

Махов С.Ю.

# ФИЗИОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

**учебно-методическое пособие**

УДК 159.9  
ББК 88.53  
М 36

Рецензент: Калашников А.Ф. – доктор педагогических наук, профессор кафедры теории и методики физического воспитания и спорта ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»

**М 36** Махов С.Ю.

Физиология функциональной подготовки : учебно-методическое пособие / С. Ю. Махов – Орел : МАБИВ, 2023. – 65 с. – URL: <http://www.mabiv.ru/1701231215.pdf>. – Текст : электронный.

© С.Ю. Махов, 2023

© Межрегиональная Академия безопасности и выживания, 2023

# 1. Физиология мышечной деятельности

Физиология – наука, изучающая функции и механизмы деятельности клеток, органов, систем органов и организма в целом.

Физиология рассматривает, что происходит в том или ином органе (или клетке) в покое (нормальная физиология), при мышечной деятельности (физиология мышечной деятельности), во время болезни (патофизиология), под влиянием тех или иных факторов (специальные разделы физиологии).

Физиология мышечной деятельности – специальный раздел физиологии, изучающий изменения функций организма под влиянием мышечной работы.

Если мышечная деятельность достаточно интенсивна или длительна, то в организме человека происходят значительные изменения. Эти изменения затрагивают все органы и клетки организма и столь значительно, что можно говорить о переходе организма на иной, более высокий, уровень функционирования. Поэтому знание закономерностей изменений, происходящих во время выполнения мышечной работы, и умение управлять этими процессами, позволяют существенно влиять на функционирование организма без ущерба для здоровья человека.

## **Какую энергию использует организм для мышечного сокращения**

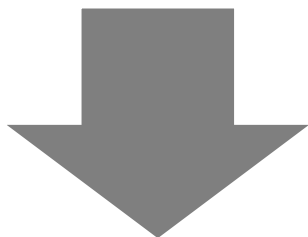
Деятельность мышц, как любой процесс, происходящий в организме, требует энергии. Энергия нужна даже на работу мельчайших мышц глаза, дыхательных мышц и мышц сосудов или внутренних органов. Живой организм расходует энергию даже в состоянии глубокого наркоза или комы.

Энергия, необходимая для мышечного сокращения, освобождается в результате распада химических веществ. Мышечная клетка устроена природой так, что может использовать для своего сокращения энергию распада только одного-единственного

химического вещества – аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Энергия распада других веществ для сокращения мышцы не подходит (вот как все хитро в организме).



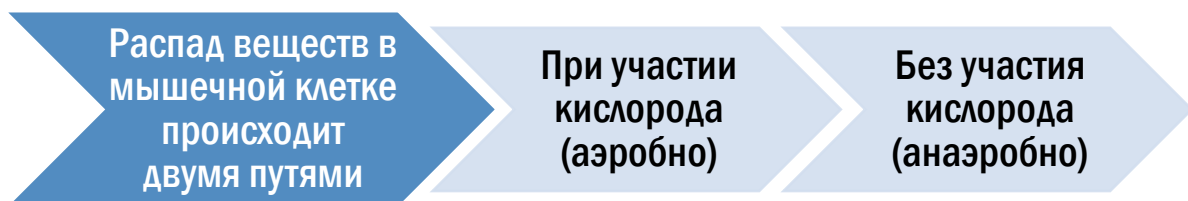
**Мышечная клетка может использовать для своего сокращения энергию распада химического вещества – аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) (аденозинтрифосфат)**



Для восстановления АТФ подходит энергия распада практически любого вещества. Обычно это углеводы, реже – жиры, еще реже – белки.

Соответственно, во время мышечного сокращения происходит распад АТФ в работающей мышечной клетке. И если бы не было механизмов восстановления этого вещества, то мышца, сократившись один-два раза, навсегда потеряла бы эту способность.

Но природа предусмотрела возможность восстанавливать АТФ. И вот для ее восстановления уже подходит энергия распада практически любого вещества. Обычно это углеводы, реже – жиры, еще реже – белки или другие вещества. Запасы этих веществ поступают в организм вместе с пищей.



Распад веществ в мышечной клетке может происходить двумя основными путями: при участии кислорода (аэробно) и без участия кислорода (анаэробно). У каждого способа есть свои преимущества и недостатки.

Преимущество распада веществ с участием кислорода (аэробного) в том, что такой распад не сопровождается накоплением в организме промежуточных недоокисленных продуктов обмена. Вещества расщепляются до конечных продуктов – углекислого газа и воды.

## Распад с участием кислорода (аэробный)

### Преимущества

- Распад не сопровождается накоплением в организме промежуточных недоокисленных продуктов обмена.
- С помощью кислорода можно расщепить любые вещества, имеющиеся в организме – углеводы, жиры, белки.

### Недостатки

- Чрезвычайная длительность такого способа распада.

Полный распад дает, соответственно, много энергии, поэтому является более экономичным, чем неполный распад (однако требует большого количества времени). Кроме того, с помощью кислорода можно расщепить практически любые вещества, имеющиеся в организме – углеводы, жиры, белки.

Недостатком же является чрезвычайная длительность такого способа распада, поэтому он не может использоваться в начале работы или в случаях, когда деятельность достаточно интенсивна и требует высокой скорости освобождения энергии.

Преимуществом бескислородного (анаэробного) распада является высокая скорость освобождения энергии, необходимой для синтеза АТФ, что позволяет выполнять чрезвычайно интенсивную работу. Но существует и ряд недостатков такого способа расщепления.

# Бескислородный (анаэробный) распад

## Преимущества

- Высокая скорость освобождения энергии, необходимой для синтеза АТФ, что позволяет выполнять чрезвычайно интенсивную работу

## Недостатки

- Без участия кислорода в мышечных клетках способны расщепляться не все вещества, а только определенные виды углеводов.
- Вещества расщепляются неполностью, поэтому в мышцах накапливаются недоокисленные продукты распада (молочная кислота).

**Во-первых**, без участия кислорода в мышечных клетках способны расщепляться не все вещества, а только определенные виды углеводов (глюкоза и ее производное – гликоген, причем обычно используется гликоген) и химическое вещество под названием креатинфосфат. Запасы этих веществ в клетке не безграничны. Креатинфосфат или гликоген должны либо восстанавливаться, либо поступать из крови. На оба процесса требуется определенное время, в течение которого интенсивную работу выполнять уже невозможно.

Запасов креатинфосфата в мышечной клетке хватает на работу в течение нескольких секунд (5-6 секунд). За счет запасов гликогена можно выполнять работу в течение нескольких минут (3-4 минуты), но это будет уже менее интенсивная деятельность.

**Во-вторых**, без участия кислорода вещества расщепляются неполностью, поэтому в мышцах накапливаются недоокисленные продукты распада (наиболее известным является молочная кислота – один из возможных продуктов неполного распада гликогена). Эти недоокисленные вещества, изменяют внутреннюю среду клеток так, что клетки становятся неспособны выполнять свои функции. То есть мышца становится неспособной более сокращаться, и человек прекращает работу.

Показатель pH – это показатель кислотности–щелочности. Его величина указывает, кислотным, щелочным или нейтральным является среда, и насколько сильна щелочь или кислота. Уровень pH равный 7.0 указывает на нейтральность среды. Уровень pH больше 7.0 – на щелочность (чем выше, тем сильнее щелочь), и, наконец, уровень pH ниже 7.0 означает кислотность среды (чем меньше величина pH, тем сильнее кислота).

При бескислородном способе расщепления веществ недоокисленные продукты распада изменяют уровень pH клеток в кислую сторону, что чрезвычайно существенно сказывается на деятельности клеточных структур. В действительности же во время мышечной деятельности наблюдаются оба варианта распада веществ, однако, один из них, как правило, преобладает.

Если при работе распад веществ для восстановления АТФ происходит преимущественно с участием кислорода, такая работа называется аэробной. Если же распад веществ происходит преимущественно без участия кислорода, такая работа называется анаэробной.

## **Выводы.**

✓ Для мышечного сокращения необходима энергия распада АТФ.

✓ Запасы АТФ в мышце должны пополняться, для чего необходима энергия распада других веществ.

✓ Существует два основных способа расщепления веществ: кислородный и бескислородный.

✓ С помощью кислорода можно расщепить углеводы, жиры или белки. Вещества расщепляются до углекислого газа и воды, и освобождается большое количество энергии, но этот процесс продолжается чрезвычайно долго.

✓ Без кислорода можно расщепить только креатинфосфат и гликоген (реже – глюкозу), при этом вещества расщепляются неполностью, и образуются недоокисленные продукты распада, однако процесс расщепления протекает быстро.

✓ За счет кислородного расщепления веществ энергией обеспечивается малоинтенсивная работа, но такая деятельность может продолжаться долго (до нескольких часов).

✓ За счет расщепления гликогена энергией обеспечивается интенсивная работа, которая может продолжаться от 20 секунд до 4–5 минут, а также начало любой деятельности.

✓ За счет расщепления креатинфосфата энергией обеспечивается максимально интенсивная работа, длительность которой не более 5–6 секунд. Этот же способ энергообеспечения используется в начале любой деятельности.

Схематично реакции распада веществ выглядят следующим образом (выделившаяся энергия используется для синтеза АТФ):

Реакции распада веществ (выделившаяся энергия используется для синтеза АТФ)	Кислородные способы расщепления веществ	кислород + углевод = углекислый газ + вода + энергия
		кислород + жир = углекислый газ + вода + энергия
		кислород + белок = углекислый газ + вода + энергия
	Бескислородные способы расщепления веществ	креатинфосфат => креатин + фосфат + энергия
		гликоген => недоокисленные продукты (молочная кислота) + энергия

## Кислородные способы расщепления веществ

**кислород + углевод = углекислый газ + вода + энергия**

*Наиболее распространенная и быстрая из кислородных реакций.*  
Пример работы, выполняемой за счет этого способа



восстановления АТФ – любой вид деятельности, который может выполняться более 30 минут с одинаковой интенсивностью, например, небыстрый бег.

### **кислород + жир = углекислый газ + вода + энергия**

*Мечта желающих похудеть.* Пример работы, выполняемой за счет этого способа восстановления АТФ – длительный бег трусцой, длительная ходьба на лыжах и другая работа, которую можно выполнять долго. Расщепление жиров начнется примерно после 30–40 минуты работы (у тренированных к этому виду работы людей значительно раньше – на 15–20 минуте).

Расщепление жиров дает примерно в два раза больше энергии, чем расщепление углеводов, но этот процесс намного сложнее и длительнее.

### **кислород + белок = углекислый газ + вода + энергия**

Белки слишком ценные для организма вещества, чтобы использовать их для освобождения энергии. Эта реакция наблюдается при чрезмерно выраженном утомлении или переутомлении.

Пример работы, выполняемой за счет этого способа восстановления АТФ – любой более или менее интенсивный и длительный вид деятельности, выполняемый на фоне чрезмерного утомления, переутомления, болезни.

## **Бескислородные способы расщепления веществ**

Без помощи кислорода можно неполностью расщепить креатинфосфат или гликоген (реже – глюкозу).

### **кратинфосфат => креатин + фосфат + энергия**

*Чрезвычайно быстрый способ, при котором освобождается много энергии.* Пример работы, выполняемой за счет этого способа восстановления АТФ – максимально быстрый бег в течение 5–6

секунд, прыжок с места, однократный подъем штанги и так далее. Этот же способ запускается в начале любой более или менее интенсивной деятельности.

Креатин в этой реакции – недоокисленный продукт распада.

