Курс лекций по дисциплине «Спортивная биохимия»

Биохимия изучает химические процессы, происходящие в живых системах. Иначе говоря, биохимия изучает химию жизни. Наука эта относительно молодая. Она родилась в 20 веке. Условно курс биохимии можно разделить на три части.

Общая биохимия занимается общими закономерностями химического состава и обмена веществ разных живых существ от мельчайших микроорганизмов и кончая человеком. Оказалось, что эти закономерности во многом повторяются.

Частная биохимия занимается особенностями химических процессов, протекающих у отдельных групп живых существ. Например, биохимические процессы у растений, животных, грибов и микроорганизмов имеют свои особенности, причем, в ряде случаев очень существенные.

Функциональная биохимия занимается особенностями биохимических процессов протекающих в отдельных организмах, связанных с особенностями их образа жизни. Направление функциональной биохимии, исследующее влияние физических упражнений на организм спортсмена называется биохимией спорта или спортивной биохимией.

Развитие физической культуры и спорта требует от спортсменов и тренеров хороших знаний в области биохимии. Это связано с тем, что без понимания того, как работает организм на химическом, молекулярном уровне трудно надеяться на успех в современном спорте. Многие методики тренировки и восстановления базируются в наше время именно на глубоком понимании того, как работает организм на субклеточном и молекулярном уровне. Без глубокого понимания биохимических процессов невозможно бороться и допингом - злом, которое может погубить спорт.

1. Биологическая роль белков

Роль белков в организме трудно переоценить. Именно поэтому наш курс начинается с описания роли и строения именно этого класса биоорганических соединений. Белки в организме выполняют следующие функции.

1. Структурная или пластическая функция. Белки являются универсальным строительным материалом, из которого состоят практически все структуры живых клеток. Например, в организме человека белки составляют около 1/6 от массы тела. Причем, у тренированных людей с хорошо развитыми мышцами эта цифра может быть и выше.

2. Каталитическая функция. Многие белки, называемые ферментами или энзимами, выполняют в живых системах функцию катализаторов, то есть изменяют скорости протекания химических реакций (о чем подробно будет сказано ниже)

3. Сократительная функция. Именно белковые молекулы лежат в основе всех форм движения живых систем. Мышечное сокращение = это, прежде всего работа белков.

4. Регуляторная функция. В основе этой функции лежит способность белковых молекул реагировать и с кислотами и основаниями, называемуют в химии амфотерностью. Белки участвуют в создании гомеостаза организма. Многие белки являются гормонами.

5. Рецепторная функция. В основе этой функции лежит способность белков реагировать на возникающие изменения условий внутренней среды организма. Различные рецепторы в организме, чувствительные к температуре, давлению, освещенности являются белками. Рецепторы гормонов - это тоже белки.

6. Транспортная функция. Белковые молекулы имеют большой размер, хорошо растворимы в воде, что позволяет им легко перемещаться по водным растворам и переносить различные вещества. Например, гемоглобин переносит газы, альбумины крови переносят жиры и жирные кислоты.

7. Защитная функция. Белки защищают организм, прежде всего, участвуя в создании иммунитета.

8. Энергетическая функция. Белки не являются главными участниками энергетического обмена, но все же до 10% суточной потребности организма в энергии обеспечивают именно они. В то же время, это слишком ценный продукт, чтобы использовать его, как источник энергии. Поэтому белки используются в качестве источника энергии только после углеводов и жиров.

2. Строение молекулы белка

Белки - это высокомолекулярные азотсодержащие соединения, состоящие из аминокислот. В состав белков входят сотни остатков аминокислот. Однако все белки, независимо от происхождения образуются 20 видами аминокислот. Эти 20 аминокислот называют, поэтому протеиногенными.

Аминокислоты содержат карбоксильную группу COOH и аминогруппу NH2. Правда, некоторые белки все же содержат в очень малых количествах аминокислоты, не входящие в состав протеиногенных. Такие аминокислоты называют минорными. Они образуются из протеиногенных аминокислот после завершения синтеза белковых молекул.

Аминокислоты соединяются друг с другом пептидной связью, образуя длинные неразветвленные цепи - полипептиды. Пептидная связь возникает при взаимодействии карбоксильной группы одной аминокислоты и аминогруппы другой с выделением воды. Пептидные связи обладают высокой прочностью, их образуют все аминокислоты. Именно, эти связи образуют первый уровень организации белковой молекулы - первичную структуру белка. Первичная структура - это последовательность аминокислотных остатков в полипептидной цепи белка.

Вторичная структура белка представляет собой спиральную структуру, образованную, главным образом, за счет водородных связей.

Третичная структура белка представляет собой глобулу или клубочек, в которую сворачивается вторичная спираль в некоторых белках. В образовании глобулы участвуют различные межмолекулярные силы, прежде всего дисульфидные мостики. Поскольку дисульфидные связи образуются аминокислотами, которые содержат серу, то глобулярные белки обычно содержат много серы.

Некоторые белки образуют четвертичную структуру, состоящую из нескольких глобул, называемых тогда субъединицами. Например, молекула гемоглобина состоит из четырех субъединиц, выполняющих единую функцию.

Все структурные уровни молекулы белка зависят от первичной структуры. Изменения в первичной структуре ведут к изменениям на других уровнях организации белка.

3. Классификация белков

Классификация белков базируется на их химическом составе. Согласно этой классификации белки бывают простые и сложные. Простые белки состоят только из аминокислот, то есть из одного или нескольких полипептидов. К простым белкам, имеющимся в организме человека, относятся альбумины, глобулины, гистоны, белки опорных тканей.

В молекуле сложного белка, кроме аминокислот, ещё имеется неаминокислотная часть, называемая простетической группой. В зависимости от строения этой группы выделяют такие сложные белки, как фосфопротеиды(содержат фосфорную кислоту), нуклеопротеиды( содержат нуклеиновую кислоту), гликопротеиды(содержат углевод), липопротеиды(содержат липоид) и другие.

Согласно классификации, которая базируется на пространственной форме белков, белки разделяются на фибриллярные и глобулярные.

Фибриллярные белки состоят из спиралей, то есть преимущественно из вторичной структуры. Молекулы глобулярных белков имеют шаровидную и эллипсоидную форму.

Примером фибриллярных белков является коллаген - самый распространенный белок в теле человека. На долю этого белка приходится 25 - 30% от общего числа белков организма. Коллаген обладает высокой прочностью и эластичностью. Он входит в состав сосудов мышц, сухожилий, хрящей, костей, стенки сосудов.

Примером глобулярных белков являются альбумины и глобулины плазмы крови.

4. Физико-химические свойства белков

Одной из главных особенностей белков является их большая молекулярная масса, которая колеблется в диапазоне от 6000 до нескольких миллионов дальтон.

Другим важным физико-химическим свойством белков является их амфотерность, то есть наличие, как кислотных, так и основных свойств. Амфотерность связана с наличием в составе некоторых аминокислот свободных карбоксильных групп, то есть кислотных, и аминогрупп, то есть щелочных. Это приводит к тому, что в кислой среде белки проявляют щелочные свойства, а в щелочной среде - кислотные. Однако при определенных условиях белки проявляют нейтральные свойства. Значение рН, при котором белки проявляют нейтральные свойства, называется изоэлектрической точкой. Изоэлектрическая точка для каждого белка индивидуальна. Белки по этому показателю делят на два больших класса - кислые и щелочные, так как изоэлектрическая точка может быть сдвинута либо в одну, либо в другую сторону.

