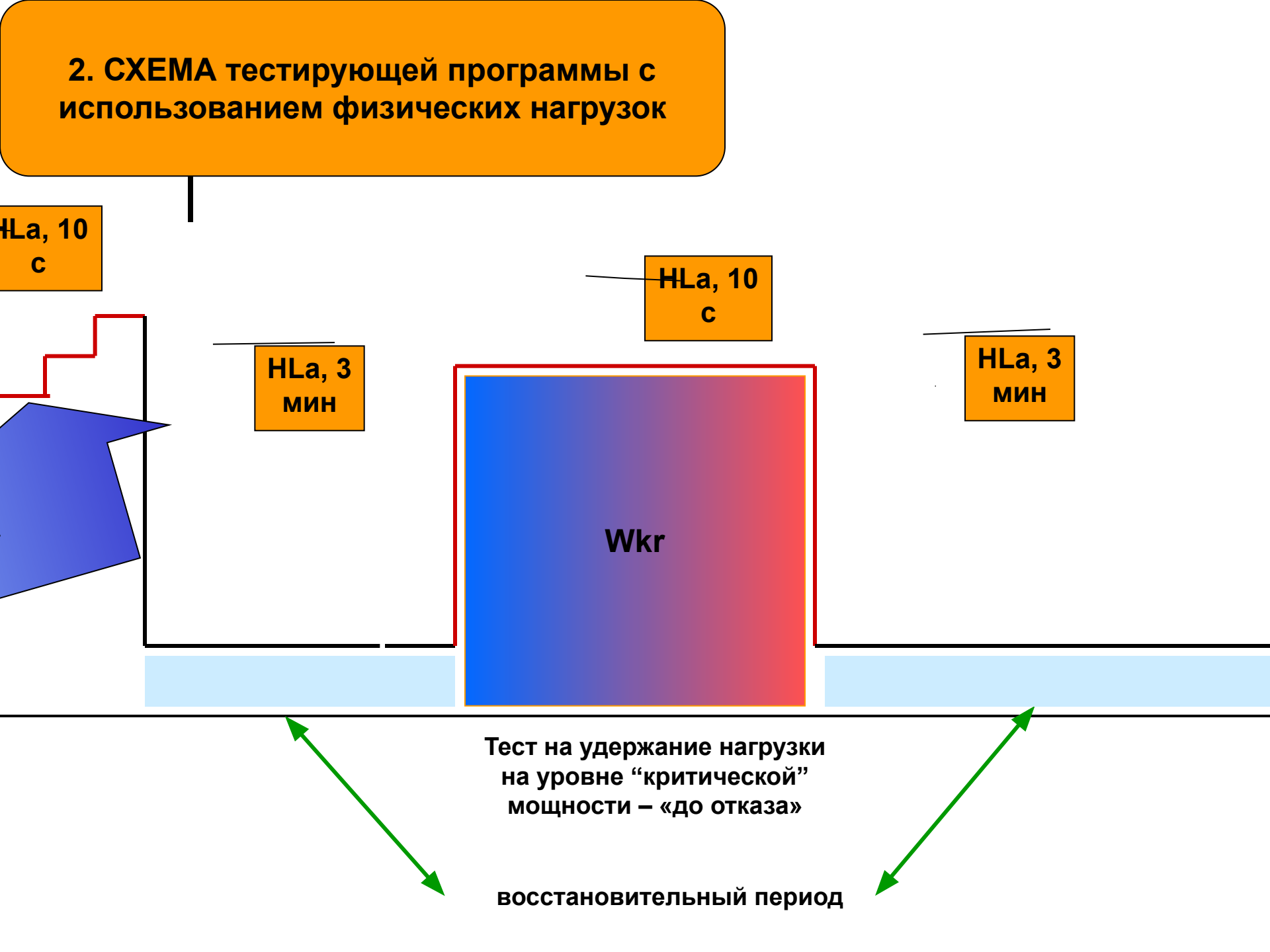
HLa, 3  
МИН

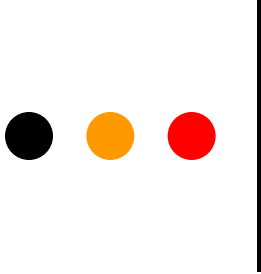
HLa, 3  
МИН

$W_{kr}$

Тест на удержание нагрузки  
на уровне “критической”  
мощности – «до отказа»

восстановительный период





### 3. Тестирующие кратковременные нагрузки максимальной интенсивности:

□ 20-секундная тестирующая нагрузка максимальной интенсивности

□ - для определения анаэробной креатинфосфатной мощности ( **$W_{max20c}$** )

