

**International Association of Athletics Federations
Coaches Education and Certification System**

Level II

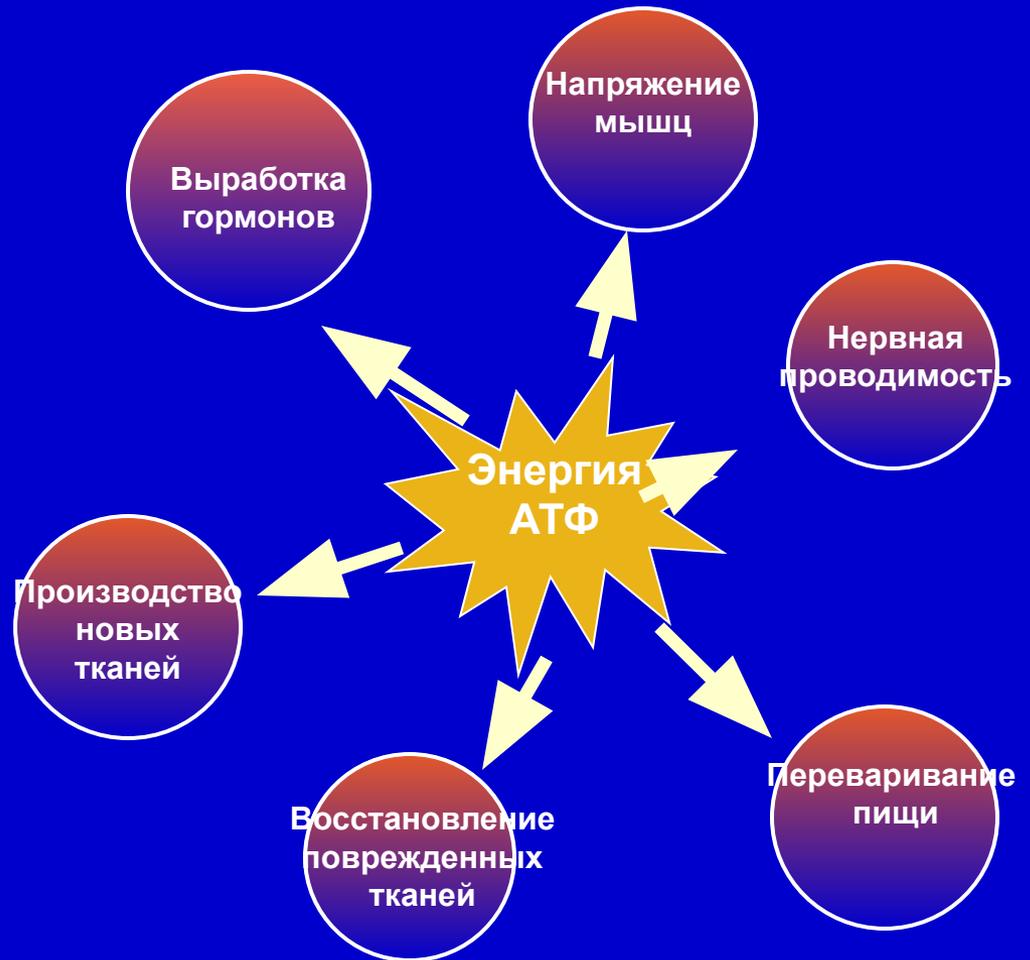
**Physiology of Energy
Production**

September 2001

Unit 2.3

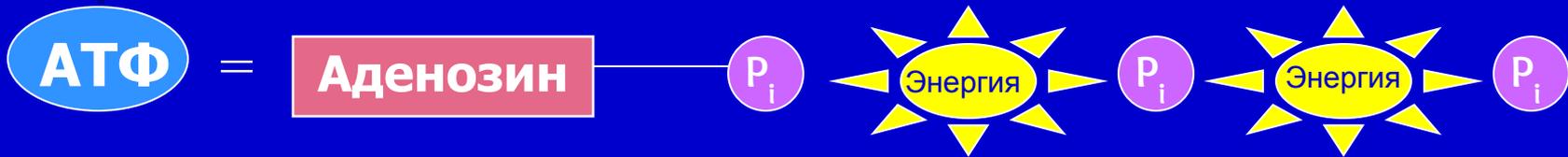
АТФ

Энергия АТФ
используется
для ВСЕХ
функций
организма,
а не только
для
физической
активности



Adapted from de Castella &
Clews 1996

АТФ - энергия

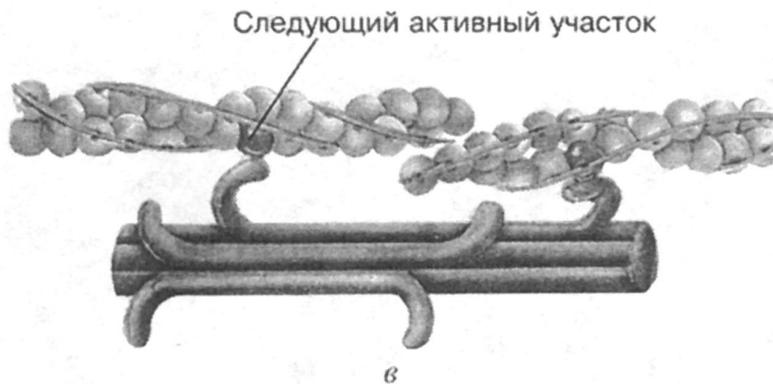
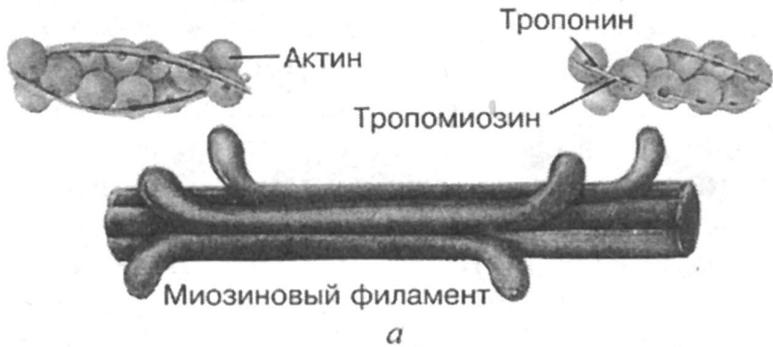