Еще одно важное свойство белковых молекул - это растворимость. Несмотря на большой размер молекул белки довольно хорошо растворимы в воде. Причем растворы белков в воде весьма устойчивы. Первой причиной растворимости белков является наличие на поверхности молекул белков заряда, благодаря чему белковые молекулы практически не образуют нерастворимые в воде агрегаты. Второй причиной устойчивости белковых растворов является наличие у белковой молекулы гидратной (водной) оболочки. Гидратная оболочка отделяет белки друг от друга.

Третье важное физико-химическое свойство белков - это высаливание, то есть способность выпадать в осадок под действием водоотнимающих средств. Высаливание - процесс обратимый. Эта способность то переходить в раствор, то выходить из него очень важна для проявления многих жизненных свойств.

Наконец, важнейшим свойством белков является его способность к денатурации. Денатурация - это потеря белком нативности. Когда мы делаем яичницу на сковороде, мы получаем необратимую денатурацию белка. Денатурация заключается в постоянном или временном нарушении вторичной и третичной структуры белка, но при этом первичная структура сохраняется. Помимо температуры (выше 50 градусов) денатурацию могут вызвать другие физические факторы: излучении, ультразвук, вибрация, сильные кислоты и щелочи. Денатурация может быть обратимой и необратимой. При небольших воздействиях разрушение вторичной и третичной структур белка происходит незначительное. Поэтому белок при отсутствии денатурирующего может восстановить свою нативную структуру. Процесс обратный денатурации называется ренатурация. Однако при продолжительном и сильном воздействии ренатурация становится невозможной, а денатурация, таким образом, необратимой.

5. Строение ферментов

Ферменты или энзимы - это белки, выполняющие в организме каталитические функции. Катализ предусматривает, как ускорение, так и замедление химических реакций.

Ферменты практически всегда ускоряют химические реакции в организме, причем, ускоряют в десятки и сотни раз. У иных реакций, проходящих под контролем ферментов, скорость в их отсутствие падает практически до нуля.

Участок фермента, который непосредственно участвует в катализе, называется активным центом. Он может быть по разному организован у ферментов, имеющих только третичную и четвертичную структуру. У сложных белков в образовании активного цента участвуют, как правило, все субъединицы, а также их простетические группы.

В активном центре выделяют два участка - адсорбционный и каталитический.

Адсорбционный участок - это центр связывания. Он по своему строению соответствует структуре реагирующих веществ, называемых в биохимии субстратами. Говорят, что субстраты и адсорбционный центр фермента совпадает как ключ и замок. У большинства ферментов один активный центр, но бывают ферменты, имеющие несколько активных центров.

Надо сказать, что в ферментативной реакции принимает участи не только активный центр фермента, но и другие его части. Общая конформация фермента играет важную роль в его активности. Поэтому, изменение даже одной аминокислоты в части молекулы, которая не имеет отношения непосредственно к активному центру, может сильно повлиять на активность фермента и даже свести её к нулю. Благодаря изменению конформации фермента происходит «приспособление» его активного центра к структуре субстратов, участвующих в ускоряемой ферментом реакции.

6. Механизм действия ферментов. Специфичность

Надо помнить, что при осуществлении каталитической функции, сам катализатор не меняет своей химической природы. Это утверждение справедливо и для ферментов.

В любой каталитической реакции, осуществляемой ферментами, различают три стадии.

1. Образование фермент-субстратного комплекса. На этой стадии активный центр фермента, связывается с субстратами за счет слабых связей, обычно водородных. Особенностью этого этапа является полная обратимость, так как фермент-субстратный комплекс легко может распадаться на фермент и субстраты. На этой стадии возникает благоприятная ориентация молекул субстратов, что способствует ускорению их взаимодействия.

2. Эта стадия проходит с участием каталитического участка активного центра. Сущность этого этапа состоит в снижении энергии активации и ускорении реакции между субстратами. Результатом этого этапа является образование нового продукта.

3. На этой стадии происходит отделение готового продукта от активного центра с освобождением фермента, который вновь готов для осуществления своей функции.

В клетке ферменты, катализирующие многостадийные процессы часто объединяются в комплексы, называемые мультиферментными системами. Чаще всего эти комплексы встроены в биомембраны или связаны с органоидами клеток. Такое объединение ферментов делает их работу более эффективной.

В некоторых случаях белки-ферменты содержат небелковый компоненты, участвующие в катализе. Такие небелковые элементы называются коферментами. Большинство коферментов в своем составе содержат витамины.

Важнейшим свойством ферментов является их высокая специфичность. В биохимии существует правило: одна реакция - один фермент. Различают два вида специфичности: специфичность действия и специфичность субстратная.

Специфичность действия - это способность фермента катализировать только один определенный тип химической реакции. Если субстрат может вступать в различные реакции, то для каждой реакции нужен свой фермент.

Субстратная специфичность - это способность фермента действовать только на определенные субстраты.

Субстратная специфичность бывает абсолютная и относительная.

При абсолютной специфичности фермент катализирует превращения только одного субстрата.

При относительной - может быть группа похожих субстратов.

7. От чего зависит скорость ферментативных реакций?

В основе химических реакций лежит энергия активации. Если энергия активации высокая, то вещества не могут вступить в реакцию или скорость их взаимодействия будет низкой. Ферменты снижают порог энергии активации.

Скорость ферментативных реакция существенно зависит от многих факторов. К ним относятся концентрации веществ участников ферментативной реакции, а также условия среды, в которых протекает реакция.

Показано, что чем выше концентрация фермента, тем выше скорость реакции. Это объясняется тем, что концентрация фермента намного ниже концентрации субстрата.

При низких концентрациях субстрата скорость прохождения реакции прямо пропорциональна концентрации субстратов. Однако по мере возрастания концентрации субстрата она начинает замедляться и, наконец, достигнув максимальной скорости, перестает расти. Это связано с тем, что по мере увеличения концентрации субстрата количество свободных активных центов становится ограничивающим фактором.

Температура влияет на ферментативные реакции своеобразно. Дело в том, что ферменты - это белки, а это значит, что при высоких температурах (выше 80 градусов), они полностью теряют активность. Поэтому для ферментативных реакций существует понятие температурного оптимума. Таким оптимумом для большинства ферментов является температура тела 37 - 40 градусов. При низких температурах ферменты также неактивны.

Еще одним фактором, определяющим активность ферментов, является рН среды. Здесь для каждого фермента существует свой рН-оптимум. Например ферменты желудочного сока имеют рН-оптимум в кислой среде (рН - 1,0 до 2,0), а ферменты поджелудочной железы предпочитают щелочную среду (рН - 9,0 - 10,0).

Помимо указанных выше факторов на скорость ферментативных реакций оказывают различные вещества - ингибиторы и активаторы.

Ингибиторы - это, чаще всего, низкомолекулярные вещества, тормозящие скорость реакции. Ингибитор связывается с ферментом, мешая ему осуществлять свою функцию.

Активаторы - вещества, избирательно повышающие скорость ферментативных реакций.

Гормоны могут выступать и активаторами, и ингибиторами ферментов.

Скорость ферментативных реакций зависит и от ряда других факторов:

· изменения скорости синтеза ферментов;

· . модификации ферментов;

· изменение конформации фермента

8. Классификация и номенклатура ферментов

Современная классификация ферментов базируется на характеристике химической реакции, катализируемой ферментом. Различают шесть основных классов ферментов.

1. Оксидоредуктазы - ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции. Схематично это выглядит так:

A + В > С + D

2. Трансферазы - ферменты, катализирующие перенос химических группировок с одной молекулы на другую

AВ + С > А + ВС

3. Гидролазы - ферменты, расщепляющие химические связи путем присоединения воды, то есть гидролиза.

