



Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Подходы к оценке и к увеличению аэробных возможностей

Попов Д.В.

Лаборатория физиологии мышечной деятельности

Основные темы доклада

- Физиологические факторы, ограничивающие аэробную работоспособность.
- Физиологические основы оценки аэробной работоспособности.
- Подходы к организации аэробной подготовки.

Основные темы доклада

- Физиологические факторы, ограничивающие аэробную работоспособность.
- Физиологические основы оценки аэробной работоспособности.
- Подходы к организации аэробной подготовки.

Знает ли тренер текущий уровень подготовленности своего спортсмена?

Знает ли тренер, как тренировать спортсмена?

Основные темы доклада

- Физиологические факторы, ограничивающие аэробную работоспособность.
- Физиологические основы оценки аэробной работоспособности.
- Подходы к организации аэробной подготовки.

Знает ли тренер текущий уровень подготовленности своего спортсмена? **ДА!**

Знает ли тренер, как тренировать спортсмена? **ДА**

***Тогда зачем тренеру нужно тестировать спортсмена
(тратить время, силы, деньги)???***

Какие системы энергообеспечения нужно тренировать конькобежцам разных специализаций?

Таблица 1.6. Приблизительный вклад аэробных и анаэробных энергетических источников в общую энергопродукцию при беге на различные дистанции

Дистанция	Результат, мин:с*	Аэробная энергопродукция, %	Анаэробная энергопродукция, %
100 м	9,84	10	90
400 м	43,29	30	70
800 м	1:41,73	60	40
1500 м	3:27,37	80	20
5000 м	12:44,39	95	5
10000 м	26:38,08	97	3
42,2 км	126:50,00	99	1

1500 м
3000 м
10 000 м

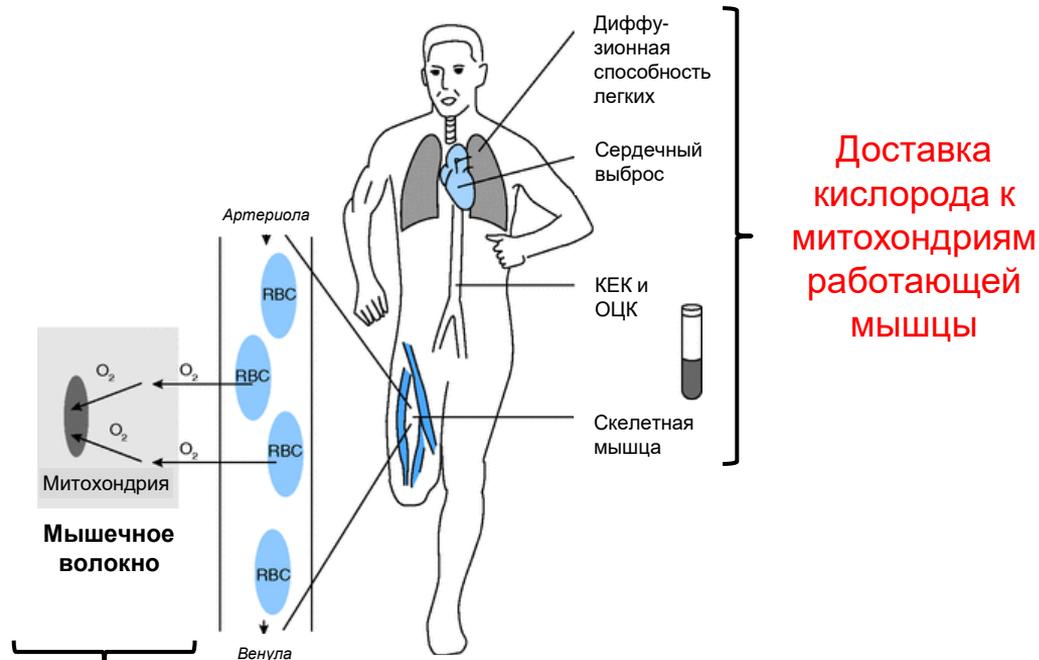
* Результаты соответствуют мировым рекордам для мужчин на 1 апреля 1997 г.

Какие системы энергообеспечения нужно тренировать конькобежцам разных специализаций?

Таблица 1.6. Приблизительный вклад аэробных и анаэробных энергетических источников в общую энергопродукцию при беге на различные дистанции

Дистанция	Результат, мин:с*	Аэробная энергопродукция, %	Анаэробная энергопродукция, %
100 м	9,84	10	90
400 м	43,29	30	70
800 м	1:41,73	60	40
1500 м	3:27,37	80	20
5000 м	12:44,39	95	5
10000 м	26:38,08	97	3
42,2 км	126:50,00	99	1

* Результаты соответствуют мировым рекордам для мужчин на 1 апреля 1997 г.



Доставка кислорода к митохондриям работающей мышцы

Потребление кислорода митохондриями работающей мышцы

Что ограничивает аэробную работоспособность ?

Аэробная работоспособность – способность совершать мышечную работу предельной интенсивности, энергообеспечение которой идет преимущественно за счет реакций окисления (предельная по интенсивности нагрузка продолжительностью более 3-4 мин).

- Система доставки O_2
- Система утилизации O_2
- Утомление работающих мышц
- Доступность субстратов
- Центральное утомление
- Другие факторы ... ?

Что ограничивает аэробную работоспособность ?

Аэробная работоспособность – способность совершать мышечную работу предельной интенсивности, энергообеспечение которой идет преимущественно за счет реакций окисления (предельная по интенсивности нагрузка продолжительностью более 3-4 мин).

- Система доставки O_2
 - Система утилизации O_2
 - Утомление работающих мышц
-
- Доступность субстратов
 - Центральное утомление
 - Другие факторы ... ?

Доставка кислорода к работающим мышцам

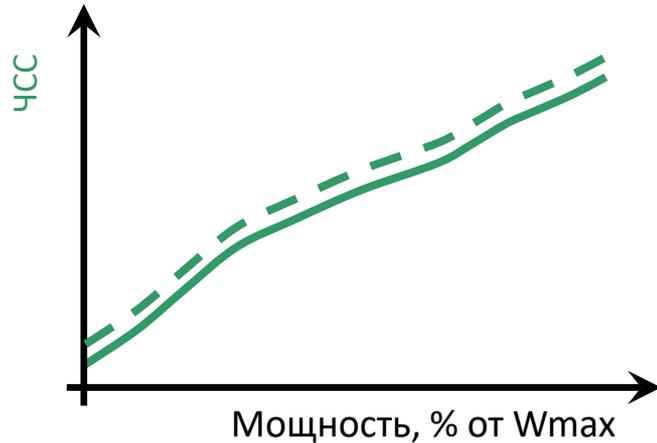
Доставка O_2 = сердечный выброс \times кислородная емкость крови

Сердечный выброс = ЧСС \times ударный объем сердца

Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = ЧСС x **ударный объем сердца**

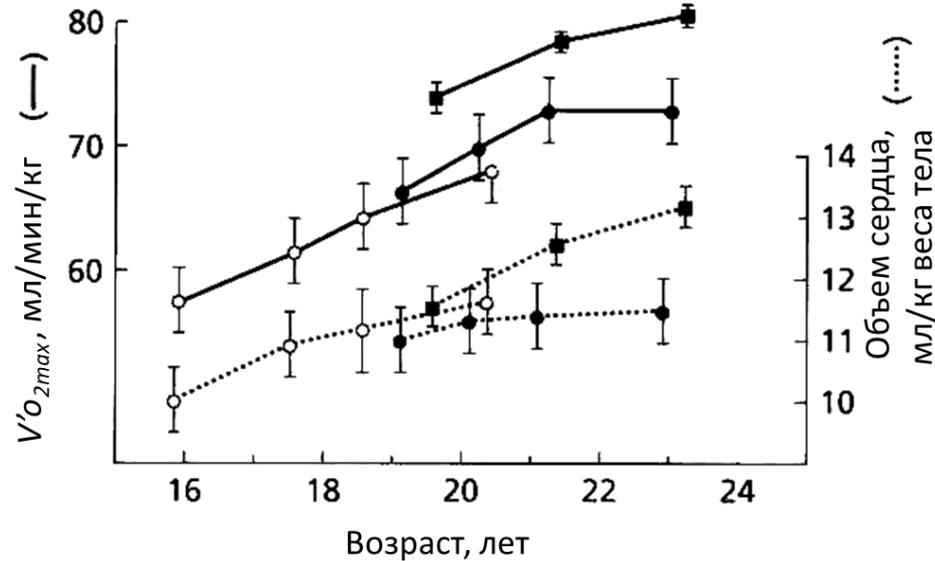


Сердечный выброс у нетренированного (- -) и тренированного (-) человека различается, главным образом за счет УО.

Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = ЧСС x **ударный объем сердца**



Размеры сердца у спортсменов-лыжников, добившихся в своей спортивной карьере наиболее высоких результатов, могут увеличиваться от года к году вплоть до 23-24 лет (Rusko, 2003).

Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = ЧСС x **ударный объем сердца**

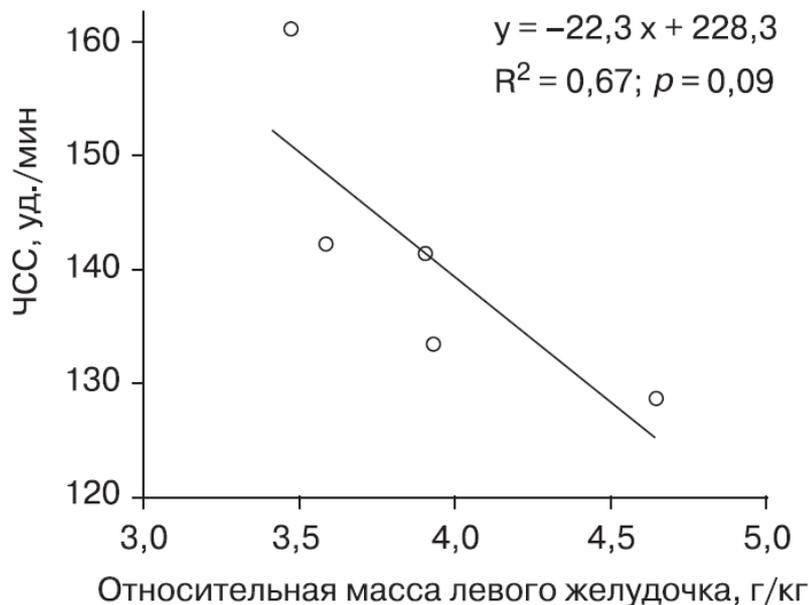
Как оценить изменения объема сердца?

Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = **↓ ЧСС** x **↑ ударный объем сердца**

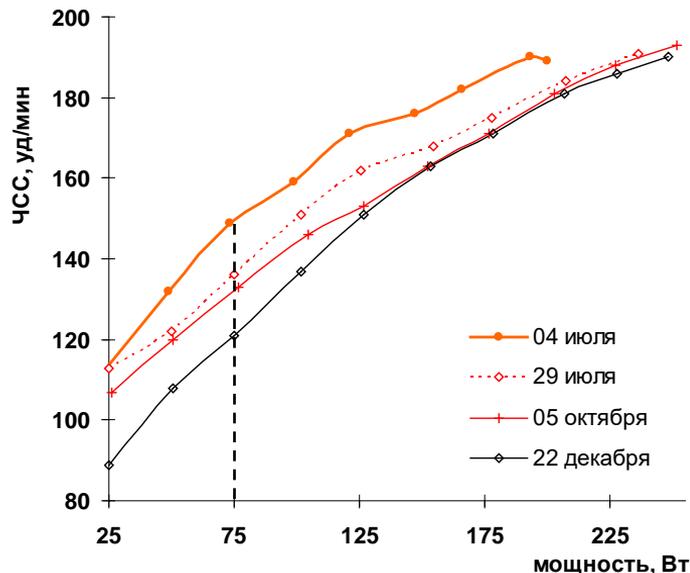
Высококвалифицированные лыжники.
Скорость бега 13 км/ч.



Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = \downarrow ЧСС x \uparrow ударный объем сердца



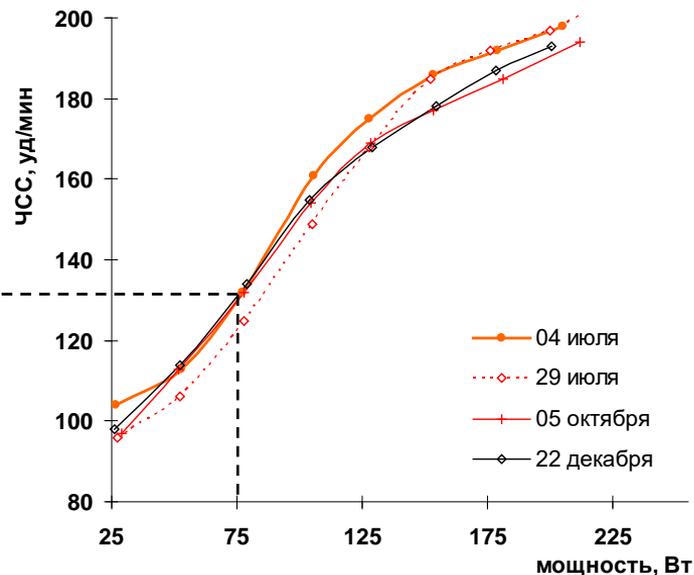
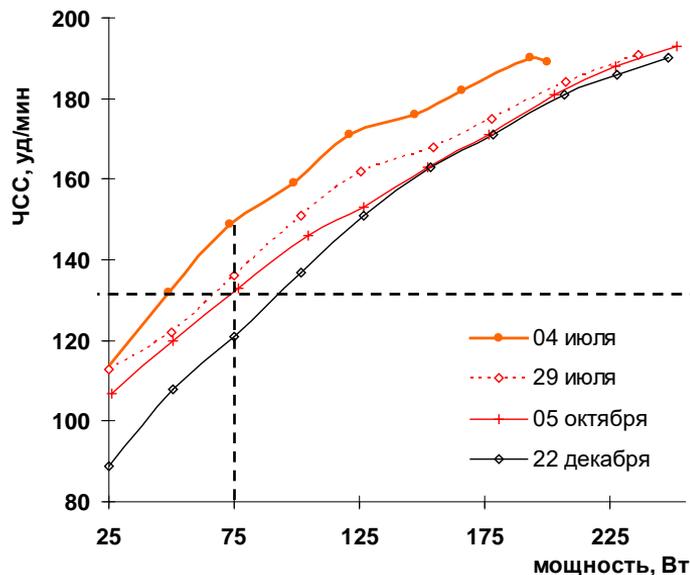
Косвенно изменение объема сердца можно оценить по ЧСС на стандартной низкоинтенсивной нагрузке.

У некоторых спортсменов снижение ЧСС на стандартной нагрузке наблюдается вплоть до соревновательного периода.

Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = \downarrow ЧСС x \uparrow ударный объем сердца



Косвенно изменение объема сердца можно оценить по ЧСС на стандартной низкоинтенсивной нагрузке.

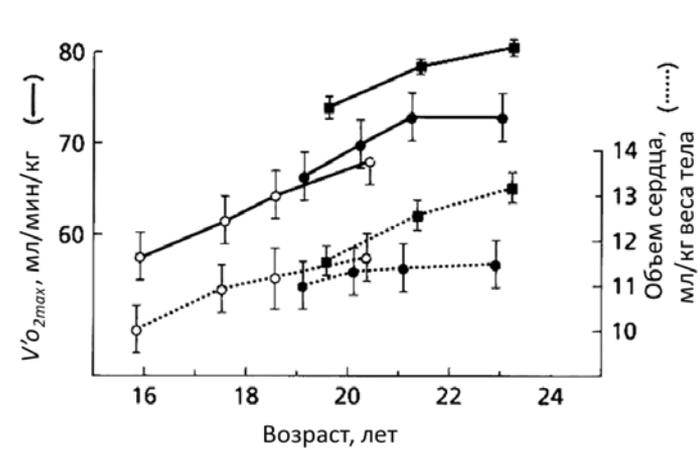
У некоторых спортсменов снижение ЧСС на стандартной нагрузке наблюдается вплоть до соревновательного периода.

Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = ЧСС x **ударный объем сердца**

$CV_{max} \sim V'O_{2max} \sim$ аэробная работоспособность
нетренированные – тренированные - спортсмены



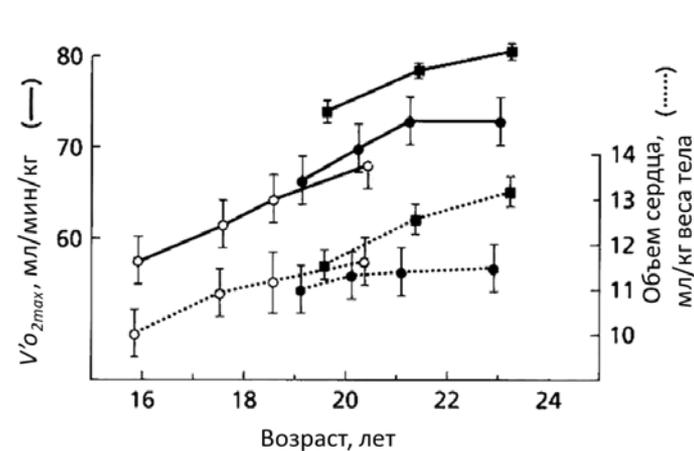
Доставка кислорода к работающим мышцам

Доставка O_2 = **сердечный выброс** x кислородная емкость крови

Сердечный выброс = ЧСС x **ударный объем сердца**

$CB_{max} \sim V'O_{2max} \sim$ аэробная работоспособность
нетренированные – тренированные - спортсмены

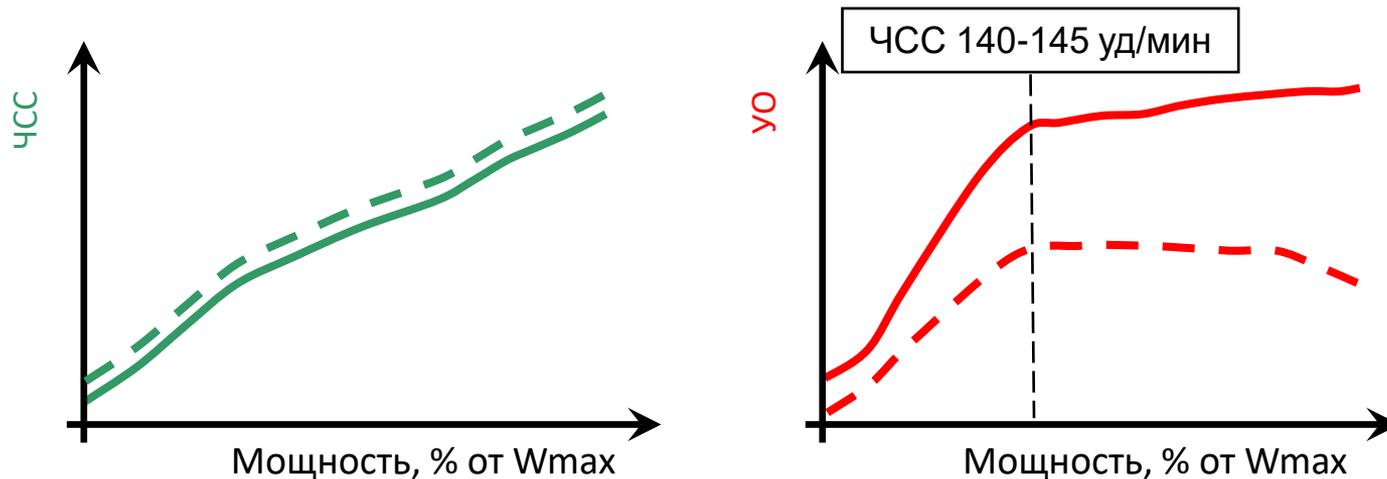
$CB_{max} \sim V'O_{2max}$ ~~X~~ аэробная работоспособность
высококвалифицированные спортсмены



- $V'O_{2max}$ и CB_{max} определяют, прежде всего, потенциальные возможности кислородо-транспортной системы.
- Потребление кислорода во время предельной мышечной работы длительностью >10 мин даже у высококвалифицированных спортсменов, тренирующих аэробные возможности ниже, чем (МПК) $V'O_{2max}$.