Структура молекулы АТФ

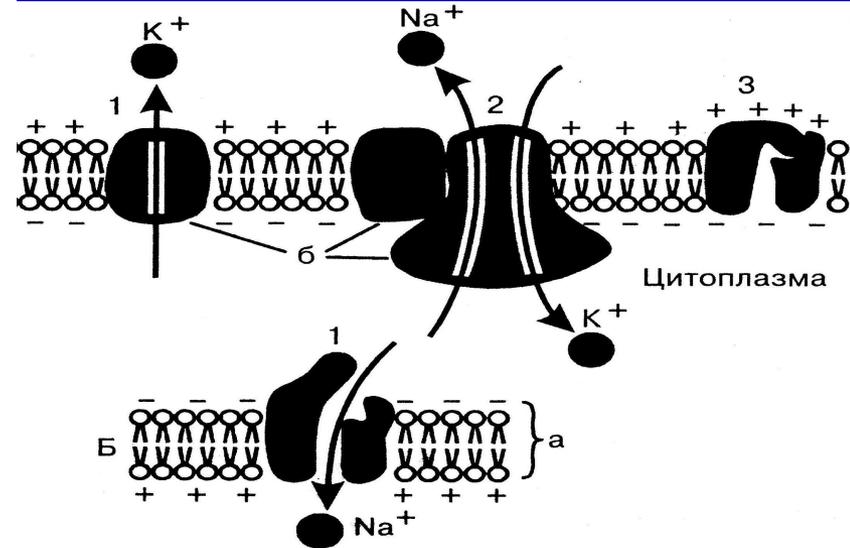
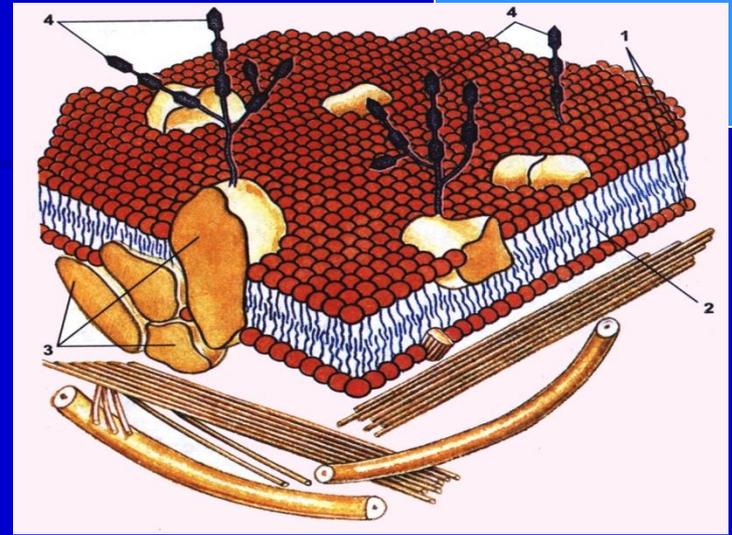


Механизм реализации источника энергии

Adapted from Wilmore & Costill, 1994



Мышечное волокно в расслабленном состоянии (а), в процессе сокращения (б) и полностью сокращенное (в), иллюстрирующее движение, обеспечивающее скольжение актиновых и миозиновых филаментов



Восстановление АТФ

АТФ в процессе мышечной деятельности восстанавливается тремя путями:

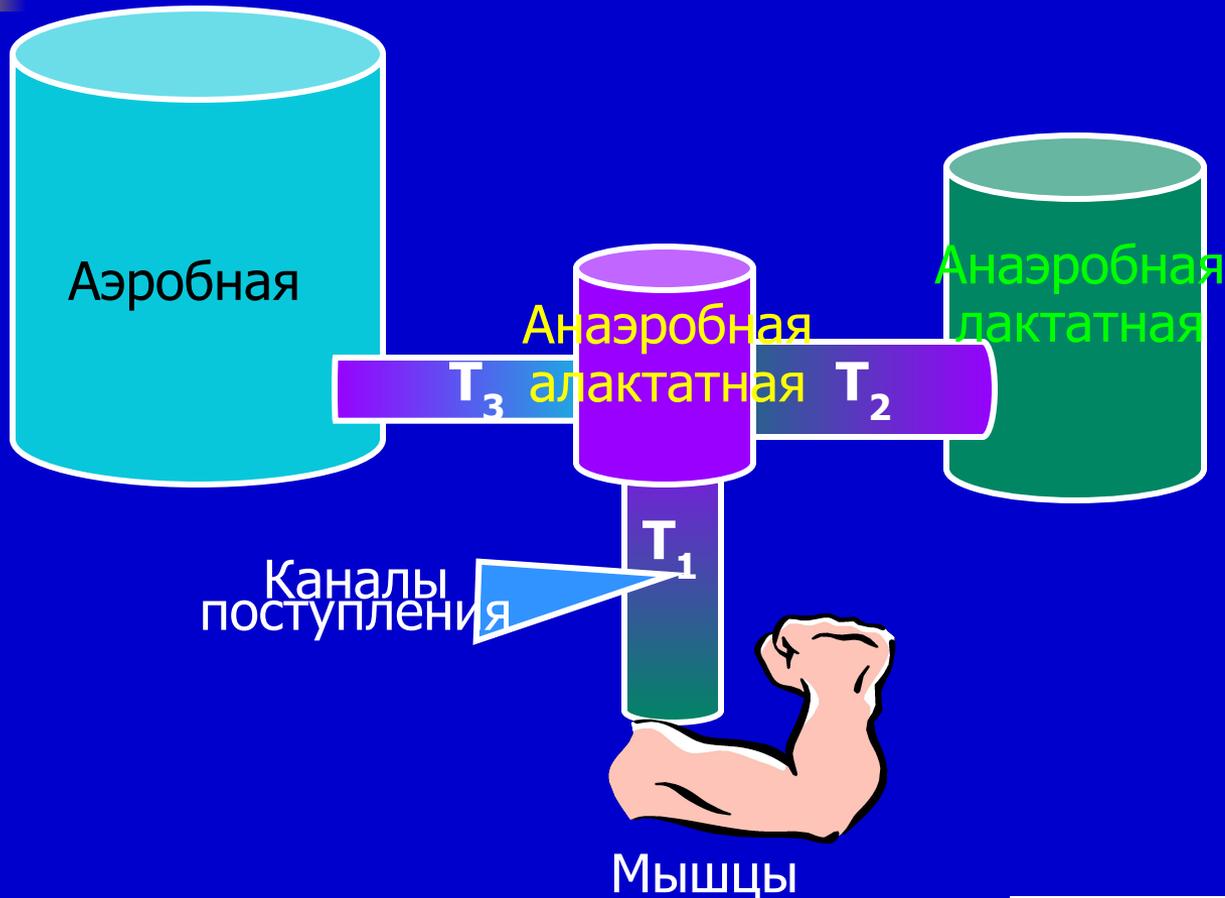
- Анаэробной алактатный механизм
- Анаэробный лактатный (гликолитический) механизм
- Аэробный механизм

