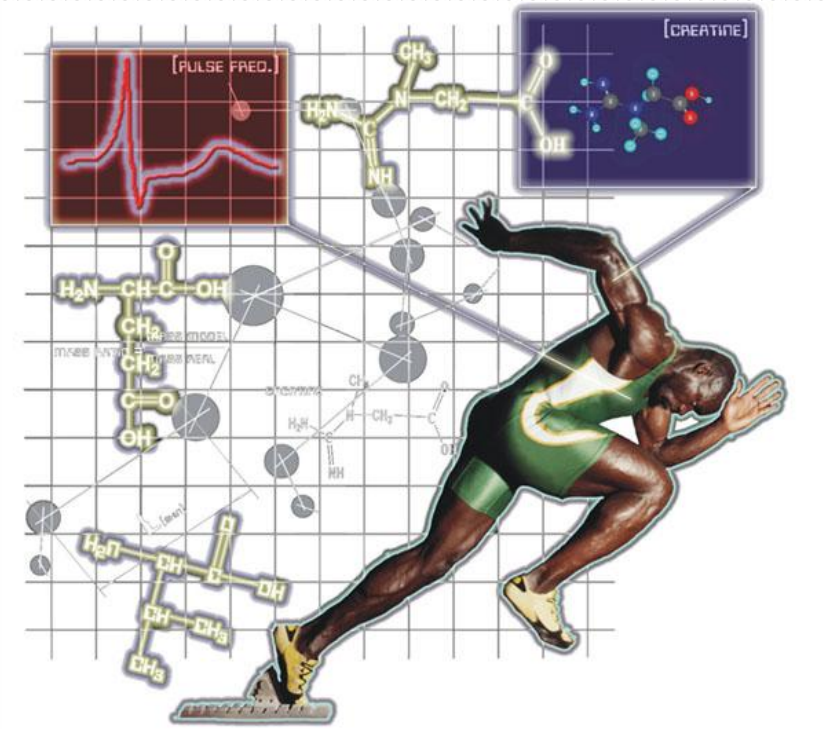
БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



Виды работы в организме человека

- ***Химическая работа*** - синтез высокомолекулярных соединений из низкомолекулярных, а также протекание химических реакций. Синтез белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов протекают с изменением энергии и совершением работы.
- ***Механическая работа*** - перемещение частей и органов тела против механических сил. Механическая работа также совершается мышцами при их сокращении.
- ***Осмотическая работа*** - перенос различных веществ через мембраны или мембранную оболочку из области низкой концентрации этих веществ в область более высокой концентрации.
- ***Электрическая работа*** - перенос заряженных частиц (ионов) в электрическом поле. В организме электрическая работа совершается при генерировании клетками биопотенциалов и проведении возбуждения по клеткам.

Энергетические запасы организма человека в норме

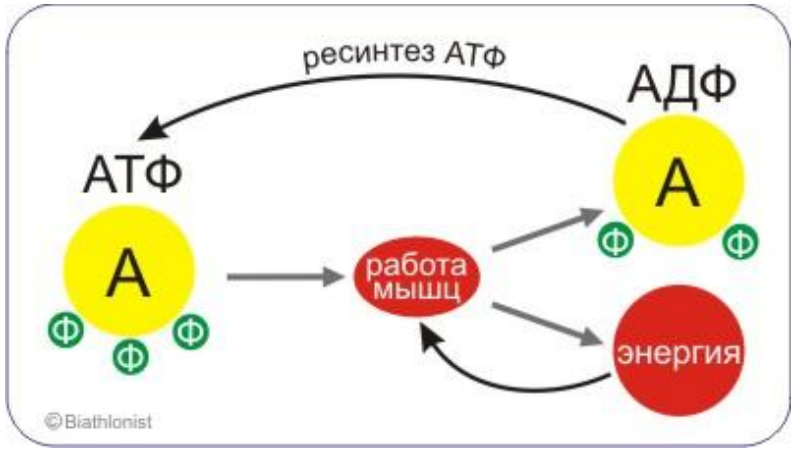
Источник энергии	Энергетическая ценность, кДж/г	Концентрация в ткани	Масса ткани	Запас энергии, кДж
Гликоген скелетных мышц	17	18 г/кг	28 кг	8440
Гликоген печени	17	70 г/кг	2 кг	2345
Глюкоза крови	17	1 г/кг	5 л	84
Триглицериды жировой ткани	38	900 г/кг	10 кг	339000
Триглицериды мышц	38	9 г/кг	28 кг	9496
Триглицериды и свободные ВЖК крови	38	1 г/л	5 л	188

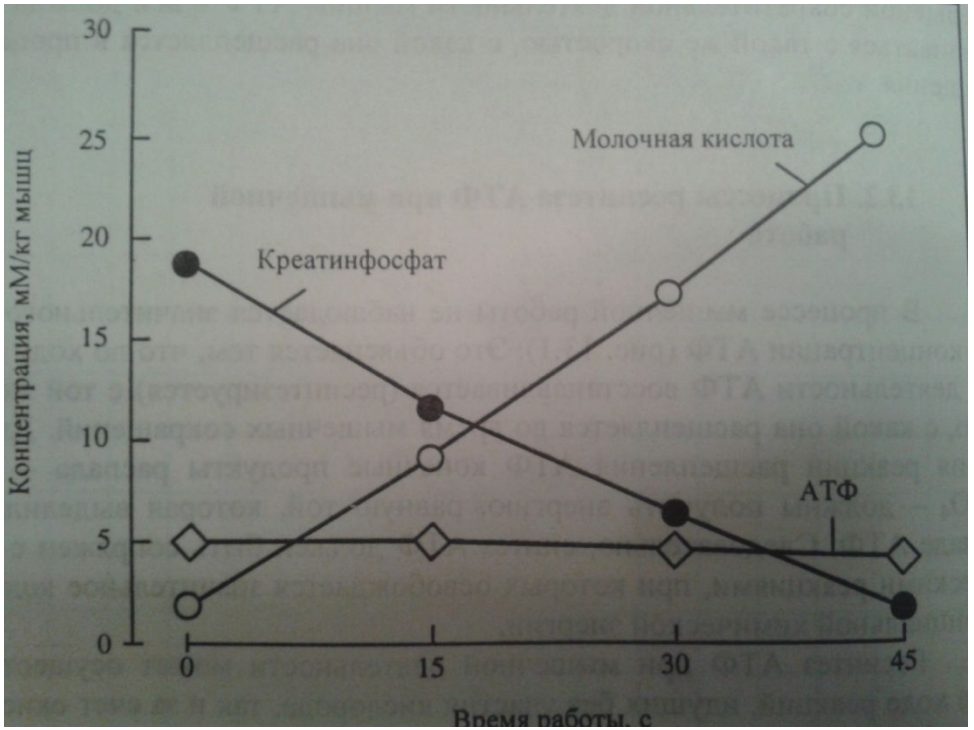
Анализ изменений в метаболизме тренированного организма по сравнению с нетренированным позволяет выявить три основных отличия:

- 1) **повышение запасов энергетических ресурсов** как в скелетных мышцах, так и в других тканях и органах;
- 2) **расширение потенциальных возможностей ферментных систем**;
- 3) **совершенствование механизмов регуляции обмена веществ** с участием нервной и эндокринной систем.
- Многолетние регулярные тренировки приводят к тому, что организм приобретает способность накапливать внутримышечные источники энергии, креатинфосфат и гликоген, в больших количествах. Кроме того, в тренированном организме наблюдается повышение активности ферментов *гликолиза*, *цикла Кребса, окисления высокомолекулярных жирных кислот, электронтранспортной цепи.* Все эти изменения способствуют более быстрому и более длительному пополнению запасов АТФ. В то же время в тренированном организме повышается и активность ферментов, участвующих в гидролизе АТФ во время мышечного сокращения, а также ферментов, катализирующих ее *ресинтез*.

Для нормальной работы мышцы концентрация АТФ должна быть в пределах от 2 до 5 мМ

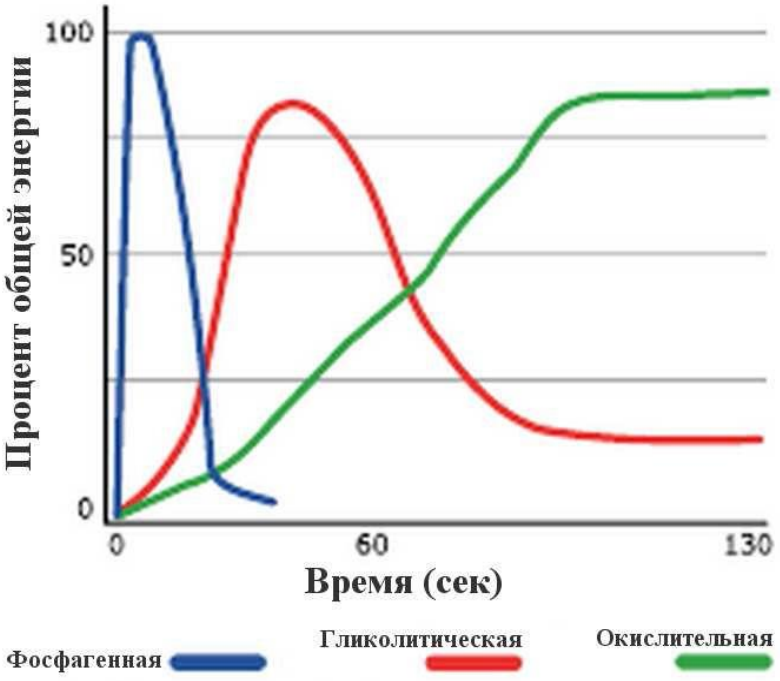
- $АТФ = АДФ + H_3PO_4 + 10$ ккал Q
- Запасов АТФ хватает на 1 -2 с работы, при недостатке АТФ – контрактура, а при избытке – теряется мышечная эластичность!
- Концентрация АТФ при работе поддерживается за счет механизмов ресинтеза на относительно стабильном уровне!