□ 90-секундная тестирующая нагрузка максимальной интенсивности

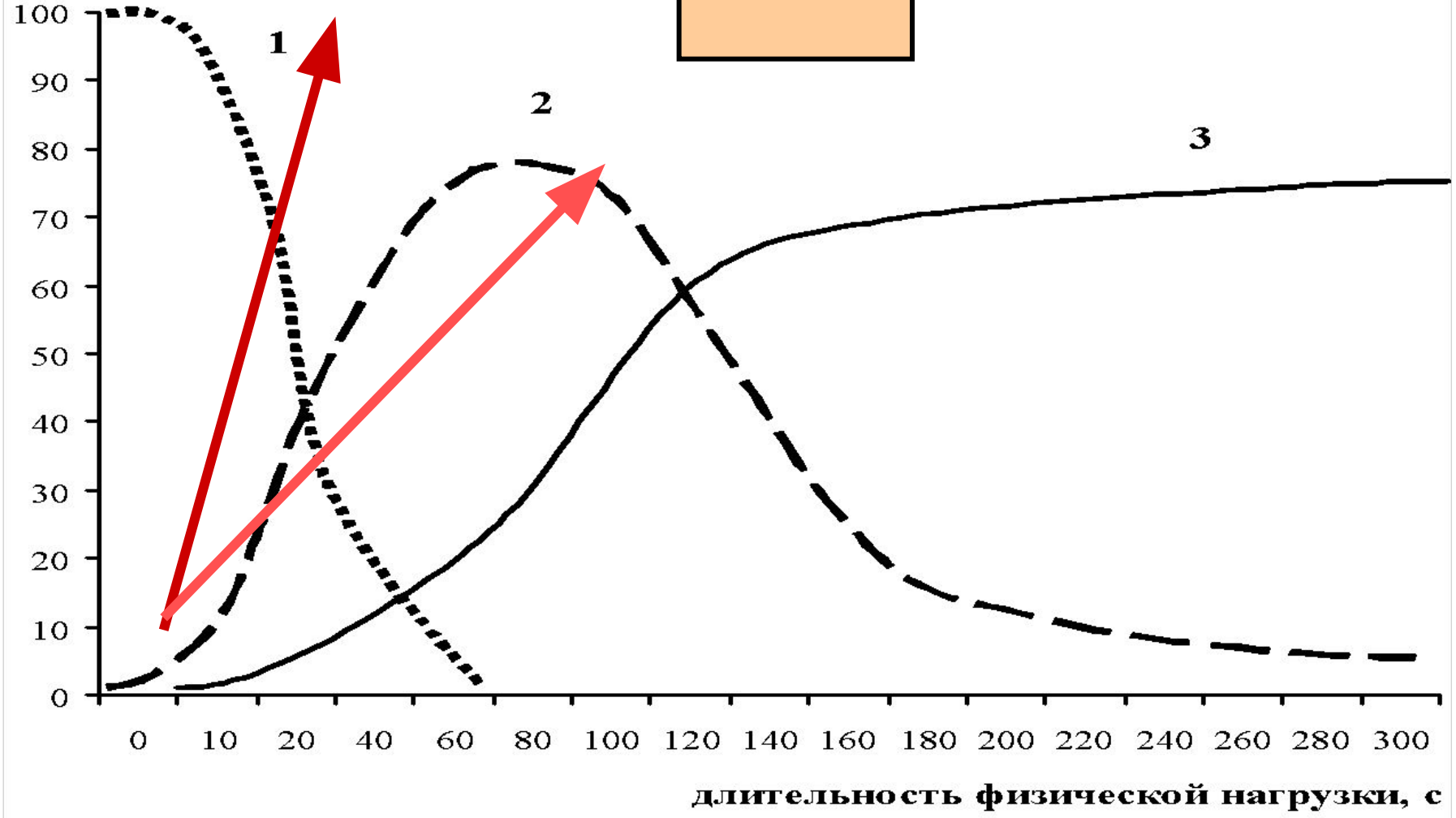
□ - для определения анаэробной гликолитической мощности ( **$W_{max90c}$** ).