**гликоген => недоокисленные продукты (например, молочная кислота) + энергия**

Достаточно быстрый способ. С его помощью можно выполнять работу, длительностью 3–5 минут. За это время в клетках успевает образоваться огромное количество недоокисленных продуктов распада, что заставляет их прекратить работу.

Пример работы, выполняемой за счет этого способа восстановления АТФ – бег с интенсивностью, которую можно выдержать от 20–30 секунд до 4–5 минут.

## 2. Физиологические процессы в двигательной системе во время мышечной работы

Мышечная деятельность – есть результат сокращения мышечных клеток. Природа дала этим клеткам такую способность – уменьшаться в размерах, преодолевая при этом внешнее сопротивление. Для этого в каждой мышечной клетке существуют специальные структуры, которые называются сократительными элементами. По химической природе сократительные элементы являются белками.

Процесс мышечного сокращения – довольно сложный механизм. Главное, что нужно помнить – мышца не способна сокращаться без влияния нервного импульса. Поэтому первое, что происходит в мышце во время работы – она воспринимает нервный импульс, а потом отвечает на него сокращением.

Процессом сокращения не ограничиваются изменения в мышцах во время работы.

Для сокращения мышцы нужна энергия, а она образуется в результате распада АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты). На восстановление АТФ необходима энергия распада других веществ.

Следовательно, во время мышечной работы увеличивается скорость и интенсивность обмена веществ в мышечных клетках (скорость и интенсивность распада и синтеза веществ).

Интенсивные процессы распада веществ в мышечных клетках во время работы сопровождаются образованием большого количества продуктов распада.

Концентрация продуктов распада в клетке является одним из регуляторов интенсивности мышечного сокращения. При увеличении концентрации интенсивность сокращения снижается, а по достижении определенного уровня сокращение становится

невозможным. Таким образом, клетка предохраняет себя от выполнения чрезмерной работы.

Сокращающиеся мышцы нуждаются в повышенном поступлении из крови кислорода и питательных веществ и удалении продуктов распада. Питательные вещества, распадаясь, обеспечивают энергию для мышечного сокращения, а кислород участвует в этом распаде. Чтобы обеспечить повышенную доставку кислорода и питательных веществ, а также скорейшее удаление продуктов распада, в работающих мышцах увеличивается скорость тока крови, и расширяются кровеносные сосуды.

Эти изменения не исчезают сразу после прекращения мышечной работы, а сохраняются некоторое время. Поэтому за счет большего кровенаполнения после тренировки объем мышцы, если измерить его сантиметром, больше, чем перед тренировкой.

Энергия распада химических веществ используется на синтез АТФ менее чем на 50 % (только распад АТФ может дать энергию для мышечного сокращения). Основная же часть этой энергии рассеивается в виде тепла. Тепло образуется и от трения сократительных элементов мышечных клеток. Поэтому при работе температура сокращающихся мышц увеличивается.

Повышение температуры может составлять до нескольких градусов в зависимости от длительности работы и ее интенсивности. Протекающая по работающим мышцам кровь нагревается и несет это тепло в другие части тела, обеспечивая, таким образом, их согревание и относительно равномерное распределение тепла в организме.

## **Выводы.**

Основные физиологические изменения в двигательной системе во время мышечной деятельности:

✓ в мышечных клетках увеличивается скорость и интенсивность обмена веществ, повышается потребление мышцей кислорода,

возрастает скорость распада веществ, дающих энергию для мышечного сокращения;

- ✓ распад веществ сопровождается образованием большого количества продуктов распада;
- ✓ увеличивается кровоснабжение работающих мышц;
- ✓ повышается температура работающих мышц.

**Основные физиологические изменения в двигательной системе во время мышечной деятельности**

В мышечных клетках увеличивается скорость и интенсивность обмена веществ, повышается потребление мышцей кислорода, возрастает скорость распада веществ, дающих энергию для мышечного сокращения

Распад веществ сопровождается образованием большого количества продуктов распада

Увеличивается кровоснабжение работающих мышц

Повышается температура работающих мышц

Основные физиологические изменения в костях и их соединениях во время мышечной деятельности:

**Основные физиологические изменения в костях и их соединениях во время мышечной деятельности**

Повышенное кровоснабжение мышц улучшает питание рядом расположенных костей и их соединений

Повышается температура костей и их соединений, расположенных рядом с работающими мышцами

Увеличиваются эластические свойства суставных элементов (суставных связок, например) тех суставов, которые участвуют в обеспечении движения

- ✓ повышенное кровоснабжение мышц улучшает питание рядом расположенных костей и их соединений;

✓ повышается температура костей и их соединений, расположенных рядом с работающими мышцами;

✓ увеличиваются эластические свойства суставных элементов (суставных связок, например) тех суставов, которые участвуют в обеспечении движения.

Некоторые изменения в скелете под влиянием длительной (многолетней) тренировки:

Некоторые изменения в скелете под влиянием длительной (многолетней) тренировки

Увеличивается плотность костей, а соответственно, их масса

Увеличивается прочность костей – они становятся способными выдерживать большие нагрузки

Кости становятся толще (если тренировки были силовой направленности)

Увеличивается подвижность суставов (особенно при тренировках на гибкость) и одновременно прочность связочного аппарата суставов

✓ увеличивается плотность костей, а соответственно, их масса;

✓ увеличивается прочность костей – они становятся способными выдерживать большие нагрузки;

✓ кости становятся толще (если тренировки были силовой направленности);

✓ увеличивается подвижность суставов (особенно при тренировках на гибкость) и одновременно прочность связочного аппарата суставов.

Это лишь небольшая часть изменений, которые происходят в скелете под влиянием многолетних тренировок.

Изменения в мышечной системе под влиянием длительной (многолетней) тренировки:

✓ количество мышечных клеток остается неизменным, но они увеличиваются в размерах (гипертрофируются);

✓ увеличивается количество сократительных элементов мышечной клетки, что приводит к повышению ее сократительной способности (мышцы становятся способны сокращаться с большей скоростью и силой);

✓ в мышечной клетке увеличивается запас АТФ и веществ, расщепление которых дает энергию для ее синтеза;

✓ увеличивается активность ферментов, без которых невозможен распад, синтез веществ и сам процесс мышечного сокращения;

✓ повышается физиологический тонус мышц – постоянное напряжение живой мышцы, вызванное регулирующими влияниями нервной системы (поэтому про спортсменов иногда говорят – «крепкий»).

Изменения в мышечной системе под влиянием длительной (многолетней) тренировки

Количество мышечных клеток остается неизменным, но они увеличиваются в размерах (гипертрофируются)

Увеличивается количество сократительных элементов мышечной клетки, что приводит к повышению ее сократительной способности (мышцы становятся способны сокращаться с большей скоростью и силой)

В мышечной клетке увеличивается запас АТФ и веществ, расщепление которых дает энергию для ее синтеза

Увеличивается активность ферментов, без которых невозможен распад, синтез веществ и сам процесс мышечного сокращения

Повышается физиологический тонус мышц – постоянное напряжение живой мышцы, вызванное регулирующими влияниями нервной системы

Повышение физиологического тонуса, например, мышц брюшного пресса обеспечивает лучшую защиту органов брюшной полости и малого таза, а также позволяет поддерживать достаточный уровень внутрибрюшного давления. Достаточный уровень внутрибрюшного давления является профилактикой опущения органов.

Повышение физиологического тонуса мышц ног не позволяет крови скапливаться в венах нижних конечностей (напряженные мышцы сдавливают вены, не давая им возможности расширяться), что является средством профилактики развития варикозного расширения вен.

В физиологии издавна известно так называемое **ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ПРАВИЛО СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ**.

Оно гласит: *уровень обмена веществ органов и систем организма зависит от уровня обмена веществ в скелетных мышцах.*

Обмен веществ определяет функциональное состояние органа. В определенных пределах, чем выше обмен веществ, тем выше функциональное состояние органа. Из чего следует, что если мышцы хорошо развиты, значит, хорошо развиты и все другие органы организма, а если мышцы развиты плохо – соответственно.

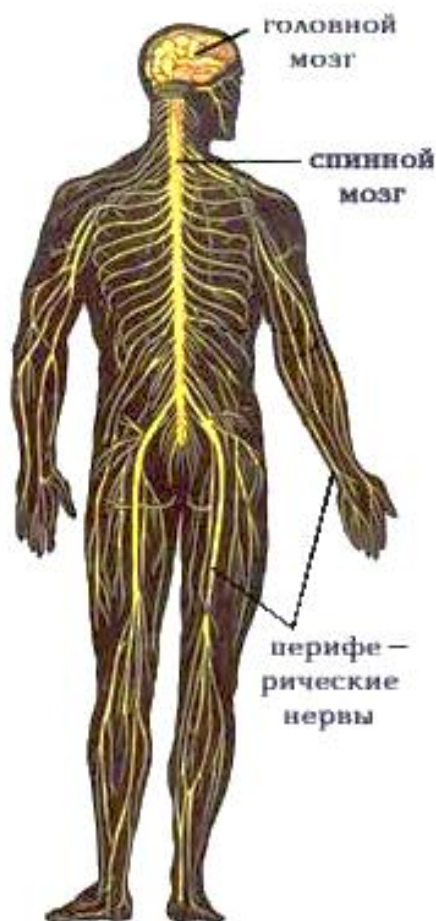


### 3. Физиологические изменения в нервной системе под влиянием мышечной деятельности

Нервную систему принято подразделять на центральную и периферическую.

К **центральной нервной системе** относятся головной и спинной мозг.

К **периферической нервной системе** относятся отходящие от головного и спинного мозга нервы.



В головном и спинном мозге расположено большое количество нервных клеток, тогда как периферические нервы — это отростки этих нервных клеток. Таким образом, очень упрощенно можно сказать, что центральная нервная система — это тела клеток, а периферическая — их отростки.

Существует еще одна классификация нервной системы, независимая от первой. По этой классификации нервную систему подразделяют на соматическую и вегетативную.

К **соматической нервной системе** (от латинского слова «сома» — тело) относится часть нервной системы (и тела клеток, и их отростки), которая управляет деятельностью скелетных мышц (тела) и органов чувств. Эта часть нервной системы в большой степени контролируется нашим сознанием. То есть мы способны по своему желанию согнуть или разогнуть руку, ногу и так

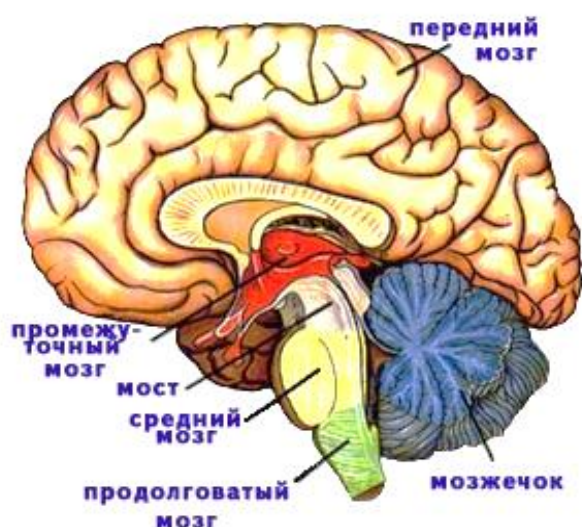
далее. Однако мы неспособны сознательно прекратить восприятие, например, звуковых сигналов.

**Вегетативная нервная система** (в переводе с латинского «вегетативный» – растительный) – это часть нервной системы (и тела клеток, и их отростки), которая управляет процессами обмена веществ, роста и размножения клеток, то есть функциями – общими и для животных, и для растительных организмов. В ведении вегетативной нервной системы находится, например, деятельность внутренних органов и сосудов.