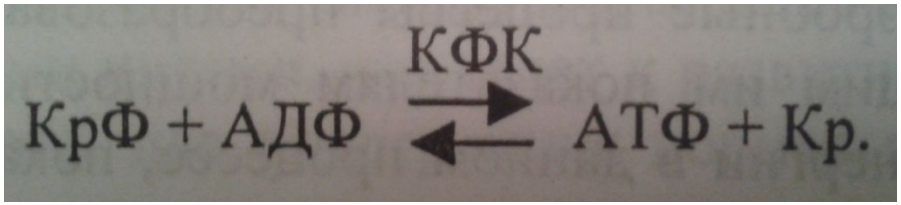
Ресинтез АТФ идет за счет анаэробных и аэробных процессов, соотношение которых зависит от интенсивности и продолжительности работы

- Анаэробные (*при выполнении кратковременных упражнений высокой интенсивности*):
- Креатинфосфокиназная реакция
- (фосфагенный, или алактатный процесс)
- Миокиназная (аденилатциклазная) реакция
- Гликолиз (лактацидный анаэробный процесс)

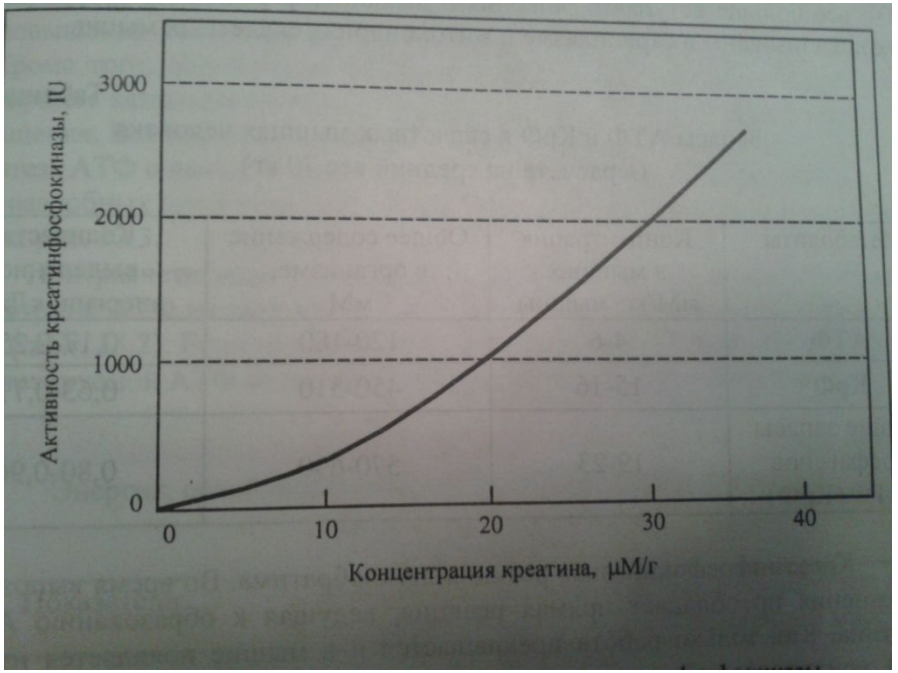


- Ресинтез АТФ в аэробном процессе (*при длительной работе умеренной интенсивности*)

Ресинтез АТФ в креатинфосфокиназной реакции

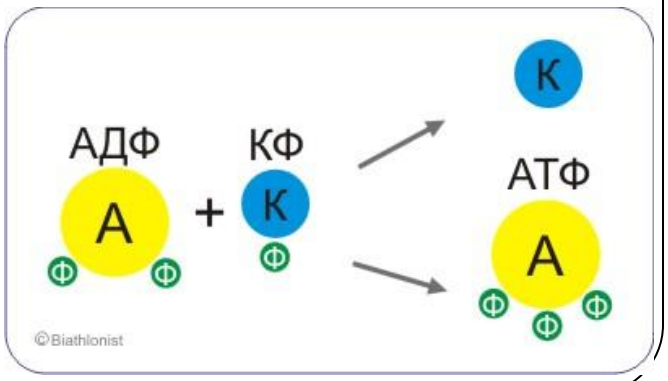


- Наивысшей скорости достигает на 2-й с после начала работы, резко угнетается при ацидозе, Ионы кальция активируют процесс, протекает с максимальной скоростью до тех пор, пока не будут исчерпаны запасы КрФ



Креатинкиназная реакция

- Скорость расщепления креатинфосфата в работающей мышце прямо пропорциональна интенсивности выполняемой работы и величине мышечного напряжения. Креатинфосфатная реакция служит для предотвращения быстрого истощения запаса АТФ, причем за 1 минуту интенсивной мышечной работы расходуется 70% креатинфосфата. После того, как запасы креатинфосфата в мышцах будут исчерпаны примерно на одну треть, скорость креатинкиназной реакции снижается и включаются другие процессы ресинтеза АТФ.
- Креатинкиназная реакция играет основную роль в энергетическом обеспечении кратковременной и интенсивной мышечной активности, такой, как бег на короткие дистанции, прыжки, метания, тяжелоатлетические упражнения.
- **Составляет биохимическую основу локальной мышечной выносливости!**



Миокиназная реакция

- АДФ + АДФ = АТФ + АМФ

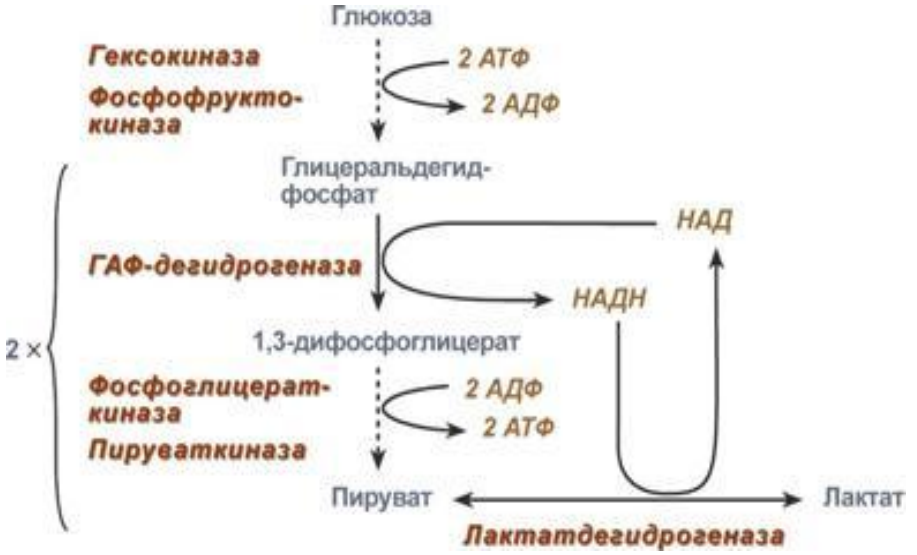
- При значительном увеличении концентрации АДФ в саркоплазме происходит **миокиназная реакция,** представляющая собой образование одной молекулы АТФ и одной молекулы АМФ из двух молекул АДФ под действием фермента миоаденилаткиназы**.**
- Условия для инициации миокиназной реакции возникают при выраженном мышечном *утомлении*, поэтому ее следует рассматривать как своего рода «аварийный механизм». Эта реакция мало эффективна, так как из двух молекул АДФ образуется только одна молекула АТФ. Увеличение концентрации АМФ вследствие миокиназной реакции приводит к активации ферментов гликолиза и к повышению ресинтеза АТФ.

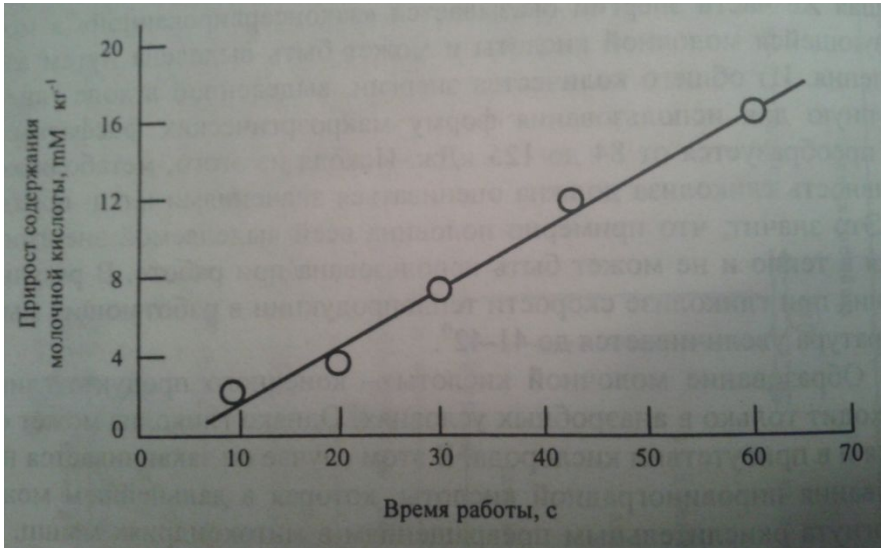
Ресинтез АТФ в процессе гликолиза

- **Гликолиз,** многостадийный процесс анаэробного окисления молекулы глюкозы до двух молекул молочной кислоты (или двух молекул пировиноградной кислоты), сопровождающийся синтезом двух молекул АТФ. Ферменты, катализирующие реакции гликолиза (***фосфорилаза, гексокиназа***), локализованы в саркоплазме и активируются при повышении внутриклеточной концентрации АДФ и фосфорной кислоты.
- Энергетический эффект гликолиза невелик, кроме того примерно половина энергии, выделяемой в этом процессе, превращается в тепло и не может быть использована при мышечной работе; при этом температура мышц повышается до 41-42°С.
- Гликолиз, таким образом, способен быстро поставлять энергию. Источником глюкозы при этом служит запасенный в мышцах гликоген.

Ресинтез АТФ в процессе гликолиза

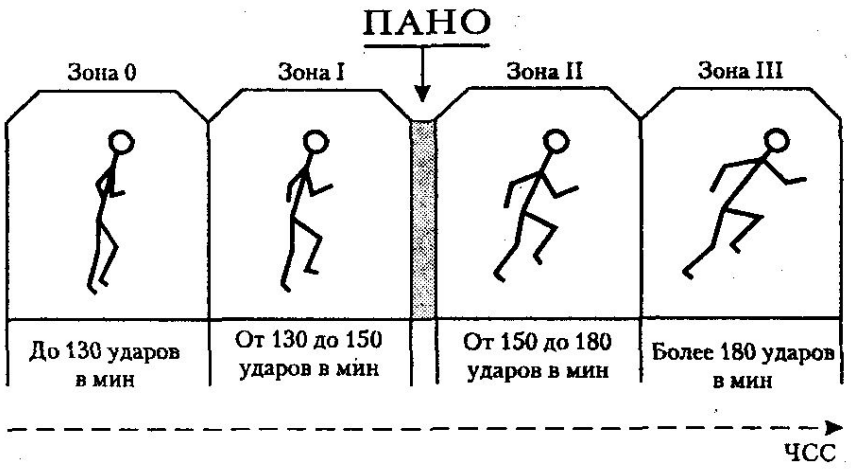
- Конечный продукт гликолиза, – **молочная кислота** – накапливается в мышцах и вызывает понижение pH внутриклеточной среды, что вызывает активацию ферментов дыхательной цепи митохондрий и угнетение миозиновой АТФ-азы.
- *Гликолиз играет важную роль в энергообеспечении упражнений, продолжительность которых составляет от 30 до 150 с.* К ним относятся бег на средние дистанции, плавание на 100 и 200 м, велосипедные гонки на треке и др. За счет гликолиза совершаются длительные ускорения по ходу упражнения и на финише дистанции (**основа скоростной выносливости**).