Системы энергообеспечения

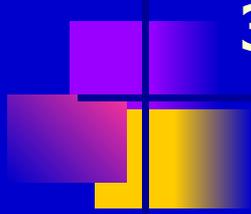
Все системы энергообеспечения работают постоянно.

В зависимости от потребностей организма для данного вида деятельности (в соответствии с интенсивностью и продолжительностью упражнения) доля вклада той или иной системы в общую энергопродукцию возрастает

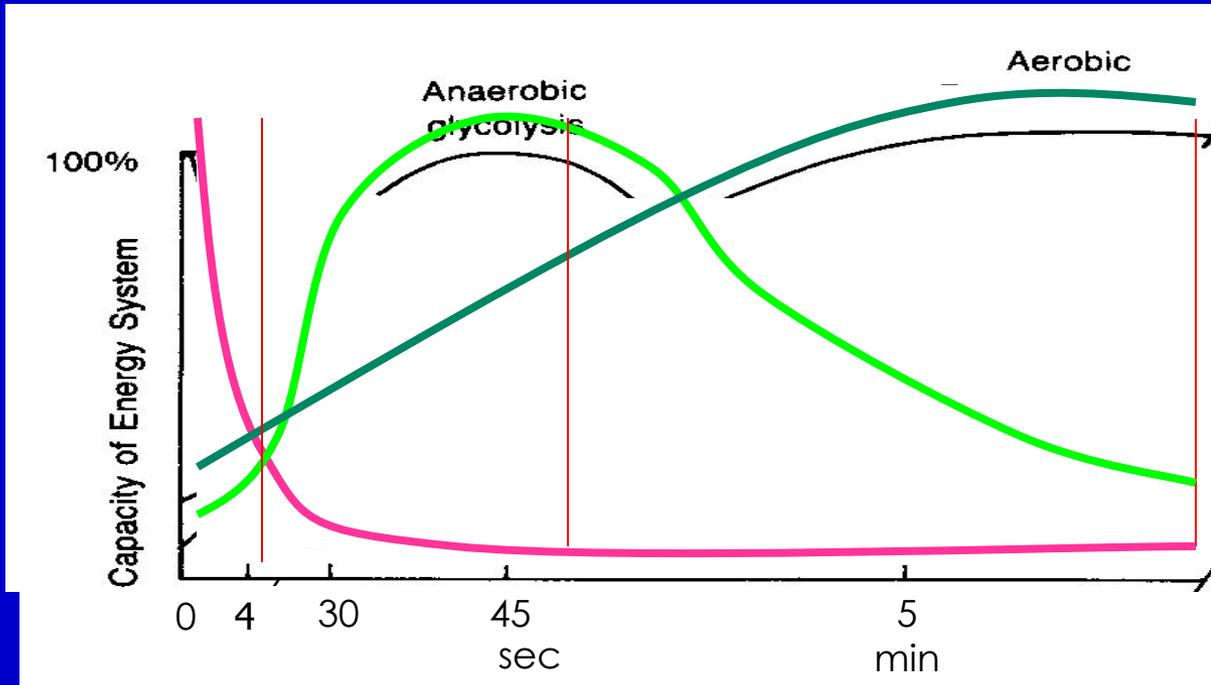
Системы энергообеспечения



Вклад различных систем энергообеспечения



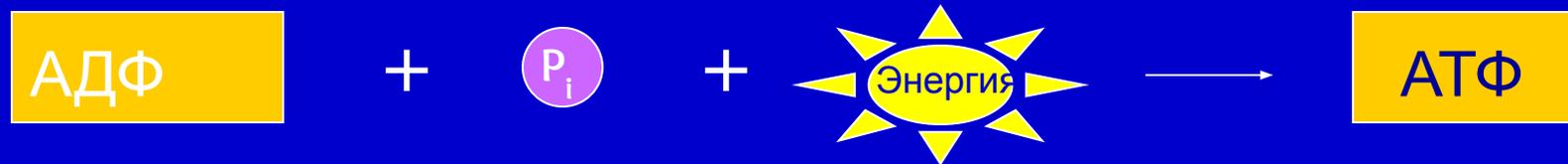
- Анаэробная алактатная
- Анаэробная лактатная
- Аэробная