Вегетативная нервная система практически не контролируется сознанием, то есть мы не способны по своему желанию снять спазм желчного пузыря, остановить деление клетки, прекратить деятельность кишечника, расширить или сузить сосуды.

## Строение головного мозга

Головной мозг – это высший отдел нервной системы. Он управляет деятельностью всех «нижележащих» структур нервной системы. Нижележащими они названы как по расположению, так и по подчиненности.



Головной мозг, в свою очередь, также подразделяется на несколько отделов. Для примера приведу наиболее известный отдел – мозжечок.

Роль мозжечка в двигательной деятельности очень велика, но подробно останавливаться на роли каждого из отделов головного мозга не входит в задачу данного учебника.

Менее известным, но более высоко развитым является отдел, названный передним мозгом (конечным или большим мозгом). Передний мозг есть ни что иное, как полушария мозга (правое и

левое). Сверху полушарий концентрируются тела нервных клеток. Они образуют кору, которую часто называют корой больших полушарий мозга. Именно кора больших полушарий мозга обеспечивает протекание наиболее сложных процессов (осмысление сигналов внешнего мира, сознательное поведение, творческие процессы, обучение и др.). Под корой расположены в основном отростки нервных клеток. Эта часть переднего мозга называется подкоркой.

Существуют и другие отделы головного мозга.

Кора больших полушарий – это самый высокий уровень головного мозга (и, соответственно, нервной системы), имеющий наиболее сложное строение и осуществляющий наиболее сложные функции. Управляющие действия коры зачастую являются приоритетными над другими отделами нервной системы. В основном это касается соматической части нервной системы (части нервной системы, управляющей скелетными мышцами и органами чувств).

Например, одергивание руки от горячего предмета происходит под управляющим влиянием спинного мозга. Однако человек способен сознательно подавить эту реакцию и потерпеть, если захочет. Сознательное подавление естественной болевой реакции осуществляется корой больших полушарий головного мозга.

Если большинство нижележащих отделов нервной системы являются жизненно необходимыми (то есть при их удалении наступает смерть), то без коры человек или животное вполне способны жить. Правда сознательных действий совершать такое существо не будет.

## **Основные функции нервной системы**

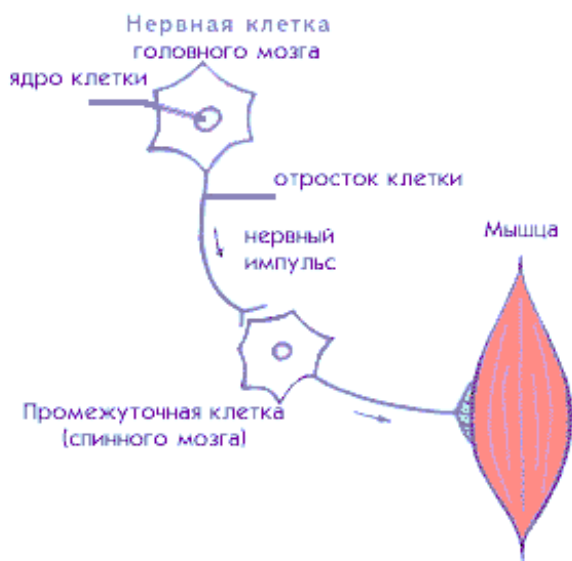
Нервная система выполняет в организме очень важные функции – она обеспечивает взаимосвязь организма с окружающей средой, а также координацию различных структур внутри организма между собой. Без деятельности нервной системы различные структуры организма были бы неспособны функционировать как единое целое

с одной стороны, а с другой стороны организм был бы неспособен реагировать на изменения окружающей обстановки. Нервная система также тщательно следит за тем, чтобы внутренняя среда организма оставалась постоянной.

Помимо основных, существует большое количество других функций нервной системы.

### Упрощенная схема запуска мышечного сокращения

Нервные импульсы от нервной клетки мозга до мышечной клетки проходят по нервным волокнам. Нервное волокно – это отросток нервной клетки.



Нервная клетка головного мозга, запускающая сокращение мышцы, связана с этой мышцей не напрямую, а посредством других нервных клеток (посредников).

Упрощенно можно сказать, что нервный импульс передается от отростка одной нервной клетки к телу другой нервной клетки, затем по ее отростку – мышечной клетке.

В действительности нервных клеток–посредников намного больше. Сам нервный импульс есть не что иное, как биологический электрический ток (направленное движение заряженных частиц).

В виду того, что между отростком одной клетки и телом другой существует, хоть и маленький, но промежуток, электрический ток прерывается, а потом возобновляется вновь (детальное описание этого процесса довольно сложно, поэтому здесь не приводится).

Чтобы электрический ток возобновился, необходимы определенные химические изменения в месте контакта клеток. Если электрические

процессы протекают чрезвычайно быстро (скорость прохождения нервного импульса по волокну может достигать 120 метров в секунду), то химические процессы требуют существенно больше времени. Требуют они и наличия определенных химических веществ.

Запасы этих веществ во время выполнения работы максимальной мощности, когда нервные импульсы посылаются с огромной частотой, расходуются и не успевают восстановиться. Это еще один фактор, лимитирующий работу в данной зоне мощности.

Для того, чтобы осуществлять основные функции, нервная система обладает способностью воспринимать информацию об окружающем мире и о том, что происходит в организме. Получив информацию от организма и от окружающей среды, нервная система ее анализирует, формирует программу реакции и, исходя из этой программы, посылает исполнительные команды структурам организма.

*Например:* Человек лежит загорает, и тут солнышко ушло за тучки, и стало холодно.

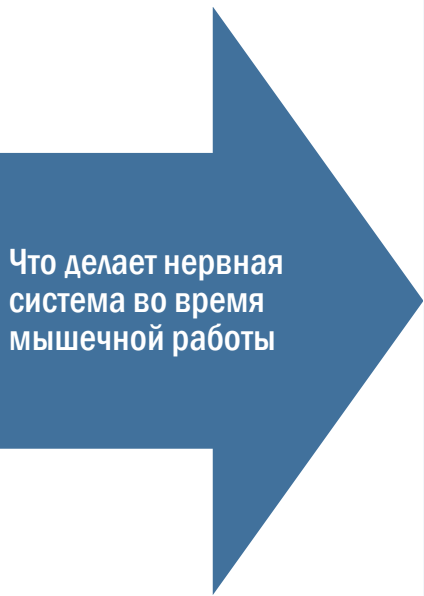
Нервная система воспринимает информацию от холодовых рецепторов кожи о том, что температура понизилась. Нервная система анализирует окружающую обстановку и находит (или вспоминает) рядом лежащее одеяло. Нервная система формирует программу поведения, по которой мышцы должны сократиться таким образом, чтобы взять это одеяло и укрыть им тело. Нервная система посылает соответствующие исполнительные команды мышцам, а также органам, обеспечивающим мышечное сокращение.

Если в результате анализа окружающей обстановки выясняется, что никакого одеяла рядом нет, то нервная система формирует программу поведения, по которой человек просто съеживается, уменьшая, таким образом поверхность тела, контактирующую с холодным воздухом.

Любая, самая удаленная структура организма имеет связь с нервной системой. Более того, нормальная деятельность любой структуры организма не возможна без управляющего влияния нервной системы. Чаще всего нервная система связана со структурами организма посредством отростков нервных клеток. Несколько сотен отростков, расположенных параллельно друг другу, образуют то, что мы называем нервом. Если повредить нерв, автоматически нарушается процесс обмена веществ и функционирование структуры, которую этот нерв регулирует.

Например, при перерезке нервов руки развивается сухорукость – рука становится неспособной функционировать, нарушается обмен веществ в клетках руки, мышцы уменьшаются в размерах («высыхают»).

### Что делает нервная система во время мышечной работы:



Что делает нервная система во время мышечной работы

- ✓ Формирует модель конечного результата деятельности.
- ✓ Формирует программу поведения.
- ✓ Посылает исполнительные команды к мышцам, реализующие сформированную программу.
- ✓ Управляет изменениями в системах, обеспечивающих мышечную деятельность.
- ✓ Получает информацию о том, каким образом происходит сокращение мышц.
- ✓ Анализирует поступающую от структур организма и окружающей обстановки информацию.
- ✓ Вносит коррективы в программу поведения.

✓ **Формирует модель конечного результата деятельности.** Перед началом мышечной работы в головном мозге формируется модель того, что должно получиться в результате деятельности мышц. Например, если человек собирается совершить бросок мяча

в кольцо, в головном мозге формируется представление о том, как мяч выпускается из рук и попадает в корзину.

✓ **Формирует программу поведения.** После формирования модели конечного результата нервная система составляет программу, в ходе выполнения которой конечный результат должен быть достигнут.

Например, перед броском мяча в кольцо в головном мозге формируется программа последовательности сокращения определенных мышц, которые будут осуществлять это двигательное действие.

При формировании программы поведения нервная система старается, чтобы деятельность мышц привела к получению полезного результата с возможно меньшими усилиями для организма.

✓ **Посылает исполнительные команды к мышцам, реализующие сформированную программу.** Исполнительные команды нервной системы заставляют сокращаться строго определенные мышцы, в нужной последовательности, с необходимыми усилиями, с заданной скоростью и так далее. Каждая характеристика работы мышц управляется деятельностью нервной системы.

✓ **Управляет изменениями в системах, обеспечивающих мышечную деятельность (сердечно-сосудистой, дыхательной и других), и не принимающих участие в мышечной работе (пищеварительной и других).** При этом нервная система следит за тем, чтобы эти изменения были адекватны мышечной деятельности (по возможности не больше и не меньше, чем необходимо). Деятельность одних органов она усиливает, других – ослабляет.

Функцию регуляции работы органов во время мышечной деятельности нервная система осуществляет совместно с системой желез внутренней секреции.

✓ **Получает информацию о том, каким образом происходит сокращение мышц, работа других органов, как изменяется окружающая обстановка.** С той же скоростью, с которой к органам поступают исполнительные команды от нервной системы, обратно к нервной системе возвращается информация о том, как эти команды реализуются.

✓ **Анализирует поступающую от структур организма и окружающей обстановки информацию.** Информация о том, как происходит работа организма, и какие результаты достигнуты, сравнивается (сличается) со сформированной до начала мышечной деятельности моделью конечного результата.

Например, реально сделанный бросок мяча в кольцо сравнивается со сформированным представлением то том, как это должно быть сделано.

✓ **При несоответствии результатов работы организма сформированной модели конечного результата нервная система вносит коррекции в программу поведения и посылает новые исполнительные команды мышцам.**

Например, если бросок в кольцо был неудачным, нервная система анализирует степень отклонения реальной траектории полета мяча от необходимой для попадания в корзину. После этого в программу поведения вносятся изменения. Цель этих изменений – скорректировать деятельность мышц так, чтобы мяч–таки попал в кольцо.

Процессы формирование программы поведения, посылки исполнительных команд к мышцам, получения обратной информации от мышц, других органов и окружающей обстановки, анализа обратной информации и внесения коррекций в программу поведения осуществляются в течение всего времени выполнения мышечной работы. Получается, что на одно мышечное сокращение в нервной системе происходит множество процессов.



Поэтому мышечная деятельность является чрезвычайно утомительной работой для нервной системы. Особенно это касается интенсивной, длительной или непривычной мышечной деятельности.

Существует даже теория утомления, согласно которой процессы утомления развиваются не столько на периферии, сколько в нервных клетках центральной нервной системы. В физиологии это до сих пор одна из основных теорий утомления.