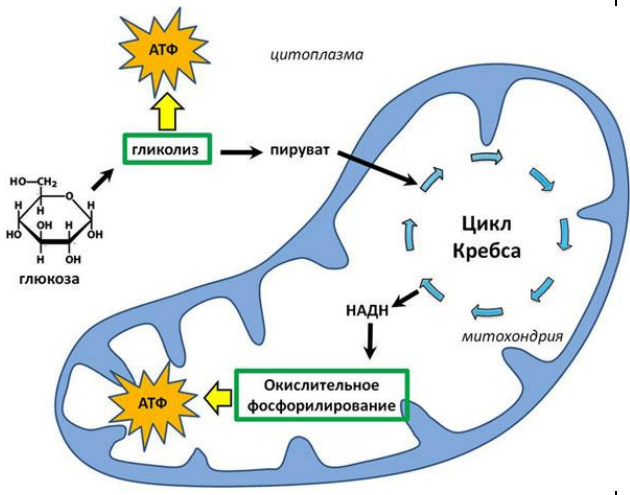
Молочная кислота легко проходит через клеточные мембраны

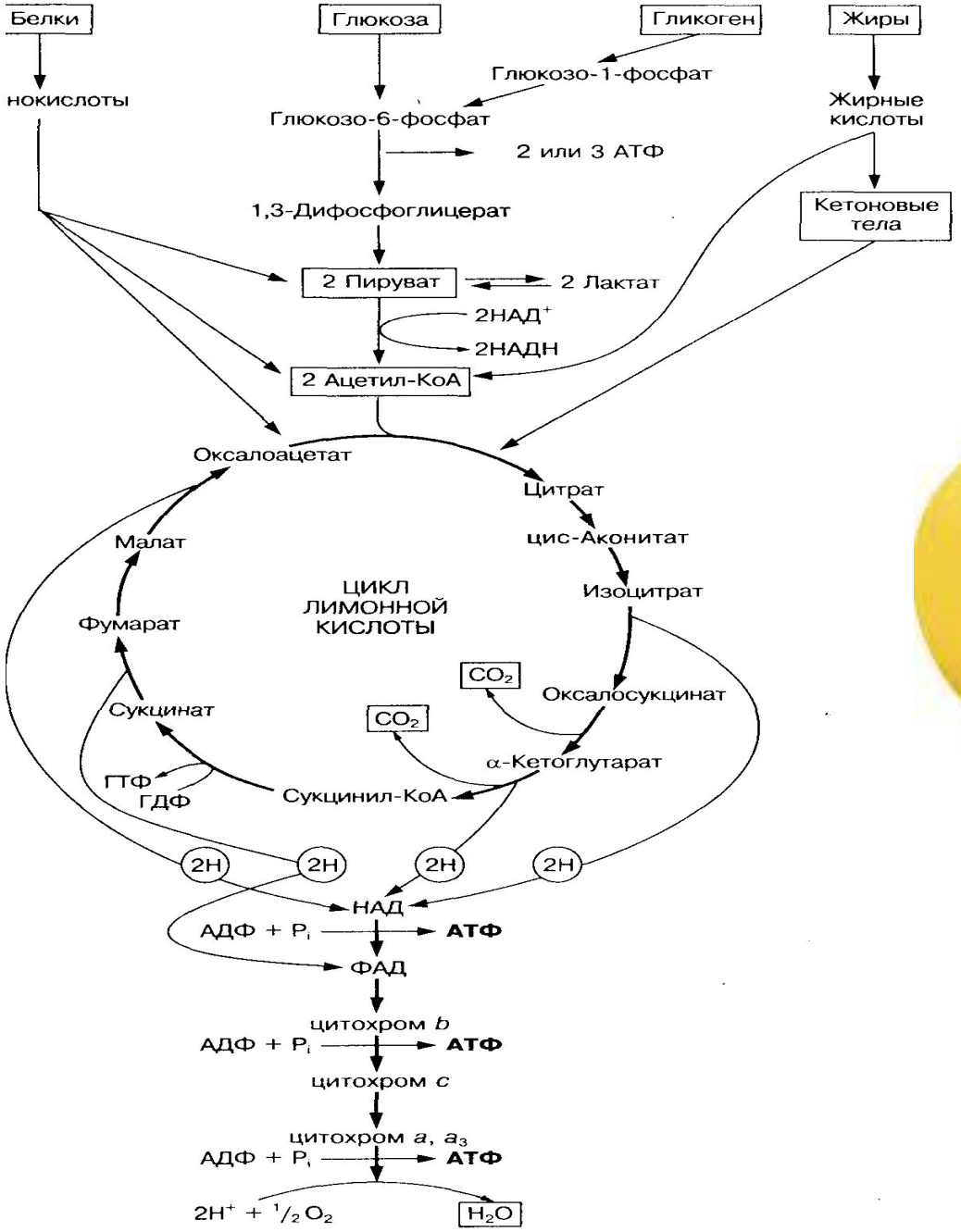
- $NaCO_3 + CH_3CH/CH/COOH = CH_3CH/OH/COONa + H_2O + CO_2$
- Это приводит к выделению CO_2 , что вместе с H^+ активируют дыхательный центр, резко усиливается вентиляция и поставка O_2 к работающим мышцам.
- Накопление «кислых» продуктов в мышцах происходит, когда интенсивность упражнения составляет 50% от максимальной аэробной мощности, этот уровень нагрузки – «порог анаэробного обмена». Чем раньше он достигнут, тем быстрее развивается утомление.

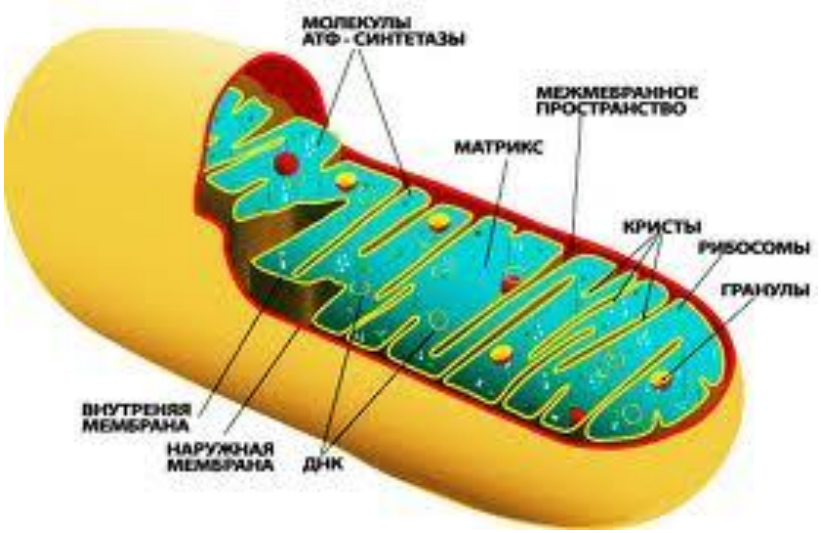


Ресинтез АТФ в аэробных условиях

- Наиболее эффективным процессом ресинтеза АТФ является **клеточное дыхание**, происходящее в митохондриях. Его конечным результатом является полное окисление двух молекул глюкозы до углекислого газа и воды и синтез 38 молекул АТФ. Начальным этапом полного окисления глюкозы является гликолиз, происходящий в саркоплазме, затем следует цикл Кребса, протекающий в матриксе митохондрий, и завершающим этапом является окислительное фосфорилирование на электронтранспортной цепи внутренней митохондиральной мембраны.
- Существует система активного транспорта АТФ из матрикса в межмембранное пространство митохондрий, осуществляемая специальной транслоказой. В межмембранном пространстве АТФ вступает во взаимодействие с креатином, катализируемое митохондриальной креатинкиназой, локализованной на внешней мембране митохондрий. Образующийся креатинфосфат снова переходит в саркоплазму, где происходит креатинфосфатная реакция и синтезируется АТФ.




Белки
Глюкоза
Гликоген
Жиры
нокислоты
Глюкозо-1-фосфат
Глюкозо-6-фосфат
Жирные кислоты
2 или 3 АТФ
1,3-Дифосфоглицерат
Кетоновые тела
2 Пируват
2 Лактат
2НАД+
2НАДН
2 Ацетил-КоА
Оксалоацетат
Цитрат
цис-Аконитат
Малат
ЦИКЛ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ
Изоцитрат
Фумарат
CO2
Оксалосукцинат
Сукцинат
CO2
α-Кетоглутарат
ГТФ
ГДФ
Сукцинил-КоА
2Н
2Н
2Н
2Н
НАД
АДФ + Pi
АТФ
ФАД
цитохром b
АДФ + Pi
АТФ
цитохром c
цитохром a, a3
АДФ + Pi
АТФ
2H+ + 1/2 O2
H2O