Как увеличить ударный объем и сердечный выброс?

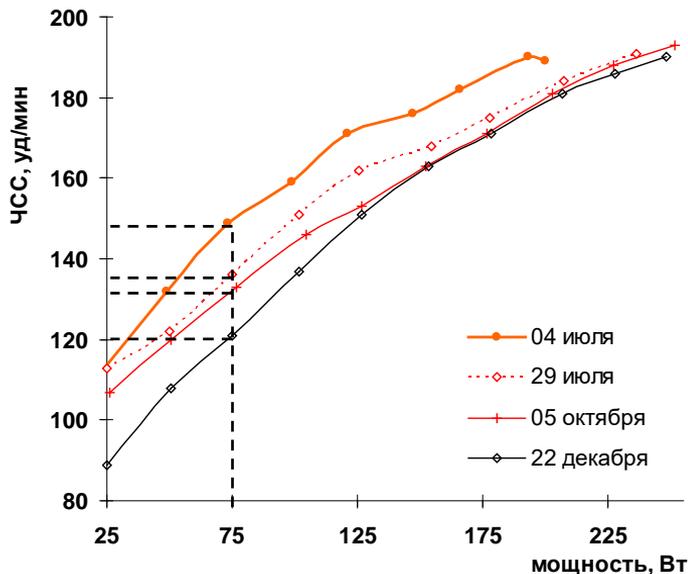
Нетренированный (- -) и тренированный (—) человек



Большие объемы (недели-месяцы) низкоинтенсивных (концентрация лактата в крови $< 1.5-2$ ммоль/л; ЧСС < 140 уд/мин) длительных (несколько часов в день) тренировок эффективны для увеличения размера камер сердца.

Как быстро изменяется максимальный ударный объем и сердечный выброс?

Как часто нужно тестировать?



- если хотите знать, как отвечает организм спортсмена на предложенные Вами тренировочные нагрузки, то тестировать нужно часто (не менее 5-6 раз/сезон).
- тест на велоэргометре с постоянной нагрузкой 5 мин, или неадекватный тест с возрастающей нагрузкой. Нагрузка, при которой определяется ЧСС должна быть низкоинтенсивной: содержание лактата в крови <1.5-2 ммоль/л.

Что ограничивает аэробную работоспособность ?

Аэробная работоспособность – способность совершать мышечную работу предельной интенсивности, энергообеспечение которой идет преимущественно за счет реакций окисления (предельная по интенсивности нагрузка продолжительностью более 3-4 мин).

- Система доставки O_2

- Система утилизации O_2

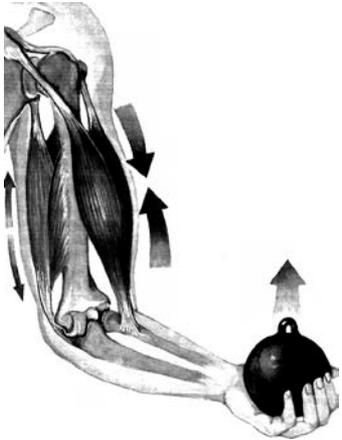
- Утомление работающих мышц

- Доступность субстратов

- Центральное утомление

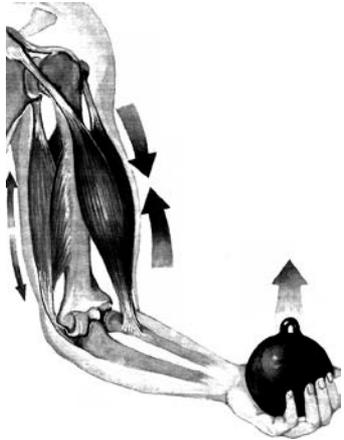
- Другие факторы ... ?

Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках



Запасов АТФ хватает на 1-2 с
максимального мышечного
сокращения

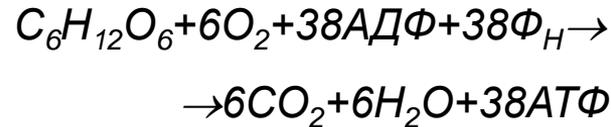
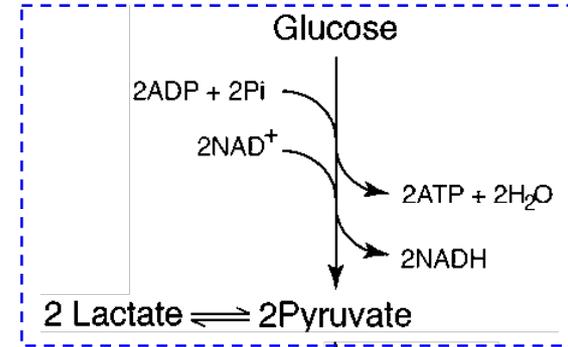
Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках



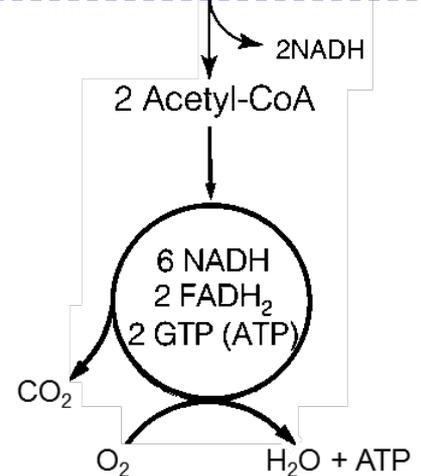
Запасов АТФ хватает на 1-2 с
максимального мышечного
сокращения

1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $KФ + ADP + H^+ \rightarrow ATP + Kp$

2. ГЛИКОЛИЗ



3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ



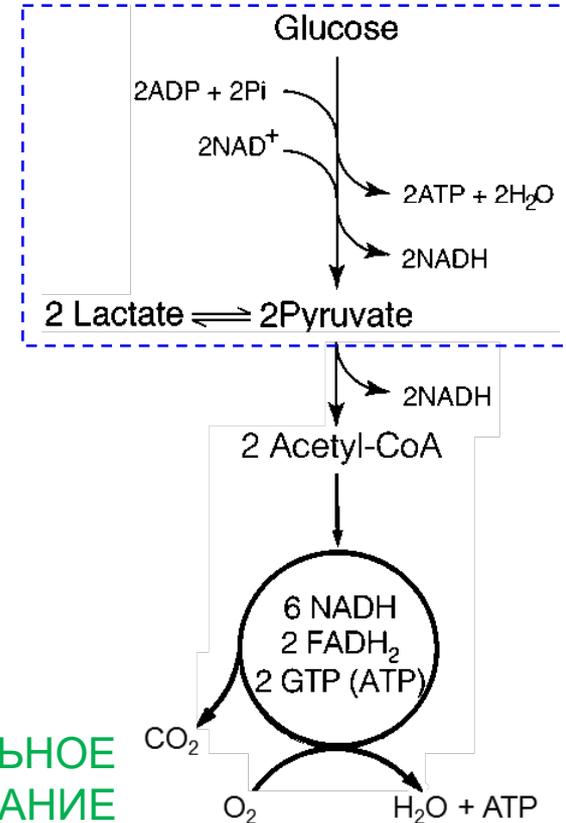
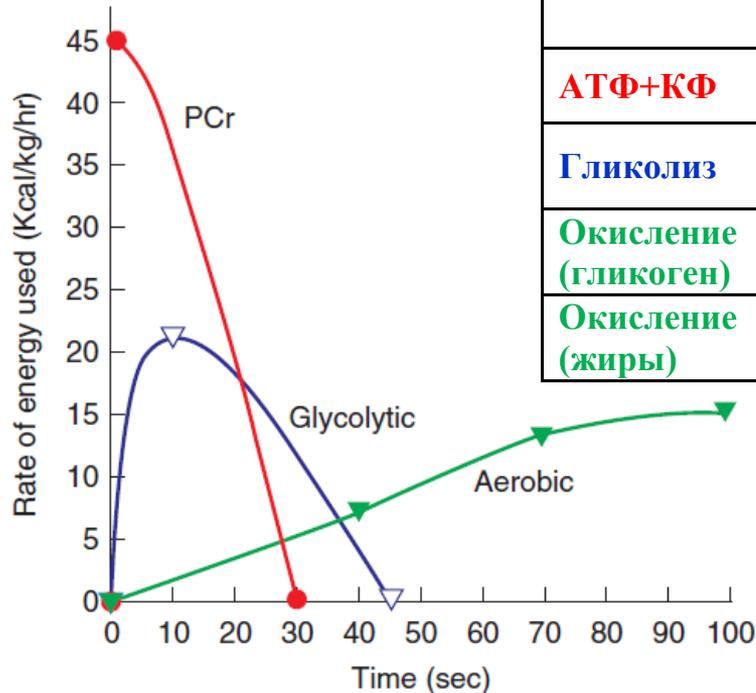
Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках



1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $KФ + ADP + H^+ \rightarrow ATP + Kр$

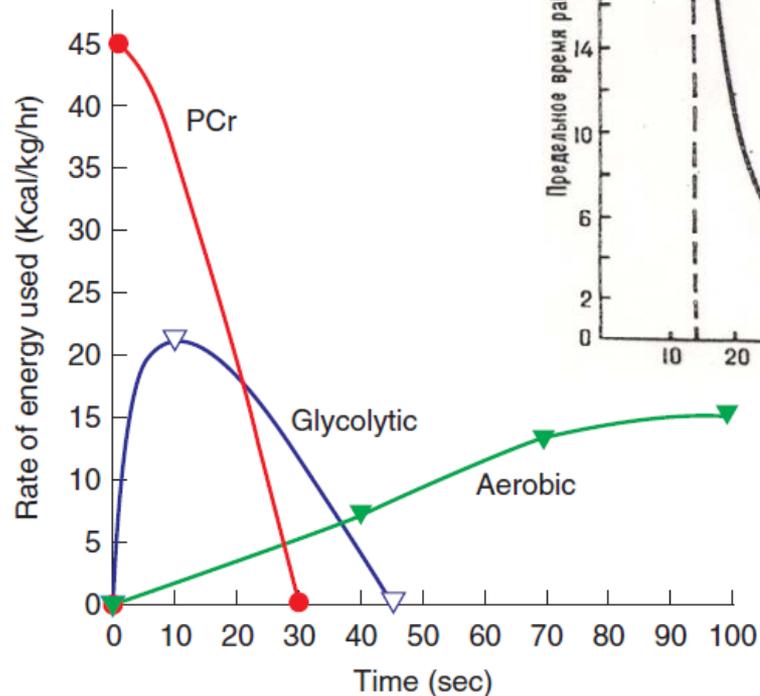
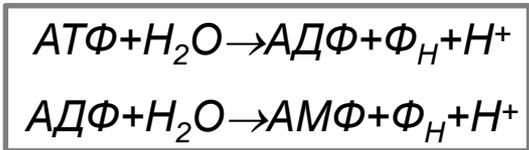
2. ГЛИКОЛИЗ

	Мощность, ккал/мин	Емкость, ккал
АТФ+КФ	36	11.1
Гликолиз	16	15.0
Окисление (гликоген)	10	2 000
Окисление (жиры)	5	70 000



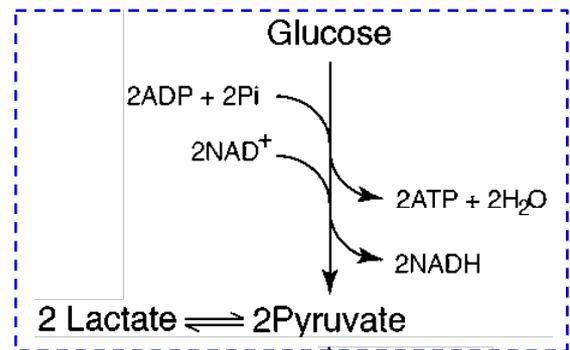
3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках

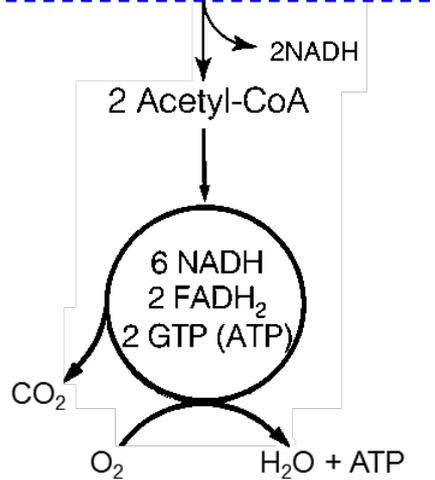


1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $KФ + ADP + H^+ \rightarrow ATP + Kp$

2. ГЛИКОЛИЗ



3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

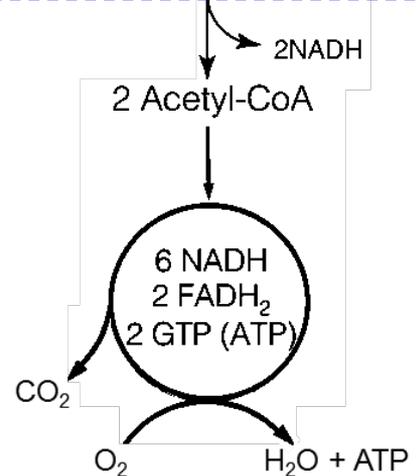
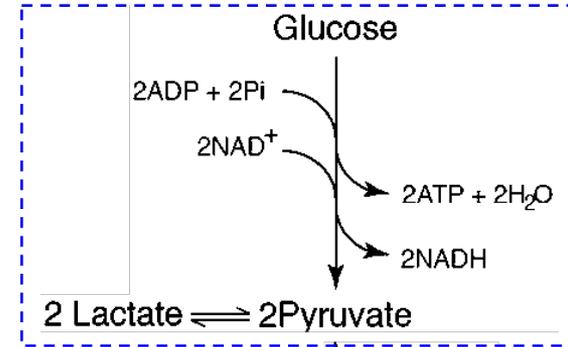


Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках



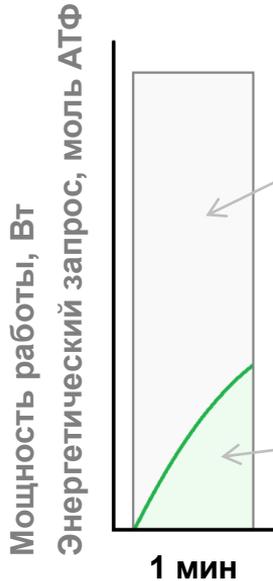
1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $KФ + ADP + H^+ \rightarrow ATP + Kр$

2. ГЛИКОЛИЗ



АТФ+КФ+ГЛИКОЛИЗ

ОКИСЛЕНИЕ



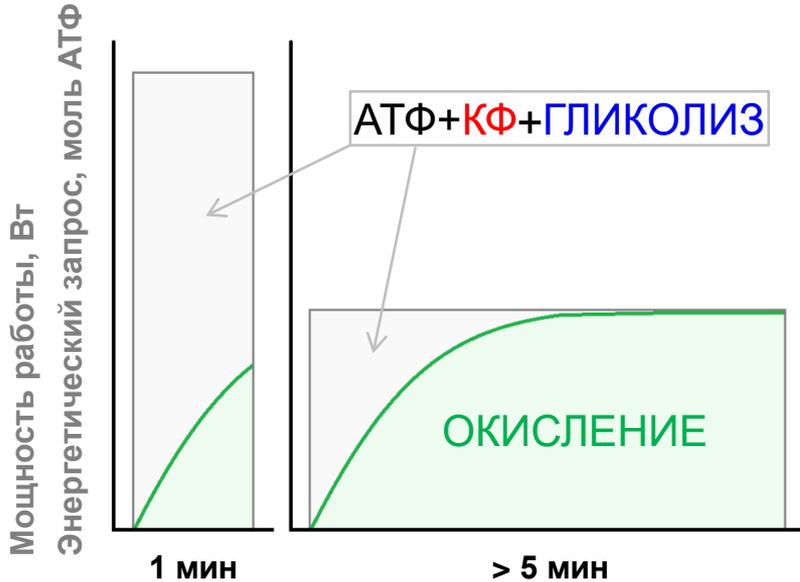
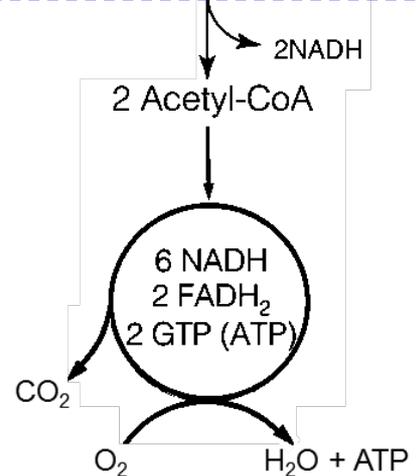
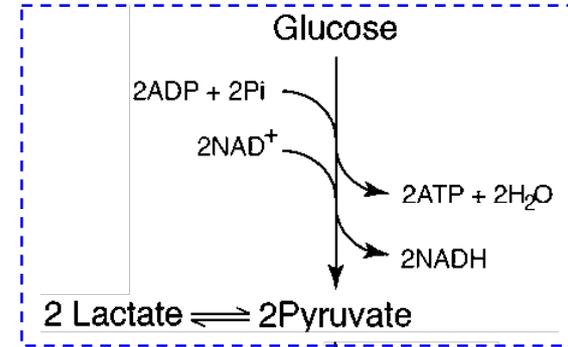
3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках