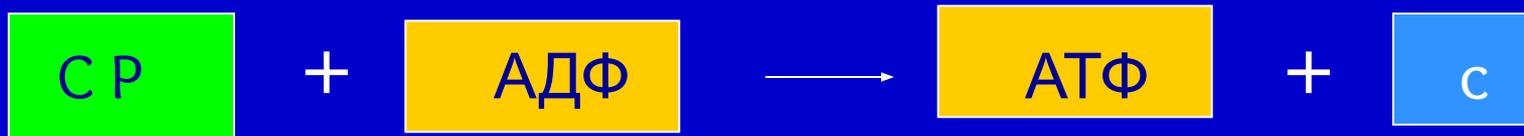
Анаэробная алактатная система



+



=



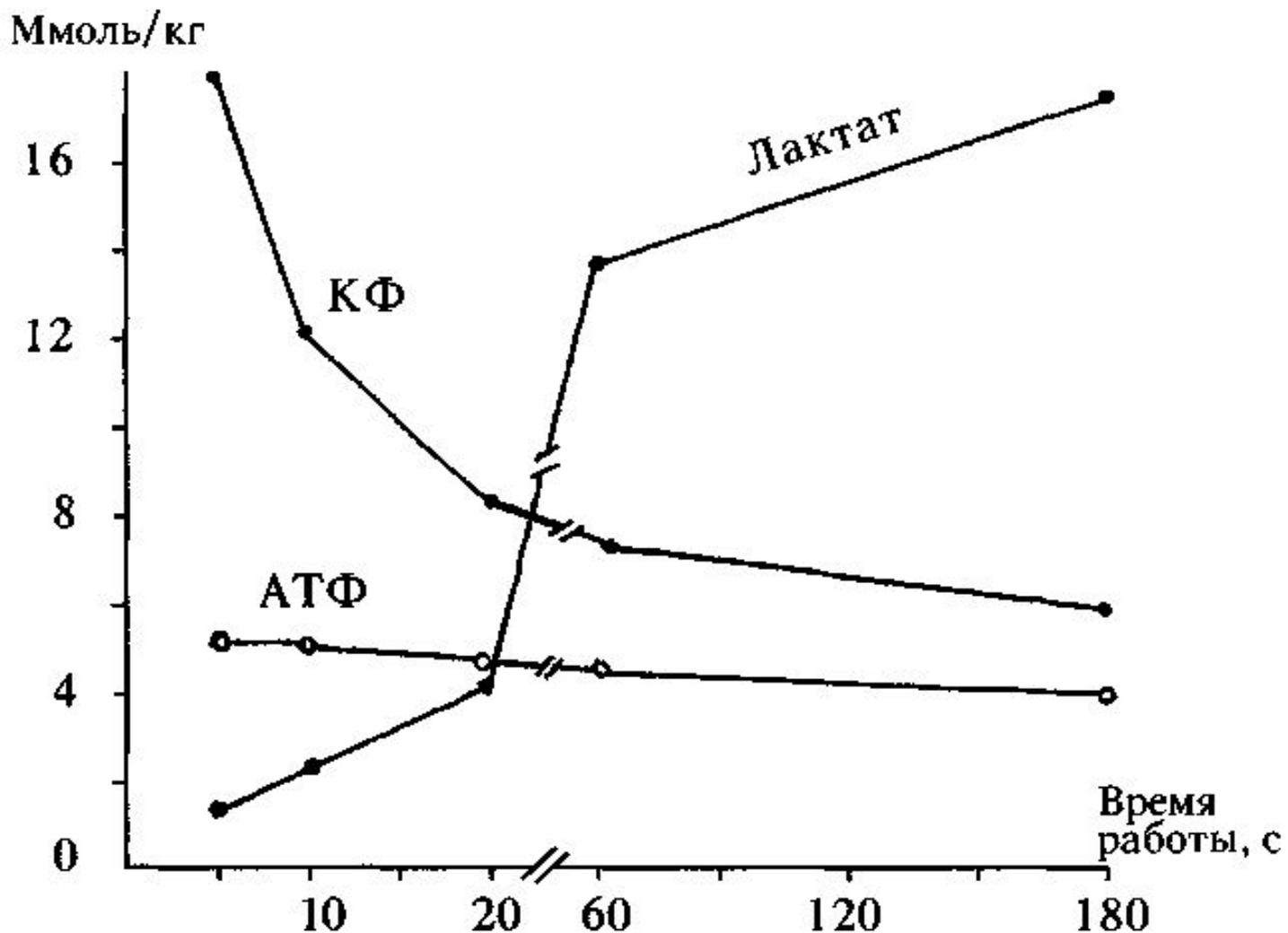
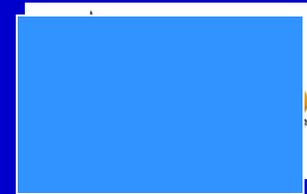


Рис. 2.1. Соотношение основных энергетических процессов в мышцах при анаэробных нагрузках различной длительности (Saltin et al., 1972)

Примечание. Интенсивность работы на велоэргометре 105-110% МПК.