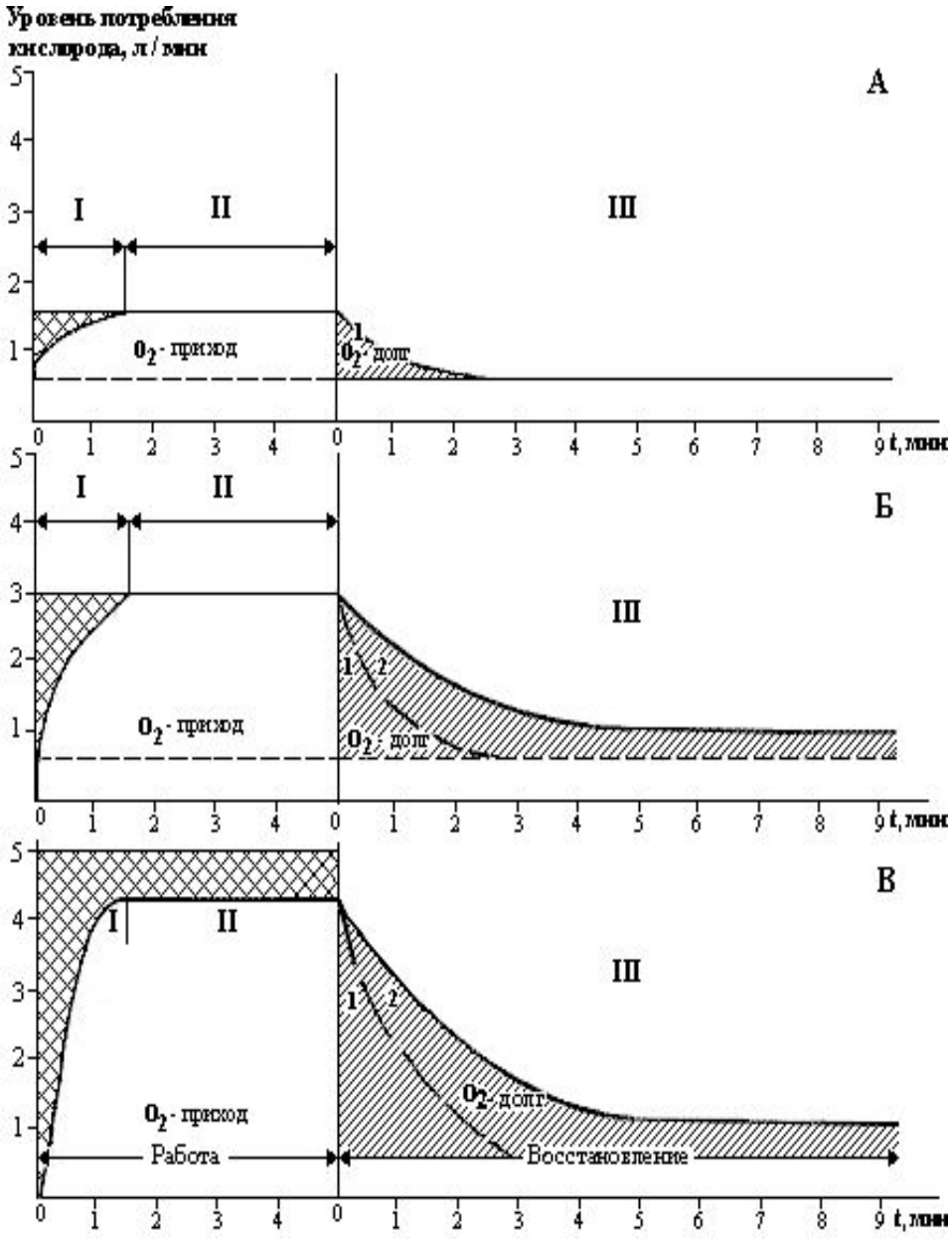

МОЛЕКУЛЫ АТФ-СИНТЕТАЗЫ
МЕЖМЕМБРАННОЕ ПРОСТРАНСТВО
МАТРИКС
КРИСТЫ
РИБОСОМЫ
ГРАНУЛЫ
ВНУТРЕННЯЯ МЕМБРАНА
НАРУЖНАЯ МЕМБРАНА
ДНК

Ресинтез АТФ в аэробных условиях

- Эффективность образования АТФ в процессе окислительного фосфорилирования зависит от снабжения мышцы кислородом. В работающей мышце запасы кислорода невелики: небольшое количество кислорода растворено в саркоплазме, часть находится в связанном с миоглобином состоянии. Основное обеспечение кислородом процесса окислительного фосфорилирования, происходящего в мышце, осуществляется за счет легочного дыхания и кровообращения. Для образования 1 моль АТФ в процессе окислительного фосфорилирования требуется 3,45 л кислорода. Такое количество кислорода потребляется в покое за 10-15 минут, а при интенсивной мышечной деятельности — за 1 минуту. В результате возникает **кислородная задолжность**, количество кислорода, которое требовалось, но не было получено организмом извне, за счет дыхания.
- Аэробная система способна служить источником энергии при длительных нагрузках при достаточном количестве дыхательного субстрата. Те виды спорта, в которых главное – выносливость, например марафон, бег трусцой или лыжные гонки по пересеченной местности, зависят почти целиком от аэробного ресинтеза АТФ.

Поглощение кислорода во время мышечной нагрузки и в период восстановления после нее





Кислородный долг всегда больше кислородного дефицита, и чем больше интенсивность и продолжительность работы, тем значительнее это различие!



Потребление кислорода при мышечной деятельности

- При переходе организма от состояния покоя к интенсивной мышечной деятельности во много раз возрастает потребность в кислороде.
- В крови взрослого человека содержится около 16 г гемоглобина. Подсчитано, что 100 г гемоглобина могут связать 134 мл кислорода (при 0°С и атмосферном давлении). Соответственно, **кислородная емкость крови** при полном насыщении кислородом составляет 21-22 мл кислорода на 100 мл крови. На способность гемоглобина связывать кислород оказывает влияние температура и pH крови: чем ниже температура и выше pH, тем больше кислорода может связать гемоглобин.
- Сердце в покое прокачивает 5-6 л крови в минуту, и, следовательно, переносит от легким к тканям 250-300 мл кислорода. Во время интенсивной мышечной работы объем перекачиваемой в минуту крови возрастает до 30-40 л, а количество переносимого кислорода – до 5-6 л/мин, т.е. увеличивается в 20 раз.

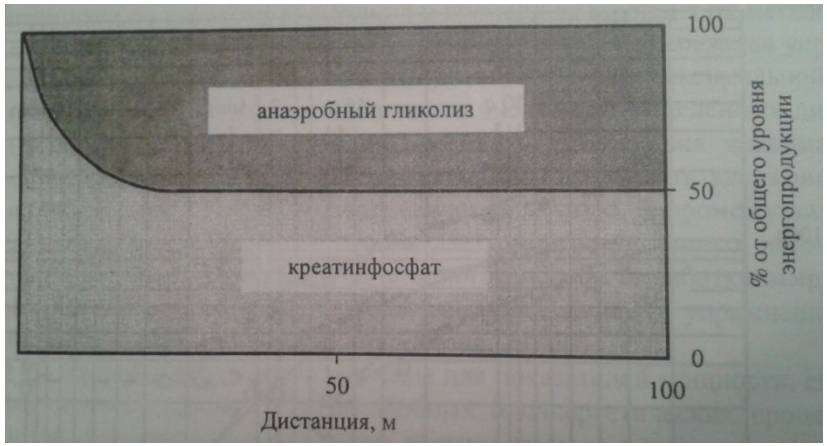


Потребление кислорода при мышечной деятельности

- При равномерной мышечной работе, когда частота сердечных сокращений (ЧСС) не превышает 150 ударов в минуту, скорость потребления кислорода возрастает до тех пор, пока не наступает устойчивое состояние метаболических процессов, при котором потребление кислорода достигает постоянного уровня и в каждый момент времени точно соответствует потребностям организма в нем. Такое устойчивое **состояние** называется **истинным**. Химически это состояние характеризуется резким преобладанием аэробного ресинтеза АТФ над анаэробным.
- При более интенсивной работе (ЧСС - 150-180 ударов в минуту) не наблюдается установления устойчивого состояния, и потребление кислорода может возрастать до максимально возможного значения (**МПК**). При этом может наблюдаться **ложное устойчивое состояние**, характеризующееся тем, что некоторое время потребление кислорода поддерживается на постоянном (максимальном) уровне.

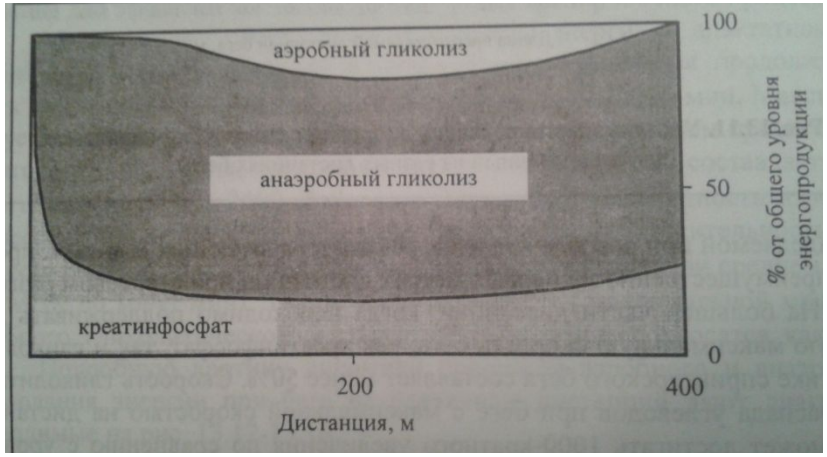
Соотношение процессов аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ в упражнениях различной мощности

- Источники энергии при беге на 100 м





- Источники энергии при беге на 400 м





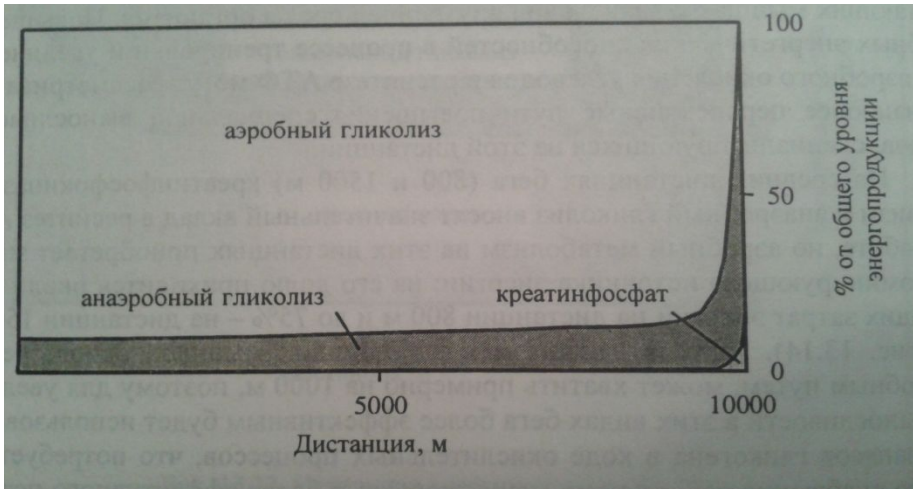
Соотношение процессов аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ в упражнениях различной мощности

- Источники энергии при беге на 1500 м





- Источники энергии при беге на 10.000 м





Источники энергии в марафонском беге

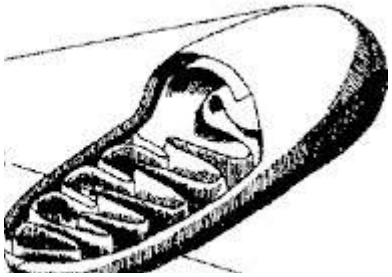




- * - момент, когда из-за исчерпания запасов гликогена в работающих мышцах резко усиливается окисление жиров

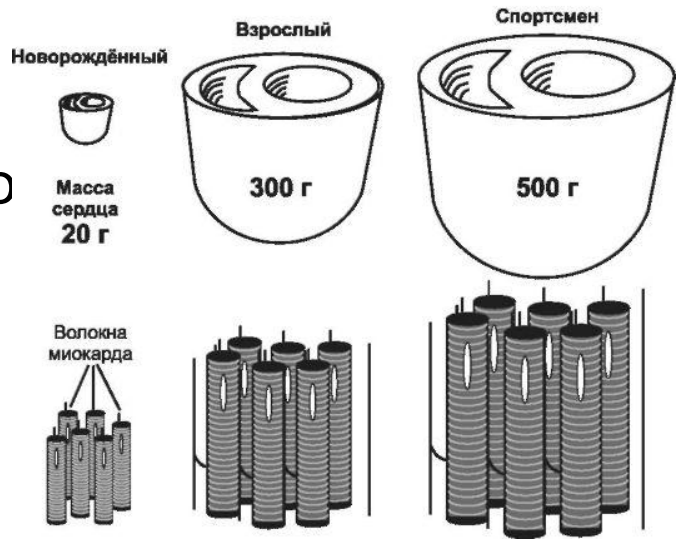
МПК

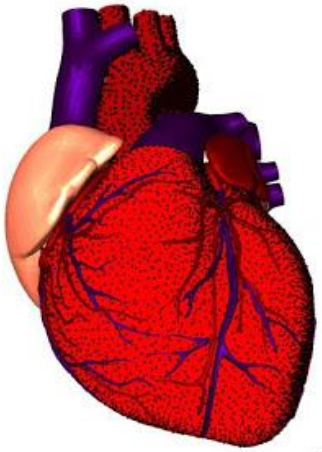
- Мощность аэробного энергообразования оценивается величиной МПК. Статистические данные указывают на то, что у мужчин в среднем МПК выше, чем у женщин. У спортсменов эта величина существенно выше, чем у людей нетренированных. Из спортсменов различных специальностей самые высокие значения МПК наблюдаются у *лыжников и бегунов на длинные дистанции.*
- Систематические физические нагрузки приводят к ***увеличению числа митохондрий*** в мышечных клетках, к возрастанию количества и активности ферментов дыхательной цепи. Это создает условия для более полного использования поступающего кислорода и более успешного энергообеспечения в тренированном организме.
- При регулярных тренировках увеличивается число сосудов, снабжающих мышцы кровью. При длительных тренировках кровеносная и дыхательная система адаптируются таким образом, что появляющаяся после первых упражнений кислородная задолжность в дальнейшем может быть полностью компенсирована. Способность мышц к продолжительной работе обычно зависит от скорости и эффективности поглощения и использования ими кислорода.