**Wmax20c**

**Wmax90c**

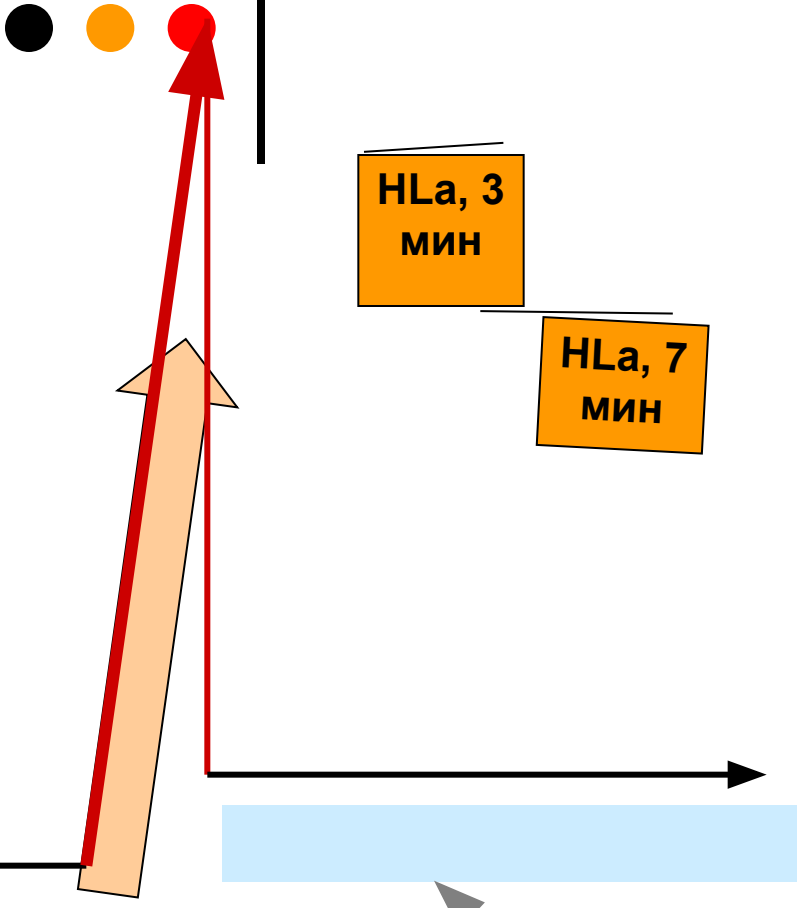
**вклад механизмов энергообеспечения**





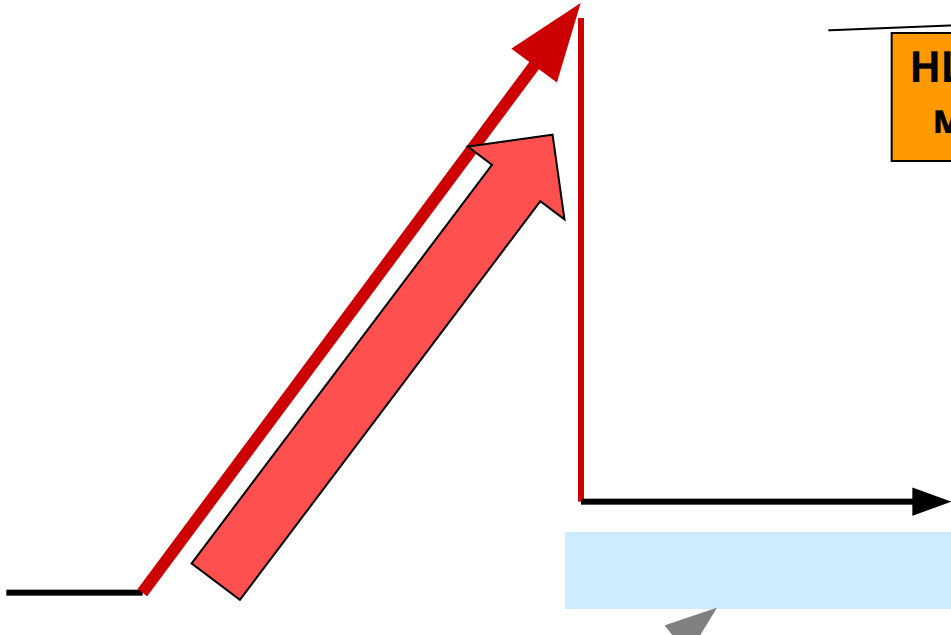
**Wmax20с**

**Wmax90с**



**HLа, 3  
МИН**

**HLа, 7  
МИН**



**HLа, 3  
МИН**

**HLа, 7  
МИН**

**восстановительный период**



Порядок выполн.	Содержание	Характер нагрузки, что определяет
1	Разминка — длительность 3 мин,	Нагрузка низкой и средней аэробной мощности.
2	2.1 «Стандартная» работа – нагрузка средней аэробной мощности – длительность 6 мин с постоянной мощностью работы 1,5 Ватта на килограмм массы тела и постоянной скоростью движения	Определяет экономичность и устойчивость функциональных реакций кардиореспираторной системы в условиях аэробных нагрузок, а также скорость развертывания функциональных реакций
	2.2. восстановление - 5 мин	
<b>Выполнение тестирующих нагрузок максимальной интенсивности, моделирующих прохождение соревновательных дистанций (500 и 1000 метров) проводилось на гребном эргометре “Paddlelite”.</b>		
3.	1:45 - ускорение с максимальной интенсивностью - моделирует прохождение соревновательной дистанции <b>500 м</b>	Определяли особенности реализации аэробных и анаэробных креатинфосфатных и гликолитических
4.	3:45 - ускорение с максимальной интенсивностью - моделирует прохождение соревновательной дистанции <b>1000 м</b>	возможностей, скорости развертывания функциональных реакций



Для оценки реакции кардиореспираторной системы на тестирующие воздействия использовался автоматизированный газоаналитический комплекс “Охусон Pro” (“Jager”, Германия - “VIASYS” )



▣ Регистрируемые показатели:

- ▣ легочная вентиляция,  $V_E$ , л/мин
- ▣ частота дыхания,  $f$
- ▣ дыхательный объем,  $V_T$ , л
- ▣ концентрация  $O_2$  и  $CO_2$  в выдыхаемом,  $F_E O_2, F_E CO_2, \%$
- ▣ концентрация  $O_2$  и  $CO_2$  в альвеолярном воздухе,  $F_A O_2, F_A CO_2, \%$
- ▣ потребление  $O_2$ ,  $VO_2$ , л/мин
- ▣ выделение  $CO_2$ ,  $VCO_2$ , л/мин
- ▣ дыхательный коэффициент  $RQ = VCO_2 / VO_2$
- ▣ вентиляционные эквиваленты для  $O_2$  ( $EQO_2 = V_E / VO_2$ ) и для  $CO_2$  ( $EQCO_2 = V_E / VCO_2$ )
- ▣ кислородный пульс  $VO_2 / HR$ , мл/уд
- ▣ частота сердечных сокращений, HR, уд/мин, “Polar” (Финляндия).
- ▣ концентрация лактата в капиллярной крови,  $HLa$ , ммоль/л

Показатели, которые регистрируются каждые 10 с	Характеристика тестирующих нагрузок			Расчетные показатели
	Длительность теста, мин	Скорость передвижения км/час	Мощность нагрузки, Вт	
$V_E$ , мл/мин $F_{E O_2}$ , % $F_{E CO_2}$ , % $V_T$ , мл/мин $f_T$ $VO_2$ , мл/мин $VCO_2$ , мл/мин $EQO_2$ $EQCO_2$ $O_2$ -пульс, мл ЧСС, уд/мин $VCO_2/VO_2$	1. состояние покоя:			- средние значения показателей
	3 мин	0	0	
	2. разминка:			- средние значения показателей
	3 мин	5 км/час	65 Вт	
	3. нагрузка “стандартной” мощности			W, Вт-пульс, $T_{50}$ ЧСС, $T_{50} VO_2$ , КФУ ЧССст, КФУ $EQO_2$ ст, средние значения показателей
	12 мин	10 км/час	2 Вт на кг веса тела	
	5. Ступенчатовозрастающая нагрузка:			$W_{кр}$ , $W_{АП}$ , $VCO_2/VO_2$ фн, $VCO_2/VO_2$ восст, $VO_{2АП}$ % $VO_2$ max, HLa, ЧССвосст, показатели на уровне анаэробного порога и максимальные значения показателей
	5.1. нагрузка			
	до 20 мин	10 км/час	130 Вт + 34 Вт каждые 2 мин	
	5.2. восстановление:			
10 мин	5 км/час	65 Вт		

Показатели, которые регистрируются каждые 10 с	Характеристика тестирующих нагрузок			Расчетные показатели
	Длительность теста, мин	Скорость передвижения, км/час	Мощность нагрузки, Вт	
$V_E$ , мл/мин	1. состояние покоя:			- средние значения показателей
	3 мин	0	0	
$F_{E O_2}$ , %	2. разминка:			- средние значения показателей
	3 мин	5 км/час	65 Вт	
$F_{E CO_2}$ , %	3. нагрузка "стандартной" мощности			W, Вт-пульс, $T_{50}$ ЧСС, $T_{50} VO_2$ , КФУ ЧССст, КФУ $EQO_2$ ст, средние значения показателей
	12 мин	10 км/час	2 Вт на кг веса тела	
$V_T$ , мл/мин	4. Анаэробная креатинфосфатная нагрузка (выполняется на велоэргометре)			Wmax20с, HLa
	4.1. нагрузка:			
$f_T$	15 - 20 с	Максимальная	4.5-5.5 кг	
	4.2. восстановление:			
$VO_2$ , мл/мин	5 мин	5 км/час	65 Вт	Wmax90с, $T_{50} VO_2$ , $T_{50}$ ЧСС, ЧССвосст, $VCO_2/VO_2$ фн, $VCO_2/VO_2$ восст, $CVVO_2$ , HLa, максимальные значения показателей.
	7. Анаэробная гликолитическая нагрузка			
$VCO_2$ , мл/мин	5.1. нагрузка:			
	60 -90 с	максимальная	Максимальная	
$EQO_2$	5.2 восстановление:			
	10 мин	5 км/час	65 Вт	
$EQCO_2$				
$O_2$ -пульс,мл				
ЧСС, уд/мин				
$VCO_2/VO_2$				