АВ + Н2О >А - Н + В - ОН

4. Лиазы - ферменты катализирующие расщепление химических связей без присоединения воды:

АВ > А + В

5. Изомеразы - ферменты, катализирующие изомерные превращения, то есть перенос отдельных химических групп в пределах одной молекулы:

А > В

6. Синтетазы - ферменты катализирующие реакции синтеза, происходящие за счет энергии АТФ:

А + В > АВ

^энергия

АТФ + Н2О > АДФ + H3PO4

Каждый класс в свою очередь делится на подклассы, а те на подподклассы.

Название фермента, как правило состоит из двух частей. Первая часть отражает название субстрата, превращения которого катализируется данным ферментом. Вторая часть названия имеет окончание «-аза», указывает на природу реакции. Например, фермент, отщепляющий от молочной кислоты (лактата) атомы водорода, называется лактатдегидрогеназа. А фермент, катализирующий изомеризацию глюкозо-6-фосфата в фруктозо-6-фосфат называется глюкозофосфатизомераза. Фермент, участвующий в синтезе гликогена называется гликогенсинтетаза.

Тема 2. Этапы метаболизма и биологическое окисление

1. Общая характеристика обмена веществ

2. Строение и биологическая роль АТФ

3. Тканевое дыхание

4. Анаэробное, микросомальное и свободнорадикальное окисление

1. Общая характеристика обмена веществ

Обмен веществ и энергии - это обязательное условие существования живых организмов.

Организм из внешней среды получает энергию и строительные вещества, затем эти вещества перерабатываются и, наконец, ненужные продукты переработки выделяются из организма в окружающую среду. Таким образом, обмен веществ может быть представлен в виде трех процессов.

1. Пищеварение - это процесс в ходе которого пищевые вещества, как правило высокомолекулярные и для организма чужеродные, под действием пищеварительных ферментов расщепляются и превращаются в простые соединения - универсальные для всех живых организмов. Белки, например, распадаются на аминокислоты точно такие же как аминокислоты самого организма. Из углеводов пищи образуется универсальный моносахарид - глюкоза. Поэтому конечные продукты пищеварения могут вводиться во внутреннюю среду организма и использоваться клетками для разнообразных целей.

2. Метаболизм - это совокупность химических реакций, протекающая во внутренней среде организма. Правда, иногда слово «метаболизм» понимают как синоним обмена веществ.

3. Выделение - это процесс удаления отработанных веществ из организма. Этот процесс происходит, как на последних этапах пищеварения, так и в ходе метаболизма. В последнем случае в выделении участвует кровь и особые органы выделения продуктов распада азотистых веществ - почки.

Рассмотрим, однако, более подробно собственно метаболизм.

Метаболизм включает в себя два процесса, которые являются двумя его неразрывными сторонами: катаболизм и анаболизм.

Катаболизм - это процессы расщепления веществ, результатом которых является извлечение энергии и получение молекул меньшего размера. Конечными продуктами катаболизма являются углекислый газ, вода, аммиак.

Катаболизм в организме человека и большинства живых существ характеризуется следующими особенностями.

· В процессе катаболизма преобладают реакции окисления.

· Катаболизм протекает с потреблением кислорода.

· В процессе катаболизма выделяется энергия, примерно половина которой аккумулируется в форме молекул аденозинтрифосфата (АТФ). Значительная часть энергии выделяется виде тепла.

Анаболизм - это реакции синтеза. Для этих процессов характерны следующие особенности.

· Анаболизм - это, главным образом, реакции восстановления.

· В процессе анаболизма происходит потребление водорода.

· Источником энергии для реакций анаболизма служит АТФ.

2. Строение и биологическая роль АТФ

Аденозинтрифосфат или сокращенно АТФ - это универсальное энергетическое вещество организма. АТФ - нуклеотид, в состав молекулы которого входят азотистое основание - аденин, углевод - рибоза и три остатка фосфорной кислоты.

Особенностью молекулы АТФ является то, что второй и третий остатки фосфорной кислоты присоединяются связью, богатой энергией, иначе называемой макроэргической связью. Часто соединения, имеющие макроэргическую связь (а мы столкнемся с ними в процессе изучения предмета) обозначатся термином «макроэрги» или макроэргические вещества.

Строение АТФ можно отразить схемой

Аденин-рибоза - Ф.К. - Ф.К. - Ф.К.

аденозин

При использовании АТФ в качестве источника энергии обычно происходит отщепление путем гидролиза последнего остатка фосфорной кислоты.

АТФ + Н2О > АДФ + Н3РО4 + энергия

В физиологических условиях, то есть при условиях, которые имеются в живой клетке, расщепление моля АТФ сопровождается выделением 10 - 12 ккал энергии (43 -50 кДж).

Главными потребителями энергии АТФ в организме являются

· реакции синтеза;

· мышечная деятельность;

· транспорт молекул и ионов через мембраны.

Таким образом биологическая роль АТФ заключается в том, что это вещество в организме является своего родом эквивалентом ЕВРО или доллара в экономике. Основным поставщиком АТФ в клетке является тканевое дыхание - завершающий этап катаболизма, протекающий в митохондриях большинства клеток организма.

3. Тканевое дыхание

Тканевое дыхание - это основной способ получения АТФ используемый абсолютным большинством клеток организма.

В процессе тканевого дыхания от окисляемого вещества отнимаются два атомов водорода и по дыхательной цепи, состоящей из ферментов и коферментов, передаются на молекулярный кислород, доставляемый кровью из воздуха во все ткани организма. В результате присоединения атомов кислорода и водорода образуется вода. За счет энергии, выделяющееся при движении электронов, по дыхательной цепи, в митохондриях осуществляется синтез АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Обычно синтез трех молекул АТФ сопровождается образованием одной молекулы воды.

В качестве субстрата окисления в тканевом дыхании используются разнообразные промежуточные продукты распада углеводов, жиров и белков. Однако наиболее часто подвергаются окислению промежуточные продукты цикла лимонной кислоты, называемого иначе циклом трикарбоновых кислот или циклом Кребса (изолимонная, альфа-кетоглутаровая, янтарная, яблочная кислоты - это субстраты цикла трикарбоновых кислот). Цикл лимонной кислоты - это завершающий этап катаболизма, в ходе которого происходит окисление остатка уксусной кислоты, входящей а ацетилкофермент А до углекислого газа и воды. В свою очередь ацетилкофермент А - универсальное вещество организма, в которое при своем распаде превращаются главные органические вещества - белки, жиры и углеводы. Тканевое дыхание - это сложный ферментативный процесс. Ферменты тканевого дыхания делятся на три группы: никотинамидные дегидрогеназы, флавиновые дегидрогеназы и цитохромы. Эти ферменты и составляют дыхательную цепь.

Никотинамидные дегидрогеназы отнимают два атома водорода у окисляемого субстрата и присоединяют его к молекуле кофермента НАД (никотинамидадениндинуклеотид) При этом НАД переходит в свою восстановленную форму НАД.Н2.

Флавиновые дегидрогеназы отщепляют два атома водорода от НАД.Н2 и временно присоединяют к ФМН (флавинмононуклеотид). Это кофермент в состав которого входит витамин В2. Затем происходит передача двух атомов водорода флавину, который в свою очередь передает эти атомы на цитохромы.

Цитохромы - это ферменты, содержащие в своем составе ионы трехвалентного железа, которые, присоединяя водород, переходят в двухвалентную форму. Цитохромов несколько и они обозначаются латинскими буквами a, a-3 b, c. Цитохромы передают водород на молекулярный кислород, и образуется вода.