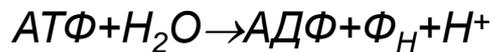
1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $KФ + ADP + H^+ \rightarrow ATP + Kр$

2. ГЛИКОЛИЗ



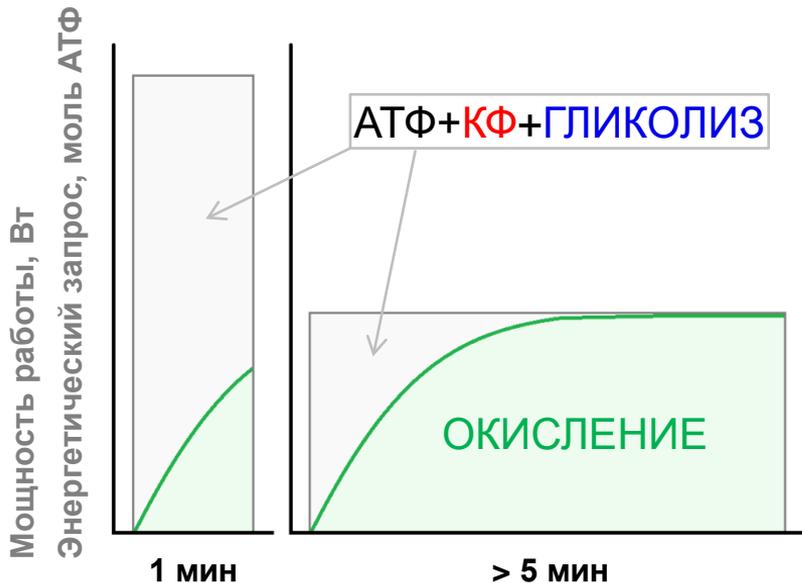
3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках

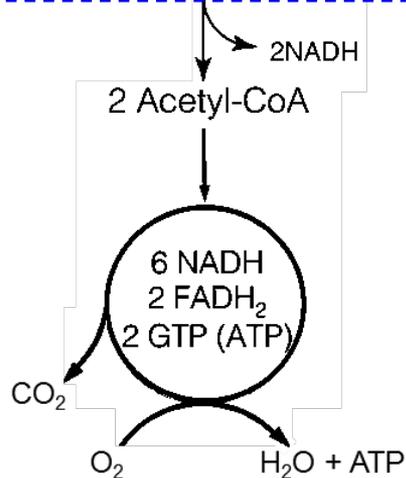
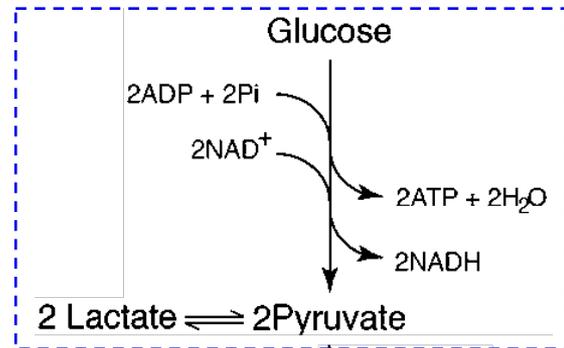


1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $КФ + АДФ + H^+ \rightarrow АТФ + Кр$

2. ГЛИКОЛИЗ

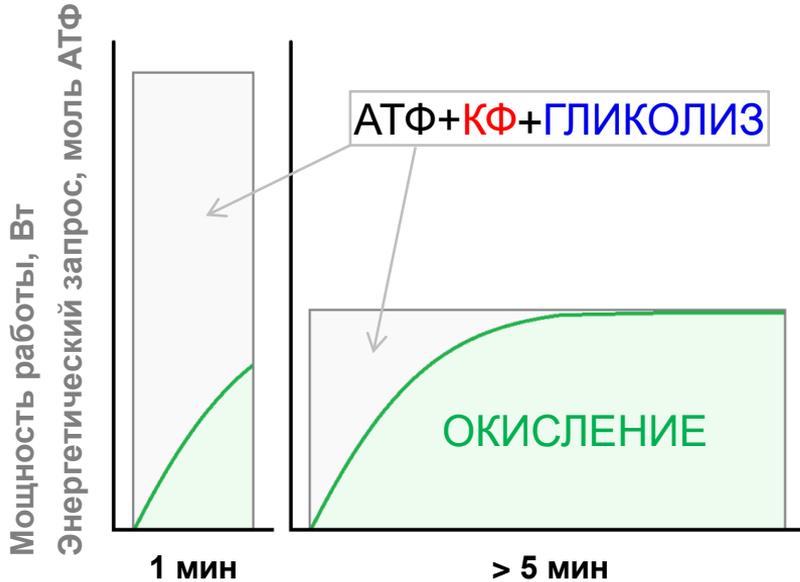


Накопление
продуктов гликолиза
приводит к
усталости мышц!



3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ
ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ

Энергетическое обеспечение скелетных мышц при различных физических нагрузках



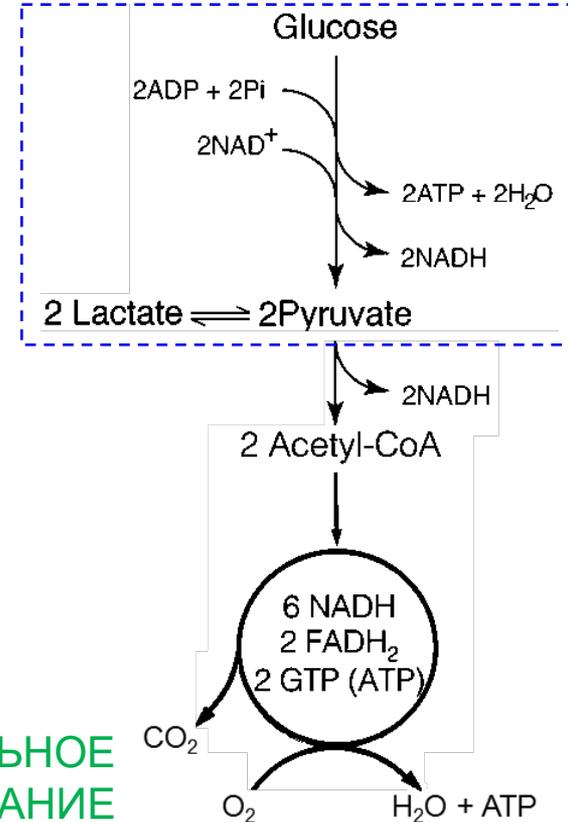
1. РАСПАД КРЕАТИНФОСФАТА: $KФ + ADP + H^+ \rightarrow ATP + Kp$

2. ГЛИКОЛИЗ

Накопление продуктов гликолиза приводит к утомлению мышц!

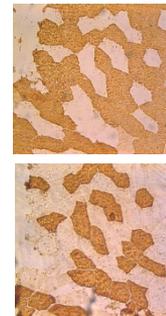
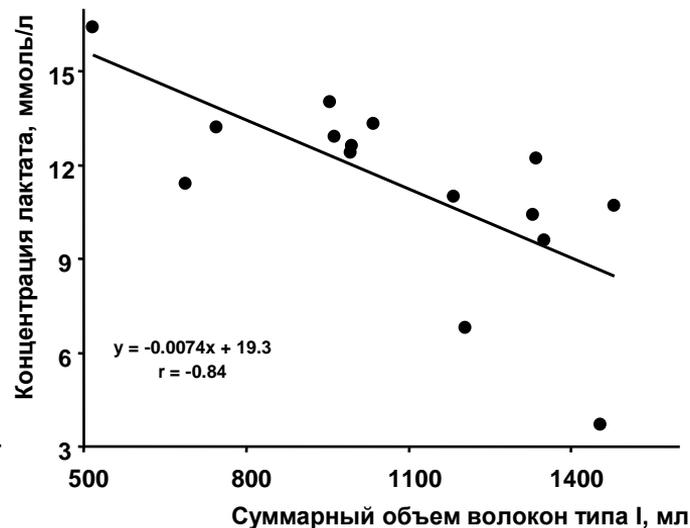
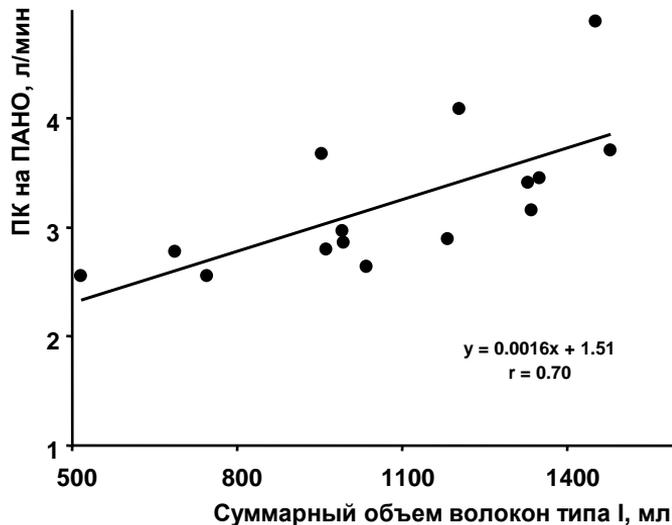
Увеличение производительности реакций окисления должно снизить накопление продуктов гликолиза!

3. ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ



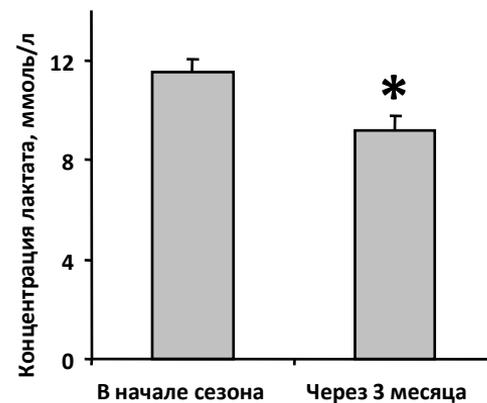
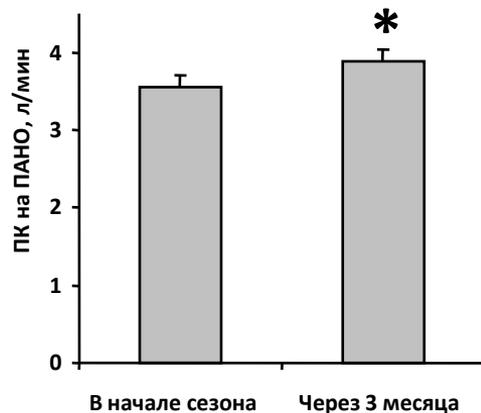
- Даже при нагрузках умеренной интенсивности в мышце происходит накопление продуктов гликолиза, что ведет к небольшому утомлению работающих мышечных волокон.
- Увеличение окислительных возможностей мышц (содержания митохондрий) приводит не только (не столько) к увеличению способности мышц потреблять кислород, но и к снижению продукции лактата работающей мышцей.

Потребление кислорода на уровне ПАНО (слева) и концентрация лактата в капиллярной крови (справа) при отказе от работы в тесте с повышающейся нагрузкой в зависимости от суммарного объема волокон типа I в т. quadriceps femoris у конькобежцев-многоборцев (n=15; КМС-МС).



(Попов и др., 2010)

Потребление кислорода на уровне ПАНО (слева) и концентрация лактата в капиллярной крови (справа) при отказе от работы в тесте с повышающейся нагрузкой у конькобежцев-многоборцев (n=8; КМС-МС) в начале подготовительного периода и через 3 месяца аэробных тренировок

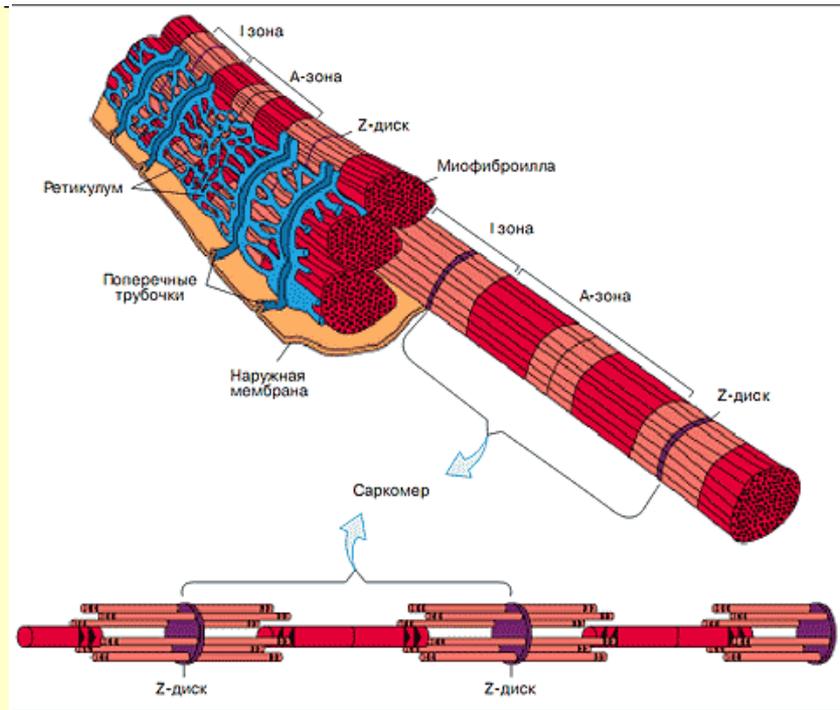
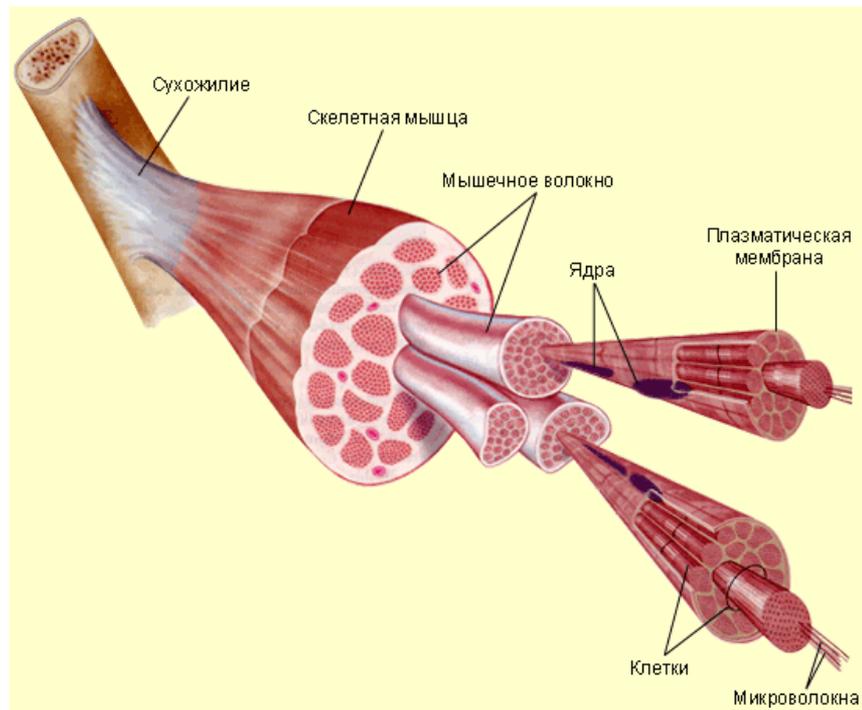


* – отличие от исходного уровня.

- Даже при нагрузках умеренной интенсивности в мышце происходит накопление продуктов гликолиза, что ведет к небольшому утомлению работающих мышечных волокон.
- Увеличение окислительных возможностей мышц (содержания митохондрий) приводит не только к увеличению способности мышц потреблять кислород, но и к снижению продукции лактата работающей мышцей.

Как увеличить окислительные возможности мышц?

Строение скелетной мышцы



Классификация мышечных волокон

Классификация	Типы волокон		
Peter et al., 1972	Медленно сокращающиеся окислительные	Быстро-сокращающиеся	быстро сокращающиеся гликолитические
Brooke a. Kaiser. 1970	I	IIA	IIB
Burke et al., 1967	Медленные (S)	Быстрые, малоутомляемые (FR)	Быстрые, утомляемые (FF)
Характеристики			
Содержание миоглобина	Высокое	Высокое	Низкое
Капиллярная сеть	Богатая	Бедная	Бедная
Митохондрии	Много	Мало	Мало
Утомляемость	Очень низкая	Низкая	Высокая



Изменяются при тренировке

Классификация мышечных волокон

Классификация	Типы волокон		
Современная классификация	I	IIA	IIХ
Peter et al., 1972	Медленно сокращающиеся окислительные	Быстро-сокращающиеся	быстро сокращающиеся гликолитические
Brooke a. Kaiser. 1970	I	IIA	IIВ
Burke et al., 1967	Медленные (S)	Быстрые, малоутомляемые (FR)	Быстрые, утомляемые (FF)
Характеристики			
Содержание миоглобина	Высокое	Высокое	Низкое
Капиллярная сеть	Богатая	Бедная	Бедная
Митохондрии	Много	Мало	Мало
Утомляемость	Очень низкая	Низкая	Высокая
Скорость сокр-ия	Низкая	Высокая	Высокая
Тип тяжелых цепей миозина	I	IIA	IIХ



Изменяются при тренировке

Не изменяется при тренировке

Классификация мышечных волокон

Классификация	Типы волокон		
Современная классификация	I	IIA	IIХ
Peter et al., 1972	Медленно сокращающиеся окислительные	Быстро-сокращающиеся	быстро сокращающиеся гликолитические
Brooke a. Kaiser. 1970	I	IIA	IIВ
Burke et al., 1967	Медленные (S)	Быстрые, малоутомляемые (FR)	Быстрые, утомляемые (FF)
Характеристики			
Содержание миоглобина	Высокое	Высокое	Низкое
Капиллярная сеть	Богатая	Бедная	Бедная
Митохондрии	Много	Мало	Мало
Утомляемость	Очень низкая	Низкая	Высокая
Скорость сокр-ия	Низкая	Высокая	Высокая
Тип тяжелых цепей миозина	I	IIA	IIХ



Изменяются при тренировке

Не изменяется при тренировке

Как мышечные волокна вовлекаются в работу (рекрутируются)?

Правило размерности Хеннемана – при увеличении силы сокращения в работу рекрутируются сначала малые/низкопороговые мотонейроны, иннервирующие мышечные волокна I типа, а затем более крупные, иннервирующие волокна II типа (IIa, затем IIx).