## Характеристика и регистрация показателей при функциональной диагностике.

**VT:** tidal volume – дыхательный объем

**BF:** breathing frequency – частота дыхания

**FEO<sub>2</sub>:** expired O<sub>2</sub> – fraction

**FECO<sub>2</sub>:** expired CO<sub>2</sub> - fraction

**HR:** heart rate – частота сердечных сокращений

**Load:** watt (speed, inclination) - мощность



## Характеристика и регистрация показателей при функциональной диагностике.

$$VO_2 \text{ ( O}_2 \text{ - uptake )} \sim VI * F_I O_2 - VE * F_E O_2$$

- Потребление кислорода

$$VCO_2 \text{ ( CO}_2 \text{ - output)} \sim VE * F_E CO_2$$

- выделение углекислого газа

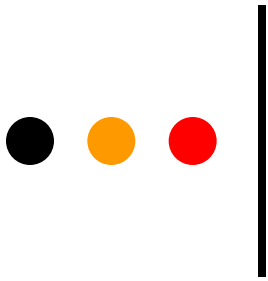
$$RER \text{ ( resp. exchange ratio)} = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

often: RQ (respiratory quotient)

- газообменное отношение



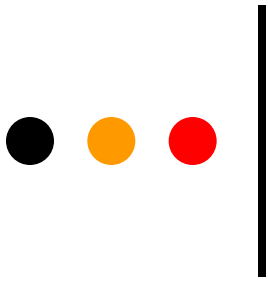
- **VO<sub>2</sub>** = Oxygen uptake – потребление O<sub>2</sub>
- **VCO<sub>2</sub>** = Carbon dioxide output – выделение CO<sub>2</sub>
- **BF** = Breathing frequency – частота дыхания
- **VE** = Minute ventilation – минутный объем дыхания
- **RER, RQ** = Respiratory exchange ratio – газообменное отношение
- **EQO<sub>2</sub> = VE/ VO<sub>2</sub>** = Breathing equivalent for O<sub>2</sub> - вентиляционный эквивалент для O<sub>2</sub>
- **EQCO<sub>2</sub> = VE/ VCO<sub>2</sub>** = Breathing equivalent for CO<sub>2</sub> - вентиляционный эквивалент для CO<sub>2</sub>
- **ЧСС, HR** = Heart rate – частота сердечных сокращений
- **VO<sub>2</sub>/kg** = O<sub>2</sub>-uptake per kg body weight
- **O<sub>2</sub>-pulse=VO<sub>2</sub>/ЧСС** = O<sub>2</sub>-uptake per pulse beat – кислородный пульс
- **MET** = Metabolic unit (1 MET= VO<sub>2</sub> 3,5 ml/min/kg) – метаболическая единица
- **HRR** = Heart rate reserve = Pred ЧССmax-ЧСС act)
- **dO<sub>2</sub>/ dH** = Increase in oxygen per heart rate
- **Lactate** = Salt of the lactic acid, end product of anaerobic glycolysis, increasing during exercise – лактата в крови. концентрация
- **O<sub>2</sub>-Deb** = Oxygen debt – кислородный долг
- **O<sub>2</sub>-Det** = Oxygen deficit – кислородный дефицит



- Объем выполненной работы в условиях удержания тестирующей нагрузки на уровне “критической” мощности (*мощность нагрузки при которой впервые достигается уровень максимального потребления O<sub>2</sub>*) относительно массы тела (ОКР, Дж/кг):

$$\square \text{ ОКР} = (W_{\text{кр}} \cdot T_{\text{кр}}) / P,$$

- где,  $W_{\text{кр}}$  - мощность “критической” нагрузки, Вт;
- $T_{\text{кр}}$  – время ее удержания, с;
- $P$  – масса тела, кг.



- **КФС HR<sub>ст</sub>, %** - коэффициент функциональной устойчивости по частоте сердечных сокращений при выполнении нагрузки “стандартной” мощности:
- **КФС ЧСС<sub>ст</sub> = (a - b)/c · 100% ,**
- где,
- **a** - ЧСС, усредненная с 10 по 12 минуты работы, уд/мин;
- **b** - ЧСС, усредненная с 2 по 4 минуты работы, уд/мин;
- **c** – ЧСС, усредненная с 1 по 12 минуты работы, уд/мин.
- **КФС EQO<sub>2ст</sub>, %** - коэффициент функциональной устойчивости для вентиляционного эквивалента для O<sub>2</sub> в условиях “стандартной” нагрузки определялся аналогично КФС ЧСС<sub>ст</sub>, но для EQO<sub>2</sub>.

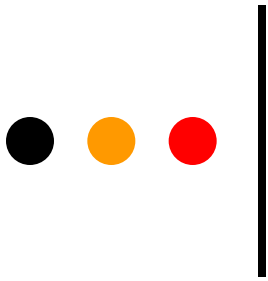
- **КФУ ЧСС<sub>кр</sub>, %** - коэффициент функциональной устойчивости по частоте сердечных сокращений в условиях выполнения нагрузки на уровне “критической” мощности при условии длительности теста 5 минут и более:

$$\square \text{ КФУ ЧСС}_{кр} = (a - b)/c \cdot 100\% ,$$

- где, **a** - ЧСС, усредненная за последнюю и предпоследнюю минуты работы, уд/мин;
- **b** - ЧСС, усредненная за 2-ю и 3-ю минуты работы, уд/мин;
- **c** - ЧСС, усредненная с 2-ю по последнюю минуту работы, уд/мин.
- **КФУ EQO<sub>2кр</sub>, %** - коэффициент функциональной устойчивости для вентиляционного эквивалента для O<sub>2</sub> при удержании нагрузки на уровне “критической” мощности определялся аналогично КФС ЧСС<sub>кр</sub>, но для EQO<sub>2</sub>.