При движении по дыхательной цепи выделяется энергия, которая аккумулируется виде молекул АТФ. Этот процесс называется окислительным или дыхательным фосфорилированием. В сутки в организме образуется не менее 40 кг АТФ. Особенно интенсивно эти процессы идут в мышцах при физической работе.

4. Анаэробное, микросомальное и свободнорадикальное окисление

В некоторых случаях отнятие атома водорода от окисляемых веществ происходит в цитоплазме. Эти процессы происходят без участия кислорода. Поэтому акцепторы водорода здесь другие. Наиболее часто водород присоединяет пировиноградная кислота, возникающая при распаде углеводов и аминокислот. Пировиноградная кислота может присоединить водород и таким образом превратиться в лактат или молочную кислоту. Такой процесс, происходящий, в частности в мышцах при недостатке кислорода, называется анаэробным окислением или гликолизом. За счет выделяющейся при этом энергии в цитоплазме также идет образование АТФ. Процесс образования АТФ в цитоплазме получил название анаэробного или субстратного фосфорилирования. Этот процесс гораздо менее эффективен, нежели тканевое дыхание.

В некоторых случаях при окислении атомы кислорода включаются в молекулы окисляемых веществ. Такое окисление протекает на мембранах эндоплазматической сети и называется микросомальное окисление. За счет включения кислорода окисляемого субстрата возникает гидроксильная группа (-ОН). Поэтому этот процесс часто называют гидроксилирование. В этом процессе активное участие принимает аскорбиновая кислота или витамин С.

Биологическая роль этого процесса не связана с синтезом АТФ. Она состоит в следующем.

1. Включаются атомы кислорода в синтезируемее вещества.

2. Обезвреживаются различные токсичные вещества, так как включение атома кислорода в молекулу яда уменьшает токсичность этого яда, делает его водорастворимым, и облегчат почкам его выведение.

В редких случаях кислород, поступающий из воздуха в организм, превращается в активные формы (О2, НО2, НО+, Н2 О2 и др.), называемые свободными радикалами или оксидантами.

Свободные радикалы кислорода вызывают реакции окисления, затрагивающие белки, жиры, нуклеиновые кислоты. Это окисление получило название свободнорадикальное окисление.

Особенное влияние этот процесс оказывает на жирные кислоты. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) помогает обновлению липидного слоя биологических мембран.

Свободнорадикальное окисление может приносить и вред, если происходит слишком интенсивно. Поэтому в организме существует специальная антиоксидантная система, важнейшей частью которой является витамин Е (токоферол).

РАЗДЕЛ 2. МЕТАБОЛИЗМ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП ВЕЩЕСТВ

Тема 3. Строение и обмен углеводов

1. Общая характеристика и классификация углеводов. Функции углеводов в организме

2. Строение и биологическая роль глюкозы и гликогена. Синтез и распад гликогена

3. Пути катаболизма углеводов. Гексозодифосфатный путь расщепления глюкозы

4. Гексозомонофосфатный путь распада углеводов

1. Общая характеристика и классификация углеводов. Функции углеводов в организме

Углеводы составляют более 80% всех органических соединений биосферы Земли.

Исключительную роль в энергетическом обмене биосферы играет глюкоза. Именно этот углевод образуется в процессе фотосинтеза. И именно, глюкоза запускает энергетический обмен в нашем организме.

Углеводы делятся на три основных класса: моносахариды, олигосахариды и полисахариды.

Моносахариды или простые сахара не подвергаются гидролизу и получить из них более простые углеводы невозможно. К моносахаридам относятся: рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза и другие.

Олигосахариды состоят из нескольких моносахаридов, соединенных ковалентными связями. При гидролизе они распадаются на входящие в них моносахариды. Примером олигосахаридов могут служить дисахариды, состоящие из двух молекул моносахаридов. Наиболее распространенные дисахариды сахароза (пищевой или тростниковый сахар), состоящий из остатков глюкозы и фруктозы, лактоза(молочный сахар), состоящий из остатков глюкозы и галактозы.

Полисахариды представляют собой длинные неразветвленные цепи. Включающие сотни и тысячи моносахаридных остатков. Наиболее известные из них - крахмал, целлюлоза, гликоген - состоят из остатков глюкозы.

Функции углеводов в организме весьма разнообразны.

1. Энергетическая.

2. Структурная функция (входят в состав клеточных структур).

3. Защитная (синтез иммунных тел в ответ на антигены).

4.Антисвертывающая (гепарин).

5. Гомеостатическая (поддержание водно-солевого обмена)

6. Механическая ( входят в состав соединительных и опорных тканей).

2. Строение и биологическая роль глюкозы и гликогена. Синтез и распад гликогена

Эмпирическая формула глюкозы С6Н12О6. Она может иметь различные пространственные формы. В организме человека глюкоза как правило находится в циклической форме:

Свободная глюкоза в организме человека в основном находится в крови, где ее содержание довольно постоянно и колеблется в диапазоне от 3,9 до 6,1 ммоль/л.

Глюкоза главный источник энергии в организме.

Другим углеводом типичным для человека является гликоген. Состоит гликоген из сильно разветвленных молекул большого размера, содержащих десятки тысяч остатков глюкозы. Эмпирическая формула гликогена: (С6 Н12 О5)n где n число остатков глюкозы.

Основные запасы гликогена сосредоточены в печени и мышцах.

Гликоген является запасной формой глюкозы.

В норме с пищей поступает 400 - 500 г углеводов. Это, главным образом, крахмал, клетчатка, сахароза, лактоза, гликоген. Переваривание углеводов происходит в разных частях пищеварительного тракта, начиная с ротовой полости. Осуществляют его ферменты амилазы. Единственный углевод, который не расщепляется в нашем организме - это клетчатка. Все остальные расщепляются до глюкозы, фруктозы, галактозы и.т. д. и вовлекаются в процессы катаболизма, Значительная часть глюкозы превращается в печени в гликоген. Между приемами пищи часть гликогена в печени превращается в глюкозу, которая поступает в кровь.

Глюкоза, используемая для синтеза гликогена, предварительно активируется. Затем после ряда превращений образует гликоген. В этом процесс участвует нуклеотид УТФ (уридинтрифосфат), который по строению напоминает АТФ. В ходе реакций образуется промежуточное соединение - уридиндифосфатглюкоза (УДФ-глюкоза). Именно это соединение образует молекулы гликогена, вступая в реакцию с так называемой затравкой. Затравкой служат имеющиеся в печени молекулы гликогена.

Реакции образования гликогена обеспечиваются энергией молекулами АТФ. Синтез гликогена ускоряется гормоном инсулином.

Распад гликогена в печени осуществляется в обратном порядке и в конечном итоге образуется глюкоза и фосфорная кислота. Этот процесс ускоряется гормонами глюкагоном и адреналином. Распад гликогена в мышцах стимулирует гормон адреналин, который выделяется в кровь во время мышечной работы. При этом в мышцах не образуется свободная глюкоза и путь расщепления гликогена несколько иной.

3. Катаболизм углеводов. Гексозодифосфатный путь расщепления глюкозы.

Катаболизм глюкозы осуществляется двумя путями.

· Основная часть углеводов (до95%) подвергается распаду по гексозодинофосфатному пути. Именно этот путь является основным источником энергии для организма.

· Остальная часть глюкозы расщепляется через гексозомонофосфатный путь.

ГДФ-путь может протекать в условиях отсутствия кислорода - анаэробно и в присутствии кислорода, то есть в аэробных условиях. Это очень сложная цепь последовательных реакций, конечным результатом которой является образование углекислого газа и воды. Этот процесс можно разбить на три этапа, последовательно идущих друг за другом.