Какой процент волокон используется при упражнении?

Максимальная
алактатная мощность
(5 секунд, ~1100 Вт)



Около 100% (почти все
волокна I + IIa + IIx)!

Как мышечные волокна вовлекаются в работу (рекрутируются)?

Правило размерности Хеннемана – при увеличении силы сокращения в работу рекрутируются сначала малые/низкопороговые мотонейроны, иннервирующие мышечные волокна I типа, а затем более крупные, иннервирующие волокна II типа (IIa → IIx).

Какой процент волокон используется при упражнении?

Максимальная
алактатная мощность
(5 секунд, ~1100 Вт)

5 секунд,
~550 Вт =
50% МАМ



Около 100% (почти все
волокна I + IIa + IIx)!

Около 50% (только
волокна I типа)!

Как мышечные волокна вовлекаются в работу (рекрутируются)?

Правило размерности Хеннемана – при увеличении силы сокращения в работу рекрутируются сначала малые/низкопороговые мотонейроны, иннервирующие мышечные волокна I типа, а затем более крупные, иннервирующие волокна II типа (IIa → IIx).

Какой процент волокон используется при упражнении?

Максимальная
алактатная мощность
(5 секунд, ~1100 Вт)

5 секунд,
~550 Вт =
50% MAM

Возрастающая нагрузка до отказа
на велоэргометре,
~15-20 мин, W_{\max} 450 Вт = **41% MAM**



Около 100% (почти все
волокна I + IIa + IIx)!

Около 50% (только
волокна I типа)!

Как мышечные волокна вовлекаются в работу (рекрутируются)?

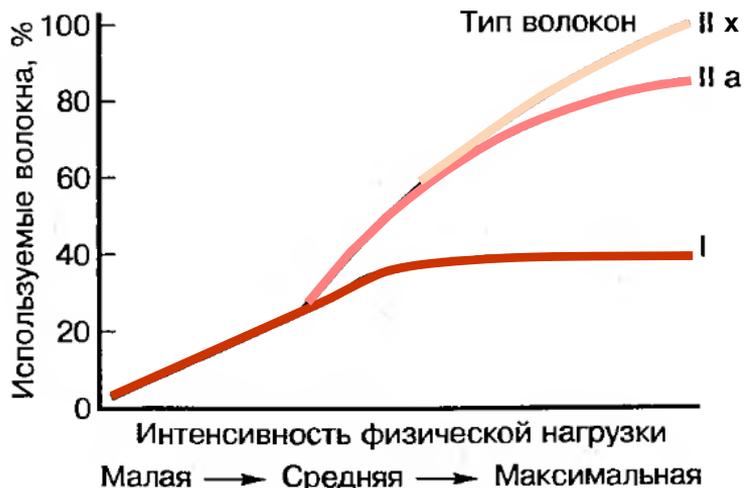
Правило размерности Хеннемана – при увеличении силы сокращения в работу рекрутируются сначала малые/низкопороговые мотонейроны, иннервирующие мышечные волокна I типа, а затем более крупные, иннервирующие волокна II типа (IIa → IIx).

Какой процент волокон используется при упражнении?

Максимальная алактатная мощность
(5 секунд, ~1100 Вт)

5 секунд,
~550 Вт =
50% МАМ

Возрастающая нагрузка до отказа
на велоэргометре,
~15-20 мин, W_{\max} 450 Вт = **41% МАМ**



Около 100% (почти все
волокна I + IIa + IIx)!

Около 50% (только
волокна I типа)!

Около 100%
(почти все волокна)!

- При нагрузке на уровне МПК, мышцы развивают усилие/мощность <50% от максимальной произвольной силы/максимальной алактатной мощности.
- При этом в работу рекрутируются почти все мышечные волокна, что связано с развитием утомления (преимущественно в волокнах с низкими окислительными возможностями).

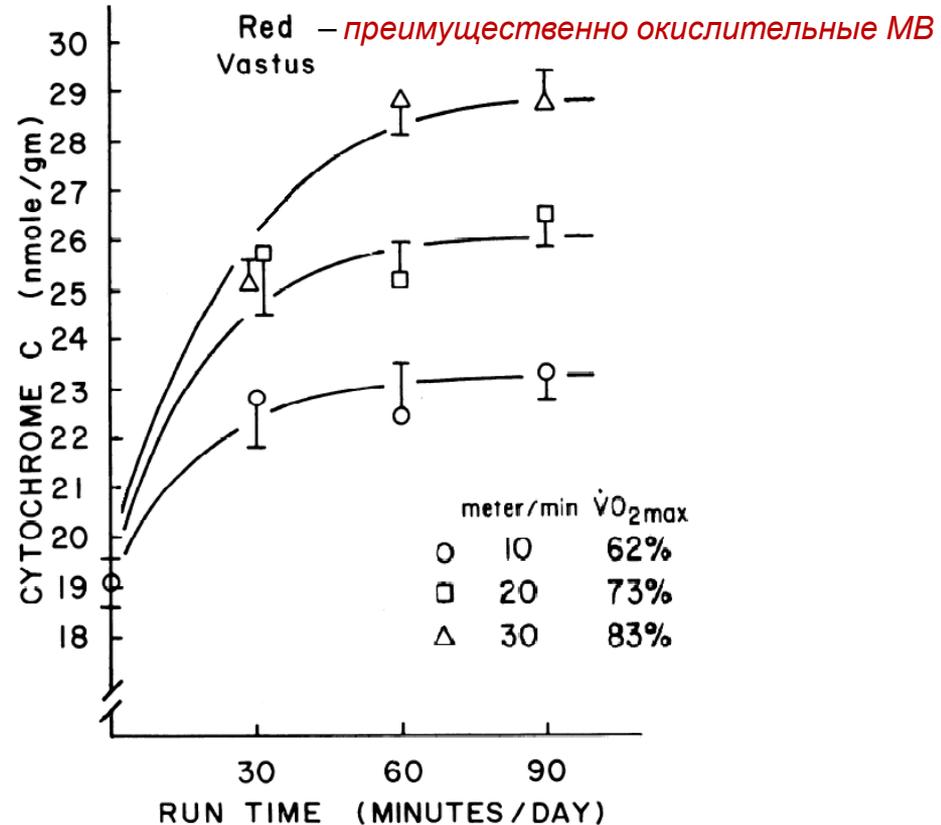
Какая оптимальная длительность, интенсивность и паттерн упражнения для увеличения окислительных возможностей разных мышечных волокон?

Регулярные тренировки: влияние длительности упражнений

Крысы,
2-нед адаптация +
6-нед тренировка

TABLE 1. Summary of training programs

Intensity Group, m/min	Type of Running	Initial Treadmill Speed, m/min	Initial Duration, min	Progression in Exercise Duration*	Exercise Duration During Final 6 wk of Training
10	Continuous	10	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
20	Continuous	20	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
30	Continuous	30	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day



(Dudley et al., 1982)

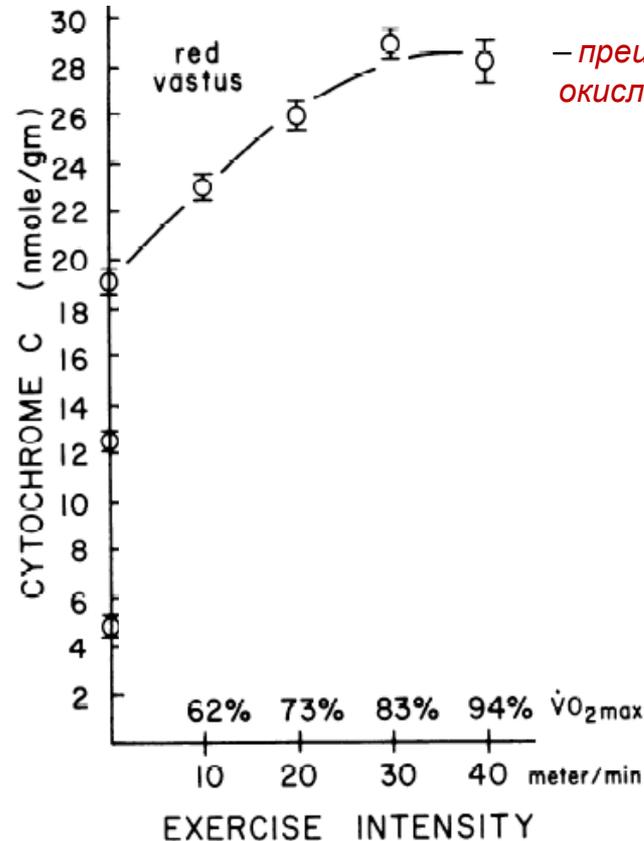
- Увеличение продолжительности упражнения с постоянной мощностью >60 мин не приводит к увеличению окислительных возможностей мышц.
- *Но упражнения низкой интенсивности и большой длительности эффективны для увеличения ударного объема сердца (см. выше)!*

Регулярные тренировки: влияние интенсивности упражнений

Крысы,
2-нед адаптация +
6-нед тренировка

TABLE 1. Summary of training programs

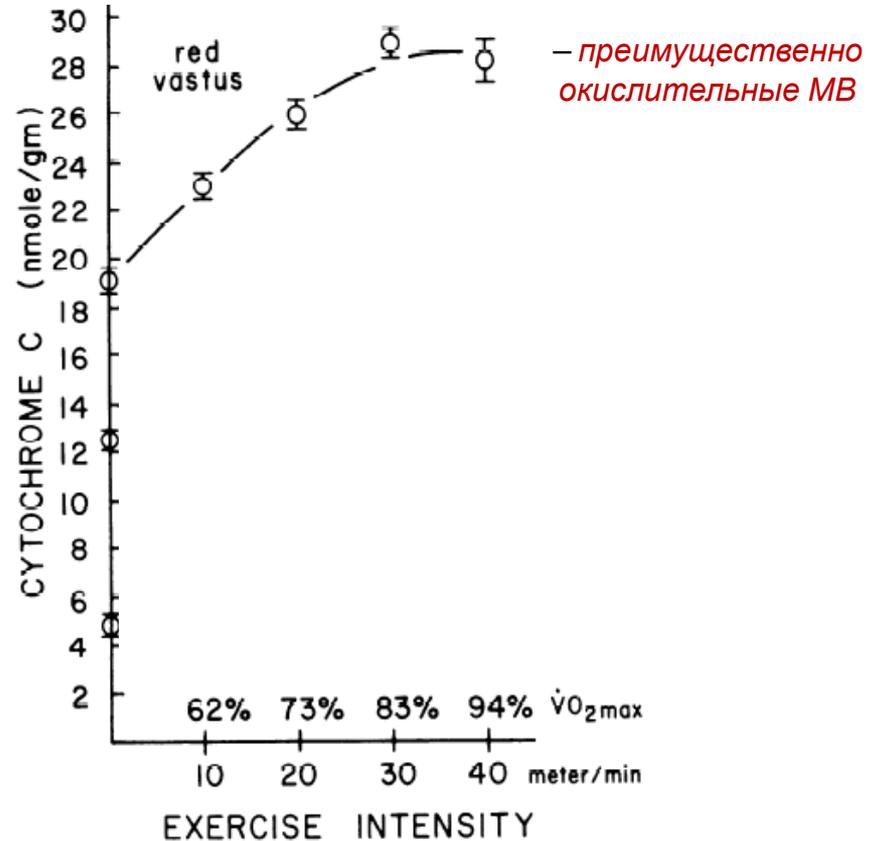
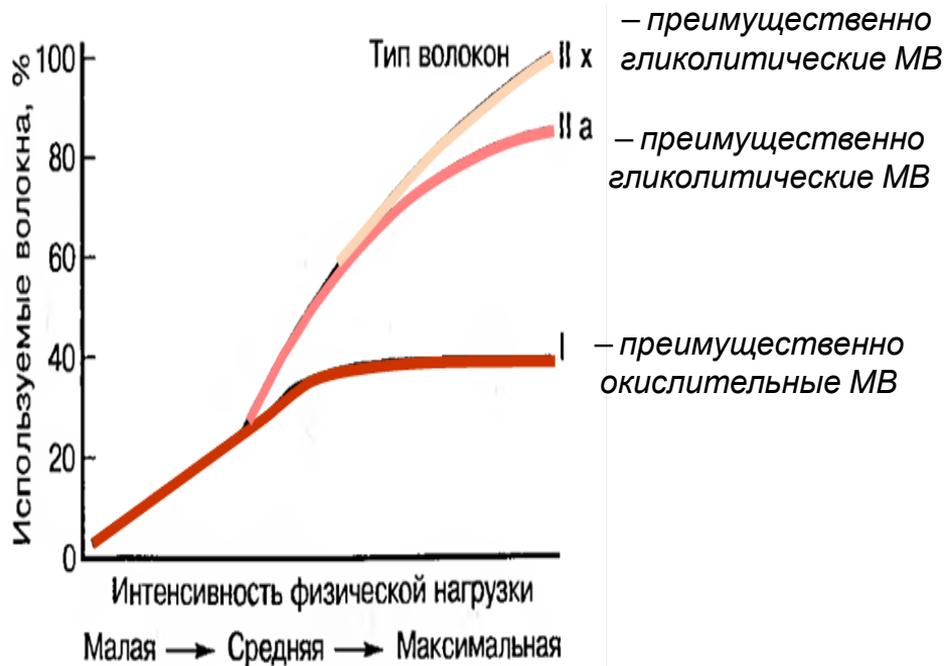
Intensity Group, m/min	Type of Running	Initial Treadmill Speed, m/min	Initial Duration, min	Progression in Exercise Duration*	Exercise Duration During Final 6 wk of Training
10	Continuous	10	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
20	Continuous	20	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
30	Continuous	30	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
40	Continuous	40	10	12 min/day	15, 30, 60, 90 min/day



(Dudley et al., 1982)

Регулярные тренировки: влияние интенсивности упражнений

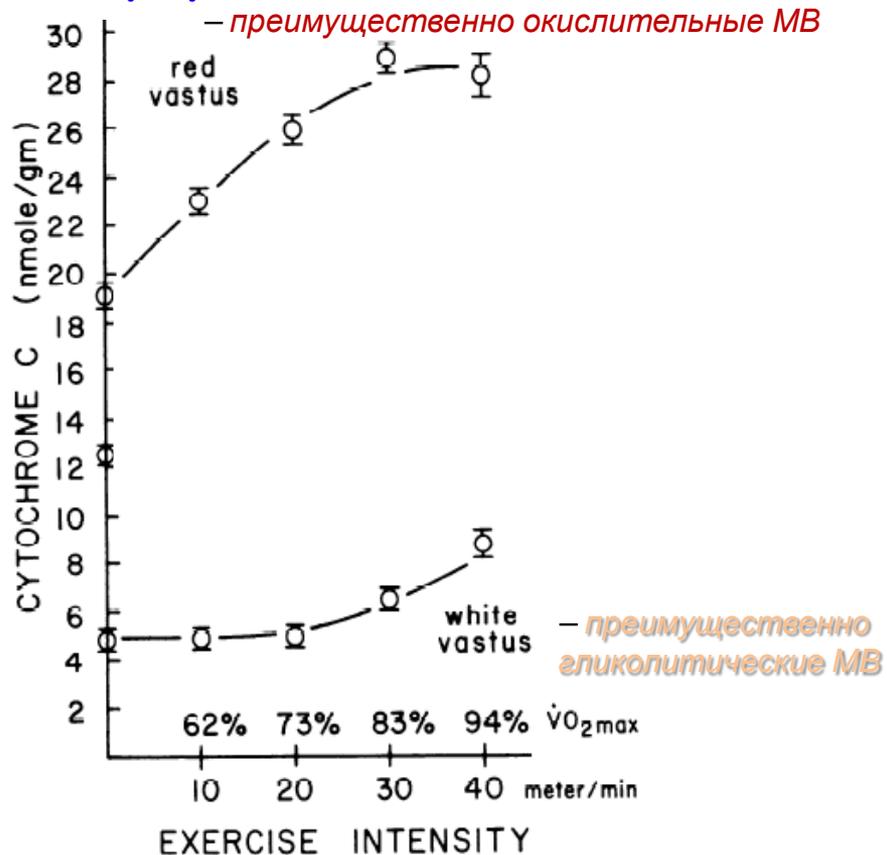
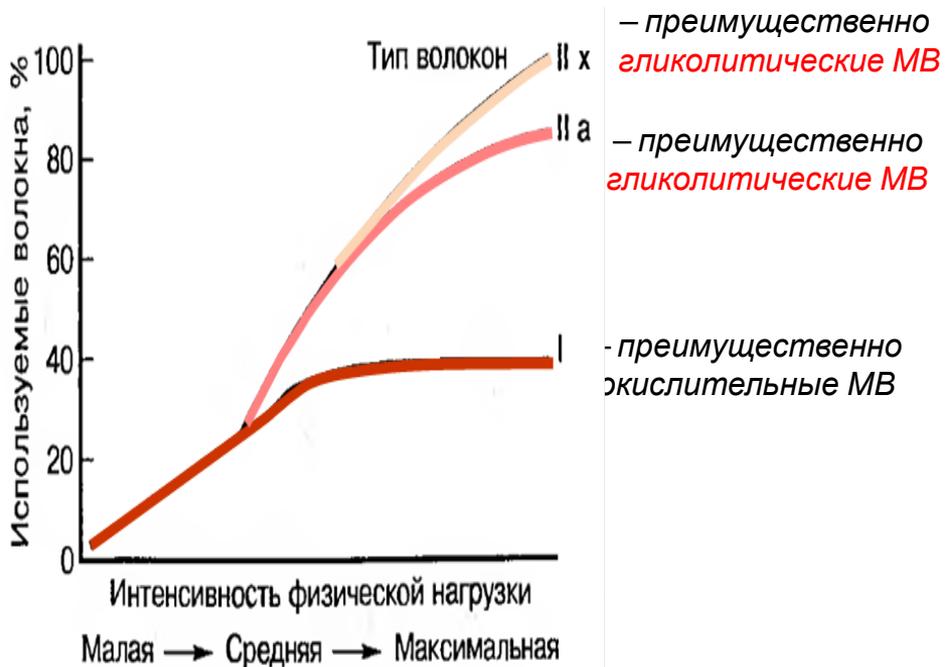
Крысы,
2-нед адаптация +
6-нед тренировка



(Dudley et al., 1982)

Регулярные тренировки: влияние интенсивности упражнений

Эти мышечные волокна
нужно сделать
окислительными!



(Dudley et al., 1982)

- Что бы мышечные волокна увеличили окислительные возможности/содержание митохондрий они должны быть вовлечены в работу и работать десятки минут!
- Чем ближе интенсивность нагрузки к максимальной аэробной мощности (мощность на уровне МПК), тем больше рекрутируется в работу волокон II типа.