- **СУ VO<sub>2</sub>, кол.раз** - скорость увеличения потребления O<sub>2</sub> за первые 30 секунд выполнения 60-секундной тестирующей нагрузки субмаксимальной интенсивности:
  - **СУ VO<sub>2</sub> = VO<sub>2</sub>(1-30)/ VO<sub>2</sub>(исх),**
- где **VO<sub>2</sub>(1-30)** - величина VO<sub>2</sub> за первые 30 секунд работы (мл/мин); **VO<sub>2</sub>(исх)** – величина VO<sub>2</sub>, зарегистрированная непосредственно перед выполнением теста (мл/мин).
- **T50ЧСС, с** – постоянная времени (полупериод реакции) для частоты сердечных сокращений определялась по времени на протяжении которого ЧСС увеличивалась на 50% от исходной перед началом теста до максимально достигнутой величины во время его выполнения.
- **T50VO<sub>2</sub>, с** - постоянная времени для увеличения потребления O<sub>2</sub> определялась аналогично T50ЧСС.



**Анаэробный (вентиляционный) порог (АП-1)** определялся в условиях тестирующей нагрузки ступенчатовозрастающей мощности неинвазивным способом с использованием метода компьютерно-графического анализа

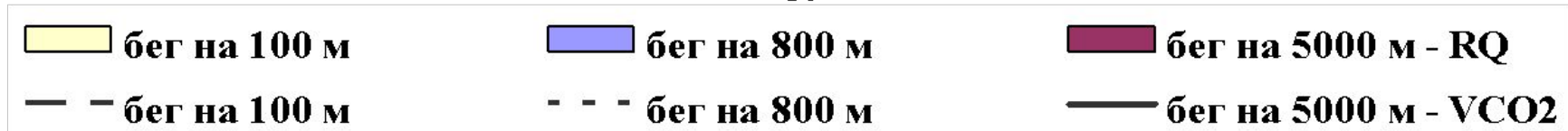
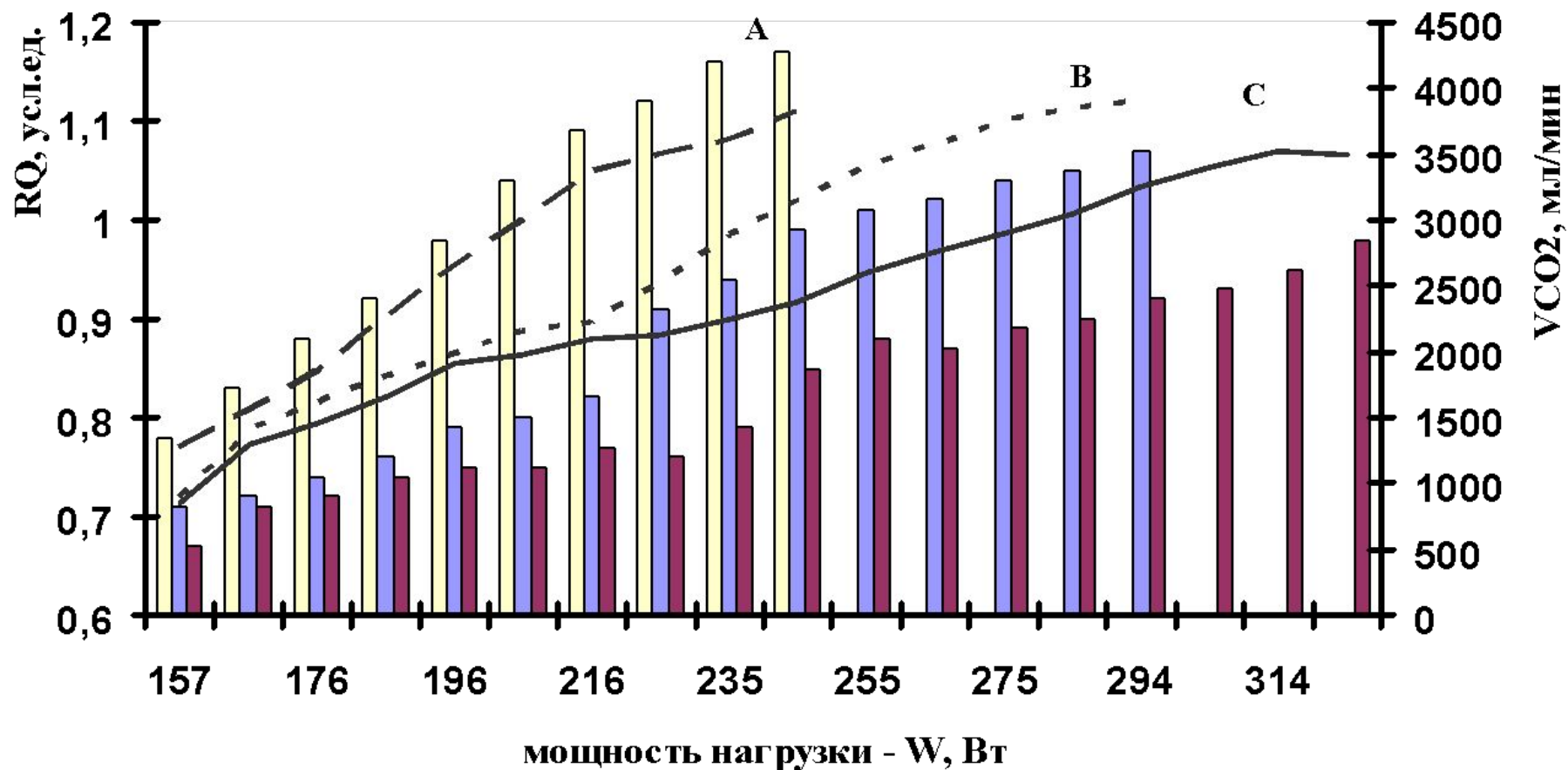
--- по началу нелинейного увеличения  $VE$  и  $VCO_2$ ,

--- по началу увеличения  $VCO_2/VO_2$

--- по началу прироста  $EQO_2$ , что не сопровождался сопровождающимся приростом  $EQCO_2$ ,

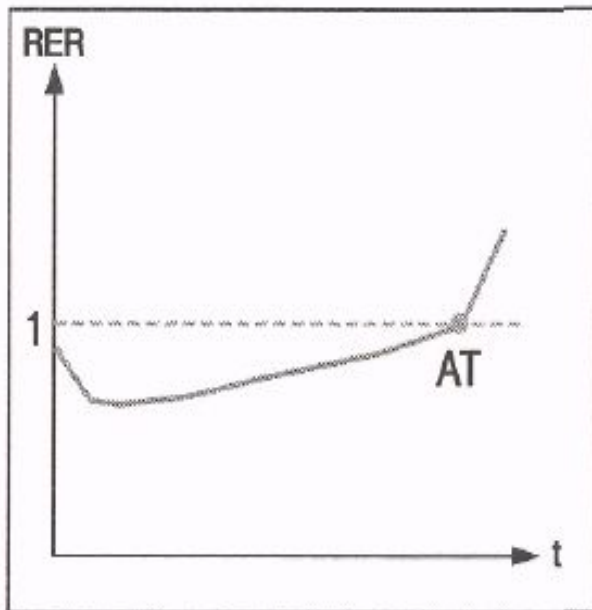
--- по началу увеличения фракции  $O_2$  у выдыхаемом воздухе ( $FEO_2$ , %).