Первый этап, называемый гликолизом, происходит в цитоплазме клеток. Конечным продуктом этого этапа является пировиноградная кислота.

1. Реакция состоит в том, что глюкоза превращается в глюкозо-6фосфат.

Глюкоза + АТФ > глюкоза-6-фосфат + АДФ

2. Глюкоза-6-фосфат превращается во фруктозо-6-фосфат

3. Фруктозо-6-фосфат переходит во фрутозо-1.6-фосфат

4. Далее из фруктозо-6-фосфата образуется фосфоглицериновый альдегид.

5. Затем из фосфоглицеринового альдегида образуется 1.3дифосфоглицерат

6. 1.3дифосфоглицерат переходит в3-фосфоглицерат,

7. который переходит в 2-фосфоглицерат, а затем

8 в фосфопируват, а тот

9 в пируват (пировиноградная кислота).

Общее уравнение гликолиза выглядит так:

Глюкоза + О2 + 8АДФ + 8 Н3РО4 > 2 Пируват + 2Н2О + 8 АТФ

Первый этап распада углеводов практически обратим. Из пирувата, а также из возникающего в анаэробных условиях лактата (молочная кислота), может синтезироваться глюкоза, а из неё гликоген.

Второй и третий этапы ГДФ-пути протекают в митохондриях. Эти этапы требуют присутствия кислорода. В ходе второго этапа от пировиноградной кислоты отщепляется углекислый газ и два атома водорода. Отщепленные атомы водорода по дыхательной цепи передаются на кислород с одновременным синтезом АТФ. Из пирувата же образуется уксусная кислота. Она присоединяется к особому веществу, коферменту А. Это вещество является переносчиком остатков кислот. Результатом этого процесса является образование вещества ацетилкофермент А. Это вещество обладает высокой химической активностью.

Ацетилкофермент А подвергается дальнейшему окислению в цикле трикарбоновых кислот. Это и есть третий этап. Первой реакцией цикла является взаимодействие ацетилкофермента А со щавелево-уксусной кислотой с образованием лимонной кислоты. Поэтому эти реакции и называют циклом лимонной кислоты. Образуя ряд промежуточных трикарбоновых кислот лимонная кислота вновь превращается в щавелево-уксусную и цикл повторяется Результатом этих реакций является образование отщепленного водорода, которые, пройдя по дыхательной цепи(см. предыдущую лекцию), образует с кислородом воду. В результате всех этих реакции образуется 36 молекул АТФ. В сумме ГДФ-путь дает 38 молекул АТФ в пересчете на одну молекулу глюкозы

Глюкоза + 6 О2 + 38 АДФ + 38 Н3 РО4 > 6СО2 + 6 Н2О +38 АТФ

Расщепление гликогена добавляет к этому уравнению еще одну молекулу АТФ,

При недостатке кислорода аэробный путь прерывается образованием пирувата, который превращается в лактат. В результате таких превращений образуется лишь две молекулы АТФ.

4. Гексозомонофосфатный путь распада углеводов

Как уже подчеркивалось выше ГМФ-путь распада углеводов - побочный. Данный путь встречается в надпочечниках, эритроцитах, жировой ткани, печени и протекает в цитоплазме клеток.

ГМФ-путь распада глюкозы имеет анаболическое назначение и обеспечивает различные реакции синтеза рибозой и водородом.

ГМФ-путь можно разделить на два этапа, причем, первый этап протекает обязательно, а второй не всегда.

Первый этап начинается с перехода глюкозы в активную форму глюкозо-6-фосфат, от которого затем отщепляется молекула углекислого газа и две пары атомов водорода, присоединившиеся к коферменту НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат). Конечным продуктом первого этапа является рибозо-5-фосфат.

Образовавшийся в результате первого этапа НАДФ.Н2 поставляет атомы водорода в различные процессы синтеза, в частности для синтеза жирных кислот и холестерина. Рибозо-5-фосфат используется для синтеза нуклеотидов, из которых образуются затем нуклеиновые кислоты и коферменты.

Второй этап протекает тогда, когда рибозо-5-фосфат полностью не расходуются для синтеза. Неиспользованные молекулы этого вещества вступают во взаимодействия друг с другом, в ходе которых они обмениваются группами атомов и в качестве промежуточных продуктов появляются моносахариды с различным числом атомов углерода, такие как триозы, пентозы, тетрозы, гексозы. В конечном итоге из шести молекул рибозо-5-фосфата образуется 5 молекул глюкозо-6-фосфата.

Таким образом, второй этап делает данный способ распада глюкозы цикличным, поэтому его называют пентозным циклом.

Пентозный цикл - это резервный путь энергетического обмена, который в ряде случаев может выдвигаться на первые роли.

Тема 4. Строение и обмен жиров и липоидов

1. Химическое строение и биологическая роль жиров и липоидов

2. Переваривание и всасывание жиров

3. Катаболизм жиров

4. Синтез жиров

1. Химическое строение и биологическая роль жиров и липоидов

Жиры или липиды - это группа разнообразных по строению веществ, обладающих одинаковыми физико-химическими свойствами: они не растворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (бензол, толуол, бензин, гексан и др.)

Жиры делятся на две группы - собственно жиры или липиды и жироподобные вещества или липоиды.

Молекула жира состоит из глицерина и трех остатков жирных кислот, соединенных сложноэфирной связью. Это так называемые истинные жиры или триглицериды.

Жирные кислоты, входящие в состав жиров делятся на предельные и непредельные. Первые не имеют двойных связей и называются ещё насыщенными, а вторые имеют двойные связи и называются ненасыщенными. Есть ещё полиненасыщенные жирные кислоты, имеющие две и более двойные связи. Такие жирные кислоты в организме человека не синтезируются и должны обязательно поступать с пищей, так как являются для синтеза некоторых важных липоидов. Чем больше двойных связей, тем ниже температура плавления жира. Ненасыщенные жирные кислоты делают жиры более жидкими. Их много содержится в растительном масле.

Жиры разного происхождения отличаются набором жирных кислот, входящих в их состав.

Жиры нерастворимы в воде. Однако, в присутствии особых веществ - эмульгаторов - жиры при смешивании с водой образуют устойчивую смесь - эмульсию. Пример эмульсии - молоко, а пример эмульгатора - мыла - натриевые соли жирных кислот. В организме человека в роли эмульгаторов выступают желчные кислоты и некоторые белки.

В организме животных и человека можно выделит три класса липоидов.

1. Фосфолипиды, состоящие из жирных кислот, спирта и обязательно фосфорной кислоты.

2. Гликолипиды, состоящие из жирной кислоты, спирта и какого-нибудь простого углевода, чаще всего галактозы.

3. Стероиды, содержащие сложное стерановое кольцо.

Значение жиров и стероидов в организме очень велико.

· Жиры являются важным источником энергии. Из одного грамма жира организм извлекает около 9ккал энергии, что в 2 раза больше, чем из 1 г углеводов.

· Жиры защищают организм от переохлаждения и механических воздействий (например ударов).

· Жирные кислоты и липоиды входят в состав многих гормонов.

· Липоиды являются важнейшими компонентами клеточных мембран.

· Под воздействием УФ-излучения из липоида - холестерина образуется витамин D.