➤ *Для того чтобы увеличить окислительные возможности волокон II типа нужно много работать на субмаксимальном аэробном уровне?*

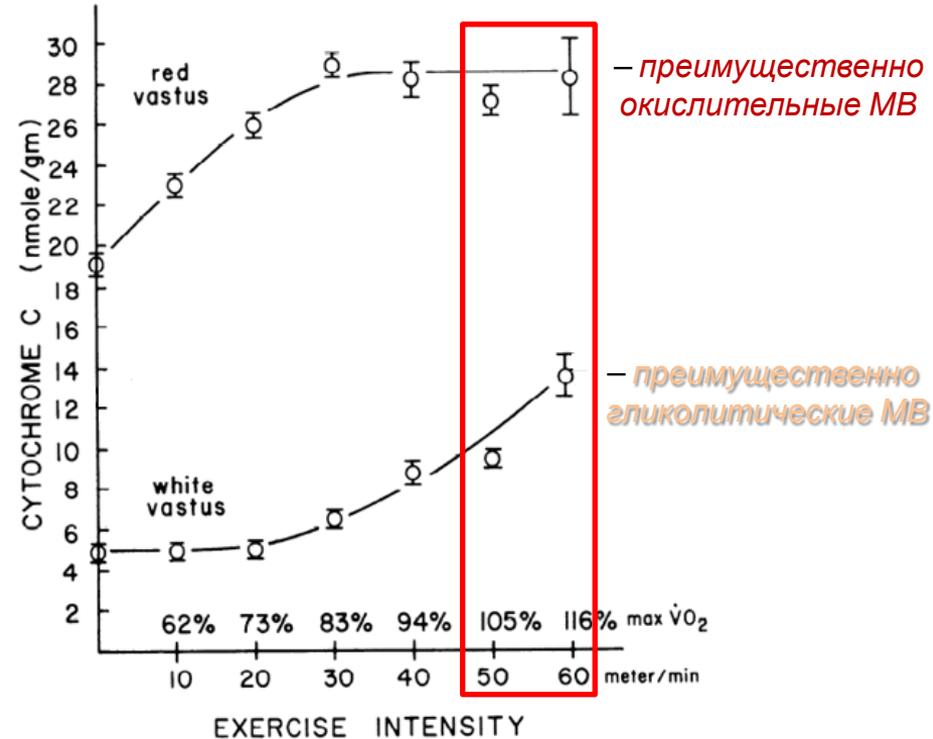
➤ ***Нет, поскольку такие нагрузки приводят к чрезмерному накоплению метаболитов в мышцах, субъективно очень тяжелы и вызывают стресс-реакцию. Регулярное использование таких нагрузок способно привести к развитию перетренированности.***

Регулярные тренировки: постоянная vs. переменная нагрузка

Крысы,
2-нед адаптация +
6-нед тренировка

TABLE 1. Summary of training programs

Intensity Group, m/min	Type of Running	Initial Tread-mill Speed, m/min	Initial Duration, min	Progression in Exercise Duration*	Exercise Duration During Final 6 wk of Training
10	Continuous	10	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
20	Continuous	20	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
30	Continuous	30	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
40	Continuous	40	10	12 min/day	15, 30, 60, 90 min/day
50	Interval	50	4.5	4.5 min/2 day	9, 18, 27 min/day
60	Interval	60	2.5	2.5 min/2 day	5, 10, 15 min/day



(Dudley et al., 1982)

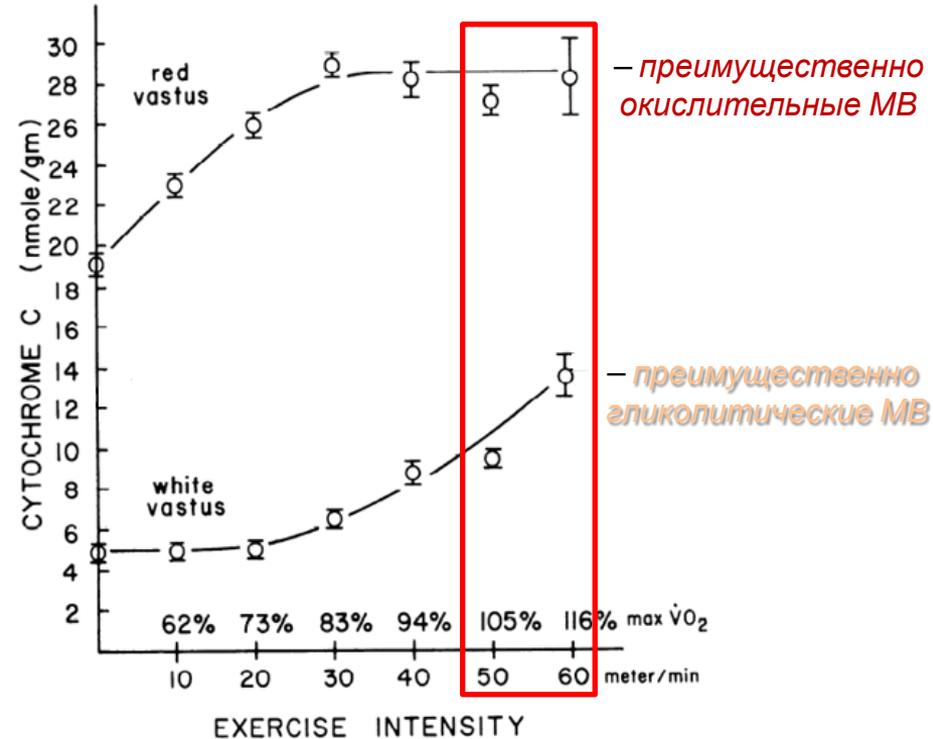
Регулярные тренировки: постоянная vs. переменная нагрузка

Крысы,
2-нед адаптация +
6-нед тренировка

TABLE 1. Summary of training programs

Intensity Group, m/min	Type of Running	Initial Treadmill Speed, m/min	Initial Duration, min	Progression in Exercise Duration*	Exercise Duration During Final 6 wk of Training
10	Continuous	10	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
20	Continuous	20	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
30	Continuous	30	10	12 min/day	30, 60, 90 min/day
40	Continuous	40	10	12 min/day	15, 30, 60, 90 min/day
50	Interval	50	4.5	4.5 min/2 day	9, 18, 27 min/day
60	Interval	60	2.5	2.5 min/2 day	5, 10, 15 min/day

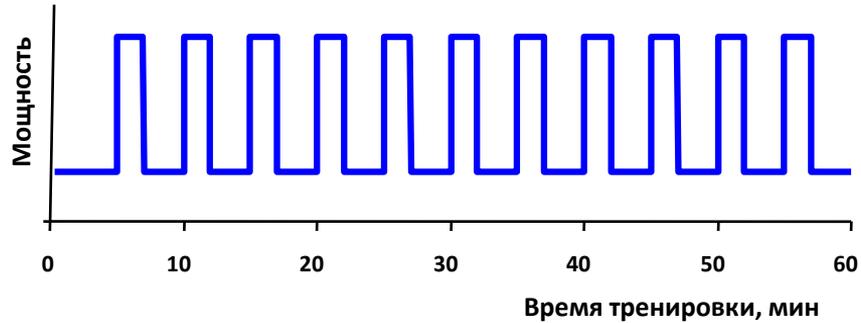
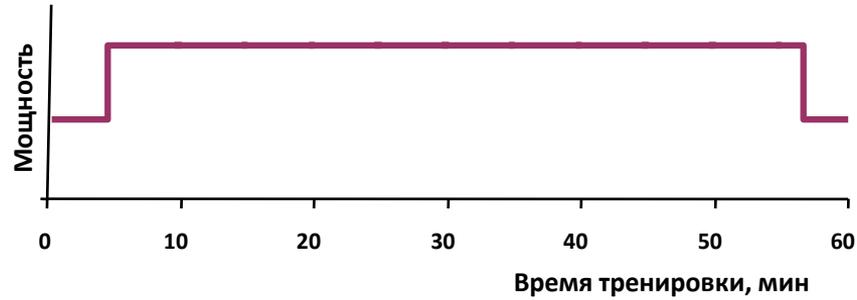
У высококвалифицированных спортсменов, тренирующих выносливость, окислительные возможности волокон II типа становятся сопоставимы с волокнами I типа.



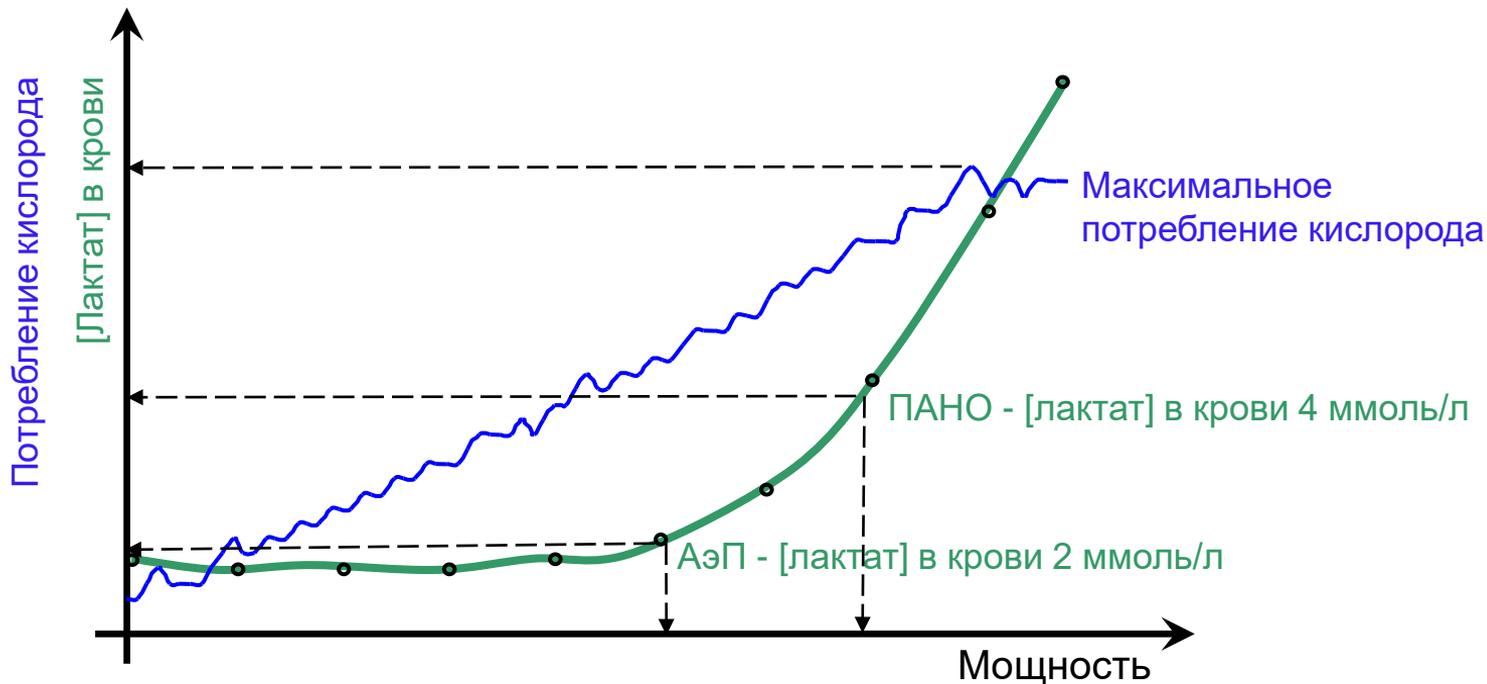
(Dudley et al., 1982)

Как увеличить окислительные возможности мышечных волокон II типа (быстрые МВ)?

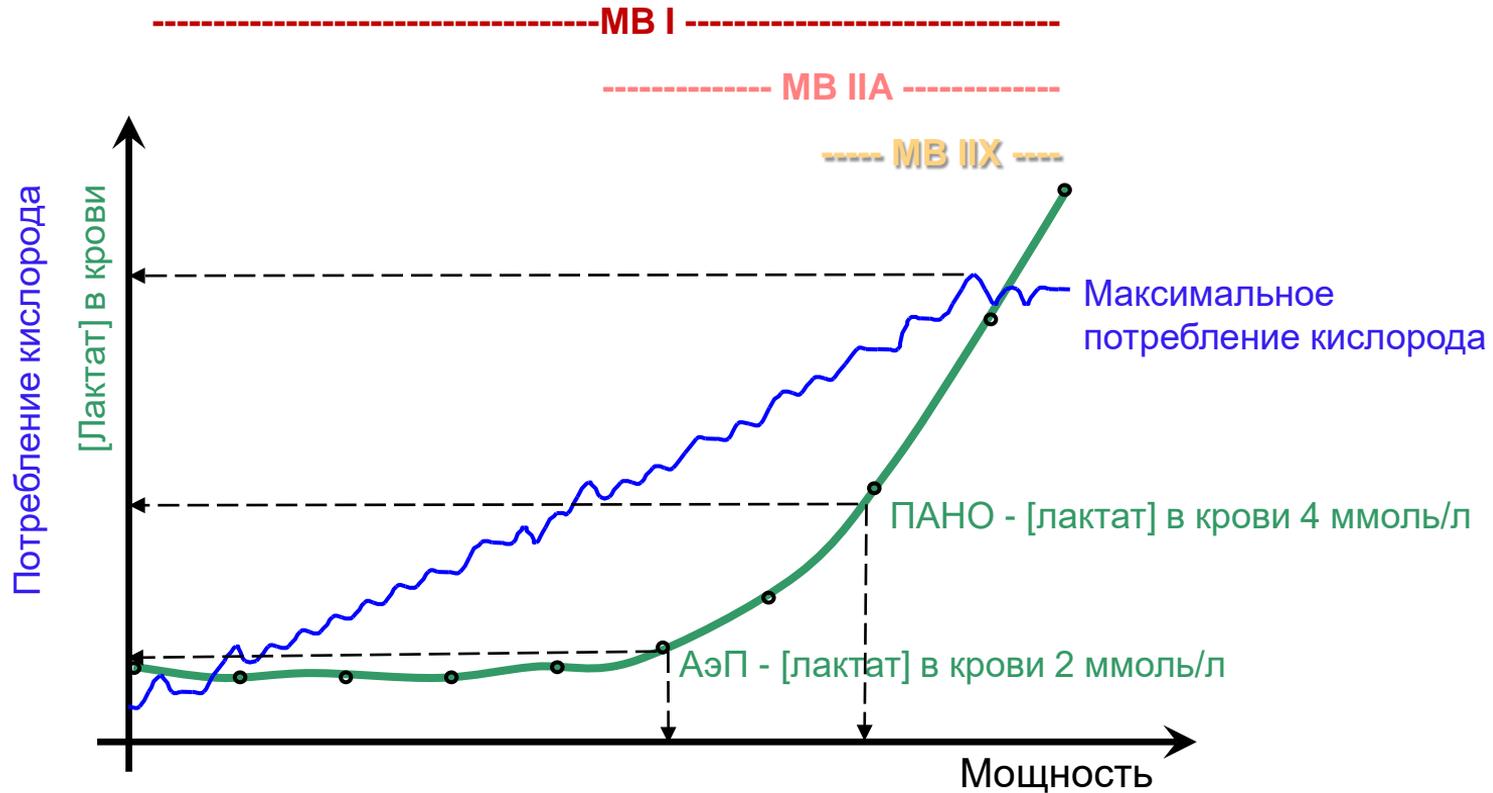
Регулярные тренировки: постоянная vs. переменная нагрузка



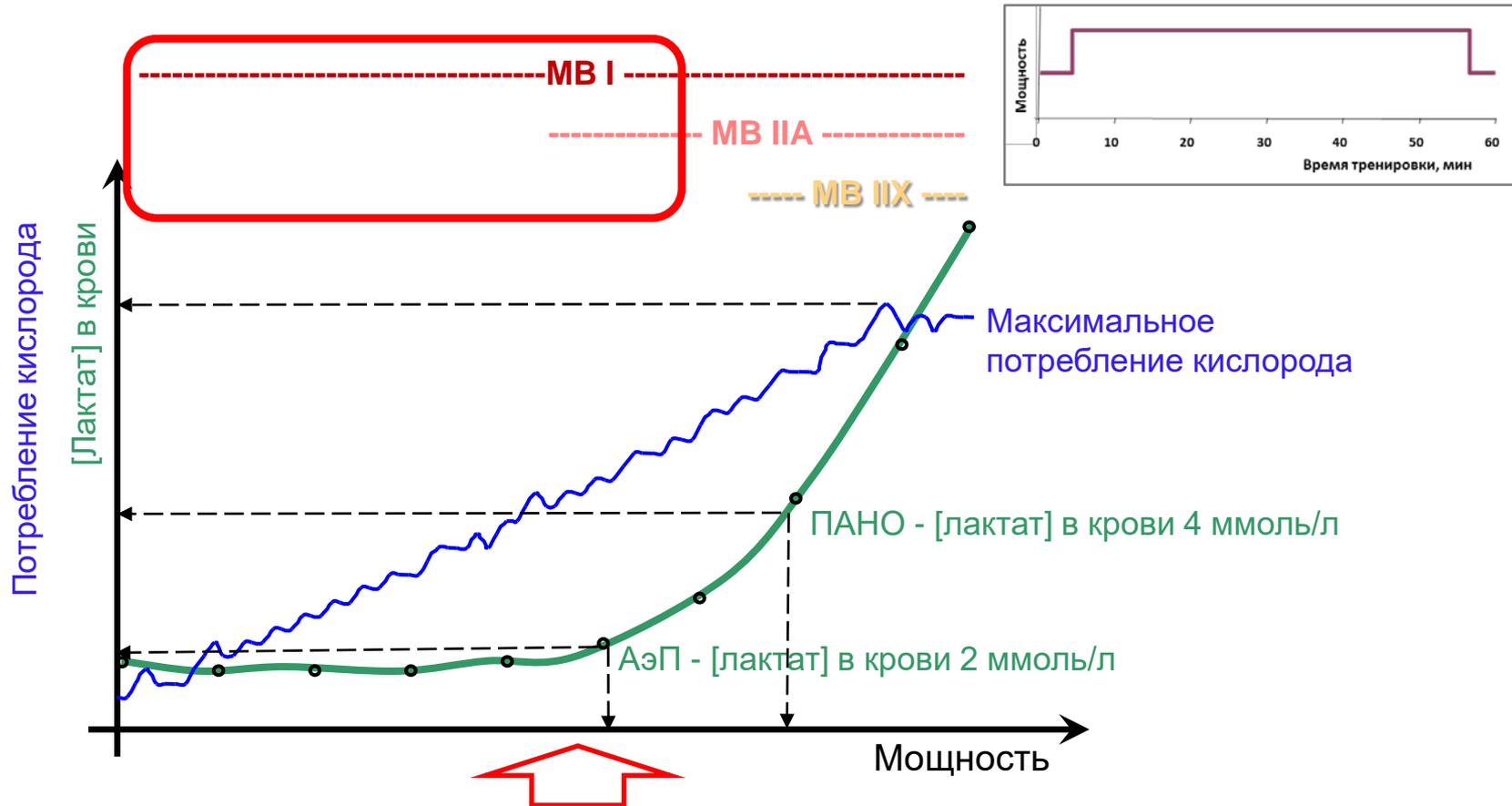
Тест с возрастающей нагрузкой моделирует ответы организма на нагрузки разной интенсивности