Динамика выделения  $\text{CO}_2$  ( $\text{VCO}_2$ , мл·мин<sup>-1</sup>) и дыхательного коэффициента ( $\text{RQ} = \text{VCO}_2 \cdot \text{VO}_2^{-1}$ ) в условиях выполнения тестирующей нагрузки ступенчатоповышающейся мощности «до отказа» у квалифицированных спортсменов

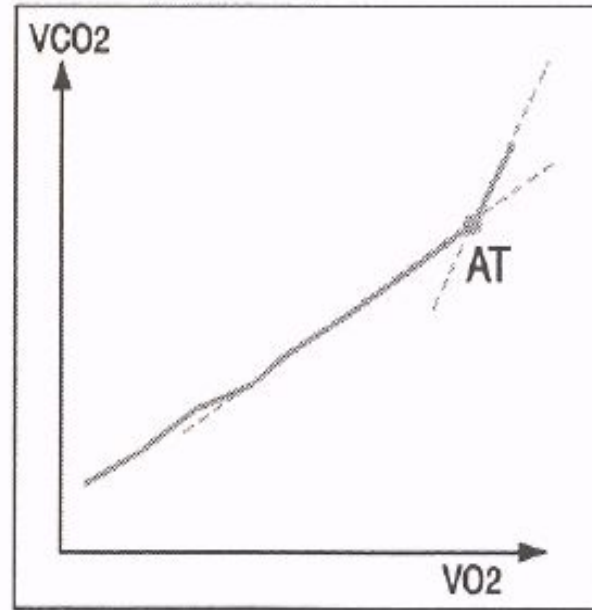


# Порог анаэробного обмена – AT = Anaerobic Threshold

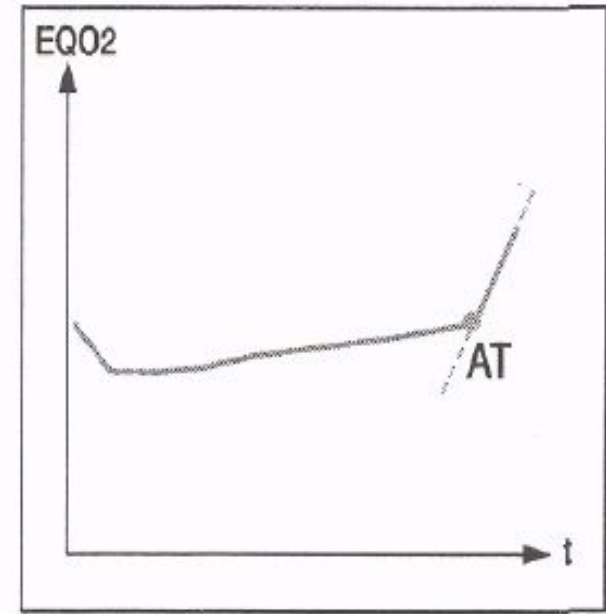
- At the moment, five methods can be selected in Oxycon:
- Respiratory exchange ratio (RER =  $VCO_2/VO_2$  )
- $VCO_2$
- Breathing equivalent  $EQO_2$
- Manual determination
- Lactate



RER

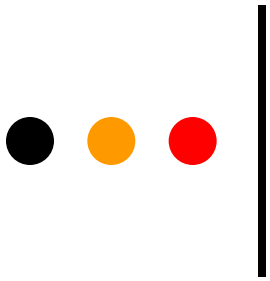


$VCO_2$



$EQO_2$





**Определяли точку анаэробного порога и соответствующие ей значения мощности нагрузки ( $W_{Ap}$ ), время достижения AP ( $T_{Ap}$ ) и другие физиологические показатели ( $VO_{2Ap}$ ,  $VCO_{2Ap}$ ,  $VE_{Ap}$ , ЧСС $_{Ap}$ ).**