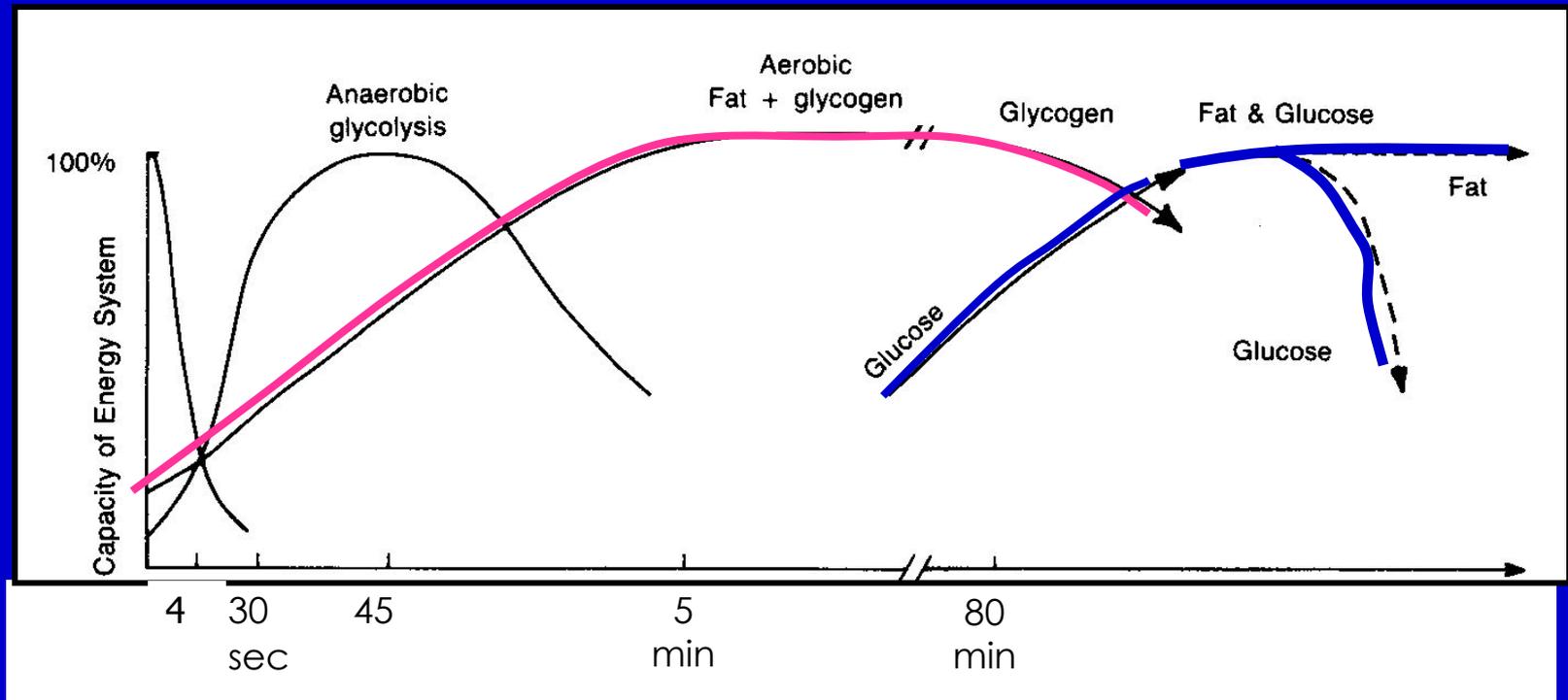
Анаэробная лактатная система

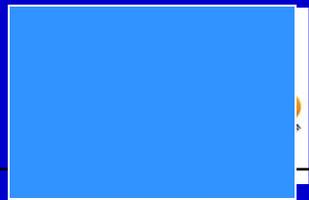


Углеводы



Аэробная система





Показатели кинетики	Креатинфосфокиназная реакция	Гликолиз	Аэробное окисление углеводов
Максимальная мощность кДж/кг/мин	3,8	2,5	1,8
Быстрота развертывания процесса, с	1-2	30-50	60-90
Максимальная емкость процесса, моль ресинтезируемых АТФ/ моль окисляемого вещества	1	2-3	38-39
Метаболическая эффективность, %	80	35-50	55-60

Источники воспроизводства АТФ



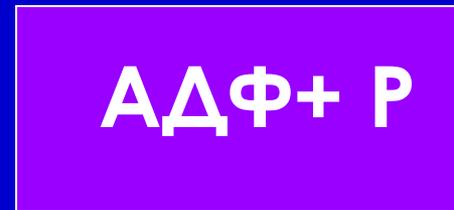
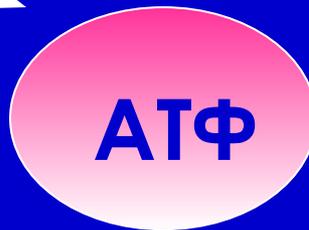
Креатинфосфат

Лактат

Гликоген

Жир

Белок



Энергия

Zintl.F. 1990

Углеводы

Углеводы размещаются в организме в виде гликогена, находясь в мышцах или печени, и транспортируются кровью в виде глюкозы

Источники энергии

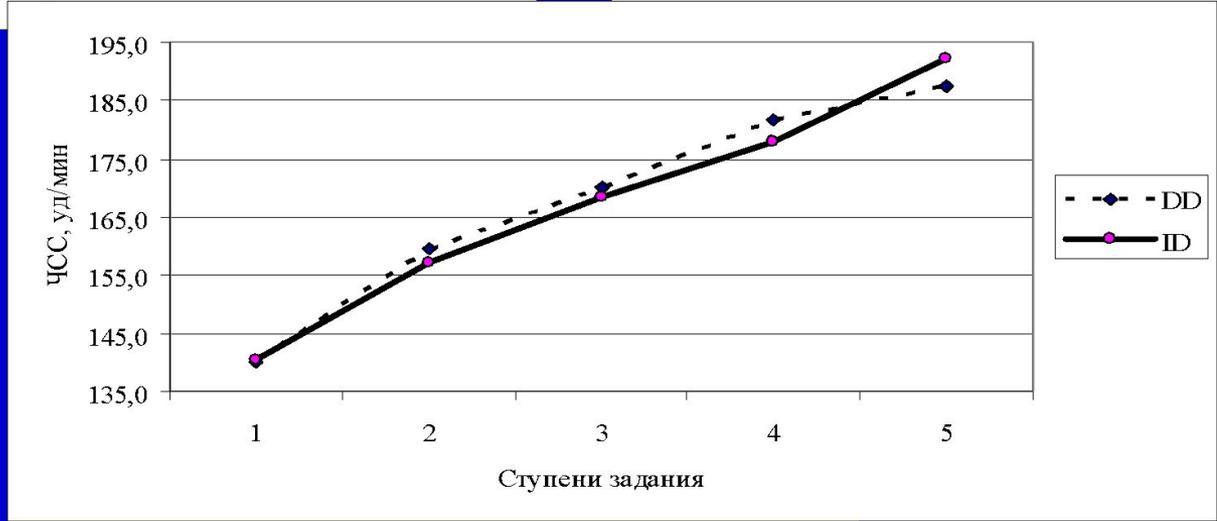
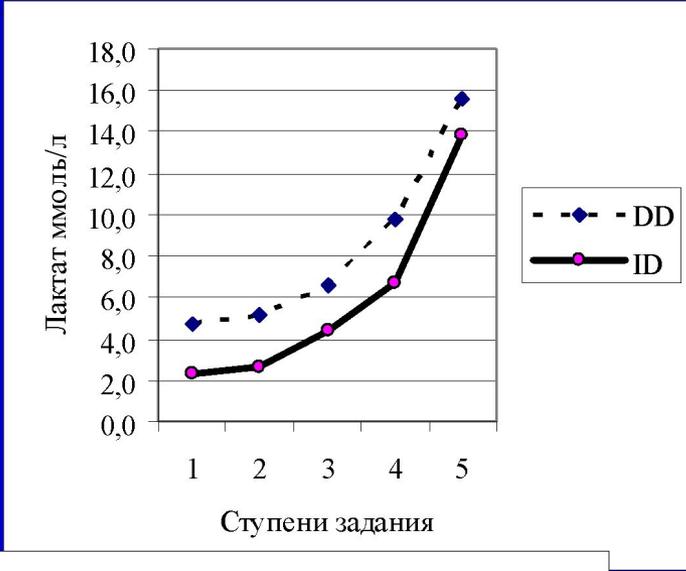
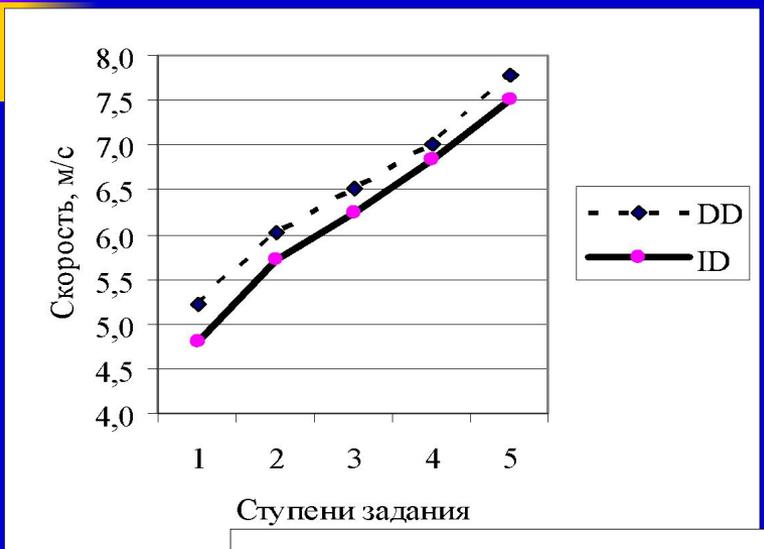
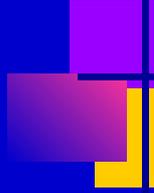