В начале обучения какому–либо двигательному действию в работу включается много лишних мышц, человек совершает резкие неуклюжие движения. В головном мозге в это время в возбужденном состоянии находится чрезмерно большое количество нервных клеток. По мере освоения двигательного действия, работа лишних мышц начинает тормозиться нервной системой, потом в работу включаются только необходимые мышцы, а движения становятся плавными и элегантными.

В этом случае в головном мозге возбуждены только нервные клетки, управляющие сокращающимися мышцами, деятельность ненужных для работы нервных клеток заторможена. Этот процесс называется формированием двигательного навыка.

Если результат реальной мышечной деятельности почти полностью соответствует идеальной модели конечного результата, нервная система старается запомнить программу поведения, которая позволила этого достигнуть. Как правило, запомнить эту программу нервной системе удастся после нескольких повторений удачных результатов мышечной деятельности.

Хранящаяся в памяти программа поведения, есть ни что иное, как информация о том, каким образом происходит возбуждение нервных клеток: каких, в какой последовательности, с какой частотой и так далее.

Чем сложнее двигательное действие, тем большее количество повторений требуется нервной системе, чтобы запомнить программу поведения.

Например, чтобы научиться плавно трогаться с места на машине при нажатии на педаль газа, достаточно нескольких попыток. А чтобы научиться стабильно попадать мячом в баскетбольное кольцо, необходимо несколько сотен повторений.

Если программа поведения хорошо запечатлена в памяти, нервная система не утруждает себя строгим контролем за такой деятельностью. Например, водители со стажем не задумываются над тем, как они нажимают на педали управления автомобиля. Такая деятельность происходит автоматически. Для организма это означает, что высшие отделы нервной системы передали большую часть управления деятельностью нижележащим отделам.

Роль высших отделов в этих условиях – лишь некоторый контроль за ходом выполнения работы. Этот процесс называется стабилизацией двигательного навыка.

Если деятельность слишком сложная (сложные акробатические элементы, например), полной стабилизации двигательного навыка не происходит никогда. Высшие отделы нервной системы могут лишь в небольшой степени ослабить контроль.

## **Выводы.**

### **Основные процессы, происходящие в нервной системе во время мышечной деятельности:**

- Формирование в головном мозге модели конечного результата деятельности.
- Формирование в головном мозге программы предстоящего поведения.
- Генерация в головном мозге нервных импульсов, запускающих мышечное сокращение, и передача их мышцам.

- Управление изменениями в системах, обеспечивающих мышечную деятельность и не принимающих участие в мышечной работе.
- Восприятие информации о том, каким образом происходит сокращение мышц, работа других органов, как изменяется окружающая обстановка.
- Анализ информации, поступающей от структур организма и окружающей обстановки.
- Внесение при необходимости коррекций в программу поведения, генерация и посылка новых исполнительных команд мышцам.

<b>Основные процессы, происходящие в нервной системе во время мышечной деятельности</b>	Формирование в головном мозге модели конечного результата деятельности.
	Формирование в головном мозге программы предстоящего поведения.
	Генерация в головном мозге нервных импульсов, запускающих мышечное сокращение, и передача их мышцам.
	Управление изменениями в системах, обеспечивающих мышечную деятельность и не принимающих участие в мышечной работе.
	Восприятие информации о том, каким образом происходит сокращение мышц, работа других органов, как изменяется окружающая обстановка.
	Анализ информации, поступающей от структур организма и окружающей обстановки.
	Внесение при необходимости коррекций в программу поведения, генерация и посылка новых исполнительных команд мышцам.

## **Изменения в деятельности нервной системы в результате многолетней тренировки.**

В результате многолетней тренировки улучшается способность нервной системы выполнять именно те действия, которые она осуществляла в течение этого времени.

Например, если человек много лет занимался баскетболом, его нервная система лучше воспринимает постоянное изменение

игровой ситуации, умеет лучше оценивать действия соперника, предвидеть их.

Если же человек 10 лет занимался бегом на длинные дистанции, то у его нервной системы улучшается способность в течение длительного времени посылать нервные импульсы, обеспечивающие малоинтенсивную монотонную работу. Ну, а если человек в течение нескольких лет осваивал все новые и новые двигательные действия, в его нервной системе улучшаются способности к двигательному обучению (это, кстати, справедливо и по отношению к умственной деятельности – чем больше учишься, тем легче учиться).

В результате многолетней тренировки большинство двигательных навыков, характерных для избранного вида спорта, в большой степени стабилизируются, если это возможно.

## 4. Физиологические изменения в системе крови под влиянием мышечной деятельности

### Система крови и ее функции

К системе крови относится сама кровь. Поскольку кровь течет по сосудам (вне сосудов в человеческом организме нет крови), систему крови и сосудов часто называют кровеносной системой.

В связи с тем, что движение крови по сосудам возможно только благодаря работе сердца, которое с каждым сокращением проталкивает кровь в определенном направлении, системы сердца, крови и сосудов часто объединяют под названием сердечно–сосудистой системы.

Часто понятия кровеносной системы и сердечно–сосудистой системы отождествляют.



Кровь является, хоть и жидкой, но тканью, то есть состоит из клеток и межклеточного вещества.

Клетки крови называются форменными элементами крови. Они составляют примерно 45 % от общего объема крови.

Межклеточное вещество крови называется плазмой крови. Плазма составляет порядка 55 % от общего объема крови.

К клеткам крови (форменным элементам) относят эритроциты, лейкоциты и тромбоциты, хотя тромбоциты на самом деле не являются полноценными клетками.

Плазма крови на 90 % состоит из воды, на 8 % – из белков, остальную часть составляют углеводы, жиры, минеральные вещества, витамины и гормоны (есть и другие вещества).

Объем крови взрослого человека равен 4–5 литрам у женщин и 5–6 литрам у мужчин.

**Основные функции крови:**

## Основные функции крови

Транспортная функция  
Дыхательная функция  
Питательная функция  
Выделительная функция  
Терморегуляторная функция  
Защитная функция  
Регуляторная функция

**Транспортная функция.** Циркулируя по сосудам, кровь переносит кислород, углекислый газ, питательные вещества (углеводы, жиры), витамины, гормоны и другие вещества. Транспортная функция крови обуславливает ряд других ее функций.

**Дыхательная функция.** Эритроциты крови присоединяют в легких кислород, который несут другим клеткам организма. Отдав кислород клеткам, эритроциты забирают у них углекислый газ и несут его к легким.

Кровь, богатая кислородом, имеет ярко красный цвет и называется артериальной. Кровь, бедная кислородом и насыщенная углекислым газом, имеет темно красный цвет и называется венозной.

**Питательная функция.** Кровь обеспечивает все клетки организма питательными веществами (углеводами, жирами), а также витаминами, минеральными веществами и водой.

**Выделительная функция.** Кровь забирает из клеток конечные продукты их жизнедеятельности («шлаки») и несет их к органам выделения (почкам, коже, легким).

**Терморегуляторная функция.** Кровь обеспечивает относительно равномерное распределение тепла в организме. Проходя по органам с высоким уровнем обмена веществ, кровь нагревается, одновременно охлаждая их. Проходя по коже и поверхностным мышцам, кровь охлаждается, одновременно согревая их.

**Защитная функция.** Кровь является важнейшим фактором иммунитета.

Лейкоциты крови обладают способностью поедать отмирающие клетки, чужеродные вещества и микроорганизмы, а также определять отторжение генетически чуждых образований. Некоторые белки плазмы крови обладают способностью обезвреживать микробы и их яды. Такие белки называются антителами. В ответ на поступление в организм чужеродных микробов, вирусов или токсинов, кровь способна синтезировать новые виды белков (антител), нейтрализующие эти поступления.

К защитной функции можно отнести и способность крови к свертыванию. Благодаря этой способности, при повреждениях наружных покровов или внутренних тканей организма, возможна закупорка места повреждения тромбом.

**Регуляторная функция.** Переноса гормоны, кровь участвует в регуляции физиологических процессов в организме.

Кровь выполняет и другие функции в организме, однако их описание довольно сложно, поэтому здесь не приводится.

## Основные изменения в системе крови при мышечной деятельности

Под влиянием мышечной деятельности в крови происходят такие изменения, которые способствуют наилучшему обеспечению работы мышц при сохранении относительного постоянства внутренней среды организма.

*Изменения в системе крови при мышечной работе существенно зависят от ее длительности и интенсивности.*

В начале любого вида мышечной деятельности в крови увеличивается содержание некоторых гормонов, выделяемых железами внутренней секреции. По мере продолжения работы гормональный фон меняется (содержание одних гормонов уменьшается, других увеличивается). Если работа продолжается чрезмерно длительно (марафонский бег), способность желез внутренней секреции продуцировать гормоны снижается. Количество гормонов в крови постепенно становится очень низким, что, в числе прочих факторов, определяет прекращение мышечной деятельности.

В первые минуты любой более или менее интенсивной мышечной деятельности в крови регистрируется увеличение уровня сахара. Это происходит вследствие выхода сахара (глюкозы) из мест его резервного хранения (печени).

Сахар крови является основным источником питания мозга и – в начале мышечной деятельности – работающих мышц. По мере продолжения работы уровень сахара в крови нормализуется, а затем существенно снижается.

Снижение уровня сахара в крови при длительной мышечной деятельности заставляет организм использовать в качестве источника питания жиры.



Жиры выходят из мест их резервного хранения (печени), и примерно на 20-30-ой минуте работы их содержание в крови повышается. По мере продолжения мышечной деятельности, содержание жиров в крови снижается, что является существенным фактором, обуславливающим прекращение длительной работы (такой как марафонский бег).

**Расщепление жиров – сложный и длительный процесс, требующий большого количества кислорода, поэтому он возможен только при длительных нагрузках умеренной интенсивности.**

Во время мышечной деятельности жиры могут быть доставлены в кровотоки только из печени. Расщепление жиров в подкожной жировой клетчатке – цель желающих похудеть – происходит в период восстановления.

Если длительная интенсивная мышечная деятельность выполняется в условиях ответственных соревнований, когда эмоциональное напряжение помогает преодолевать утомление, после истощения жировых запасов в крови и печени организм может начать использовать в качестве источника энергии белки.

При интенсивной мышечной деятельности для освобождения энергии могут использоваться только легко расщепляемые низкомолекулярные белки. В качестве таковых хорошо подходят иммунные белки. Уровень иммунных белков в крови в этих условиях может снижаться столь существенно, что перестает определяться.

*Организм нетренированного человека не способен продолжать работу, энергообеспечение которой осуществляется за счет расщепления белков.*

**Если мышечная деятельность достаточно интенсивна и длительна** (бег в течение нескольких десятков минут), часть плазмы уходит из сосудистого русла в межклеточную жидкость. Это увеличивает концентрацию в крови эритроцитов, транспортирующих кислород. В таких условиях один и тот же объем крови способен перенести больше кислорода работающим

мышцам. Недостатком уменьшения объема плазмы является увеличение вязкости крови, что затрудняет работу сердца.

**Если мышечная работа достаточно интенсивна и продолжается более нескольких десятков минут**, в кровяное русло поступает дополнительное количество форменных элементов (эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов) из мест резервного хранения (селезенки, лимфатических узлов, красного костного мозга, легких, печени). Выход дополнительных форменных элементов в кровяное русло еще больше увеличивает их концентрацию в крови и одновременно повышает вязкость крови.

Увеличение содержания эритроцитов в крови повышает способность крови доставлять клеткам кислород и забирать из клеток углекислый газ.