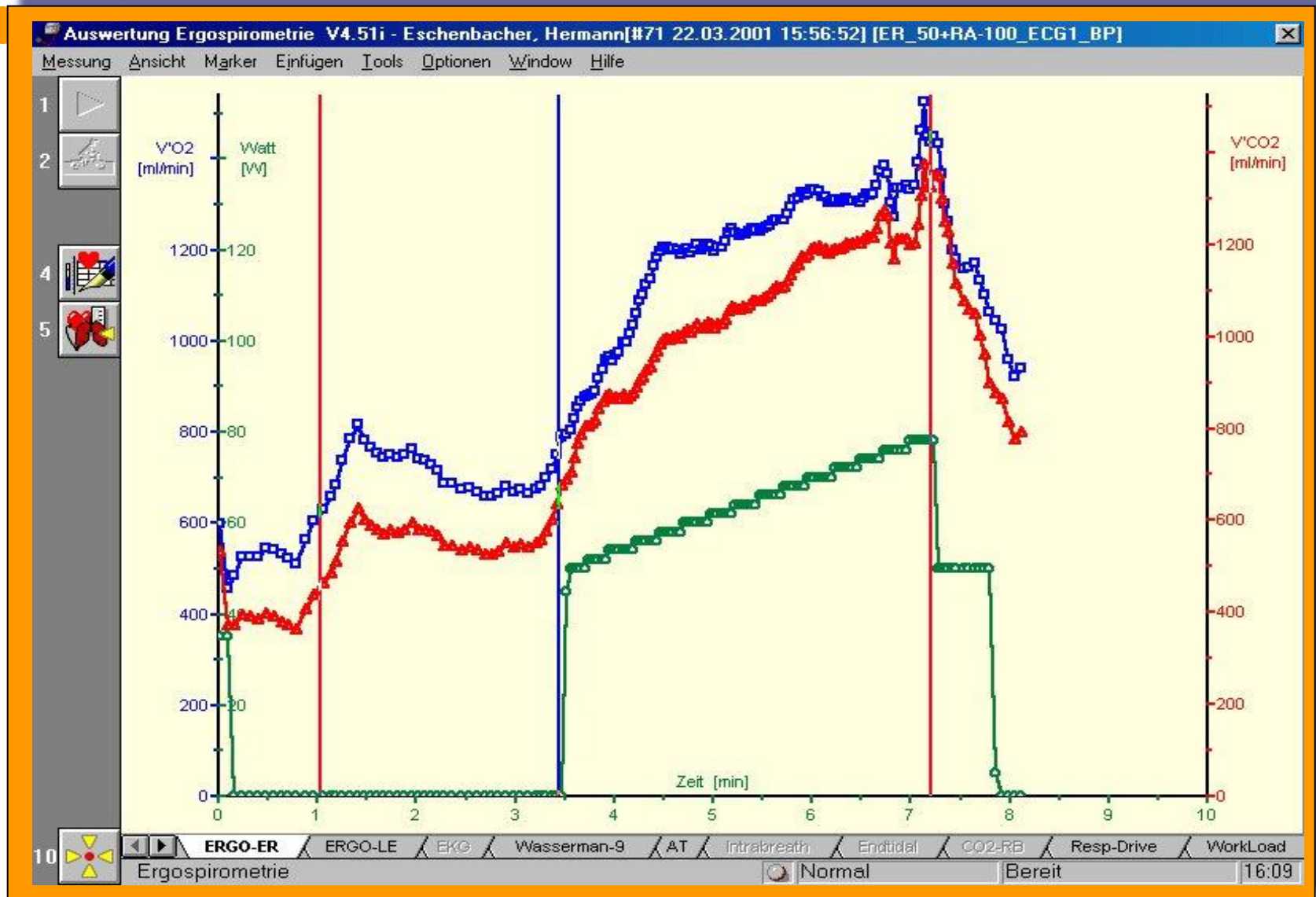
**Определяли абсолютный и относительный (в % от максимального) уровень потребления  $O_2$  на уровне анаэробного порога ( $VO_{2Ap}$  в % от  $VO_{2max}$ ).**



- Реализация аэробного потенциала (РАП,%):
  - $РАП = VO_{2max}(реал) \cdot VO_{2max}(модел)^{-1} \cdot 100\%$ ,
- где  $VO_{2max}(реал)$  - максимальная величина  $VO_2$  зарегистрированная во время тестирования,  $мл \cdot мин^{-1} кг^{-1}$ ;
- $VO_{2max}(модел)$  - модельная величина  $VO_{2max}$  ( $мл \cdot мин^{-1} кг^{-1}$ ) для высококвалифицированных спортсменов (1 спортивный разряд и выше), что определялась по формуле В.С.Мищенко [1990]:
  - $VO_{2max}(модел) = 71.8 + (76.2 - P) \cdot 0.49$ ,
- где  $P$  - масса тела спортсмена, кг.