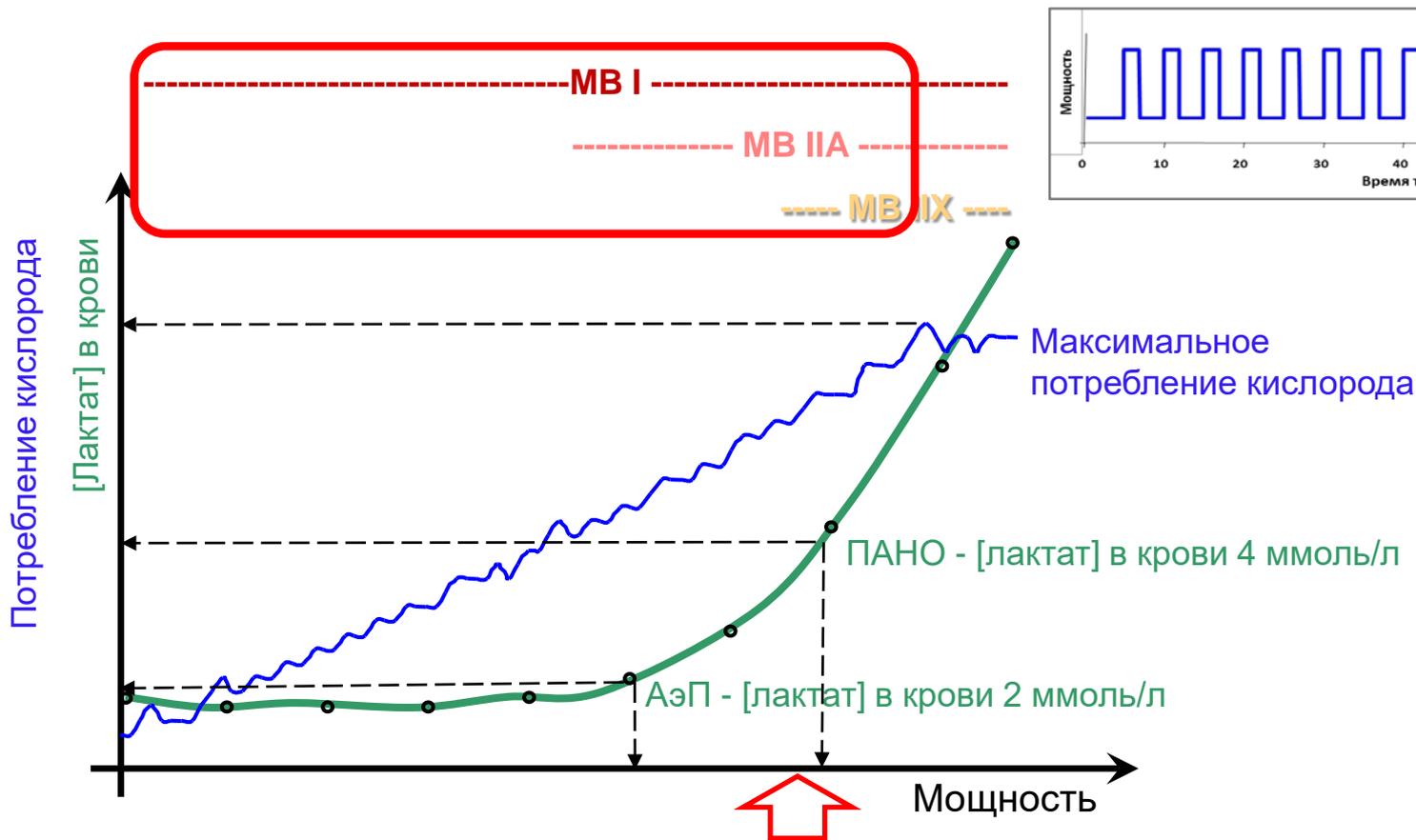
Тест с возрастающей нагрузкой моделирует ответы организма на нагрузки разной интенсивности



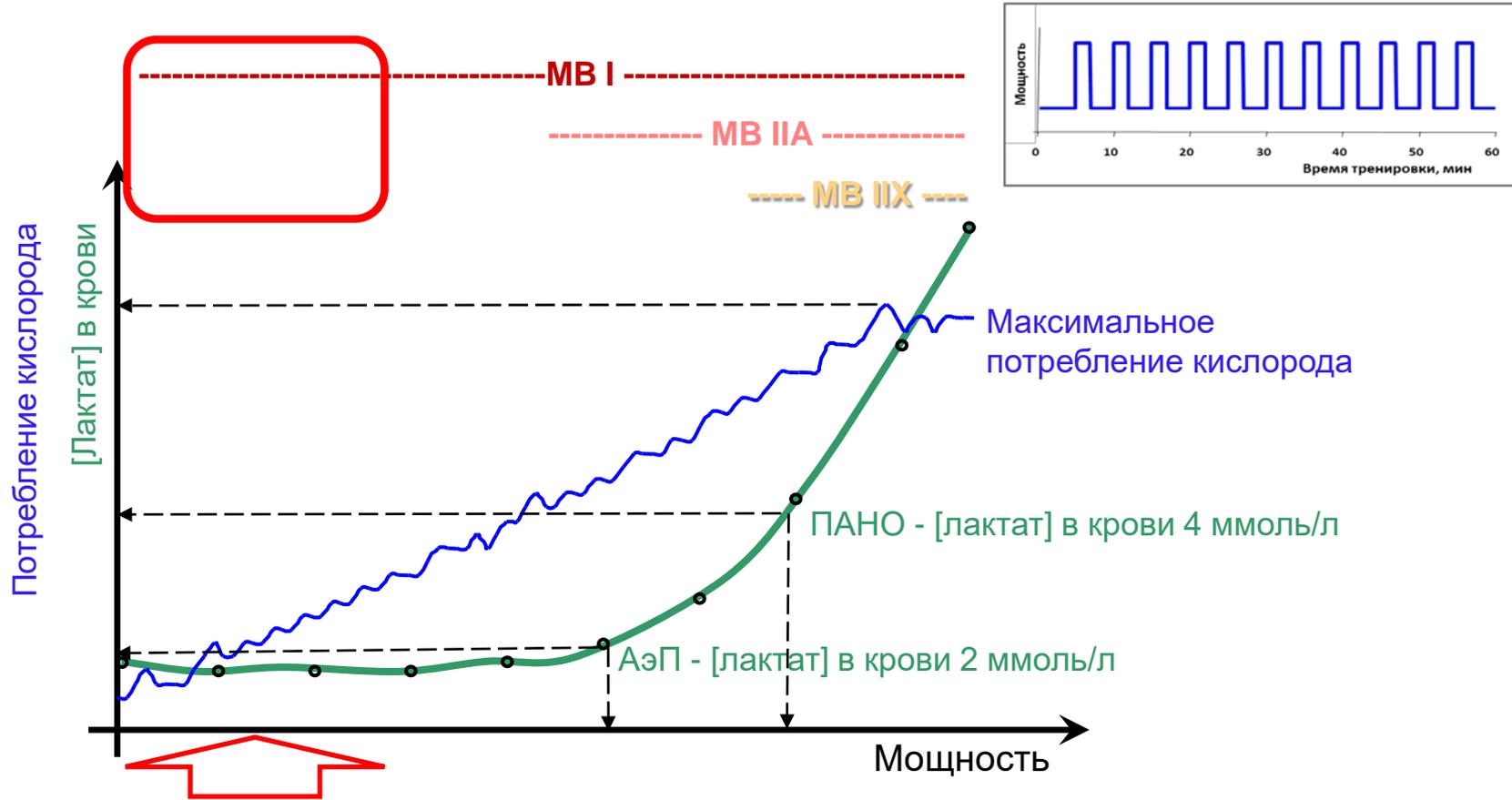
Тест с возрастающей нагрузкой моделирует ответы организма на нагрузки разной интенсивности



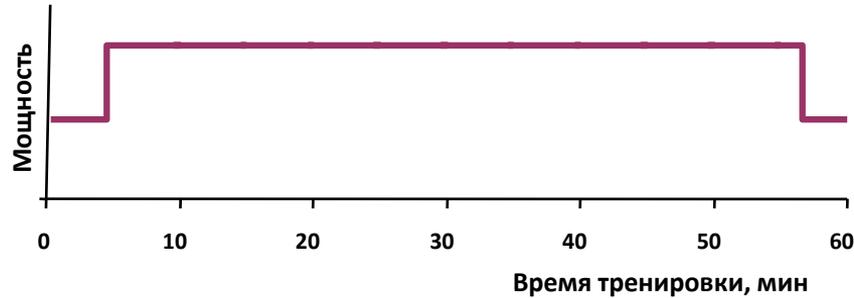
Тест с возрастающей нагрузкой моделирует ответы организма на нагрузки разной интенсивности



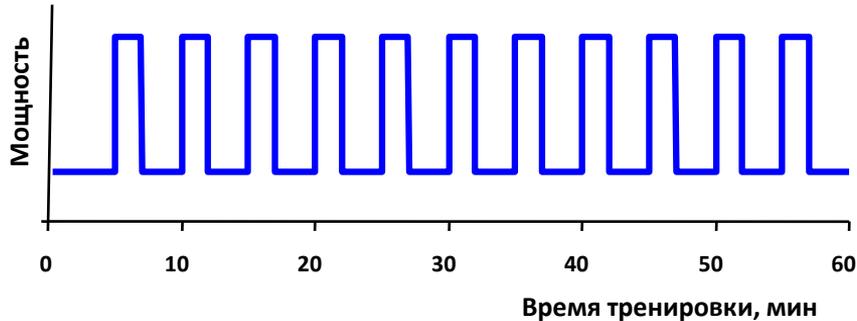
Тест с возрастающей нагрузкой моделирует ответы организма на нагрузки разной интенсивности



Регулярные тренировки: постоянная vs. переменная нагрузка

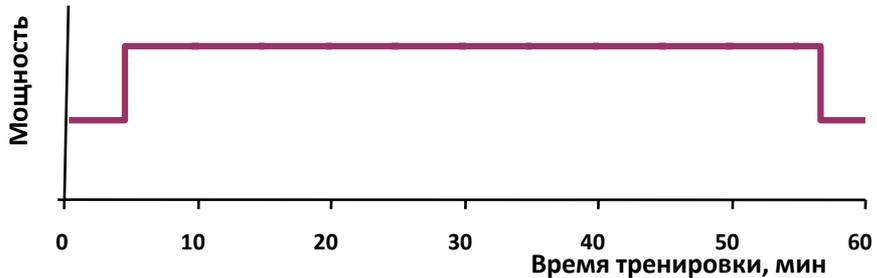
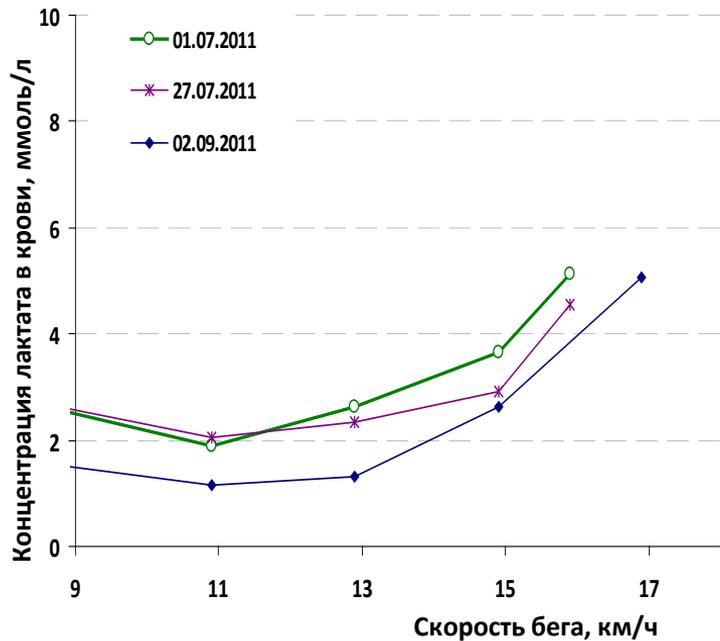


Длительная тренировка с **постоянной нагрузкой** зачастую вообще не приводит к росту аэробных возможностей высококвалифицированных спортсменов (Coetzer et.al., 1993; Evertsen et.al., 1999; Gaskill et.al., 1999; Daussin et al., 2008).

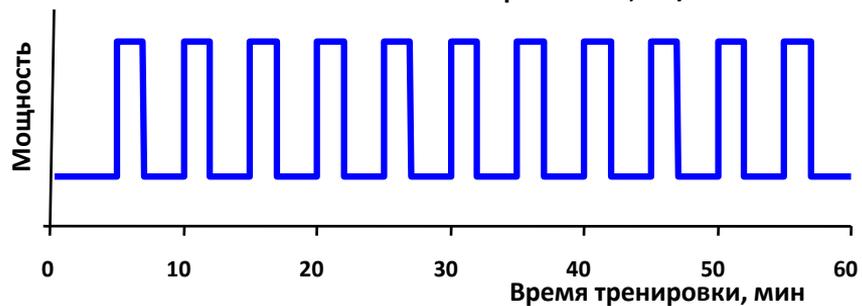
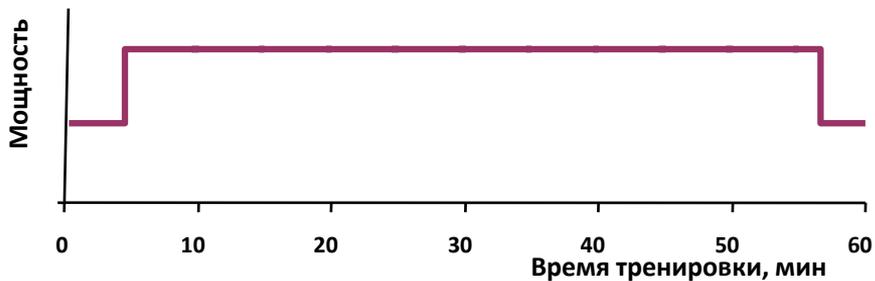
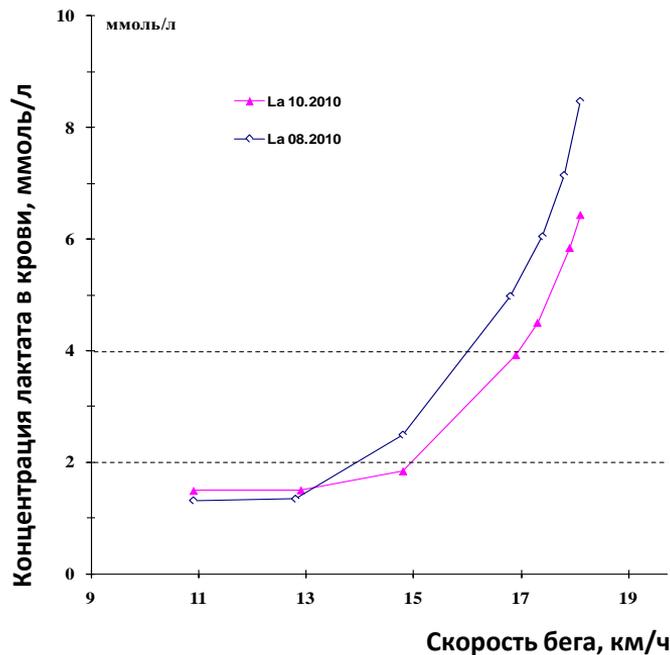
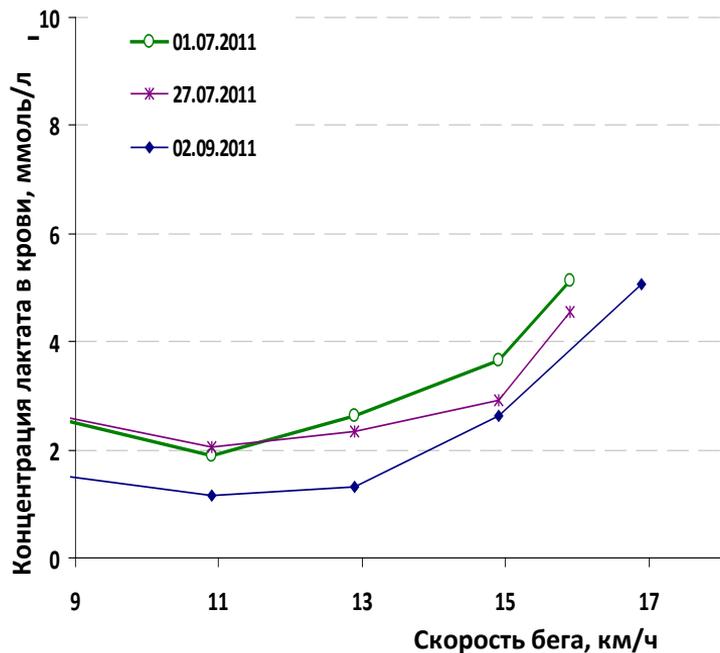


Для увеличения аэробных возможностей тренировка с **переменной нагрузкой** более эффективна.