Адаптация сердца к физическим нагрузкам

- Увеличение массы сердца на 20-40% (гипертрофия)
- Рост капиллярной сети пропорционально массе
- Увеличение концентрации миоглобина (улучшение транспорта кислорода)
- В условиях покоя метаболизм миокарда снижен (брадикардия, снижение минутного объема сердца), экономичность его работы повышается на 15-20%
- При интенсивной нагрузке ЧСС растет в 3-4 раза, МОС – в 5-7 раз, в целом полезная производительность возрастает в 2 раза по сравнению с нетренированным сердцем

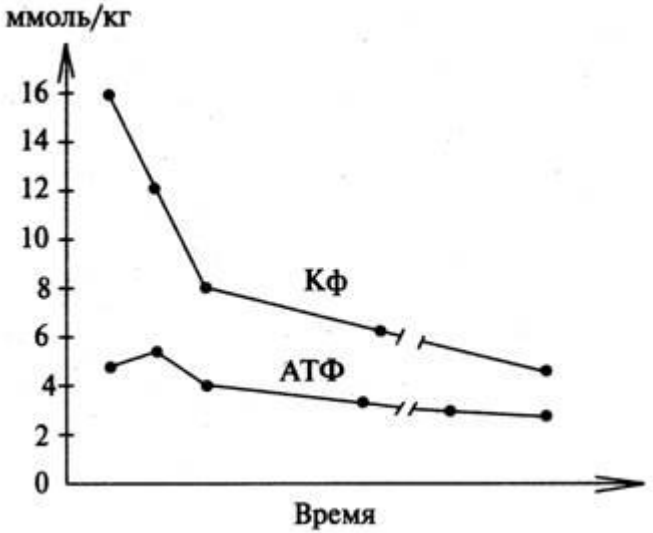




Благодарю за внимание



Содержание АТФ и креатинфосфата (К физической работе



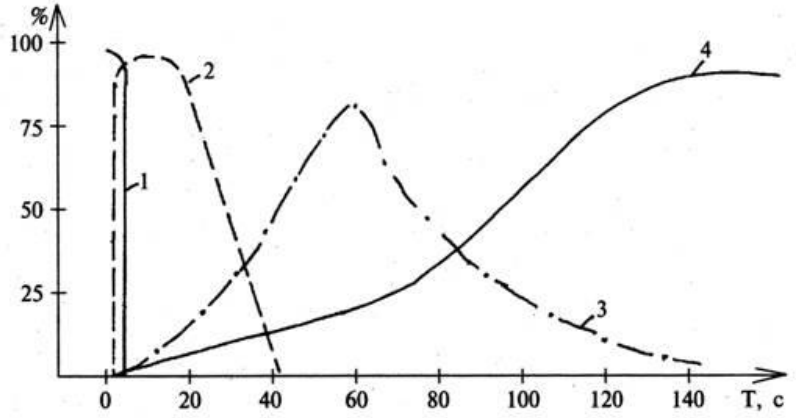
- Активация гликогенолиза идет на активности фермента гликогенф при длительных упражнениях за может оказаться недостаточно, г использоваться немышечные ис первую очередь, гликоген печени. Гликогенез в печени стимулируется гормонами – адреналином и глюкогоном. Глюкоза, образующаяся при гликогенезе в печени, кровотоком доставляется к работающим мышцам. В саркоплазме мышечных волокон происходит процесс гликолиза, большинство ферментов, участвующих в этом процессе связаны с актиновыми нитями миофибрилл. Накопление молочной кислоты в работающих мышцах стимулирует включение аэробных процессов энергообеспечения мышечной деятельности.

Классификация мышечной работы по биохимическим критериям

- В физиологии спорта принято различать и подразделять мышечную деятельность по зонам мощности: максимальная, субмаксимальная, высокая и умеренная. Существует также и другое подразделение мышечной работы в зависимости от основных механизмов энергообеспечения: в анаэробной, в смешанной и в аэробной зоне энергообеспечения.
- Во всякой мышечной работе прежде всего следует различать начальную (пусковую) ее фазу и продолжение. Время пусковой фазы зависит от интенсивности работы: чем продолжительнее работа, тем интенсивнее пусковая фаза и тем резче выражены биохимические изменения в мышцах при ней.
- В первые секунды работы мышцы получают меньше кислорода, чем им необходимо. Кислородный дефицит тем больше, чем выше интенсивность работы и чем, соответственно, выше кислородный запрос. Поэтому в пусковой фаза ресинтез АТФ происходит исключительно анаэробным путем за счет креатинкиназной реакции и гликолиза.
- Если интенсивность мышечной работы максимальна, длительность, соответственно, кратковременна, то она заканчивается на этой пусковой фазе. В этом случае кислородный запрос будет неудовлетворен.
- При работе субмаксимальной интенсивности, но большей продолжительности биохимические изменения в пусковой фазе будут менее резки, а сама пусковая фаза укоротится. В этом случае потребление кислорода достигнет МПК (максимально возможных величин), но кислородный запрос все же не будет удовлетворен. В этих условиях организм испытывает кислородный дефицит. Значение креатинкиназного пути уменьшится, гликолиз будет идти достаточно интенсивно, однако уже будут включаться механизмы аэробного ресинтеза АТФ. В процесс гликолиза будет вовлекаться в основном глюкоза, приносимая кровью из печени, а не глюкоза, образующаяся из гликогена мышц.
- При мышечной работе еще меньшей интенсивности и большей длительности после кратковременной пусковой фазы преобладает ресинтез АТФ по аэробному механизму, что является следствием установления истинного равновесия между кислородным запросом и кислородным приходом. Происходит повышение и стабилизация уровня АТФ в мышечных волокнах, однако этот уровень ниже, чем в состоянии покоя. Кроме того, наблюдается некоторое повышения уровня креатинфосфата.
- Если в ходе продолжительной мышечной работы резко увеличить ее мощность, то наблюдаются те же явления, что и в пусковой фазе. Увеличение мощности работы закономерно влечет за собой увеличение кислородного запроса, который не может быть мгновенно удовлетворен. В результате происходит включение анаэробных механизмов ресинтеза АТФ.
- Рассмотрим временную последовательность включения различных путей ресинтеза АТФ. В первые 2-3 сек мышечной работы ее энергообеспечение осуществляется за счет расщепления АТФ мышц. С 3 по 20 секунды происходит ресинтез АТФ за счет расщепления креатинфосфата. Затем на 30-40 секунде от начала мышечной работы наибольшей интенсивности достигает гликолиз. Далее все большую роль в энергообеспечении начинают играть процессы окислительного фосфорилирования (рис. 10).

Участие различных источников энергии в энергообеспечении мышечной деятельности в зависимости от ее длительности: 1 – расщепление АТФ, 2 – распад креатинфосфата, 3 – гликолиз, 4 – аэробное окисление

- В первые секунды работы мышцы получают меньше кислорода, чем им необходимо. Кислородный дефицит тем больше, чем выше интенсивность работы и чем, соответственно, выше кислородный запрос. Поэтому в пусковой фаза ресинтез АТФ происходит исключительно анаэробным путем за счет креатинкиназной реакции и гликолиза.
- Если интенсивность мышечной работы максимальна, длительность, соответственно, кратковременна, то она заканчивается на этой пусковой фазе. В этом случае кислородный запрос будет неудовлетворен.
- При работе субмаксимальной интенсивности, но большей продолжительности биохимические изменения в пусковой фазе будут менее резки, а сама пусковая фаза укоротится. В этом случае потребление кислорода достигнет МПК (максимально возможных величин), но кислородный запрос все же не будет удовлетворен. В этих условиях организм испытывает кислородный дефицит. Значение креатинкиназного пути уменьшится, гликолиз будет идти достаточно интенсивно, однако уже будут включаться механизмы аэробного ресинтеза АТФ. В процесс гликолиза будет вовлекаться в основном глюкоза, приносимая кровью из печени, а не глюкоза, образующаяся из гликогена мышц.
- При мышечной работе еще меньшей инте
кратковременной пусковой фазы преобла
является следствием установления истин
кислородным приходом. Происходит повы
волокнах, однако этот уровень ниже, чем
повышения уровня креатинфосфата.