Увеличение содержания лейкоцитов обуславливает повышение защитных функций организма.

Увеличение содержания тромбоцитов обеспечивает более высокую свертываемость крови.

Для мышечной деятельности наибольшее значение имеет повышение содержания эритроцитов, так как скорость доставки кислорода к работающим мышцам является одним из главных факторов, определяющих работоспособность мышц.

**При длительной мышечной деятельности** (несколько десятков минут и более), сопровождающейся обильным потоотделением, кровь теряет с потом дополнительное количество жидкой части плазмы, что еще больше увеличивает ее вязкость. Суммарное увеличение вязкости крови при мышечной деятельности может достигать 70 %.

**По мере выполнения мышечной деятельности в крови** увеличивается содержание продуктов распада – результата интенсивной работы сокращающихся мышц. Если работа умеренно интенсивна (работа умеренной мощности), содержание продуктов распада невелико, так как большинство из них успевает полностью

расщепиться до углекислого газа и воды и удалиться из организма органами выделения.

Если же работа достаточно интенсивна (работа субмаксимальной мощности и работа большой мощности), скорость образования продуктов распада существенно выше, чем скорость их удаления.

Кроме того, большое количество продуктов распада не успевает полностью окислиться до углекислого газа и воды и находится в крови в недоокисленной форме, изменяя кислотно-щелочное равновесие (рН) крови.

В таких условиях накопление в крови продуктов распада является одним из важных факторов, обуславливающих прекращение работы или существенное снижение ее интенсивности.

**Увеличение концентрации эритроцитов обуславливает большее насыщение крови кислородом в легких.** То есть артериальная кровь при работе более богата кислородом, чем в покое. Одновременно работающие мышцы потребляют существенно больше кислорода по сравнению с уровнем покоя, что значительно снижает содержание его в крови. Таким образом, венозная кровь при мышечной работе намного беднее кислородом и намного богаче углекислым газом, чем в состоянии покоя.

## **Выводы.**

Основные изменения в крови при кратковременной интенсивной работе (с максимальной длительностью до 2 минут):

- ✓ Увеличивается содержание некоторых гормонов (адреналина, норадреналина).
- ✓ Увеличивается содержание сахара.

Основные изменения в крови при интенсивной работе с максимальной длительностью от 2 до 10 минут:

- ✓ Увеличивается содержание некоторых гормонов (адреналина, норадреналина, некоторых гормонов гипофиза и коркового вещества надпочечников).

- ✓ Существенно увеличивается содержание недоокисленных продуктов распада (молочной и других кислот).
- ✓ Кислотно-щелочное равновесие крови (рН) существенно смещается в кислую сторону.

#### Основные изменения в крови при кратковременной интенсивной работе (с макс. длительностью до 2 мин)

- Увеличивается содержание некоторых гормонов (адреналина, норадреналина).
- Увеличивается содержание сахара.

#### Основные изменения в крови при интенсивной работе с максимальной длительностью от 2 до 10 мин

- Увеличивается содержание некоторых гормонов (адреналина, норадреналина, некоторых гормонов гипофиза и коркового вещества надпочечников).
- Существенно увеличивается содержание недоокисленных продуктов распада (молочной и других кислот).
- Кислотно-щелочное равновесие крови (рН) существенно смещается в кислую сторону.

#### Основные изменения в крови при интенсивной работе с максимальной длительностью от 10 до 40 мин

- Увеличивается содержание адреналина, норадреналина, некоторых гормонов гипофиза и коркового вещества надпочечников, инсулина. Снижается содержание некоторых гормонов гипофиза и половых гормонов.
- Увеличивается содержание недоокисленных продуктов распада (молочной и других кислот). Это увеличение тем больше, чем меньше длительность и больше интенсивность работы.
- Кислотно-щелочное равновесие крови (рН) смещается в кислую сторону. Смещение рН тем больше, чем меньше длительность и больше интенсивность работы.
- Снижается уровень сахара и увеличивается содержание жиров, которые выходят из печени.
- Часть плазмы уходит из сосудистого русла в межтканевую жидкость, в результате чего увеличивается концентрация форменных элементов крови и, соответственно, ее способность переносить кислород. По этой же причине увеличивается вязкость крови.
- Примерно после 30-ой минуты работы в кровь выходит дополнительное количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов из мест их резервного хранения.

Основные изменения в крови при интенсивной работе с максимальной длительностью от 10 до 40 минут:

- ✓ Увеличивается содержание адреналина, норадреналина, некоторых гормонов гипофиза и коркового вещества надпочечников, инсулина. Снижается содержание некоторых гормонов гипофиза и половых гормонов.

- ✓ Увеличивается содержание недоокисленных продуктов распада (молочной и других кислот). Это увеличение тем больше, чем меньше длительность и больше интенсивность работы.
- ✓ Кислотно-щелочное равновесие крови (рН) смещается в кислую сторону. Смещение рН тем больше, чем меньше длительность и больше интенсивность работы.
- ✓ Снижается уровень сахара и увеличивается содержание жиров, которые выходят из печени.
- ✓ Часть плазмы уходит из сосудистого русла в межтканевую жидкость, в результате чего увеличивается концентрация форменных элементов крови и, соответственно, ее способность переносить кислород. По этой же причине увеличивается вязкость крови.
- ✓ Примерно после 30-ой минуты работы в кровь выходит дополнительное количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов из мест их резервного хранения.

Снижение содержания половых гормонов во время достаточно интенсивной и длительной мышечной деятельности является физиологически нормальной реакцией и не приводит к каким-либо отрицательным побочным эффектам. Единственное, что можно наблюдать – временное снижения полового влечения в результате физического утомления.

Основные изменения в крови в конце интенсивной работы длительностью до нескольких часов (марафонский бег):

- ✓ Существенно снижается способность желез внутренней секреции продуцировать гормоны. Уровень гормонов в крови падает, что является одним из факторов прекращения работы.
- ✓ Существенно снижается уровень сахара, жиров. Организм начинает использовать в качестве источника энергии белки

(прежде всего – иммунные). Содержание иммунных белков в крови существенно снижается.

Для предотвращения обмороков вследствие голодания мозга во время соревнований на сверхдлинные дистанции спортсменам обязательно дают питательные смеси:

- ✓ В кровь выходит дополнительное количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов из мест их резервного хранения и из органов кроветворения. Количество лейкоцитов может увеличиваться в 10 раз и более по сравнению с уровнем покоя в основном за счет незрелых недавно образовавшихся клеток.
- ✓ Часть плазмы уходит из сосудистого русла в межклеточную жидкость – увеличивается концентрация форменных элементов и вязкость крови.
- ✓ Большое количество жидкой части плазмы теряется вместе с потом. Может наблюдаться даже обезвоживание организма.

Поэтому во время соревнований на сверхдлинные дистанции спортсменам обязательно дают пить.

Изменения при работе с максимальной длительностью от 40 минут до 2 часов, не описанные здесь, схожи с изменениями при работе, которая может продолжаться до нескольких часов.

### **Основные изменения в системе крови под влиянием многолетних систематических тренировок**

В результате многолетних регулярных занятий физическими упражнениями в системе крови происходят такие изменения, которые помогают обеспечить повышение работоспособности в конкретном виде мышечной деятельности.

Тренировки в зоне максимальной мощности (максимально интенсивная работа в течение нескольких секунд) практически не влияют на картину крови.

Под влиянием тренировок в зоне субмаксимальной мощности (работа с максимальной длительностью от 1 до 3-4 минут):

- ✓ Увеличивается способность крови противостоять закислению. Это достигается путем увеличения резерва щелочей крови.
- ✓ Одновременно увеличивается способность организма функционировать в условиях сильного закисления крови.

Если в покое рН (показатель кислотности-щелочности) крови равен 7.36 для артериальной крови и 7.34 для венозной крови (то есть кровь имеет слабощелочную реакцию), то при работе субмаксимальной мощности у высококвалифицированных спортсменов этот показатель может снижаться до 7.0 и даже до 6.9 (!). То есть реакция крови может становиться нейтральной или даже кислой (!).

Если такую кровь ввести здоровому нетренированному человеку, это неизбежно вызовет денатурацию (изменение строения и естественных свойств) белков и, как следствие, смерть организма.

Под влиянием тренировок в зоне большой и умеренной мощности (работа с максимальной длительностью от 5-6 минут до нескольких часов):

- ✓ Увеличивается содержание эритроцитов в крови даже в состоянии покоя. Это повышает способность крови переносить кислород.

Если у нетренированного человека в состоянии покоя количество эритроцитов равно 4-5 миллионов в 1 мм<sup>3</sup> крови, то у высококвалифицированных бегунов на длинные и сверхдлинные дистанции на пике спортивной формы эта величина может превышать 6 миллионов в 1 мм<sup>3</sup> крови.

- ✓ В покое несколько увеличивается содержание лимфоцитов.

Лимфоциты – это разновидность лейкоцитов, отвечающая за иммунные реакции организма: выработку антител, разрушение чужеродных клеток, уничтожение собственных мутантных клеток и другие.

Таким образом, у бегунов на длинные и сверхдлинные дистанции повышена способность организма противостоять различного рода вредным воздействиям.

Соответственно, в оздоровительные тренировочные программы обязательно должны входить длительный бег трусцой, длительная ходьба, длительная езда на велосипеде, длительная ходьба на лыжах или другие виды упражнений, которые могут продолжаться несколько десятков минут.



## 5. Энергетические траты организма при различных видах деятельности

На любой процесс жизнедеятельности организма расходуется энергия. Эта энергия образуется в результате распада различных химических веществ – углеводов, жиров (реже – белков), поступающих в организм вместе с пищей.

Если энергия, запасенная в химических связях поступающих с пищей веществ, больше, чем энергетический расход организма на процессы жизнедеятельности, часть энергии откладывается в запас. В организме млекопитающих запасным источником энергии является жировая ткань. Любое вещество, количество которого в организме превышает необходимый уровень, превращается в жиры и откладывается в запас в жировой ткани. Иными словами, если человек потребляет пищи больше, чем расходует энергии, то он толстеет.

Если количество поступающей с пищей энергии меньше, чем энергетические траты организма, то организм вынужден брать нехватящую энергию из запасов. Вначале организм тратит имеющиеся в клетках и в крови углеводы.

Процесс распада углеводов достаточно легкий и быстрый в отличие от сложного и длительного процесса расщепления жиров. Когда количество углеводов достигает определенного минимума, организм начинает расщеплять жиры. Таким образом, если человек ест меньше, чем расходует энергии, он худеет.

В некоторых случаях, когда с пищей поступает чрезвычайно мало энергии либо не поступает ее вовсе (голодание), а энергетические запросы организма велики (более или менее интенсивная мышечная деятельность), организм не тратит силы на сложный процесс расщепления жиров.

В этих случаях организму легче расщепить некоторые виды низкомолекулярных белков. К таким белкам относятся, прежде

всего, иммунные белки. Расщепление иммунных белков плазмы крови существенно снижает иммунную защиту организма. Поэтому при активном образе жизни голодание может быть очень опасным.

Энергетические траты принято оценивать в килокалориях (ккал). Существуют и другие величины оценки энерготрат.