2. Переваривание и всасывание жиров

В суточном рационе обычно содержится 80-100 г жиров. Переваривание жира в организме человека происходит в тонком кишечнике. Жиры предварительно с помощью желчных кислот превращается в эмульсию. В процессе эмульгирования крупные капли жира превращаются в мелкие, что значительно увеличивает их суммарную поверхность. Ферменты сока поджелудочной железы - липазы, являясь белками, не могут проникать внутрь капель жира и расщепляют только молекулы жира, находящиеся на поверхности. Поэтому увеличение общей поверхности капель жира за счет эмульгирования значительно повышает эффективность действия этого фермента. Под действием липазы жир путем гидролиза расщепляется до глицерина и жирных кислот.

Поскольку в пище присутствуют разнообразные жиры, то в результате их переваривания образуется большое количество разновидностей жирных кислот.

Продукты расщепления жира всасываются слизистой тонкого кишечника. Глицерин растворим в воде, поэтому его всасывание происходит легко. Жирные кислоты, нерастворимые в воде, всасываются виде комплексов с желчными кислотами (комплексы, состоящие из жирных и желчных кислот, называются холеиновыми кислотами) В клетках тонкой кишки холеиновые кислоты распадаются на жирные и желчные кислоты. Желчные кислоты из стенки тонкого кишечника поступают в печень и затем снова выделяются в полость тонкого кишечника.

Освободившиеся жирные кислоты в клетках стенки тонкого кишечника вновь соединяются с глицерином, в результате чего вновь образуется молекула жира. Но в этот процесс вступают только жирные кислоты, входящие в состав жира человека. Таким образом, синтезируется человеческий жир. Такая перестройка пищевых жирных кислот в собственные жиры называется ресинтезом жира.

Ресинтезированные жиры по лимфатическим сосудам минуя печень поступают в большой круг кровообращения и откладываются в запас в жировых депо. Главные жировые депо организма располагаются в подкожной жировой клетчатке, большом и малом сальниках, околопочечной капсуле.

3. Катаболизм жиров

Использование жира в качестве источника энергии начинается с его выхода из жировых депо в кровяное русло. Этот процесс называется мобилизация жира. Мобилизация жира ускоряется под действием симпатической нервной системы и гормона адреналина.

В печени происходит гидролиз жира до глицерина и жирных кислот.

Глицерин легко переходит в фосфоглицериновый альдегид. Это вещество является также промежуточным продуктом углеводов в поэтому легко вовлекается в углеводный обмен.

Жирные кислоты соединяются с коферментом А и образуют соединение ацилкофермент А (ацил-КоА). эти процессы происходят в цитоплазме. Далее ацил-КоА передает жирную кислоту корнетину. Корнетин переносит жирную кислоту внутрь митохондрии и вновь отдает ее кофермента А, но в этот раз митохондриальному. В митохондриях окисление жирных кислот проходит в два этапа.

Первый этап - в-окисление. Окислению подвергается углеродный атом жирной кислоты, находящийся в положении «бета». От жирной кислоты, связанной с КоА, дважды отщепляется по два атома водорода, которые затем по дыхательной цепи передаются на молекулярный кислород. В итоге образуется вода и образуется пять молекул АТФ. Этот процесс повторяется многократно, пока жирная кислота полностью не превратится в ацетил-КоА.

Второй этапом окисления - цикл трикарбоновых кислот, в котором происходит дальнейшее окисление остатка уксусной кислоты, входящей в ацетилкофермент А, до углекислого газа и воды. При окислении одной молекулы ацетилкофермента А выделяется до 12 молекул АТФ. Таким образом, окисление жирных кислот до углекислого газа и воды дает большое количество энергии. Например, из одной молекулы пальмитиновой кислоты (С15 Н31СООН) образуется 130 молекул АТФ. Однако, в силу особенностей строения жирных кислот (слишком много атомов углерода по сравнению с кислородом) их окисление существенно затруднено по сравнению с углеводами. Поэтому жир обеспечивает организм энергией при работе средней мощности, но зато продолжительной. Отсюда вывод, чтобы сжигать жир нужно осуществлять работу средней мощности, но продолжительную.

Схема бета-окисления

При продолжительных физических нагрузках и избыточном образовании ацетилкофермента А, происходит реакция конденсации уксусной кислоты с образованием кетоновых тел. В мышцах, почках и миокарде эти тела вновь переходят в ацетилкофермент А.Таким образом кетоновые тела играют важную роль при длительных спортивных тренировках. Однако при перетренировке они могут образовывать в крови ацетон, который выделяется с потом, мочой и выдыхаемым воздухом.

Активация синтеза кетоновых тел при голодании. Точечные линии - скорость метаболических путей снижена; сплошные линии - скорость метаболических путей повышена. При голодании в результате действия глюкагона активируются липолиз в жировой ткани и 3-окисление в печени. Количество оксалоацетата в митохондриях уменьшается, так как он, восстановившись до малата, выходит в цитозоль, где опять превращается в оксалоацетат и используется в глюконеогенезе. В результате скорость реакций ЦТК снижается и, соответственно, замедляется окисление ацетил-КоА. Концентрация ацетил-КоА в митохондриях увеличивается, и активируется синтез кетоновых тел. Синтез кетоновых тел увеличивается также при сахарном диабете

Схема:

4. Синтез жиров

Синтезируются жиры из глицерина и жирных кислот

Глицерин в организме возникает при распаде жира (пищевого и собственного), а также легко образуются из углеводов.

Жирные кислоты синтезируются из ацетилкофермента А. Ацетилкофермент А - универсальный метаболит. Для его синтеза необходимы водород и энергия АТФ. Водород же получается из НАДФ.Н2. В организме синтезируются только насыщенные и мононасыщенные (имеющие одну двойную связь) жирные кислоты. Жирные кислоты, имеющие две и более двойных связей в молекуле, называемые полинасыщенные, в организме не синтезируются и должны поступать с пищей. Для синтеза жира могут быть использованы жирные кислоты - продукты гидролиза пищевого и собственного жиров.

Все участники синтеза жира должны быть в активном виде: глицерин в форме глицерофосфата, а жирные кислоты в форме ацетилкофермента А. Синтез жира осуществляется в цитоплазме клеток (преимущественно жировой ткани, печени, тонкой кишки). Пути синтеза жиров представлены в схеме.

Следует отметить, что глицерин и жирные кислоты могут быть получены из углеводов. Поэтому при избыточном потреблении их на фоне малоподвижного образа жизни развивается ожирение.

Тема 5. Строение и обмен нуклеиновых кислот

1. Строение мононуклеотидов

2. Строение нуклеиновых кислот

3. Переваривание нуклеиновых кислот. Катаболизм

4. Синтез нуклеотидов

5. Синтез нуклеиновых кислот

1. Строение мононуклеотидов

По своему строению нуклеиновые кислоты являются полинуклеотидами, состоящими из мононуклеотидов или нуклеотидов.

Нуклеотид сложное органическое соединение, состоящее из трех частей: азотистого основания, углевода и остатков фосфорной кислоты.

Азотистые основания - это гетероциклические органические соединения, относящиеся к двум классам - пурины и пиримидины. Из пуринов в состав нуклеиновых кислот входят аденин и гуанин

А из пиримидинов цитозин, тимин(ДНК) и урацил(РНК) .

Углеводом, входящим в состав нуклеотидов может быть рибоза (РНК) и дезоксирибоза (ДНК)

Азотистое основание, связанное с углеводом называется нуклеозидом.

Фосфорная кислота присоединяется эфирной связью к пятому атому углерода рибозы или дезоксирибозы. Нуклеотиды, входящие в состав нуклеиновых кислот имеют один остаток фосфорной кислоты и называются мононуклеотидами. Однако в клетке встречаются ди- и тринуклеотиды.

Например, нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и одного остатка фосфорной кислоты называется аденозинмонофосфат или АМФ, а из цитозина и одного остатка фосфорной кислоты цитозинмонофосфат или ЦМФ.