<i>Система энергообеспечения</i>	<i>Источники энергии</i>	<i>Оптимальная длительность выполняемой работы</i>
Анаэробная алактатная	Креатинфосфат	0 – 4 (10) секунды
Анаэробная лактатная	Углеводы	45 секунд – 3-5 минут
Аэробная	Углеводы Жиры	2 – 3 часа

Показатели скорости бега, уровня лактата и ЧСС на ступенях лыжероллерного задания "до отказа" у биатлонисток в зависимости от полиморфизма гена АКФ.



----- DD генотип, _____ ID генотип



Энергоресурсы организма



**Жиры
(7961g)**

**CH
(357g)**

Количество

1g Fat



**9 kcal
Energy**

1g CH



**4 kcal
Energy**

Использование

Аэробная система

- Окисление жиров требует на 10% больше кислорода, чем окисление углеводов при одинаковой энергопродукции

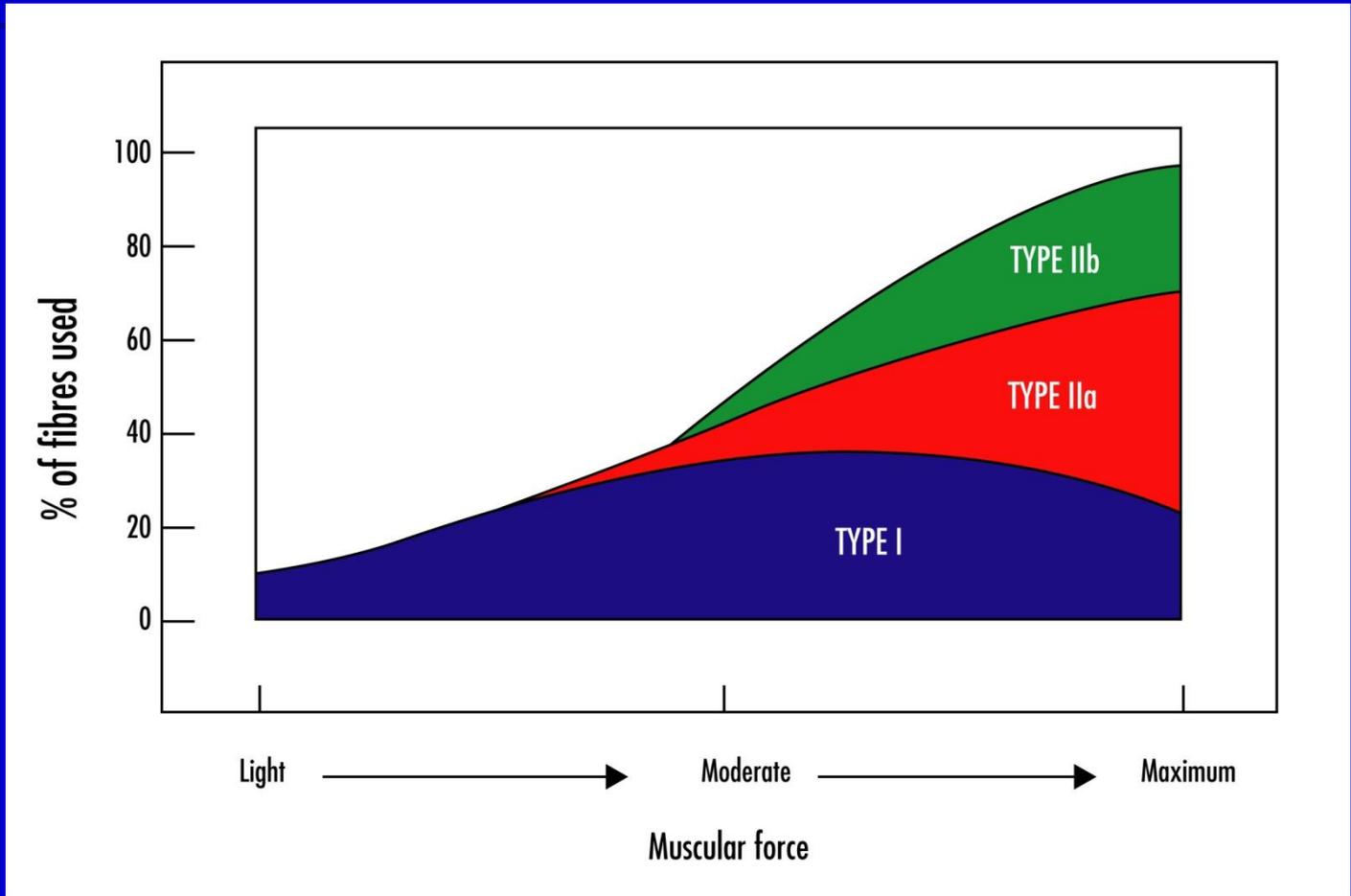
Использование источников энергии



Соотношение белых и красных мышечных волокон



МС и БС мышечные волокна.