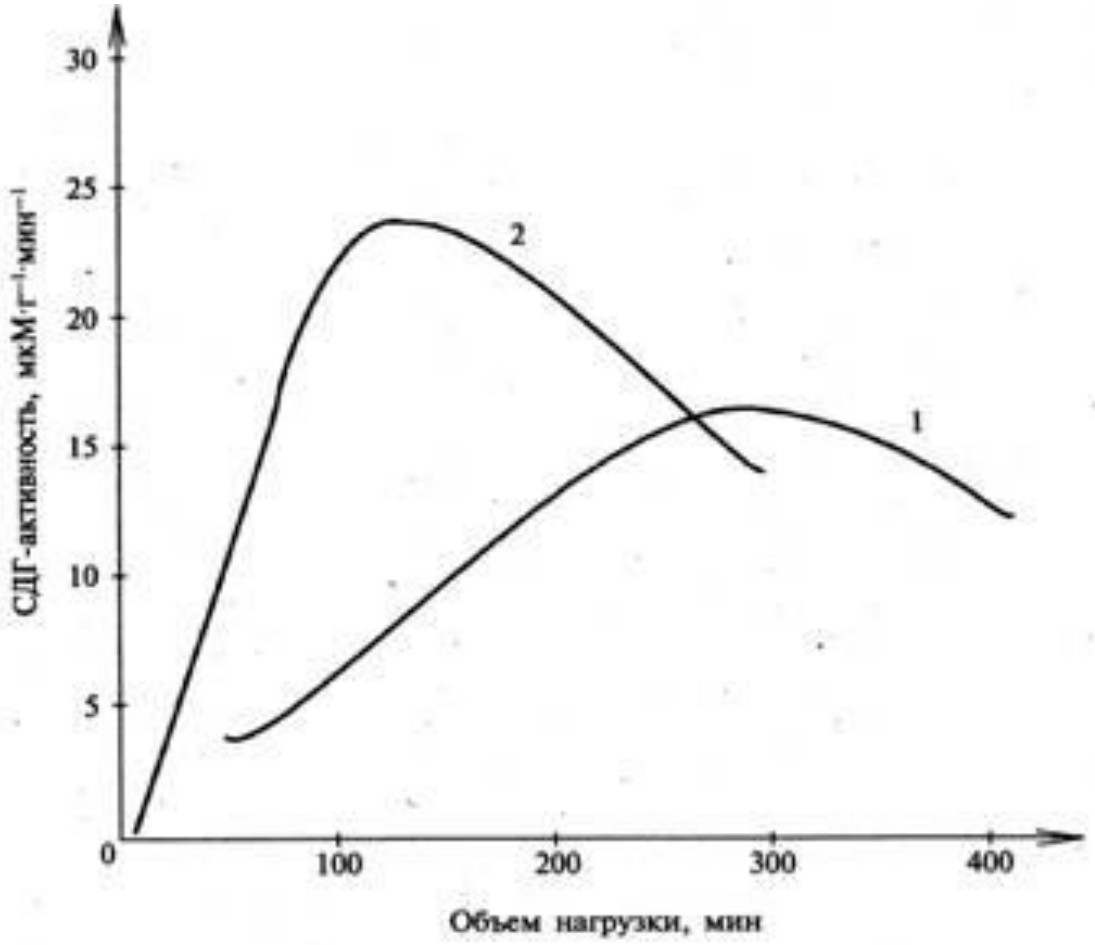


- Если в ходе продолжительной мышечной
же явления, что и в пусковой фазе. Увели
увеличение кислородного запроса, которь
происходит включение анаэробных механ
- Рассмотрим временную последовательно
2-3 сек мышечной работы ее энергообеспечение осуществляется за счет расщепления АТФ мышц. С 3 по 20 секунды происходит ресинтез АТФ за счет расщепления креатинфосфата. Затем на 30-40 секунде от начала мышечной работы наибольшей интенсивности достигает гликолиз. Далее все большую роль в энергообеспечении начинают играть процессы окислительного фосфорилирования

Зависимость биохимических изменений, происходящих в тренированном организме, от характера физической нагрузки

- В организме спортсменов преимущественно развиваются и совершенствуются те функциональные свойства, которые играют решающую роль для достижения наивысших результатов в данном виде спорта. Так, у спринтеров по сравнению с бегунами на длинные дистанции увеличивается емкость алактатной анаэробной системы, а также улучшается гликолитическая анаэробная способность, что проявляется в способности организма противостоять накоплению максимального количества молочной кислоты при работе. У стайеров в большей степени увеличиваются показатели аэробной мощности, что выражается в меньшем уровне молочной кислоты при стандартной работе.
- Многолетние тренировки влияют на развитие различных мышечных волокон. При преимущественном занятии кратковременными скоростно-силовыми упражнениями происходит гипертрофия быстро сокращающихся белых волокон. Применение продолжительных упражнений создает условия для гипертрофии медленно сокращающихся красных волокон.
- Выбор определенного режима тренировки, как и интенсивность применяемой нагрузки, оказывает прямое влияние на характер биохимических изменений в скелетных мышцах. На рисунке 17 показана зависимость активности одного из ключевых ферментов цикла Кребса, сукцинатдегидрогеназы, от интенсивности нагрузки. Уровень активности данного фермента повышается при повышении нагрузки на определенном интервале, а затем при очень больших нагрузках происходит падение его активности. Кривая 1 получена в условиях длительной непрерывной тренировки, а кривая 2 – в условиях интервальной работы. Видно, что наибольшая активность сукцинатдегидрогеназы наблюдается при интервальной работе.

Изменение активности сукцинатдегидрогеназы (СДГ) в скелетных мышцах ног в период непрерывной (1) и интервальной (2) тренировки в беге



- Под влиянием скоростных упражнений существенно увеличивается масса мышц и толщина мышечных волокон за счет повышения количества белков миофибрилл. Повышается содержание белков саркоплазмы, миозина и миоглобина, а также саркоплазматического ретикулума. Число митохондрий и их плотность возрастают, но в меньшей мере, чем при упражнениях на выносливость. Увеличивается содержание креатинфосфата, возрастает активность креатинкиназы, фосфорилазы, ферментов гликолиза, что означает повышение возможности анаэробного ресинтеза АТФ. Возможности аэробного ресинтеза АТФ также увеличиваются, но в меньшей степени, чем при упражнениях на выносливость.
- При тренировке с использованием силовых упражнений происходят те же биохимические сдвиги, что и при тренировке с использованием скоростных упражнений, но эти изменения более выражены. Происходит увеличение мышечной массы, возрастает толщина мышечных волокон, наблюдается повышение содержания белков миофибрилл и саркоплазматического ретикулума. Заметно повышается активность миозиновой АТФ-азы и поглощение катионов кальция саркоплазматическим ретикулумом. Данные изменения позволяют ускорить процессы мышечного сокращения и расслабления, а также увеличить мышечную силу при сокращении.

Существуют определенные ***принципы питания спортсменов***, которых необходимо придерживаться как в период тренировок и соревнований, так и в домашних условиях:

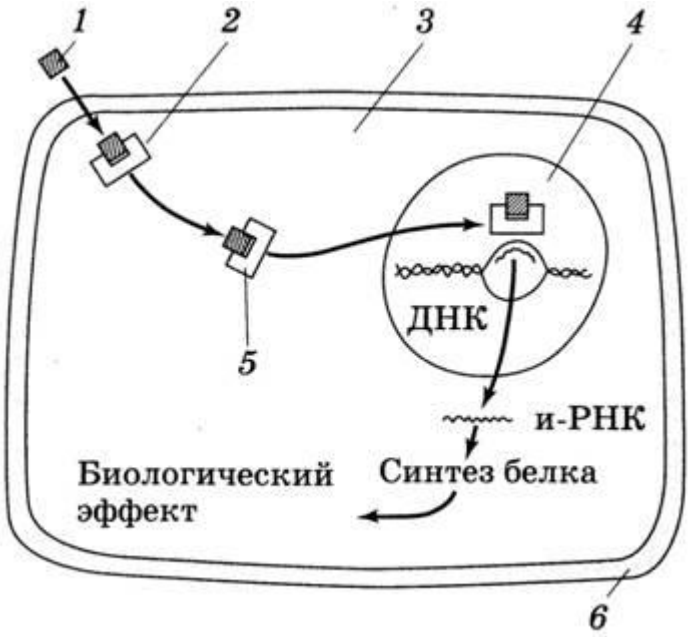
- 1. Энергетическая ценность пищевого рациона (его калорийность) должна соответствовать энергетическим затратам организма в процессе выполнения физических нагрузок. При составлении пищевого рациона учитывается калорическая ценность питательных веществ, которая приводится в специальных таблицах, где указано процентное содержание белков, жиров и углеводов в данном питательном продукте и калорийность 100 г продукта
- 2. Соблюдение сбалансированности питания применительно к определенным видам спорта и интенсивности физических нагрузок. В пищевом рационе должно содержаться оптимальное для данной группы спортсменов количество белков, жиров и углеводов. Пищевой рацион должен полностью удовлетворять потребность организма в витаминах, минеральных солях и воде, а также содержать все незаменимые аминокислоты.
- 3. Необходимо учитывать правильное распределение калорийности рациона по отдельным приемам пищи. Первый завтрак должен содержать примерно 25-30% всего суточного рациона, второй завтрак –10-15%, обед – 40-45%, ужин –15-20%.
- 4. Выбор адекватных форм питания в период интенсивных и длительных нагрузок, непосредственной подготовки к соревнованиям, самих соревнований и последующего восстановительного периода.
- 5. Использование пищевых веществ для активации и регуляции внутриклеточных метаболических процессов в различных органах и тканях.
- 6. Создание с помощью пищевых веществ необходимого метаболического фонда для синтеза и реализации действия гормонов, регулирующих ключевые реакции метаболизма.
- 7. Разнообразие пищевого рациона за счет использования широкого ассортимента продуктов питания и применения разных приемов их кулинарной обработки – в целях оптимального обеспечения организма спортсмена всеми необходимыми пищевыми веществами и повышения эмоционального настроя, связанного с приемом пищи.
- 8. Включение в рационы биологически полноценных и быстроперевариваючихся блюд, не обременяющих пищеварительный тракт.
- 9. Использование пищевых факторов для повышения скорости наращивания мышечной массы и увеличения силы, а также для регуляции массы тела в зависимости от весовой категории спортсмена.
- 10. Индивидуализация питания в зависимости от антропометрических, физиологических и метаболических характеристик спортсмена, состояния его пищеварительной системы, его личных вкусов и привычек.

Пептидные гормоны, используемые для оценки функционального состояния спортсменов

- Гормон
- Концентрация в 1 мл крови в норме
- Место синтеза
- Биологическое действие
- Вазопрессин
- до 4 пг
- Нейроны гипоталамуса; поступают в кровь в задней доли гипофиза
- Регулирует водно-электролитный обмен
- Глюкогон
- 70-80 нг
- Поджелудочная железа
- Стимулирует распад гликогена с образованием глюкозы
- Инсулин
- 1-1,5 нг
- Поджелудочная железа
- Стимулирует переход глюкозы в ткани; регулирует метаболизм углеводов, жиров и белков
- Кальцитонин
- 50-200 пг
- Щитовидная и паращитовидная железа
- Препятствует удалению кальция из костей
- Паратгормон
- 0,3-0,5 нг
- Паращитовидная железа
- Стимулирует повышение концентрации кальция в крови, влияет на кости и почки
- Соматотропин
- 1-6 нг
- Передняя доля гипофиза
- Контролирует процессы роста