2. Строение нуклеиновых кислот

С точки зрения химии нуклеиновые кислоты - нерегулярные полимеры, состоящие из довольно сложно устроенных мономеров, называемых нуклеотидами.

Нуклеиновых кислот в клетках встречается два класса - ДНК и РНК. ДНК - дезоксирибонуклеиновая кислота, а РНК - рибонуклеиновая кислота.

Структура ДНК очень сложна и своеобразна. Каждый нуклеотид, из которого состоит ДНК, состоит из остатков сахара дезоксирибозы, остатка фосфорной кислоты и азотистого основания. Азотистых оснований четыре разновидности: аденин, гуанин, цитозин, и тимин. Нуклеотиды соединены в длинные цепи с помощью фосфорно-диэфирных связей.

В 1953 году исследователи Джеймс Уотсон и Френсис Крик предложили модель, которая объясняла строение молекулы ДНК. Согласно их теории ДНК состоит из двух спиральных цепей, соединенных водородными связями. Азотистые основания обеих цепей находятся внутри спирали и образуют водородные связи. Эти связи соединяют цепи ДНК не случайным образом, а по принципу комплементарности или соответствия. Суть этого принципа в следующем, если в одной цепи стоит тимин, то в противоположной цепи, ему соответствует аденин, а против гуанина всегда стоит цитозин. Это значит, что при удвоении ДНК на каждой из её цепей может быть достроена другая, и вместо одной молекулы получатся сразу две.

Принцип комплементарности лежит в основе всех процессов связанных с реализацией генетической информации: репликации ДНК (удвоения ДНК), транскрипции (синтеза РНК на ДНК матрицах), и трансляции (биосинтеза белка на основе матриц РНК).

На схемах ниже продемонстрирована структура ДНК и принцип комплементарности.

Структура ДНК

Принцип комплементарности

Помимо ДНК в клетках встречаются три разновидности РНК: информационные (и-РНК), транспортные (т-РНК) и рибосомные (р-РНК). Все они отличаются от ДНК рядом особенностей. Во-первых, вместо азотистого основания тимина они содержат урацил. Во-вторых, вместо сахара дезоксирибозы они содержат рибозу. В-третьих, они, как правило, односпиральные.

3. Переваривание и всасывание нуклеиновых кислот. Катаболизм

С пищей в сутки в организм поступает около 1 г нуклеиновых кислот.

Переваривание нуклеиновых кислот происходит в тонком кишечнике. Сначала, поступившие с пищей нуклеиновые кислоты под действием ферментов панкреатического сока - нуклеаз - превращаются в мононуклеотиды. Затем уже под влиянием ферментов тонкого кишечника от мононуклеотидов отщепляется фосфорная кислота, и образуются нуклеозиды. Часть нуклеозидов расщепляется затем на азотистое основание и углевод.

Продукты переваривания нуклеиновых кислот поступают в кровь, а затем в печень и другие органы.

В клетках организмов обмен РНК протекает значительно более интенсивно, чем обмен ДНК. В конечном итоге нуклеиновые кислоты расщепляются на азотистые основания, углеводы и фосфорную кислоту.

Далее пуриновые азотистые основания в процессе катаболизма теряют аминогруппу в виде аммиака, окисляются и превращаются в мочевую кислоту.

Пиримидиновые основания подвергаются более глубокому расщеплению до углекислого газа, воды и аммиака.

Углеводы вовлекаются в ГМФ-путь распада и превращаются в глюкозу.

Фосфорная кислота распаду не подвергается. Она используется в реакциях фосфорилирования и фосфолиза или при избытке выделяется из организма с мочой.

4. Синтез нуклеотидов

Все клетки организма способны синтезировать необходимые нуклеиновые кислоты и не нуждаются в наличии в пище готовых нуклеиновых кислот или их составных частей. Поэтому содержание готовых нуклеиновых кислот в пище для организма принципиального значения не имеет, хотя продукты их распада могут частично использоваться организмом.

Синтез пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов происходит на основе рибозо-5-фосфата. из глюкозы при её распаде по ГМФ-пути. Свободные азотистые основания обычно для этого синтеза не используются.

При синтезе пуриновых нуклеотидов к рибозо-5-фосфату присоединяются атомы углерода и азота, из которых образуется пуриновое кольцо. Источниками этих атомов являются аминокислоты глицин, глутамин, аспарагиновая кислота. Часть атомов углерода поставляется коферментами, содержащими в своём составе фолиевую кислоту и биотин. Промежуточным продуктом синтеза пуриновых нуклеотидов является инозиновая кислота. Далее из инозиновой кислоты образуются пуриновые нуклеотиды.

Синтезу пиримидиновых нуклеотидов предшествует образование необычного азотистого основания оротовой кислоты, содержащей пиримидиновое кольцо. Синтезируется оротовая кислота из аммиака и аспарагиновой кислоты. Оротовая кислота присоединяется к рибозо-5-фосфату и возникает пиримидиновый нуклеотид оротидинмонофосфат. Далее оротовая кислота в составе этого нуклеотида преобразуется в обычные азотистые основания, в результате чего появляются пиримидиновые нуклеотиды.

В связи с высокой важностью оротовой кислоты в спортивной практике в качестве пищевой добавки используется её соль оротат калия.

Дезоксирибонуклеотиды образуются из соответствующих рибонуклеотидов путём восстановления входящей в них рибозы в дезоксирибозу.

5. Синтез нуклеиновых кислот

Для синтеза нуклеиновых кислот используются мононуклеотиды обязательно в трифосфатной форме. Такие нуклеотиды содержат в своей молекуле три остатка фосфорной кислоты и обладают повышенным запасом энергии. Переход нуклеотидов в трифосфатную форму осуществляется путем взаимодействия с АТФ. Для синтеза РНК используются АТФ, ГТФ, УТФ, ЦТФ. А для синтеза ДНК, соответственно, дАТФ, дГТФ, дТТФ, дЦТФ.

Процесс репликации или редупликации ДНК иначе можно назвать удвоением. Он происходит перед делением клетки. Осуществляет его специальный фермент ДНК полимераза. Этот фермент разделяет две цепи двойной спирали и достраивает к каждой из них комплементарную ей цепь. Таким образом, из одной молекулы образуется две одинаковые дочерние молекулы, причем обе цепи ДНК служат матрицами для дочерних цепей. По мере присоединения к матрице нуклеотиды связываются в полинуклеотидные нити, которые сразу же закручиваются в двойную спираль. Биологический смысл репликации состоит в том, что из одной молекулы ДНК появляются две ее полные копии. Процесс этот идет с очень высокой точностью - ошибки крайне редки.

Процесс синтеза РНК называется транскрипцией. Процесс образования белков на матрицах информационной РНК называется трансляцией.

Транскрипцию осуществляет фермент РНК-полимераза. Этот фермент соединяет между собой рибонуклеотиды, составляющие остов молекулы РНК. Делает это фермент на основании считывания последовательности молекулы ДНК и, достраивая комплементарные ей последовательности. Показано, что в этом процессе только одна из двух цепей ДНК играет роль матрицы. Бывают, правда, и исключения - это ДНК некоторых вирусов. В процессе транскрипции участвует только ограниченный участок ДНК. Именно этот участок ДНК и понимают в молекулярной биологии, как ген.

Тема 6. Обмен белков

1. Переваривание и всасывание белков.

2. Катаболизм белков.

3. Синтез белков.

4. Метаболизм аминокислот.

5. Азотистый баланс. Обезвреживание аммиака.