- **Кислородный запрос** (O_2 запрос) — это количество кислорода, необходимое для энергообеспечения мышечной деятельности спортсмена.
- **Кислородное потребление** (O_2 потребление) — фактическое потребление кислорода во время работы.
- **Кислородный дефицит** (O_2 дефицит) — это часть кислородного запроса, не удовлетворяемого во время работы.
- **Кислородный долг** (O_2 долг) — количество кислорода, потребляемое организмом сверх нормы покоя во время отдыха.

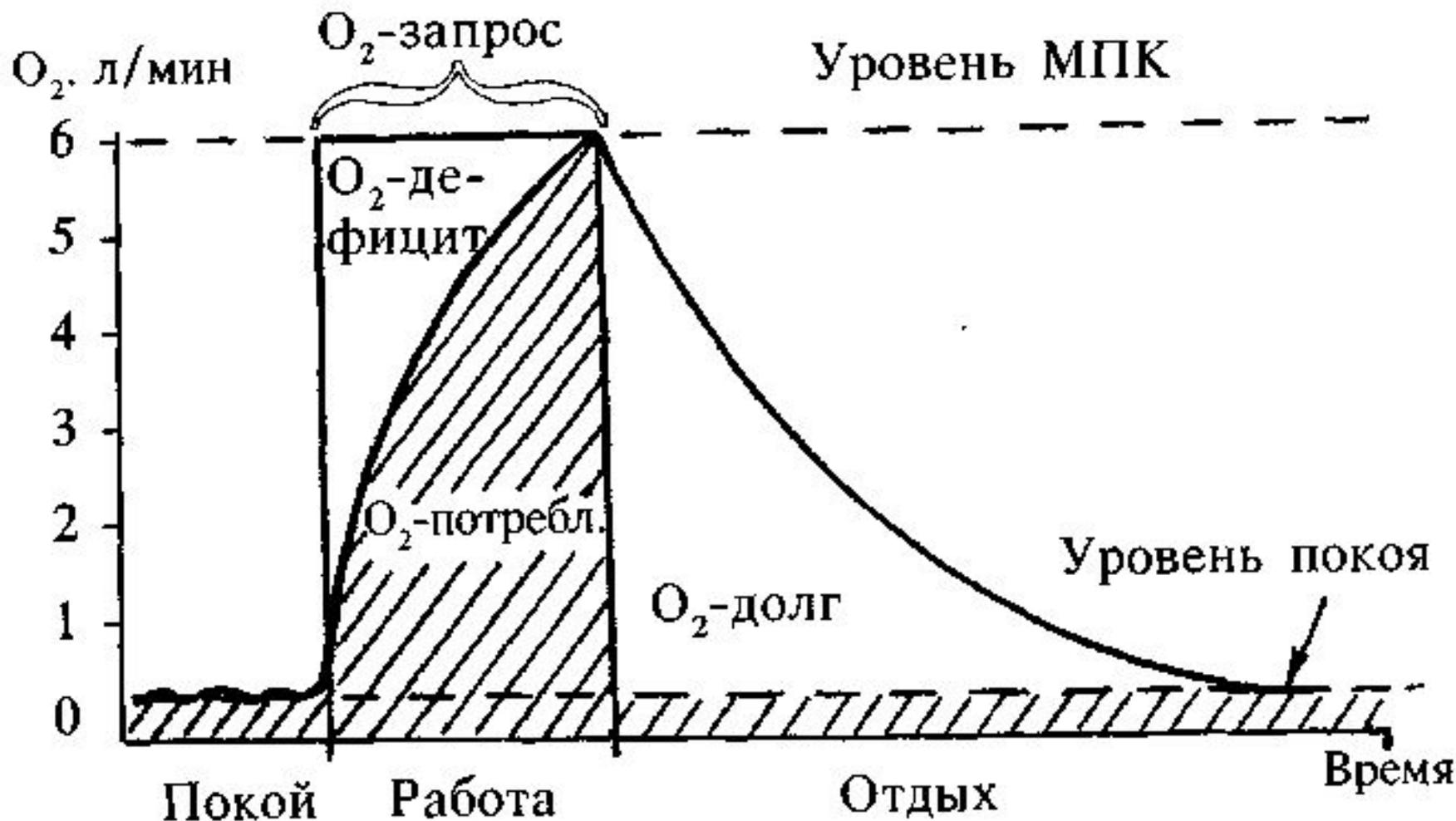


Рис. 2.3. Показатели кислородного обеспечения мышечной деятельности (вариант нагрузки субмаксимальной мощности)



- **Алактатный** компонент O_2 долга связан с повышенным потреблением кислорода во время отдыха для восстановления содержания КФ и баланса АТФ, насыщения кислородом гемоглобина, миоглобина, плазмы крови и биологических жидкостей. Этот компонент O_2 долга невелик и ликвидируется в течение первых 35 мин отдыха.
- **Лактатный** компонент O_2 долга связан с устранением молочной кислоты, кетоновых тел и других недоокисленных продуктов. Этот компонент O_2 долга устраняется гораздо медленнее — за 1,5-2 ч отдыха.