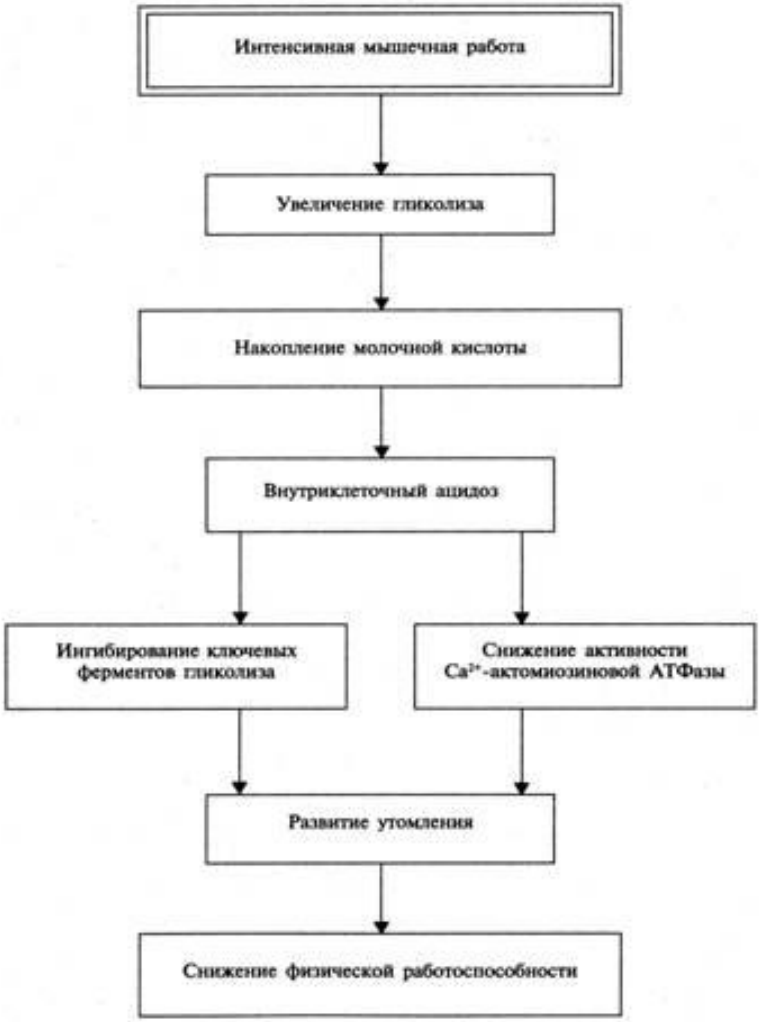
Стероидные гормоны, используемые для оценки функционального состояния спортсменов

- Гормон
- Концентрация в
- 1 мл крови в норме
- Место синтеза
- Биологическое действие
- Альдостерон
- 20-100 пг
- Кора надпочечников
- Регулирует водно-солевой обмен
- Гидрокортизон
- 50-100 нг
- Кора надпочечников
- Регулирует гликогенез и распад белков в скелетных мышцах
- Кортикостерон
- 1,3-23 нг
- Кора надпочечников
- Регулирует гликогенез и распад белков в скелетных мышцах
- Тестостерон
- Семенники и кора надпочечников
- Регулирует сперматогенез и имеет общее анаболическое действие
- мужчины
- 3-13 нг
- женщины
- 0,1-0,3 нг



- Стероидные гормоны, обладающие анаболическим действием, т.е. стимулирующие процессы биосинтеза, применяются в качестве биологических стимуляторов. Впервые эти соединения стали применяться в медицине для лечения некоторых заболеваний и восстановления в послеоперационный период, для повышения скорости анаболических процессов, в частности восстановления тканей.
- В спорте анаболические стероиды стали широко применяться в 50-е годы. Сначала их стали применять тяжелоатлеты и культуристы, а затем - метатели и толкатели. Регулярное применение анаболических стероидов оказалось довольно эффективным и приводило к существенному улучшению спортивных показателей.
- Все стероиды обладают андрогенным действием, поэтому анаболические стероиды при регулярном применении оказывают в той или иной степени угнетающее влияние на деятельность мужских половых железа по механизму обратной связи (чем больше андрогена вводится в организм, тем меньше его синтезируется в самом организме). Таким образом, регулярное применение анаболических стероидов влечет за собой нарушение нормальной половой жизни. Естественным образом женщины более чувствительны к таким препаратам. Показано, что введение тестостерона новорожденным самкам крысы вызывает у них в дальнейшем мужской тип поведения и бесплодие.
- Анаболические стероиды влияют на активность целого ряда ферментов, усиливая их синтез и изменяя метаболизм в целом, что может приводить к серьезным нарушениям обмена веществ. Кроме того, ряд стероидных гормонов вызывает существенное угнетение иммунных реакций. В литературе накоплены обширные данные о негативном влиянии анаболических стероидов на организм спортсменов.
- Широкое применение анаболических стероидов в большом спорте привело к включению этих препаратов в список допингов, так как их применение, с одной стороны, не совместимо с этическими принципами спорта, а с другой - оказывает явное отрицательное влияние на организм спортсменов.

Схема развития утомления при выполнении кратковременных максимальных физических нагрузок



Биохимические превращения в период восстановления после мышечной работы

- Во время отдыха после мышечной работы происходит восстановление нормальных (дорабочих) концентраций различных молекул как в мышечной ткани, так и в организме в целом. Во время мышечной работы преобладают реакции катаболизма, а во время отдыха происходит восстановление истраченных молекул в ходе анаболических процессов.
- Анаболические процессы нуждаются в затратах энергии в форме АТФ, поэтому наиболее выраженные изменения происходят в энергетическом обмене организма.
- Во время отдыха происходит ресинтез АТФ, креатинфосфата, гликогена, фосфолипидов, мышечных белков; нормализуется водно-электролитный баланс организма, происходит восстановление разрушенных клеточных структур.
- В зависимости от общей направленности биохимических сдвигов в организме и времени, необходимого для восстановления, выделяют два типа восстановительных процессов – срочное и отставленное восстановление.

- **Срочный тренировочный эффект** – это тот эффект, который определяется величиной и характером биохимических изменений в организме, происходящих непосредственно во время действия физической нагрузки и в период срочного восстановления (30-90 мин после окончания работы), когда идет ликвидация кислородной задолженности.
- **Отставленный тренировочный эффект** – это тот эффект, который наблюдается на поздних фазах восстановления после физической нагрузки, и в основе которого лежат процессы, направленные на восполнение энергетических ресурсов и ускоренное воспроизводство разрушенных при работе клеточных структур.
- **Кумулятивный тренировочный эффект** - это тот эффект, который возникает в результате последовательного суммирования следов многих нагрузок или большого числа срочных и отставленных эффектов. В основе кумулятивного тренировочного эффекта лежат биохимические изменения, определяемые усилением синтеза нуклеиновых кислот и белков и наблюдаемые в течение всего длительного периода тренировки. Кумулятивный тренировочный эффект выражается в приросте показателей работоспособности и улучшении спортивных достижений.

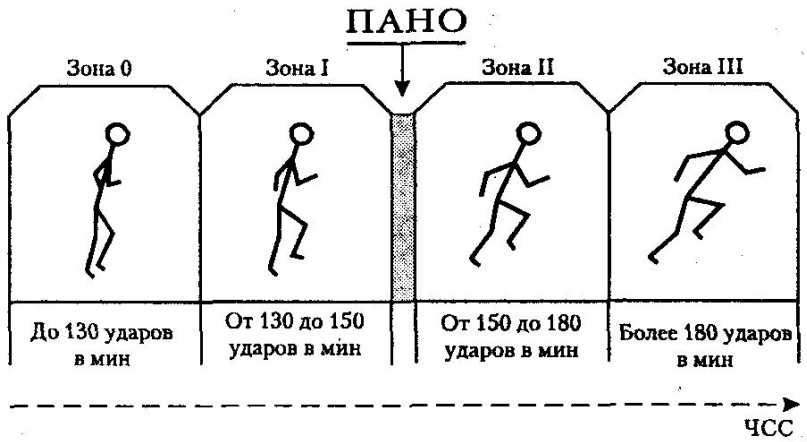
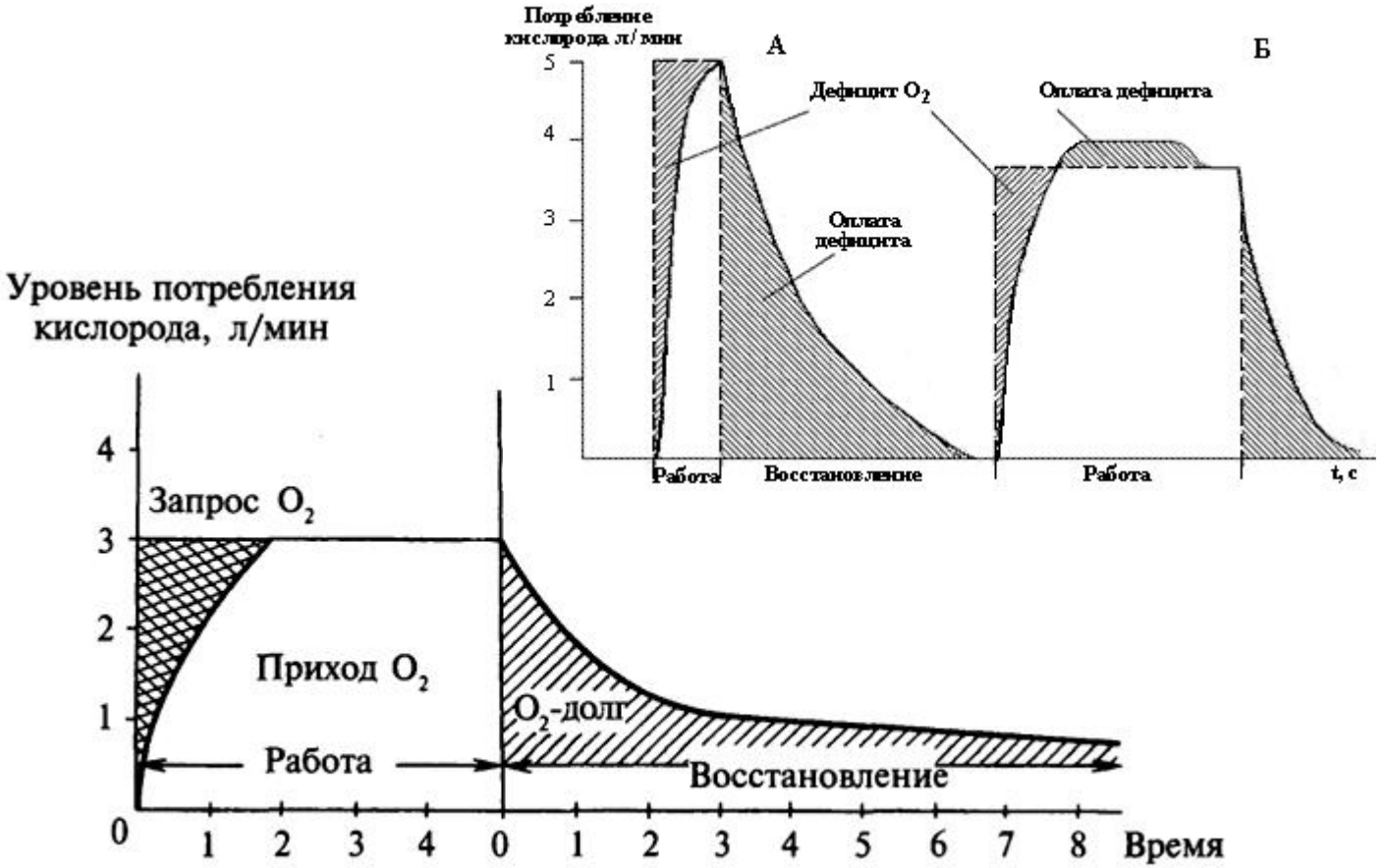