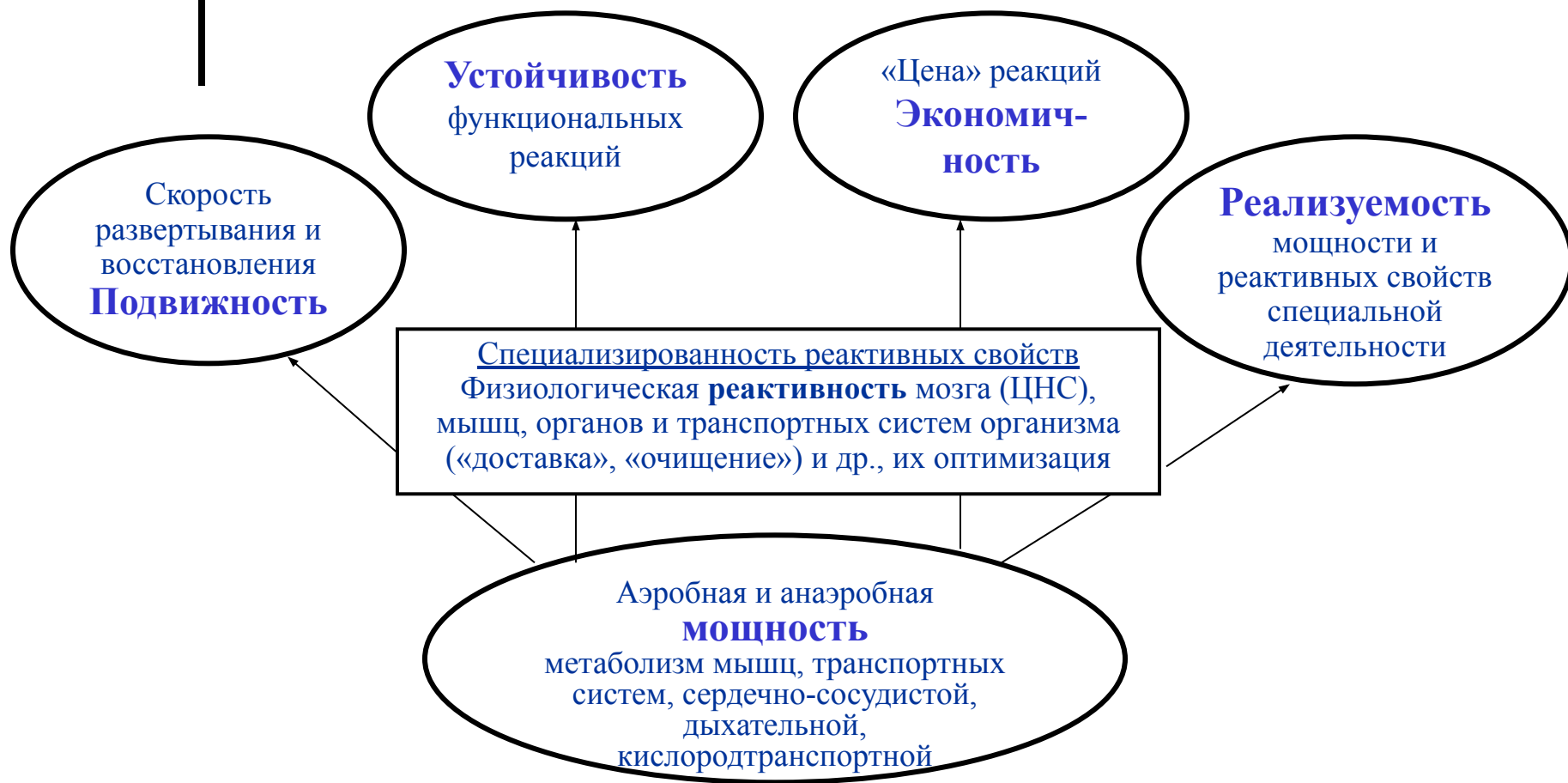


# Ramp-test



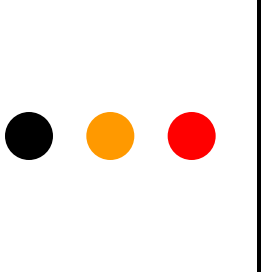


# Потенциал специальной работоспособности



## Потенциал общей работоспособности

Пути формирования специальной работоспособности спортсменов на основе специализированной модификации реактивных свойств ведущих для обеспечения работоспособности систем организма (Мищенко В.С., 1999, 2005)



**□ 4 энергетических зоны тренировочных нагрузок по частоте сердечных сокращений (ЧСС), которые ...**

- ... принципиально отличаются по характеру функционирования функциональных систем и преимущественному участию факторов энергообеспечения работоспособности.
- ... характеризуют различия тренирующего воздействия на организм
- **1. Зона восстановительной или "не тренирующей" нагрузки.**
  - **II. Зона "аэробной нагрузки".**
  - **III. Зона "аэробно-анаэробного перехода".**
  - **IV. Зона "анаэробно-аэробной нагрузки".**

- **Зона восстановительной или "не тренирующей" нагрузки.** Это нагрузка характеризуется таким диапазоном ЧСС, при котором не происходит существенного развития аэробных возможностей организма. Она способствует выведению метаболитов и их утилизации, создает наиболее эффективные условия для периферического кровообращения, в целом благоприятно влияет на ускорение процесса восстановления после предыдущей нагрузки. Используется также как метод реабилитации после перенесенных заболеваний.
- **Зона аэробной нагрузки.** Одним из критериев идентификации этой зоны может служить представление о "аэробный порог", который характеризуется моментом появления в крови лактата (молочной кислоты) выше исходного уровня, нелинейным ростом легочной вентиляции, дыхательного коэффициента, выделение углекислоты (фаза активизации анаэробных процессов энергообеспечения). Концентрация лактата при этом, как правило, составляет около  $2 \text{ ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$  и совпадает с наибольшей величиной процента употребления  $\text{O}_2$  из выдыхаемого воздуха (наибольшая экономичность работы). Таким образом, зона аэробной нагрузки находится в пределах значений ЧСС, которые соответствуют восстановительной нагрузке, с одной стороны, и ЧСС аэробного порога, с другой стороны. По своему влиянию применено в этой зоне нагрузка является основной для формирования аэробной базы организма.

**Аэробный порог**, или порог анаэробного обмена (ПАНО) - предел, ниже уровня, которой энергообеспечения происходит в аэробных условиях с использованием кислорода. Такой режим имеет место во время обычной ходьбы, не интенсивного умеренного бега. Выше границы - энергообразования происходит в более напряжённых анаэробных условиях (без кислорода) - максимальные высокоинтенсивные ускорения, а также работа на уровне  $VO_{2max}$  когда максимально используются аэробные и анаэробные механизмы энергообеспечения. Чем выше порог анаэробного обмена (% от  $VO_{2max}$ ), тем больший объем работы выполнит спортсмен в более экономных аэробных условиях, тем позже подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, требующих высоких энергетических затрат.





- **Зона аэробно-анаэробного перехода** - характеризуется наличием устойчивого баланс выхода лактата в кровь и его утилизации. По данным ряда авторов, эта зона находится в пределах изменения лактата около  $2,0-4,0$  ммоль  $\cdot$  л<sup>-1</sup>. Верхняя граница зоны практически соответствует порогу анаэробного обмена (ПАНО). Идентификация ПАНО по ЧСС осуществляется на основании специфических изменений ряда параметров газообмена. Таким образом, зона аэробно-анаэробного перехода выделяется как диапазон ЧСС, ограничена, с одной стороны, ЧСС аэробного порога, а с другой - ЧСС ПАНО (активизация анаэробных механизмов энергообеспечения). Нагрузки, применяется в этой зоне, наиболее интенсивно влияет на развитие преимущественно аэробных источников энергообеспечения.
- **Зона анаэробно-аэробной нагрузки.** Зона энергообеспечения смешанной аэробно-анаэробной нагрузки с преобладанием анаэробных процессов энергообеспечения. Выделение ее связано с тем, что при достижении максимального уровня потребления O<sub>2</sub> работа может некоторое время продолжаться, но при этом  $VO_{2max}$  уже не растет, иногда может даже немного снижаться, а ЧСС возрастает до самого окончания работы. Такое явление неадекватности потребления O<sub>2</sub> и ЧСС на высоком уровне нагрузки и вызвало необходимость выделения этой зоны, когда задействованы как аэробные, так и анаэробные источники энергии.

- Таким образом, зона смешанной аэробно-анаэробной нагрузки находится в пределах ЧСС ПАНО и ЧСС начале достижение максимального потребления  $O_2$  (зона в среднем 180 - 190 уд.мин-1). В начале этой зоны, когда ЧСС составляет 150-170 уд · мин-1 (зона 4.1), превалируют аэробные компоненты энергообеспечения, а потом, когда ЧСС возрастает до 170 - 190 уд · мин-1 (зона 4.2), возрастает доля анаэробных источников, причём тем значительнее, чем больше приближается к верхней границе этой зоны интенсивность нагрузки. Концентрация лактата колеблется от 4 до 12 ммоль · л<sup>-1</sup>. Используется для развития и поддержания уровня общей выносливости (зона 4.1). Выполнение работы при ЧСС верхней границы данной зоны (зона 4.2) периодически может использоваться хорошо подготовленными спортсменами для развития скоростной выносливости