Два месяца тренировок с постоянной или переменной нагрузкой



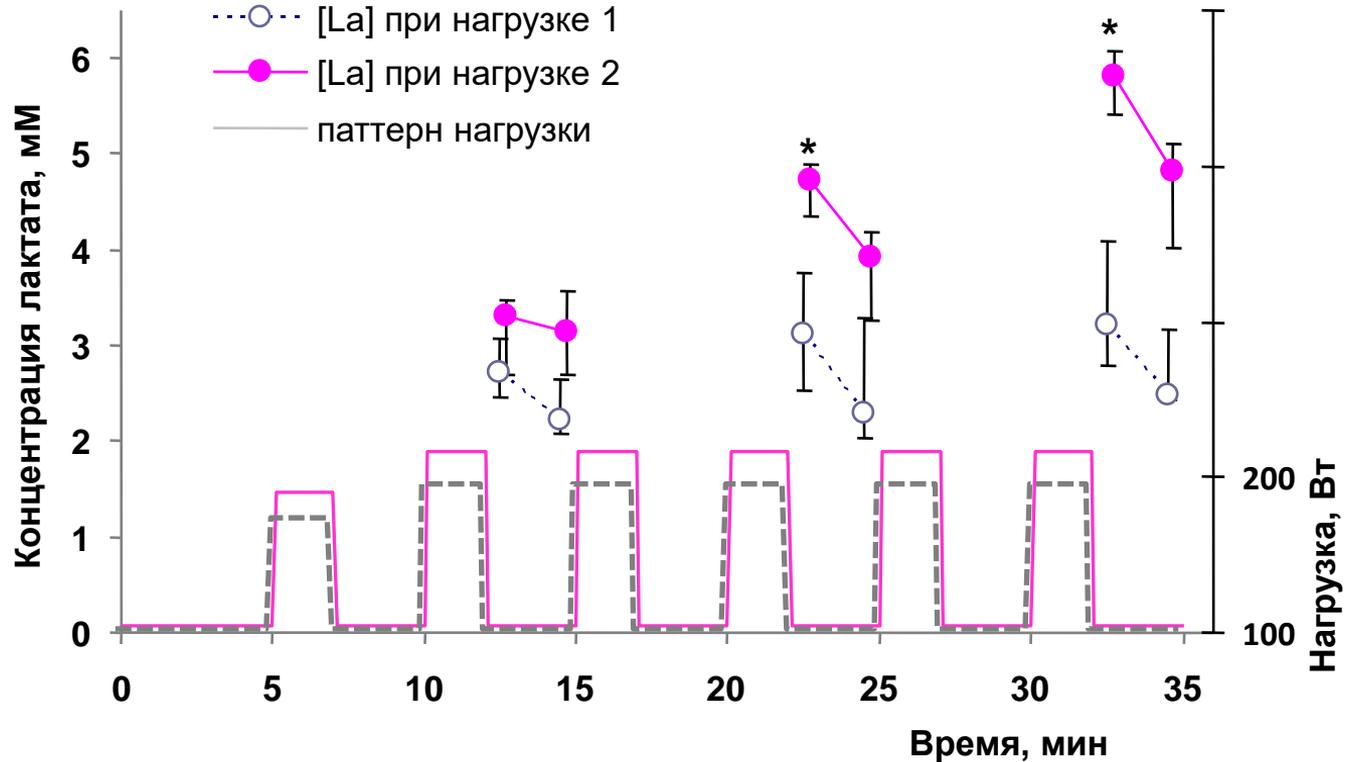
Два месяца тренировок с постоянной или переменной нагрузкой



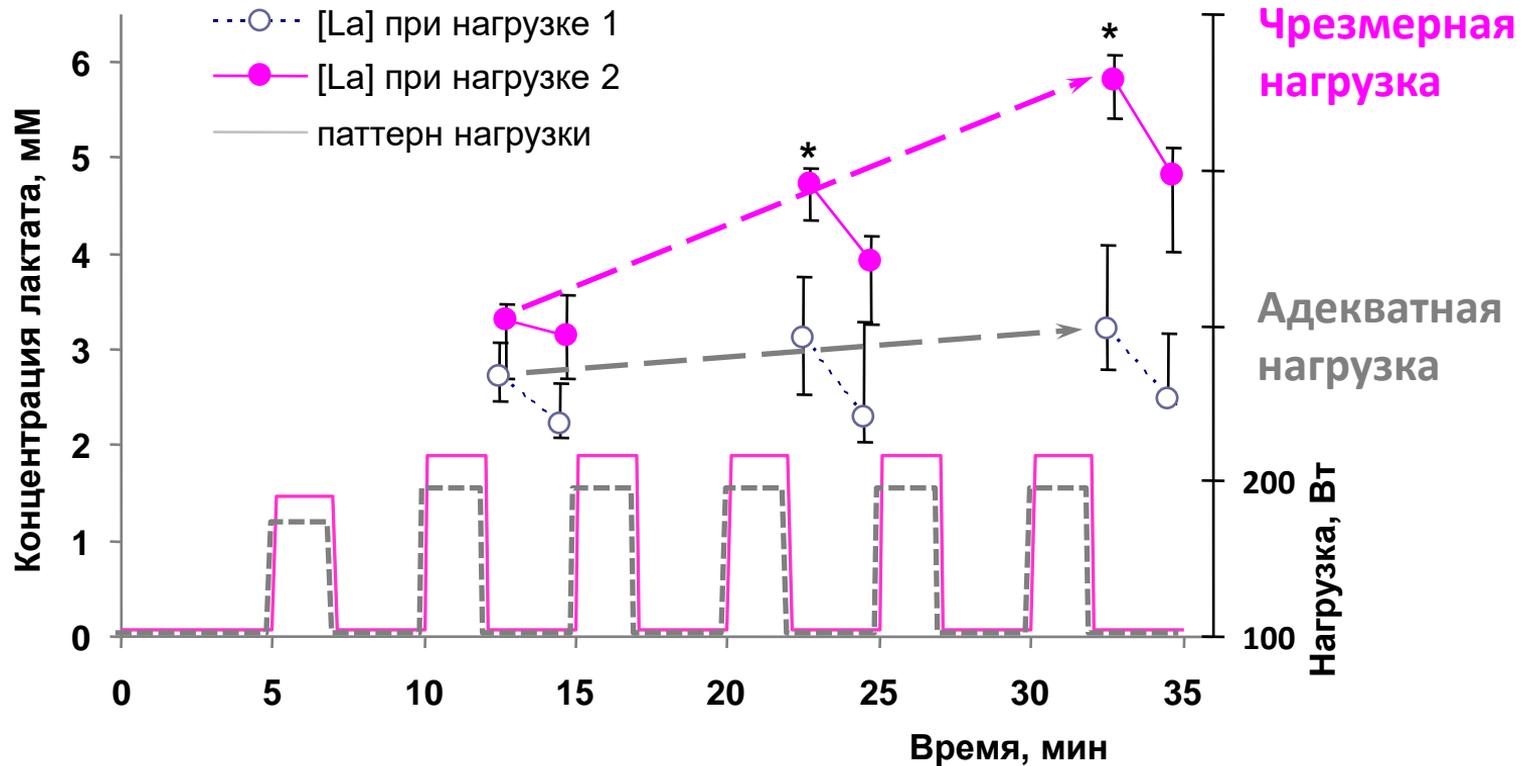
- Что бы мышечные волокна увеличили окислительные возможности/содержание митохондрий они должны быть вовлечены в работу и работать десятки минут!
- Чем ближе интенсивность нагрузки к максимальной аэробной мощности (мощность на уровне МПК), тем больше рекрутируется в работу волокон II типа.
- **Для того чтобы увеличить окислительные возможности волокон II типа нужно чтобы они много работали в режиме короткие интервалы времени, чередующиеся с периодами отдыха.**

Как подобрать оптимальные параметры нагрузки с переменной мощностью?

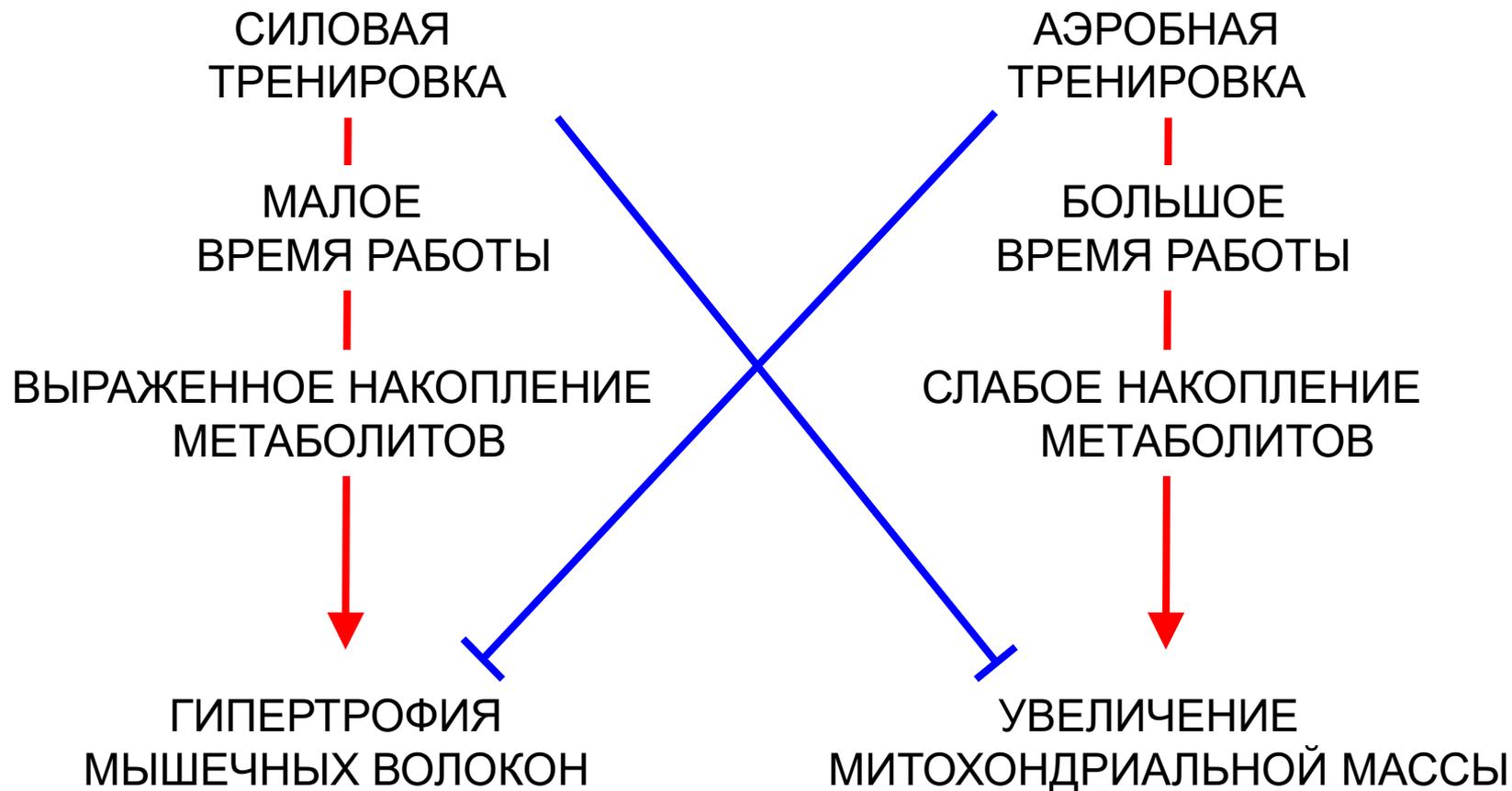
Контроль динамики содержания лактата в крови при интервальной тренировке



Контроль динамики содержания лактата в крови при интервальной тренировке

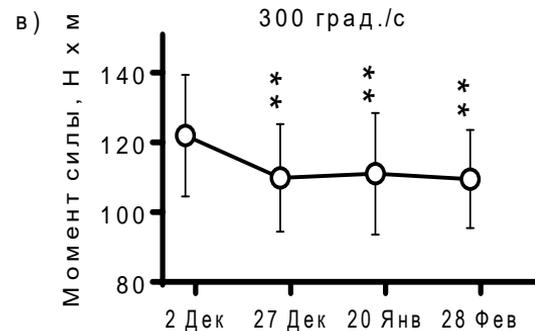
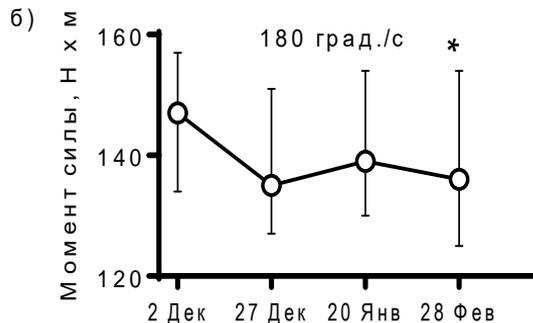
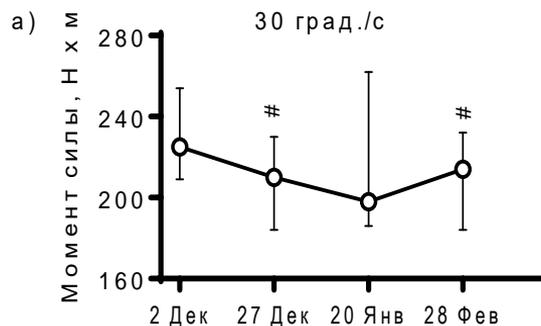


Проблема взаимовлияния больших объемов/высокоинтенсивных аэробных тренировок на скоростно-силовые возможности мышц



Скоростно-силовые возможности мышц-разгибателей коленного сустава и максимальная алкактатная мощность (МАМ) мышц плечевого пояса у лыжников-юниоров

Мышцы-разгибатели коленного сустава

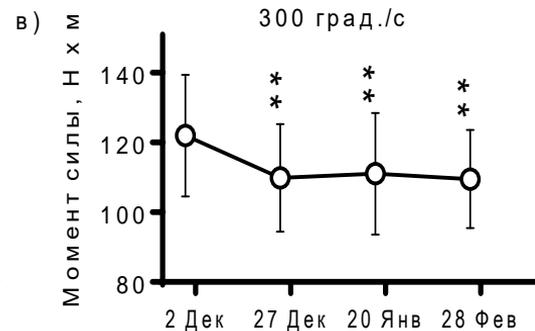
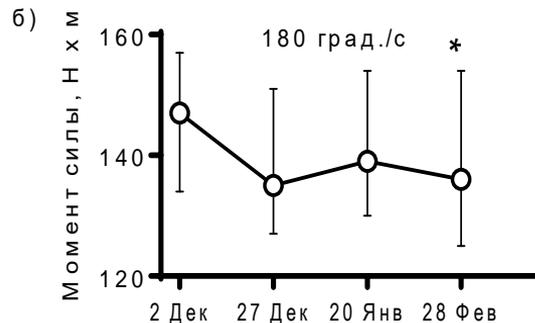
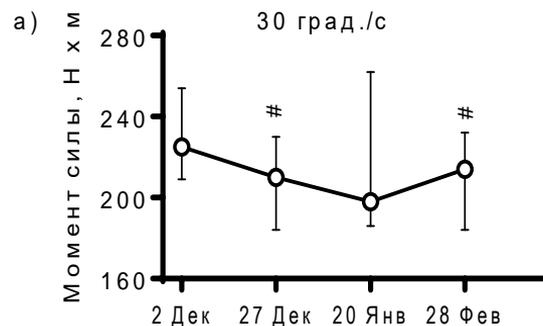


* – изменения относительно исходного уровня (P<0.05)

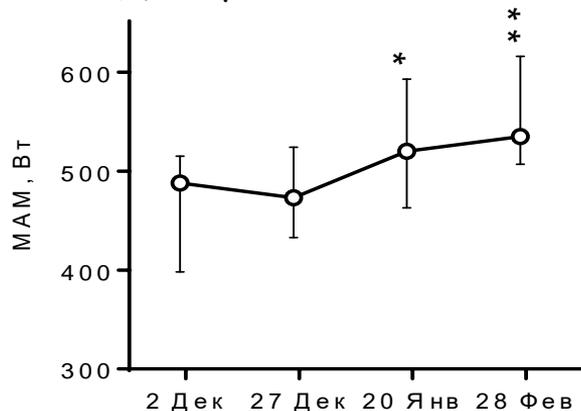
** – изменения относительно исходного уровня (P<0.01)

Скоростно-силовые возможности мышц-разгибателей коленного сустава и максимальная алкактатная мощность (МАМ) мышц плечевого пояса у лыжников-юниоров

Мышцы-разгибатели коленного сустава



Мышцы плечевого пояса



* – изменения относительно исходного уровня (P<0.05)

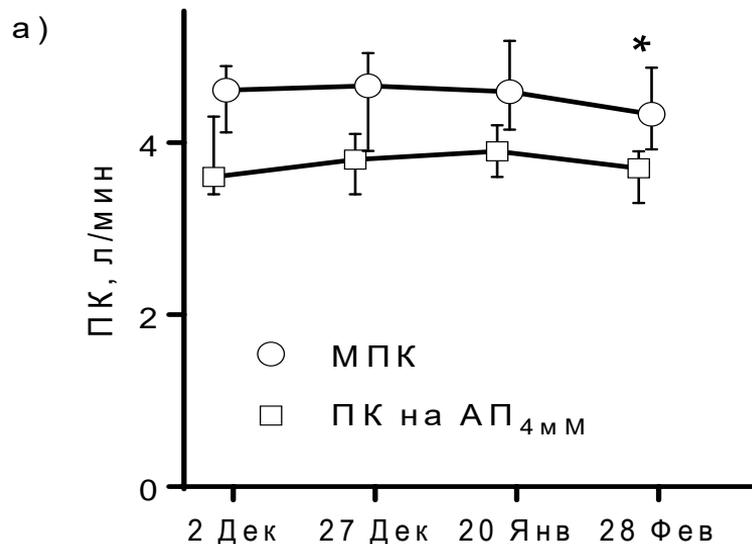
** – изменения относительно исходного уровня (P<0.01)

Максимальная скорость потребления кислорода (МПК) и скорость потребления кислорода (ПК) на анаэробном пороге, в беговом тесте и тесте на лыжном ручном эргометре

* – изменения относительно того исходного уровня ($P < 0.05$)

** – изменения относительно того исходного уровня ($P < 0.01$)

Беговой тест

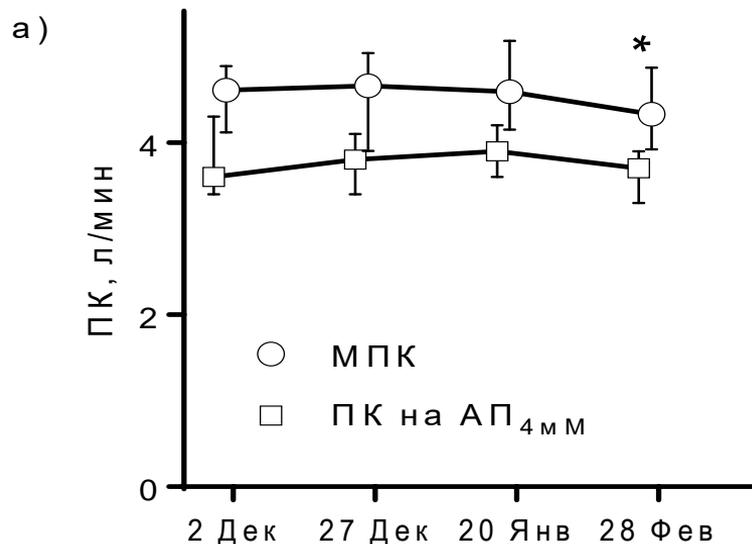


Максимальная скорость потребления кислорода (МПК) и скорость потребления кислорода (ПК) на анаэробном пороге, в беговом тесте и тесте на лыжном ручном эргометре