**Основной обмен – это энергетические траты организма, связанные с поддержанием минимального уровня жизнедеятельности в стандартных условиях во время бодрствования.**

Даже в состоянии абсолютного покоя, глубокого сна, наркоза или комы организм расходует энергию на следующие жизненно важные процессы:

- ✓ деятельность постоянно работающих органов – дыхательных мышц, сердца, почек, печени, мозга
- ✓ поддержание жизненно необходимого биохимического неравновесия между внутренним составом клетки и составом межклеточной жидкости
- ✓ обеспечение внутриклеточных процессов дыхания, постоянно осуществляющегося синтеза жизненно важных веществ
- ✓ поддержание минимального уровня мышечного тонуса
- ✓ обеспечение постоянно осуществляющегося процесса деления клеток
- ✓ другие процессы

Величину основного обмена определяют утром натощак в покое после сна при температуре окружающего воздуха 18-20 С.

Основные факторы, от которых зависит уровень основного обмена:



- ✓ Возраст. Относительный основной обмен (в пересчете на массу тела) у детей выше, чем у взрослых, у людей среднего возраста выше, чем у стариков.
- ✓ Рост. Чем больше рост, тем выше основной обмен.
- ✓ Масса тела. Чем больше масса, тем выше основной обмен.
- ✓ Пол. У мужчин основной обмен выше, чем у женщин даже при одинаковых величинах роста, массы и возраста.

У мужчины среднего возраста – 35 лет, средней массы – 70 кг, среднего роста – 165 см основной обмен равен примерно 1 700 килокалорий (ккал) в сутки. У женщины при тех же условиях основной обмен примерно на 5–10 % ниже (1 530 ккал).

На величину основного обмена в существенной степени влияет и деятельность щитовидной железы. При заболеваниях, связанных с угнетением деятельности щитовидной железы – микседема, гипотиреоз – основной обмен несоразмерно снижается.

Аналогичным образом на уровень основного обмена влияет деятельность гипофиза (в существенной мере) и половых желез (в значительно меньшей степени).

Уровень основного обмена регулируется нервной системой и системой желез внутренней секреции.

Добавочные расходы энергии – энергетические расходы организма на выполнение любых актов жизнедеятельности сверх основного обмена. Добавочные расходы энергии увеличиваются после приема пищи – это энергия, затрачиваемая организмом на процессы пищеварения. При приеме углеводной пищи энергетические траты повышаются на 5–10 %, жировой – на 10–15 %, при приеме белковой пищи – на 20–30 %.

В небольшой степени расход энергии увеличивается при умственной деятельности. Даже чрезвычайно напряженная умственная работа вызывает прибавку в расходе энергии всего на 2–3 %.

Чувство голода, которое может испытывать человек при этом связано с тем, что головному мозгу в условиях напряженной умственной деятельности требуется большое количество чистой глюкозы. Прием чашки сладкого чая полностью удовлетворяет потребности мозга в глюкозе в этих условиях.

**Добавочные расходы энергии при выполнении некоторых видов физических упражнений**

Упражнение	Добавочный расход энергии (ккал)
<b>Бег:</b>	
100 м	18
200 м	25
400 м	40
800 м	60
1 500 м	100
3 000 м	210
5 000 м	310
10 000 м	590
42 км 195 м	2300
<b>Лыжные гонки:</b>	
10 км	550
30 км	1800
50 км	3600
<b>Бег на коньках:</b>	
500 м	35
1 500 м	65
5 000 м	200
<b>Плавание:</b>	
100 м	50
200 м	80
400 м	150
1 500 м	500

Добавочные расходы энергии увеличиваются под влиянием эмоциональных переживаний (в среднем на 11–19 %).

Увеличение энергетических трат организма регистрируется при понижении температуры окружающей среды. В этих условиях организм в несколько раз увеличивает интенсивность процессов распада для освобождения энергии, используемой на поддержание постоянной температуры тела.

Наиболее существенно увеличиваются энергетические траты организма при мышечной деятельности. Расходы энергии тем выше, чем интенсивнее совершаемая организмом мышечная работа.

Например, бег с максимальной скоростью вызывает энергетические траты организма до 3–4 ккал в секунду (!). Но поскольку такая деятельность может продолжаться всего несколько

секунд, суммарный расход энергии незначителен (примерно 20–30 ккал). В то же время малоинтенсивный бег в течение нескольких десятков минут с относительными энерготратами 0.4–0.3 ккал в

секунду вызовет потери организмом от 500 ккал до 2000 ккал и выше в зависимости от длительности бега.

Для сохранения своего здоровья человек в течение суток должен затрачивать на мышечную работу не менее 1200 ккал энергии.

При выполнении мышечной деятельности в условиях эмоциональных переживаний (игровая деятельность, единоборства, деятельность, связанная с риском, выступления на соревнованиях) организм расходует энергию как на выполнение самой деятельности, так и на обеспечение эмоциональных переживаний. Поэтому пробегание дистанции на тренировке вызовет меньший расход энергии, чем та же деятельность на соревнованиях.

Добавочные расходы энергии организма (сверх основного обмена)

Добавочные расходы энергии организма (сверх основного обмена)				
умственная работа	эмоции	процессы пищеварения	поддержание температуры тела в условиях холода	физическая работа
2-3 %	11-19 %	5-30 %	до 300 % и выше	до 1500 % и выше (!)
				

## 6. Общая характеристика различных видов мышечной деятельности

В зависимости от того, какую мышечную деятельность выполняет организм, в нем происходят и соответствующие изменения, направленные на обеспечение выполнения именно данного вида работы.

В связи с этим, одни нагрузки могут быть полезны, а другие – вредны для организма, одни – приводят к снижению жировых отложений при относительной неизменности объема мышц, а другие – к увеличению мышечной массы при относительной неизменности жировых отложений и так далее.

Существует большое количество классификаций видов мышечной деятельности.

Например, **мышечную работу разделяют на статическую**, при которой происходит мышечное сокращение, но не происходит движение, и **динамическую**, при которой происходит как сокращение мышцы, так и перемещение частей тела друг относительно друга.

Статическая работа более утомительна для организма и для мышц по сравнению с динамической той же интенсивности и длительности, так как при статической работе отсутствует фаза расслабления мышц, во время которой могут пополниться запасы веществ, израсходованные на мышечное сокращение.

Женский организм труднее переносит статическую работу по сравнению с мужским (например, женщинам тяжелее стоять, чем мужчинам, поэтому им следует уступать место в транспорте).

По числу групп мышц, включенных в работу, двигательную деятельность делят на работу **локального, регионального и глобального характера**.

При **работе локального характера** в деятельности участвует менее одной трети мышечной массы (обычно мелкие мышечные группы). Это, например, работа одной рукой или кистями (ступнями).

При **работе регионального характера** в деятельность включаются одна крупная или несколько мелких мышечных групп. Это, например, работа только руками или только ногами.

При **работе глобального характера** в деятельности принимают участие более двух третей мышц от общей мышечной массы. К работе глобального характера относятся, например, ходьба, бег, плавание (при этих видах двигательной деятельности работают практически все мышцы).

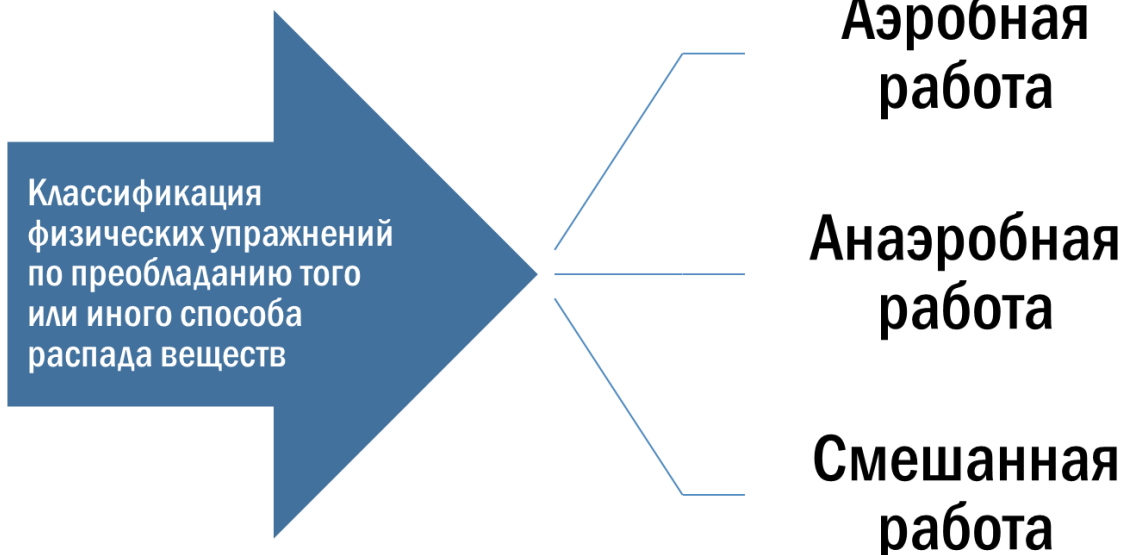
**Чем больший процент мышечной массы участвует в работе, тем большие изменения такая работа вызывает в организме, и тем, соответственно, выше тренировочный эффект.**

Поэтому силовые упражнения на отдельные мышечные группы, будут способствовать увеличению силы этих мышц, но практически не отразятся на деятельности других органов (сердца, легких, сосудов, органов иммунной системы). Такая работа не приведет к потере массы тела и не подходит для желающих похудеть или укрепить здоровье.

Все нижеприведенные классификации физических упражнений подразумевают, что организм осуществляет работу глобального характера.

Одной из наиболее известных классификаций физических упражнений является **разделение их по преобладающему источнику энергии для мышечного сокращения**. В организме человека распад веществ с образованием энергии может проходить с участием кислорода (аэробно) и без участия кислорода (анаэробно).

В действительности же во время мышечной работы наблюдаются оба варианта распада веществ, однако, один из них, как правило, преобладает.



По преобладанию того или иного способа распада веществ различают аэробную работу, энергообеспечение которой происходит преимущественно за счет кислородного распада веществ, анаэробную работу, энергообеспечение которой происходит преимущественно за счет бескислородного распада веществ и смешанную работу, при которой сложно выделить преобладающий способ распада веществ.

**Примером аэробной работы** может служить любая малоинтенсивная деятельность, которая может продолжаться длительное время. В том числе и наши повседневные движения. В спортивной же или физкультурной деятельности примеры такой работы – длительная ходьба, длительный непрерывный бег (например, трусцой), длительная езда на велосипеде, длительная гребля, длительное передвижение на лыжах, коньках и так далее.

**Примером анаэробной работы** может служить деятельность, которая может продолжаться только кратковременно (от 10-20 секунд до 3-5 минут). Это, например, бег на короткие дистанции с максимальной скоростью, плавание на короткие дистанции с максимальной скоростью, езда на велосипеде или гребля на короткие дистанции с максимальной скоростью.



Промежуточные виды деятельности, которые могут продолжаться более 5, но менее 30 минут непрерывной деятельности, являются примером работы со смешанным (бескислородно-кислородным) типом энергообеспечения.

Когда произносят термин «аэробная» или «анаэробная работа», подразумевают, что так воспринимает эту работу весь организм, а не отдельные мышцы. Отдельные же мышцы при этом могут работать как в режиме кислородного энергообеспечения (неработающие или принимающие незначительное участие в деятельности, например, мышцы лица), так и в режиме бескислородного энергообеспечения (выполняющие наибольшую нагрузку при данном виде деятельности).

Еще одной из распространенных классификаций физических упражнений является **разделение мышечной работы по зонам мощности**. В основу положено максимальное время, которое может длиться работа определенной интенсивности.

Удобно объяснять различия между зонами мощности на примере бега.

Например, бег с максимальной скоростью не может длиться более нескольких секунд. Такую работу называют работой максимальной мощности. При этой работе происходит преимущественно бескислородный распад веществ (анаэробная работа). Условную максимальную границу такой работы определили в 20 секунд.