Энергетическая характеристика зон интенсивности мощности работы при выполнении спортивных нагрузок



Зона интенсивности	Продолжительность работы	O ₂ запрос л/мин	O ₂ потребл. % от МПК	O ₂ дефицит % от запроса	Основные пути ресинтеза АТФ	Основные источники энергии
Максимальная	От 2-3 до 20-25 с	40	До 20-30	90-95	КФ Гликолиз	Внутримышечные (КФ, гликоген)
Субмаксимальная	От 20-25 с до 3-5 мин	10-30	80-100	50-80	Гликолиз КФ Аэробное окисление	Внутри- и внемышечные (КФ, гликоген мышц и печени, фосфолипиды)
Большая	От 3-5 до 40-50 мин	4,5-7	85-95	20-30	Аэробное окисление Гликолиз	Внутри- и внемышечные гликоген мышц, печени, липиды
Умеренная	Более 40-50 мин	3-4	60-80	До 5-10	Аэробное окисление	Преимущественно внемышечные (гликоген печени и мышц, липиды)

Динамика биохимических показателей крови при выполнении спортивных нагрузок

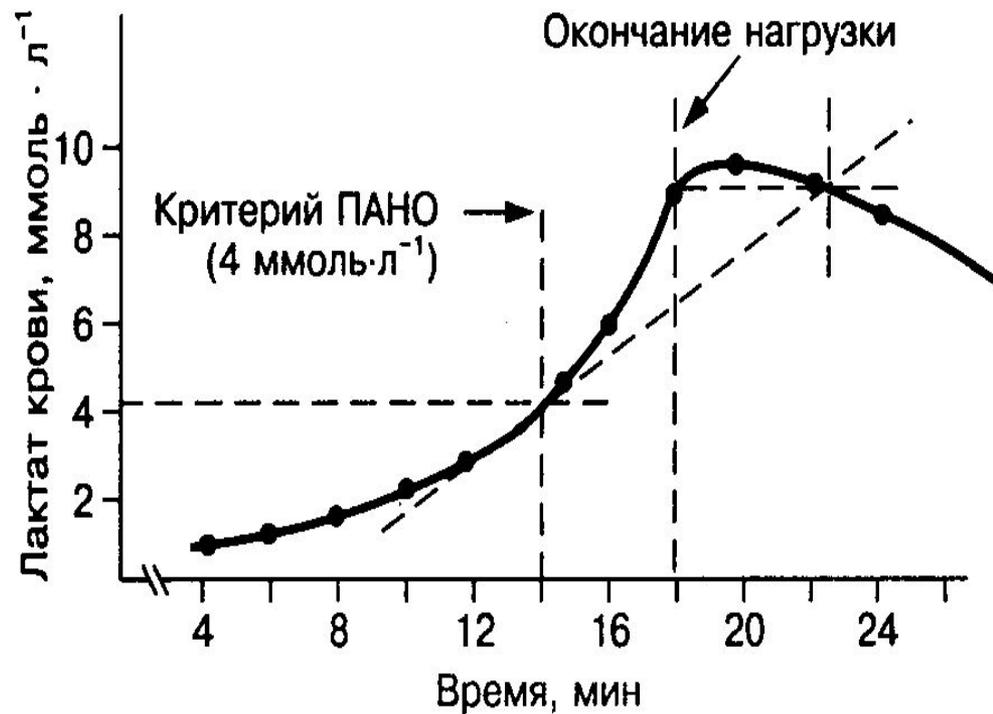


Биохимические показатели крови	Покой	Работа в зонах мощности			
		максимальной	субмаксимальной	большой	умеренной
Лактат, ммоль/л	0,5-1,0	До 10-16	До 20-25	8,9-16,6	4,0-5,5
pH	7,36-7,42	7,2-7,3	До 6,9-7,0	7,3	Не измен.
Снижение щелочного резерва, %	Норма	-40	-60	-12	Незначит. измен.
Глюкоза, ммоль/л	3,3-6,0	До 7-8	До 10-13	Незначит. измен.	Возможно снижение до 2,2-2,7
Мочевина, ммоль/л	2,5-8,0	Не измен.	Возможно повышение до 10-13 <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Physiology of Energy</div>		

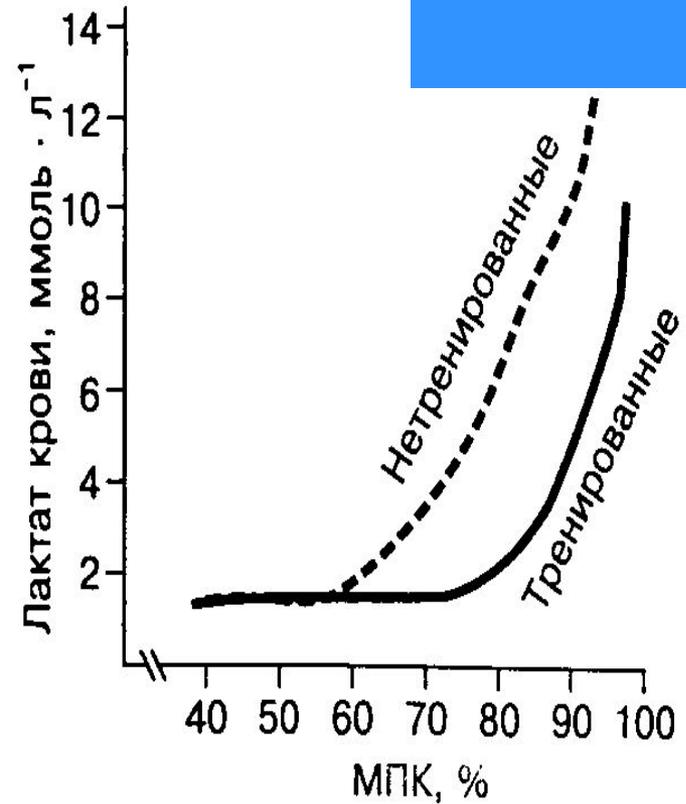


Режим работы (состояние организма)	Вид физическ ой нагрузки	Энерготрат ы, кДж/с	Лактат крови, ммоль/л	Энергетичес кий процесс
Покой	—	0,10-0,12	0,5-1,0	Аэробный
Мощность ПАО	Легкий бег (2,73 м/с)	0,5-1,0	2,0-2,5	Аэробный
Мощность ПАНО	Марафон (5,0-5,4 м/с)	1,5-1,8	4,0-4,5	Аэробный
Максимальная мощность: аэробная (100% МПК)	Бег 1500м (7, 17,5 м/с)	4,0-4,5	До 12-15	Аэробный и гликолиз
гликолитическая	Бег 400-800 м (8,5-9,0 м/с)	6,3-7,0	До 20-25	Гликолиз
анаэробная	Бег 60-100 м (10 м/с)	До 8,0-8,2	До 6,0-8,0	Алактатный (АТФ + КФ)

Physiology of Energy



а



б

Рис. 127

Определение анаэробного порога по излому кривой накопления лактата при физической нагрузке возрастающей интенсивности (а), изменение анаэробного порога при тренировке на выносливость (б)