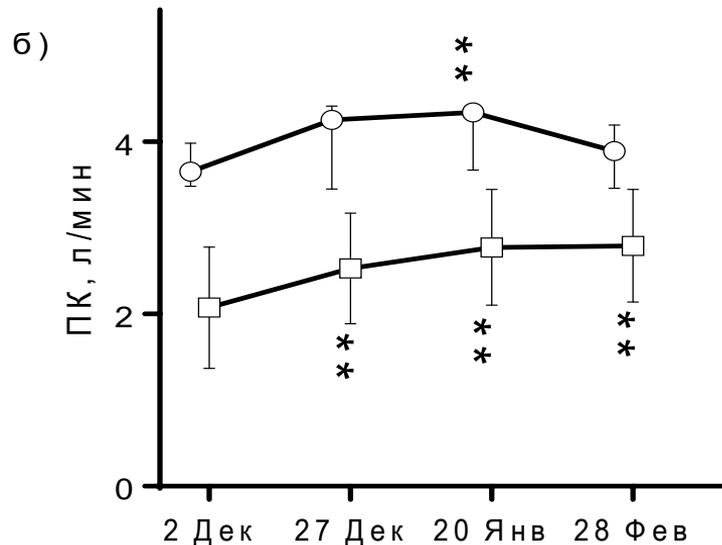
* – изменения относительно того исходного уровня ($P < 0.05$)

** – изменения относительно того исходного уровня ($P < 0.01$)

Беговой тест



Тест руками

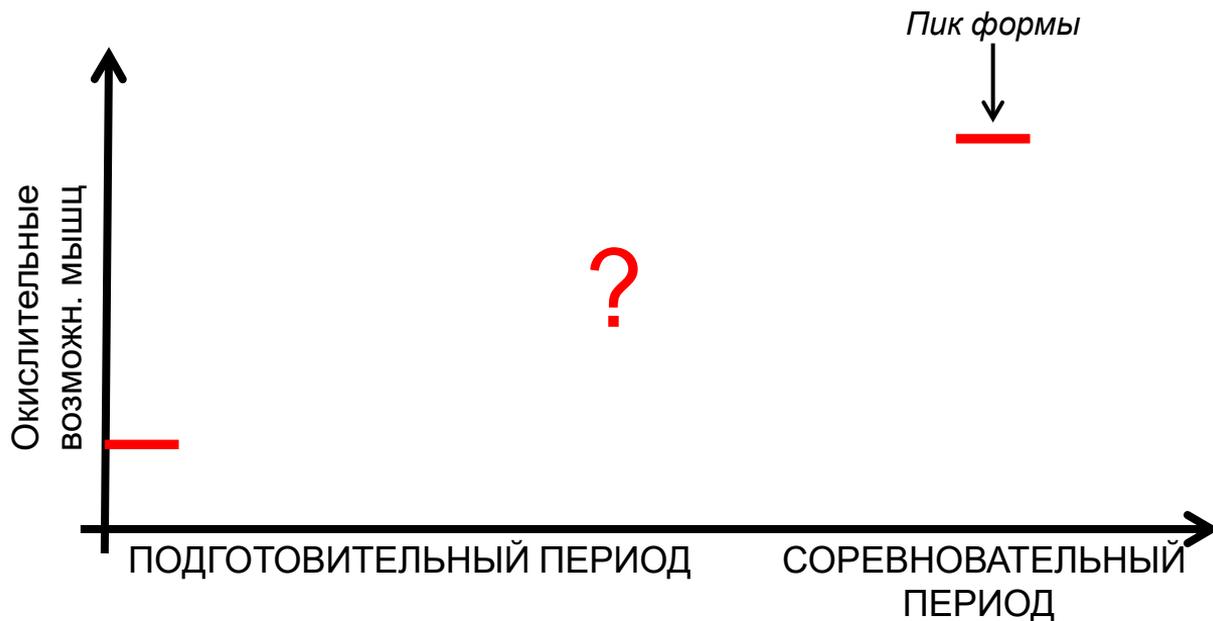


- Спортивные дисциплины с временем на дистанции 1-5 мин требуют наличия как высоких скоростно-силовых возможностей, так и окислительных возможностей мышц.
- Увеличивать оба этих показателя – достаточно сложная задача, т.к. большие объемы/интенсивности аэробных тренировок приводят к снижению мышечной массы и скоростно-силовых возможностей мышц.

Пик формы для скелетных мышц спортсмена, тренирующего выносливость - достижение максимального уровня окислительных возможностей мышц (особенно МВ II типа)

+

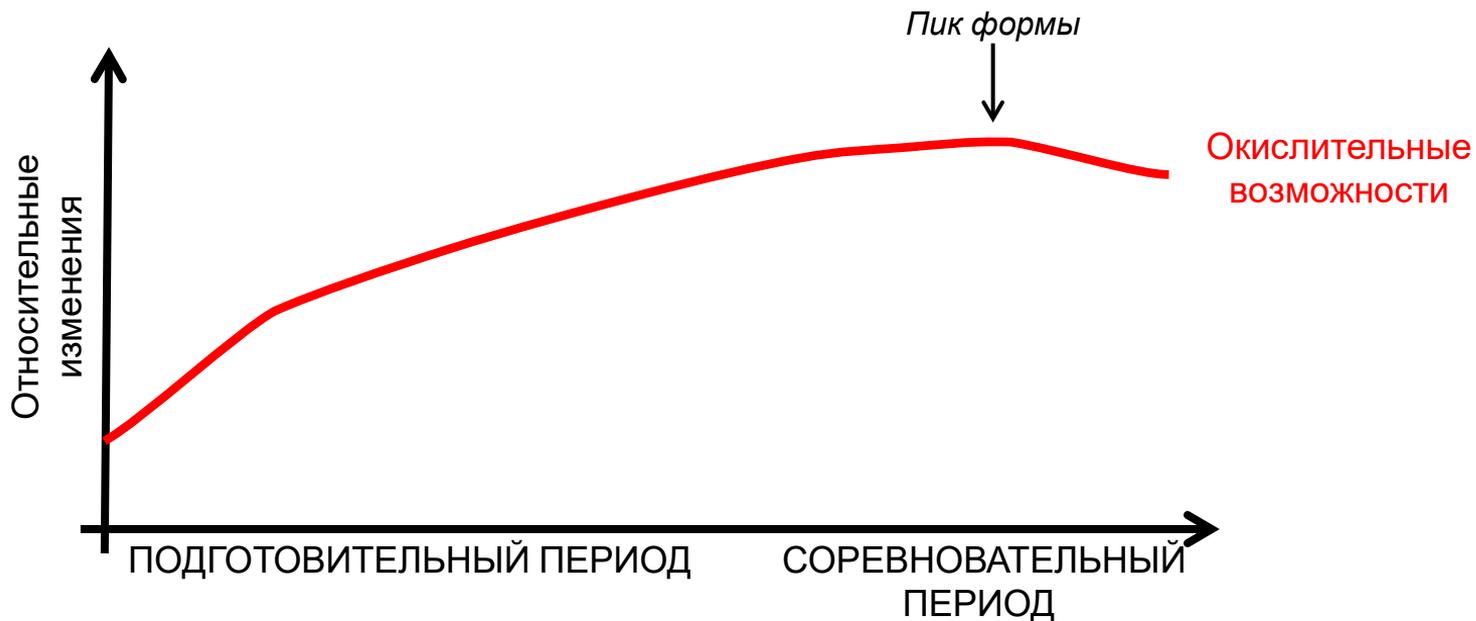
не потерять мышечную массу/силу, не перетренироваться/заболеть...



Пик формы для скелетных мышц спортсмена, тренирующего выносливость - достижение максимального уровня окислительных возможностей мышц (особенно МВ II типа)

+

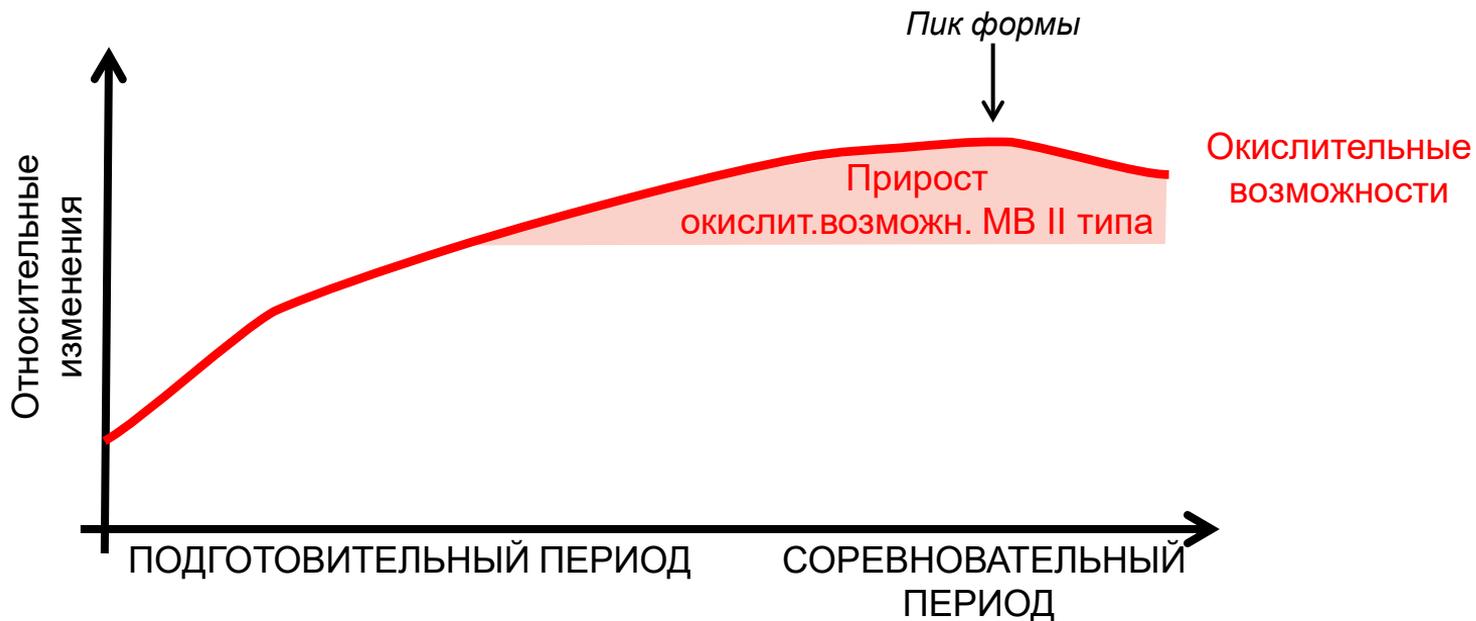
не потерять мышечную массу/силу, не перетренироваться/заболеть...



Пик формы для скелетных мышц спортсмена, тренирующего выносливость - достижение максимального уровня окислительных возможностей мышц (особенно МВ II типа)

+

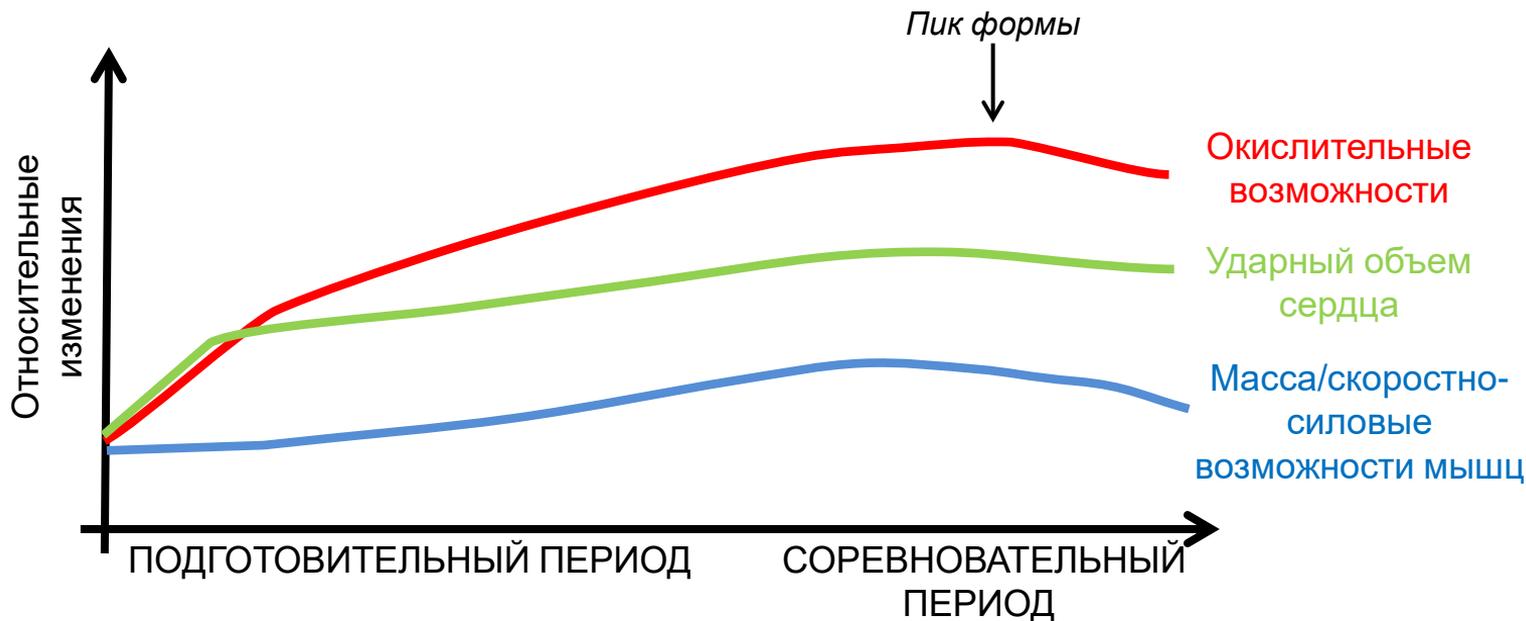
не потерять мышечную массу/силу, не перетренироваться/заболеть...



Пик формы для скелетных мышц спортсмена, тренирующего выносливость - достижение максимального уровня окислительных возможностей мышц (особенно МВ II типа)

+

не потерять мышечную массу/силу, не перетренироваться/заболеть...



Заключение/Пожелания

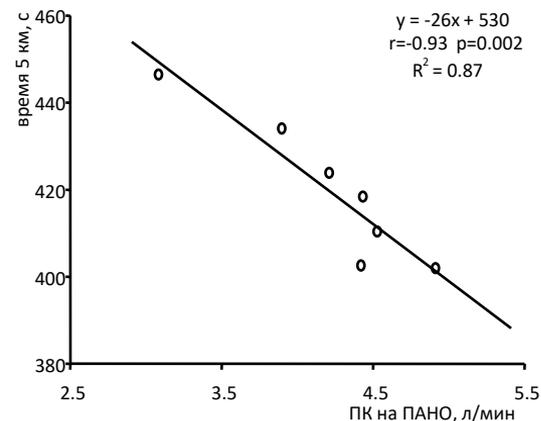
- Нужно планировать, какой прирост аэробных возможностей мышц (порог анаэробного обмена), ударного объема сердца (ЧСС на стандартной низкоинтенсивной нагрузке) и массы/силы мышц (МПС в неспецифическом упражнении) ожидается в течение сезона.
- Нужно планировать, как предъявляемые нагрузки окажут влияние на эти показатели в течение сезона, т.е. нужно планировать годовую динамику этих показателей.
- Регулярное тестирование (каждые 1-1,5 месяца) необходимо для проверки соответствия тренировочных планов и реальных изменений физиологических показателей.

Литература

- Попов Д.В. Физиологические основы оценки аэробных возможностей и подбора тренировочных нагрузок в лыжном спорте и биатлоне. / Д.В.Попов, А.А.Грушин, О.Л.Виноградова – М.: Советский спорт, 2014. – 78 с. https://www.researchgate.net/publication/325945952_Fiziologiceskie_osnovy_ocenki_aerobnyh_vozmoznostej_i_podbora_trenirovocnyh_nagruzok_v_lyznom_sporte_i_biatlone
- Бутков Д.А., Лысенко Е.А., Лемешева Ю.С., Устюжанин Д.В., Грушин А.А., Виноградова О.Л., Попов Д.В. Аэробные и скоростно-силовые возможности лыжников в конце подготовительного и начале соревновательного периодов подготовки. Физиология человека, 2017, том 43, № 3, с. 57–63 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29405201>
- Попов Д.В., Лемешева Ю.С., Бравый Я.Р., Мисина С.С., Линде Е.В., Виноградова О.Л., Воронов А.В. Прогнозирование спортивного результата конькобежцев-многоборцев по данным физиологического тестирования. / Конькобежный спорт. Весна 2008 С. 18-22 <https://disk.yandex.ru/i/aARSCEajkeyLBA>
- Попов Д.В., С.С. Мисина, Ю.С. Лемешева, Е.В. Любаева, А.С. Боровик, О.Л. Виноградова Финальная концентрация лактата в крови и аэробная работоспособность // Физиология человека.- 2010, том 36, № 3, с. 102–109 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15109549>
- Попов Д.В., Виноградова О.Л., Григорьев А.И. Аэробная работоспособность человека Монография. / Ин-т медико-биологических проблем РАН.– М.: Наука, 2012. – 111 с. https://www.researchgate.net/publication/319551138_Aerobnaa_rabotosposobnost_celoveka

Корреляция между спортивным результатом (время 5000 м) и показателями, характеризующими аэробную работоспособность высококвалифицированных конькобежцев

Физиологический показатель	М ± SEM	r	p
МПК, л/мин	5.0±0.2	-0.81	0.015
ПК при точке респираторной компенсации, л/мин	4.4±0.2	-0.89	0.019
ПК ПАНО (4 ммоль/л), л/мин	4.2±0.2	-0.93	0.002
ПК при вентиляторном пороге, л/мин	4.0±0.2	-0.92	0.004
Мощность при точке респираторной компенсации, Вт	368±15	-0.83	0.021
Мощность при ПАНО (4 моль/л), Вт	355±16	-0.92	0.003
Мощность при вентиляторном пороге, Вт	330±16	-0.85	0.014
Мощность при аэробном пороге, Вт	291±18	-0.87	0.011



(Попов и др., 2008)