Если бежать не максимально интенсивно, но все же очень быстро, такой бег не может продолжаться более нескольких минут. Это – пример работы субмаксимальной мощности.

При данном виде деятельности также происходит преимущественно бескислородное расщепление веществ (анаэробная работа), границы такой работы определили от 20 секунд до 5 минут.

Бег с интенсивностью, которую можно поддерживать более 5, но менее 40 минут, является примером работы большой мощности. При таком виде деятельности расщепление веществ происходит как

при участии кислорода, так и бескислородным путем (смешанная работа).

И, наконец, длительный, более 40 минут, бег, является примером работы умеренной мощности. При этом виде деятельности расщепление веществ происходит преимущественно с участием кислорода (аэробная работа).

Верхняя граница этой работы индивидуальна и в большой степени зависит от тренированности человека. Именно эта работа дает наилучший оздоровительный эффект и даже подходит для людей с ослабленным здоровьем. Она же показана желающим похудеть.

Можно также бежать не равномерно, а ускоряясь и замедляясь на отдельных участках. Такая работа называется работой переменной мощности.

В связи с тем, что в данном виде деятельности происходит перестройка с одного способа энергообеспечения на другой, такая работа для организма чрезвычайно утомительна. Поэтому же она обеспечивает хороший тренировочный эффект.

## 6.1. Физиологические изменения в организме при работе максимальной мощности

**Работа максимальной мощности – это работа с предельной для данного организма интенсивностью.**

В виду своей чрезвычайной интенсивности такая работа может продолжаться не более 20 секунд (в некоторых литературных источниках приводится цифра 30 секунд, но на самом деле биохимические процессы при работе, продолжающейся более 15-20 секунд, уже не соответствуют признакам работы максимальной мощности).

Примерами работы максимальной мощности можно считать бег на дистанции 60 м и 100 м, плавание на дистанцию 25 м, велогонки на треке – 200 м и т.п.

При выполнении работы максимальной мощности организм тратит на ее обеспечение огромное количество энергии в единицу времени. Однако, из-за короткой длительности такой деятельности общие энергозатраты очень малы – примерно 80 кКал на всю работу (чашка кофе без булочки). Обеспечить освобождение 80 кКал энергии за несколько секунд можно только за счет быстрого бескислородного (анаэробного) распада веществ. Хотя при бескислородном способе расщепления образуются недоокисленные продукты распада, их существенного накопления в организме не происходит в виду малой длительности работы.

За несколько секунд, которые продолжается работа максимальной мощности, организм не успевает увеличить деятельность своих систем до уровня, необходимого для ее обеспечения. Поэтому работа максимальной мощности практически полностью выполняется «в долг». То есть на мышечное сокращение расходуются вещества, которые присутствовали в мышечных клетках в состоянии покоя. Восстановиться или поступить из крови в клетки эти вещества просто не успевают.

Запасы израсходованных веществ восстанавливаются уже после прекращения работы – во время отдыха. Следовательно, работа максимальной мощности продолжается до тех пор, пока в клетках не закончатся химические вещества, необходимые для мышечного сокращения (АТФ и креатинфосфат КрФ).

После того, как в мышечных клетках иссякли запасы АТФ и КрФ, интенсивность работы резко снижается, организм переходит на другие источники ее обеспечения, но такую работу уже нельзя назвать работой максимальной мощности.

Таким образом, запасы АТФ и креатинфосфата в клетках в состоянии покоя являются фактором, лимитирующим (ограничивающим длительность) работу максимальной мощности.

Хотя интенсивность работы максимальной мощности такова, что требует увеличения силы и частоты сердечных сокращений в несколько раз по сравнению с уровнем покоя, во время работы этого

не происходит. Сердце просто не успевает столь существенно повысить свою работу за такое короткое время. Увеличение деятельности сердца наблюдается уже после прекращения работы – во время восстановления.

То же самое происходит с дыханием. Работа максимальной мощности может выполняться даже на полной задержке дыхания и не вызывать его существенного повышения. После же прекращения работы организм восстанавливает образовавшийся долг кислорода путем увеличения частоты и глубины дыхания.

Еще одной характерной особенностью работы максимальной мощности является чрезвычайно напряженная деятельность нервной системы по ее обеспечению. Нервная система при этой работе с максимально возможной для себя частотой посылает импульсы к мышцам, запуская их быстрое и интенсивное сокращение. Столь же огромен и поток обратных импульсов от мышц к нервной системе, информирующий ее о состоянии мышц.

Такой режим работы для нервной системы чрезвычайно утомителен. Поэтому работоспособность в зоне максимальной мощности ограничивается возможностями нервной системы (нервных клеток) работать в столь напряженном режиме. Ограничивается она и возможностями нервных клеток передавать информацию друг другу и мышечным клеткам.

### **Как нервная система запускает мышечное сокращение**

Одной интенсивной деятельности нервной системы еще не достаточно для того, чтобы мышцы быстро и эффективно сокращались. Мышцы должны быть способны воспринять исполнительные команды от нервной системы и ответить на них сокращением.

В нормальных условиях способность нервной системы посылать импульсы определенной частоты соответствует способности мышц отвечать на них (ситуация может измениться во время болезни, сильного утомления или переутомления и в других случаях).

Важное значение имеет также способность мышц быстро расслабляться. Быстрое расслабление необходимо для того, чтобы мышца снова могла воспринять команду на сокращение.

Как ни странно, способность мышцы быстро расслабляться является более важным фактором, лимитирующим работу в зоне максимальной мощности, чем способность мышц быстро сокращаться.

## Выводы.

### Основные физиологические особенности работы максимальной мощности:

- Нервная система работает в предельном режиме
- Мышцы отвечают на импульсы нервной системы максимально возможной скоростью и силой сокращения
- Энергообеспечение работы осуществляется за счет АТФ и бескислородного (анаэробного) распада химических веществ (преимущественно, креатинфосфата)
- Изменения в сердечно-сосудистой и дыхательной системах во время работы незначительны
- Процессы восстановления во время работы незначительны
- Существенных изменений в пищеварительной, выделительной системах, системе терморегуляции, системе крови, иммунной системе не происходит в виду малой продолжительности работы
- Изменения в деятельности желез внутренней секреции касаются только мозгового слоя надпочечников, который резко увеличивает выброс в кровь адреналина и норадреналина

### Работу максимальной мощности лимитируют (ограничивают)

- Способность нервной системы посылать нервные импульсы с предельной частотой
- Способность нервной системы быстро воспринимать и перерабатывать огромное количество информации, получаемой от работающих мышц
- Способность нервных клеток быстро и эффективно передавать импульсы друг другу
- Способность мышц отвечать сокращением на нервные импульсы, посылаемые с предельной частотой
- Способность мышц быстро расслабляться
- Запасы АТФ и креатинфосфата в мышечных клетках

## Основные физиологические особенности работы максимальной мощности:

✓ нервная система работает в предельном режиме, посылая исполнительные команды к мышцам с максимальной частотой импульсации;

✓ мышцы отвечают на импульсы нервной системы максимально возможной скоростью и силой сокращения;

✓ энергообеспечение работы осуществляется за счет АТФ, имеющейся в мышечной клетке, и бескислородного (анаэробного)

распада химических веществ, используемых для ее синтеза (преимущественно, креатинфосфата);

✓ изменения в сердечно–сосудистой и дыхательной системах во время работы незначительны, но наблюдаются в периоде восстановления;

✓ процессы восстановления во время работы незначительны – она почти полностью выполняется «в долг»;

✓ существенных изменений в пищеварительной, выделительной системах, системе терморегуляции, системе крови, иммунной системе не происходит в виду малой продолжительности работы (такие изменения могут наблюдаться, если работе предшествовала относительно интенсивная и длительная разминка);

✓ изменения в деятельности желез внутренней секреции касаются только мозгового слоя надпочечников, который резко увеличивает выброс в кровь адреналина и норадреналина, а также той части гипофиза, которая управляет деятельностью надпочечников. Существенных изменений в деятельности других желез внутренней секреции не происходит.

### **Работу максимальной мощности лимитируют (ограничивают):**

✓ способность нервной системы посылать нервные импульсы с предельной частотой;

✓ способность нервной системы быстро воспринимать и перерабатывать огромное количество информации, получаемой от работающих мышц;

✓ способность нервных клеток быстро и эффективно передавать импульсы друг другу;

✓ способность мышц отвечать сокращением на нервные импульсы, посылаемые с предельной частотой;

✓ способность мышц быстро расслабляться;

✓ запасы АТФ и креатинфосфата в мышечных клетках.

Таким образом, работа максимальной мощности, в основном, предъявляет высокие требования к деятельности нервной системы, а также мышечного аппарата.

Факторы, лимитирующие работу максимальной мощности, в большой степени predeterminedены генетически и очень слабо поддаются тренировке. Поэтому способность высокоэффективно работать в зоне максимальной мощности во многом зависит от врожденных особенностей организма. Иными словами, «великими спринтерами рождаются».

При работе максимальной мощности необходимо быстрое освобождение энергии, а значит химические вещества, расщепление которых дает энергию для мышечного сокращения, подвергаются бескислородному (анаэробному) распаду.

В мышечных клетках анаэробно способны распадаться только некоторые виды углеводов и химическое вещество, называемое креатинфосфатом (КрФ).

Распад жиров не может происходить без участия кислорода, следовательно, работа максимальной мощности не подходит желающим сбросить лишнюю массу тела.

## 6.2. Физиологические изменения в организме при работе субмаксимальной мощности

**Работа субмаксимальной мощности – это работа с околопредельной для данного организма интенсивностью.**

Работа такой интенсивности может продолжаться не более 3-5 минут.

С биохимической точки зрения работа субмаксимальной мощности – это работа, энергообеспечение которой осуществляется преимущественно за счет бескислородного расщепления гликогена. То есть АТФ для данного вида мышечной работы синтезируется за счет использования энергии бескислородного распада гликогена.

Гликоген, за счет которого синтезируется АТФ при работе субмаксимальной мощности, берется из самих мышечных клеток, из крови, а также в несущественной степени поступает в кровь из мест своего резервного хранения (из печени).

Чтобы организм начал с высокой скоростью бескислородно расщеплять гликоген, ему необходимо от 10 до 20 секунд (максимальная скорость расщепления достигается после 50-60 секунд работы). Поэтому, работа субмаксимальной мощности может продолжаться с 10-20 секунды до 3-4 минуты околопредельной по напряженности деятельности.

Классическими примерами работы субмаксимальной мощности являются беговые дистанции 400 м и 800 м.

Основная химическая реакция, которая дает энергию для образования АТФ при работе субмаксимальной мощности (бескислородный распад гликогена), имеет один очень неприятный побочный эффект – гликоген без участия кислорода может распадаться только частично, с образованием недоокисленных продуктов распада – низкомолекулярных кислот (молочной кислоты и других).

Накопление кислот в мышечных клетках изменяет свойства их внутреннего содержимого, затрудняя протекание процесса мышечного сокращения. В таких условиях клетка стремится избавиться от кислот, отдавая их в протекающую мимо кровь. Кислоты проникают в кровь, потому что в клетках их концентрация выше, чем в протекающей мимо крови. Проникновение большого количества кислот в кровь приводит к изменению важной биологической константы – показателя кислотности-щелочности (pH) крови.

### **Изменение pH при работе субмаксимальной мощности**

Снижение pH крови изменяет свойства белков и является угрозой их разрушения. Именно поэтому в организме человека существуют



мощные механизмы поддержания pH крови на строго определенном уровне. Эти механизмы называются буферными системами крови.