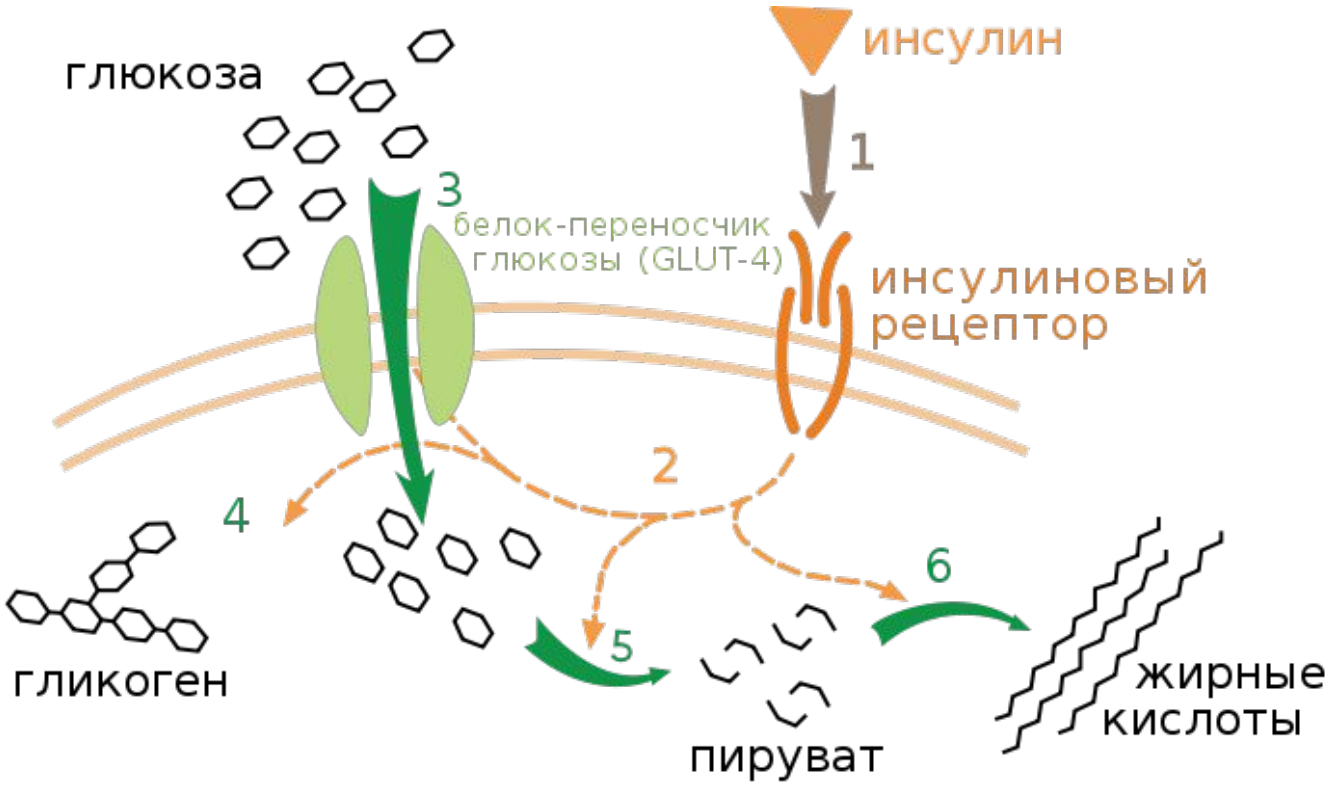
Рис. 5.12. Зоны интенсивности нагрузок по ЧСС:

0 — зона отдыха (или восстановления); *I* — первая тренировочная зона; *II* — вторая тренировочная зона; *III* — надкритическая зона; *ПАНО* — порог анаэробного обмена; *ЧСС* — частота сердечных сокращений

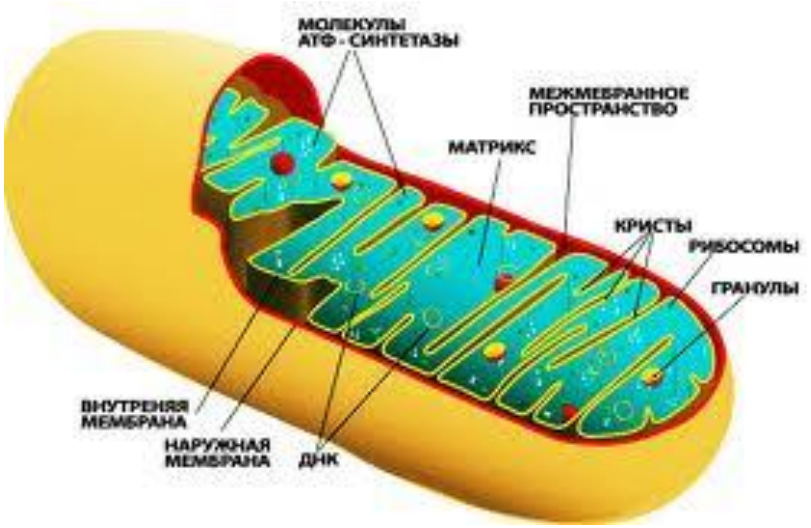
ТАБЛИЦА 1.8 — Расход энергии в различных видах спорта

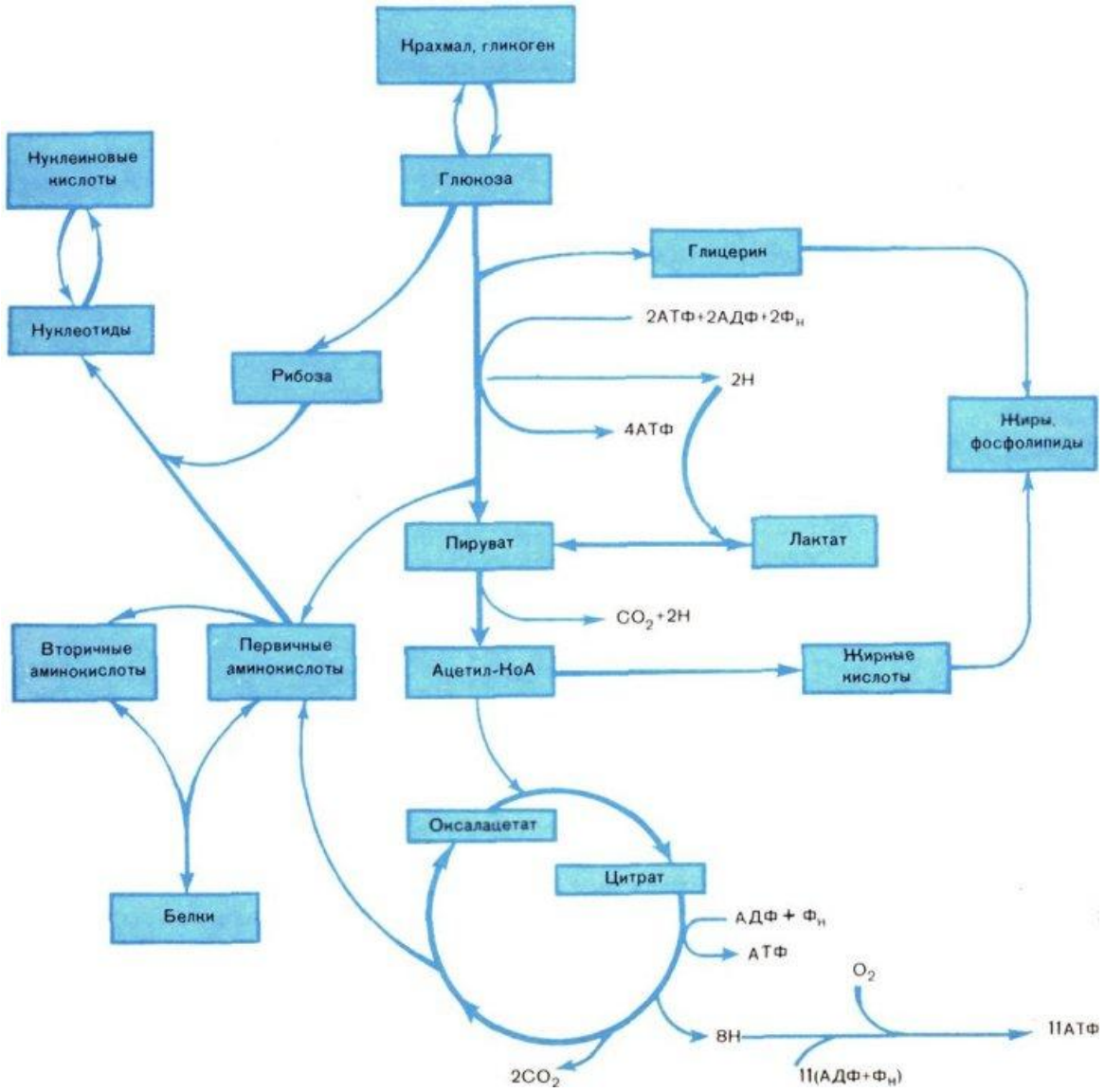
Виды спорта	Масса тела, кг	Ежедневный расход (потребление) энергии, ккал
Скоростно-силовые	65—75	4200—6200
Спортивные игры	70—75	5200—5800
На выносливость	65—80	5100—6100
Единоборства	75	5800
Силовые	80—90	6600—7000


Потребление кислорода л/ мин
А
Б
5
4
3
2
1
Дефицит O_2
Оплата дефицита
Оплата дефицита
Работа
Восстановление
Работа
t, c
Уровень потребления кислорода, л/мин
4
3
2
1
0
Запрос O_2
Приход O_2
O_2-долг
Работа
Восстановление
1 2 3 4 0 1 2 3 4 5 6 7 8
Время


глюкоза
инсулин
1
3
белок-переносчик
глюкозы (GLUT-4)
инсулиновый
рецептор
2
4
5
6
гликоген
пируват
жирные
кислоты




МОЛЕКУЛЫ
АТФ - СИНТЕТАЗЫ
МЕЖМЕМБРАННОЕ
ПРОСТРАНСТВО
МАТРИКС
КРИСТЫ
РИБОСОМЫ
ГРАНУЛЫ
ВНУТРЕННЯЯ
МЕМБРАНА
НАРУЖНАЯ
МЕМБРАНА
ДНК


Крахмал, гликоген
Нуклеиновые кислоты
Глюкоза
Глицерин
Нуклеотиды
2АТФ+2АДФ+2Фн
Рибоза
2Н
4АТФ
Жиры, фосфолипиды
Пируват
Лактат
CO2+2H
Вторичные аминокислоты
Первичные аминокислоты
Ацетил-КоА
Жирные кислоты
Оксалацетат
Цитрат
Белки
АДФ + Фн
АТФ
O2
8Н
11АТФ
2CO2
11(АДФ+Фн)