Однако скорость образования кислот при работе субмаксимальной мощности настолько высока, что буферные системы крови не успевают нейтрализовать закисление. Поэтому закисление крови имеет место, и это закисление очень велико.

У спортсменов высокого класса (мастера спорта и выше) закисление крови, возникающее вследствие выполнения работы субмаксимальной мощности на ответственных соревнованиях, может быть несовместимо с жизнью. Организм неспортсменов или спортсменов младших и средних разрядов не способен выдержать работу, приводящую к смерти в результате закисления крови.

### **Причины смерти спортсменов в результате выполнения работы субмаксимальной мощности**

Большое количество продуктов распада, образующееся в ходе выполнения работы субмаксимальной мощности, поступая из клеток в близлежащие капилляры крови, обуславливает расширение мелких кровеносных сосудов и открытие резервных кровеносных сосудов (находившихся в закрытом состоянии в покое). Расширение сосудов в несколько раз увеличивает кровоток через работающие мышцы.

В целом, за счет увеличения деятельности сердца, расширения сосудов и других механизмов кровотока через работающие мышцы может увеличиться в 20-25 раз (!).

Если бы кислород мог доставляться тканям с той же скоростью, с которой он необходим для мышечного сокращения при работе субмаксимальной мощности, его потребление превысило бы максимально возможное потребление организмом кислорода в несколько раз.

Но возможности системы дыхания насытить кровь кислородом нуждающимся тканям ограничены.

Несмотря на то, что при работе субмаксимальной мощности система дыхания и сердечно-сосудистая система успевают выйти на предельную мощность своего функционирования, запрос работающих мышц в кислороде остается неудовлетворенным, именно поэтому гликоген распадется бескислородно с образованием кислот.

Другая причина, по которой гликоген распадается бескислородно в том, что эта реакция протекает намного быстрее, чем кислородный распад того же гликогена. При работе же субмаксимальной мощности необходимо чрезвычайно быстрое освобождение энергии.

Несоответствие между запросом клеток в кислороде и реальными возможностями организма удовлетворить этот запрос называется кислородным долгом. Во время работы субмаксимальной мощности кислородный долг достигает предельных для данного организма величин.

У высококвалифицированных спортсменов кислородный долг может достичь 20-22 литров! То есть 2022 литра кислорода (не воздуха, а кислорода!) организму необходимо потребить сверх нормы после окончания работы, чтобы ликвидировать задолженность перед организмом.

Высокий запрос сокращающихся мышц в кислороде заставляет систему дыхания и сердечно-сосудистую систему работать с предельной для них интенсивностью, а достаточная длительность работы позволяет этим системам успеть развернуть максимально возможную мощность своего функционирования.

Так, частота сердечных сокращений при работе субмаксимальной мощности может достигать 180-200 ударов в минуту (в покое – 60-80 ударов в минуту), частота дыхания – 50-70 дыхательных движений в минуту (в покое – 10-16 дыхательных движений в минуту), объем воздуха, поглощаемого за один вдох – 2-3 литра (в покое около 0.5 литра), объем крови, выбрасываемой сердцем за одно сокращение – 150-200 мл (в покое – 50-70 мл), время полного

кругооборота крови – 6-7 секунд (в покое – 22-24 секунды), систолическое артериальное давление – 180-240 миллиметров ртутного столба (в покое – 115-125 миллиметров ртутного столба).

Данные получены на спортсменах мужчинах. Эти же цифры приведены в таблице.

*Изменение некоторых показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем при работе субмаксимальной мощности*

<b>Показатель</b>	<b>Величина при работе</b>	<b>Величина в покое</b>
Частота сердечных сокращений (удары в минуту)	180-200	60-80
Частота дыхания (дыхательные движения в минуту)	50-70	10-16
Объем воздуха, поглощаемого за один вдох (литры)	0.5	2-3
Объем крови, выбрасываемой сердцем за одно сокращение (миллилитры)	150-200	50-70
Время полного кругооборота крови (секунды)	6-7	22-24
Систолическое артериальное давление (миллиметры ртутного столба)	180-240	115-125

Нервная система при работе субмаксимальной мощности работает в чрезвычайно напряженном режиме. Она с высокой частотой посылает исполнительные команды к мышцам, запуская их сокращение, координирует работу мышц с деятельностью сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем, получает и обрабатывает огромное количество информации от мышц и органов, обеспечивающих мышечную работу. Все эти функции

нервная система вынуждена выполнять в условиях острой нехватки кислорода.

Энергетические траты в единицу времени при работе субмаксимальной мощности очень велики – 1.5-0.6 килокалорий в секунду (в покое – 0.02 килокалорий в секунду), но в силу небольшой продолжительности работы общие энерготраты незначительны – 150-450 килокалорий за всю работу.

Высокая скорость распада веществ обуславливает образование большого количества тепла, а достаточная продолжительность работы субмаксимальной мощности позволяет накопиться этому теплу. Система терморегуляции не успевает компенсировать теплопродукцию теплоотдачей. В результате температура тела спортсмена может повыситься на 1-1.5 градуса (до 38.00-38.50 C).

Потоотделение при работе субмаксимальной мощности наблюдается и тем существенней, чем выше качество проведенной разминки. Однако в силу невысокой продолжительности работы потери воды, солей и других веществ с потом незначительны.

Изменения в системе желез внутренней секреции заключаются в высоком уровне выделения в кровь адреналина и норадреналина мозговым веществом надпочечников. Деятельность других желез внутренней секреции не успевает сколь либо существенно измениться.

В конце работы может регистрироваться начало повышения активности гипофиза, выделяющего гормон, стимулирующий синтез кортизола и обеспечивающего выработку андрогенов и эстрогенов.

Изменения активности гипофиза и надпочечников тем выше, чем выше тренированность спортсмена и качество разминки перед мышечной работой.

Изменения в других системах организма (пищеварительной, выделительной, иммунной и других) незначительны в виду невысокой продолжительности работы и связаны, в основном, с

некоторым снижением их кровоснабжения, тормозными влияниям нервной системы и закислением крови.

Вследствие закисления крови часто наблюдается изменение проницаемости почечных канальцев. В результате этого после выполнения работы субмаксимальной мощности в моче может обнаруживаться белок (в норме белок в моче отсутствует). Появление белка в моче после работы субмаксимальной мощности – нормальное явление, не является почечной патологией и самопроизвольно исчезает в период восстановления.

## Выводы.

### Изменения в организме при работе субмаксимальной мощности

- ✓ Энергообеспечение работы осуществляется за счет бескислородного распада гликогена.
- ✓ Гликоген для распада берется из самих мышечных клеток и из крови.
- ✓ Образуется больше количество недоокисленных продуктов распада.
- ✓ Наблюдается снижение рН крови до предельно возможных величин.
- ✓ Регистрируется значительное расширение сосудов работающих мышц.
- ✓ Предельно увеличивается кровоток через работающие мышцы.
- ✓ Предельно увеличивается деятельность сердечно-сосудистой системы.
- ✓ Предельно увеличивается деятельность дыхательной системы.
- ✓ Образуется максимально возможный для организма кислородный долг.
- ✓ Нервная система работает в чрезвычайно напряженном режиме.
- ✓ Энергетические траты организма в единицу времени чрезвычайно велики, общие энерготраты малы, в виду невысокой продолжительности работы.
- ✓ Высокие энерготраты могут приводить к повышению температуры тела до 38-38.5 С.
- ✓ Работа осуществляется на фоне высокой концентрации в крови адреналина и норадреналина.

**Основные изменения в организме при работе субмаксимальной мощности:**

- ✓ Энергообеспечение работы осуществляется за счет бескислородного распада гликогена.

✓ Гликоген для распада берется из самих мышечных клеток и из крови. В виду низкой продолжительности работы гликоген, расположенный в местах его резервного хранения (в печени) использоваться не успевает.

✓ Образуется больше количество недоокисленных продуктов распада.

✓ Наблюдается снижение рН крови до предельно возможных величин.

✓ Регистрируется значительное расширение сосудов работающих мышц и открытие резервных капилляров.

✓ Предельно увеличивается кровоток через работающие мышцы.

✓ Предельно увеличивается деятельность сердечно-сосудистой системы.

✓ Предельно увеличивается деятельность дыхательной системы.

✓ Образуется максимально возможный для организма кислородный долг.

✓ Нервная система работает в чрезвычайно напряженном режиме, обеспечивая высокую интенсивность мышечного сокращения и координацию деятельности мышц с другими системами организма.

✓ Энергетические траты организма в единицу времени чрезвычайно велики, общие энерготраты малы, в виду невысокой продолжительности работы.

✓ Высокие энерготраты в единицу времени могут приводить к повышению температуры тела до 38-38.5 С.

✓ Работа осуществляется на фоне высокой концентрации в крови адреналина и норадреналина мозгового вещества надпочечников.



**Работу субмаксимальной мощности лимитируют (ограничивают):**

1. Возможности мышечных клеток сокращаться в условиях закисления их внутреннего содержимого.
2. Возможности организма функционировать в условиях закисления крови.
3. Мощность специальных механизмов, противостоящих закислению крови (так называемых, буферных систем крови).
4. Возможности нервной системы обеспечивать высокий уровень взаимодействия сокращающихся мышц с работой систем обеспечения мышечной деятельности.
5. Возможности нервной системы функционировать в условиях острой нехватки кислорода и других существенных сдвигов внутренней среды организма.

**Работу субмаксимальной мощности лимитируют (ограничивают):**

1. Возможности мышечных клеток сокращаться в условиях закисления их внутреннего содержимого.
2. Возможности организма функционировать в условиях закисления крови.
3. Мощность специальных механизмов, противостоящих закислению крови (так называемых, буферных систем крови).
4. Возможности нервной системы обеспечивать высокий уровень взаимодействия сокращающихся мышц с работой систем обеспечения мышечной деятельности.
5. Возможности нервной системы функционировать в условиях острой нехватки кислорода и других существенных сдвигов внутренней среды организма.

## Учебные материалы (ВИДЕО)

Функциональная подготовка Видеолекции -  
<https://cloud.mail.ru/public/rSjd/D8kYAvAmh>

АФГ. Веревка -  
<https://cloud.mail.ru/public/d6w4/o5ngb7ogz>

АФГ. Палка -  
<https://cloud.mail.ru/public/RKd1/G8LbukQA6>

Техника Волевого Напряжения (ТВН) -  
<https://cloud.mail.ru/public/pNpQ/pMNVCKhb5>

Техника Силового Противодействия (ТСП) -  
<https://cloud.mail.ru/public/XWYc/wCBbKfKH8>

Боевая гимнастика -  
<https://cloud.mail.ru/public/NwpX/QvuQ8STgy>

Цели и мотивации -  
<https://cloud.mail.ru/public/p8DN/zHHVwim8n>

Выносливость. Тренировка сердца -  
<https://cloud.mail.ru/public/kg2j/pU4BHHLDF>

ФИЗО к походам -  
<https://cloud.mail.ru/public/XUVa/HYQThecKF>



Учебное издание

Махов Станислав Юрьевич

## **ФИЗИОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**

Учебно-методическое пособие

Подписано к изданию 17.01.2023 г.

Объем 4,1 печ.л.

Межрегиональная Академия безопасности и выживания  
Россия, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, д. 5–а  
официальный сайт МАБИВ: [www.mabiv.ru](http://www.mabiv.ru)  
e-mail: [info@mabiv.ru](mailto:info@mabiv.ru)