1. Переваривание и всасывание белков

В сутки с пищей поступает около 100 г белков. Переваривание белков осуществляют протеолитические ферменты желудочного панкреатического и кишечного соков.

Расщепление пищевых белков начинается в полости желудка под действием желудочного сока. Желудочный сок содержит фермент пепсин. Вначале пепсин активируется при этом в его предшественнике - пепсиногене - открывается активный центр. Этот механизм активации называется аутокатализ. Образование активного центра в полости желудка предупреждает нежелательное воздействие этого фермента на белки клеток желудка, где происходит его образование. Муцин, покрывающий защитным слоем поверхность пищеварительного тракта, устойчив к действию пепсина.

Под воздействием пепсина в пищевых белках расщепляются пептидные связи, находящиеся в глубине молекул. В результате такого действия пепсина белковые молекулы превращаются в смесь полипептидов различной длины, которую иногда называют пептон. Тепловая переработка пищи вызывает денатурацию белков, то есть изменение пространственной формы белковой молекулы. Это делает внутренние пептидные связи более доступными для пепсина и других протеолитических ферментов.

В состав желудочного сока входит и соляная кислота. Она также способствует активизации пепсина. Кроме того, она создает оптимальную для действия пепсина сильнокислую среду. Соляная кислота также вызывает денатурацию пищевых белков, что способствует облегчению действия пепсина. Наконец, соляная кислота обладает бактерицидным действием, обезвреживает пищу от микроорганизмов.

Дальнейшее переваривание белков протекает в тонком кишечнике. Из желудка поступает полипептидная смесь, состоящая из фрагментов разной величины и длины. В тонком кишечнике эта смесь вначале подвергается действию ферментов поджелудочной железы (трипсина, химотрипсина, эластазы). Эти ферменты расщепляют полипептиды, поступившие в кишечник до ди- и трипептидов. Причем, эластаза расщепляет прочные белки - коллаген и эластин. Таким образом, возникают олигопептиды.

Завершается переваривание белков в тонком кишечнике под действием ферментов кишечного сока. Эти ферменты встроены в стенки микроворсинок и выделяются в полость кишечника. Выделяют два типа переваривания пристеночное и полостное. Аминокислоты, возникающие на поверхности микроворсинок, сразу всасываются в кровь. Незначительная часть аминокислот всасывается в лимфатическую систему. Всасывание аминокислот процесс активный, идущий с затратами АТФ,

2. Катаболизм белков

Внутри клеток также имеются протеолитические ферменты - внутриклеточные протеиназы или катепсины. Эти ферменты сосредоточены в специальных органоидах клетки - лизосомах. Мембраны, окружающие лизосомы непроницаемы для ферментов, но они пропускают белки внутрь, чтобы подвергнуть их протеолизу. Белки, которые необходимо подвергнуть протеолизу, расщепляются в лизосомах до отдельных аминокислот.

Кроме того, в цитоплазме клеток имеются особые мультиферментные комплексы - протеосомы, предназначенные для избирательного расщепления белков, которых не должно быть в клетках. Это чужеродные и дефектные белки, а также молекулы, присутствие которых ограничено во времени.

Для предотвращения нежелательного переваривания белков в цитоплазме имеются особые белки - эндогенные ингибиторы протеиназ. Ингибиторов такого рода особенно много в плазме крови.

В сутки внутриклеточному протеолизу подвергается от 200 до 300 г собственных белков.

Глубокий распад белков, сопровождающийся расщеплением всех пептидных связей и приводящий к образованию аминокислот, называется тотальным протеолизом.

В некоторых случаях под действием протеолитических ферментов в молекуле белка избирательно расщепляется лишь одна пептидная связь между строго определенными аминокислотами и от белка отщепляется часть его молекулы - полипептид. Такой распад белков называют ограниченный протеолиз. Примером ограниченного протеолиза является превращение проферментов в действующие ферменты: переход неактивных форм факторов свертывания крови в активные.

3. Синтез белков

В синтезе белков из аминокислот можно выделить три этапа.

Первый этап - транскрипция - был описан в предыдущей теме. Он состоит в образовании молекул РНК на матрицах ДНК. Для синтеза белка особое значение имеет синтез матричных или информационных РНК, так как здесь записана информация о будущем белке. Транскрипция протекает в ядре клеток. Затем с помощью специальных ферментов, образовавшаяся матричная РНК перемещается в цитоплазму.

Второй этап называется рекогниция. Аминокислоты избирательно связываются с своими переносчиками транспортными РНК.

Все т-РНК построены сходным образом. Молекула каждой т-РНК представляет собой полинуклеотидную цепь, изогнутую в виде «клеверного листа». Молекулы т-РНК устроены таким образом, что имеют разные концы, имеющие сродство и с м-РНК (антикодон) и с аминокислотами. Т-РНК имеет в клетке 60 разновидностей.

Для соединения аминокислот с транспортными РНК служит особый фермент т-РНК синтетаза или, точнее, амино-ацил - т-РНК синтетаза.

Третий этап биосинтеза белка называется трансляция. Он происходит на рибосомах. Каждая рибосома состоит из двух частей - большой и малой субъединиц. Они состоят из рибосомных РНК и белков.

Трансляция начинается с присоединения матричной РНК к рибосоме. Затем к образовавшемуся комплексу начинают присоединяться т-РНК с аминокислотами. Присоединение это происходит путем связывания антикодона т-РНК к кодону информационной РНК на основании принципа комплементарности. Одновременно к рибосоме могут присоединится не более двух т-РНК. Далее аминокислоты соединяются друг с другом пептидной связью, образуя постепенно полипептид. После этого рибосома передвигает информационную РНК ровно на один кодон. Дальше процесс повторяется снова до тех пор пока информационная РНК не закончится. На конце и-РНК находятся бессмысленные кодоны, которые являются точками в записи и одновременно командой для рибосомы, что она должна отделиться от и-РНК

Таким образом, можно выделить несколько особенности биосинтеза белков.

1. Первичная структура белков формируется строго на основе данных записанных в молекулах ДНК и информационных РНК,

2. Высшие структуры белка (вторичная, третичная, четвертичная) возникают самопроизвольно на основе первичной структуры.

3. В некоторых случаях полипептидная цепь после завершения синтеза подвергается незначительной химической модификации, в результате чего в ней появляются некодируемые аминокислоты, не относящиеся к 20 обычным. Примером такого превращения является белок коллаген, где аминокислоты лизин и пролин превращаются в оксипролин и оксилизин.

4. Синтез белков в организме ускоряется соматотропным гормоном и гормоном тестостероном.

5. Синтез белков очень энергоемкий процесс, требующий огромного количества АТФ.

6. Многие антибиотики подавляют трансляцию.

4. Метаболизм аминокислот

Аминокислоты могут использоваться для синтеза различных небелковых соединений. Например, из аминокислот синтезируется глюкоза, азотистые основания, небелковая часть гемоглобина - гем, гормоны - адреналин, тироксин и такие важные соединения, как креатин, карнитин, принимающие участие в энергетическом обмене.

Часть аминокислот подвергается распаду до углекислого газа, воды и аммиака.

Распад начинается с реакций общих для большинства аминокислот.

К ним относятся.

1. Декарбоксилирование - отщепление от аминокислот карбоксильной группы в виде углекислого газа.

Так, например, образуется гистамин из аминокислоты гистидина. Гистамин - важное сосудорасширяющее вещество.

2. Дезаминирование - отцепление аминогруппы в виде NH3. У человека дезаминирование аминокислот идет окислительным путем.

3. Трансаминирование - реакция между аминокислотами и б-кетокислотами. В ходе этой реакции её участники обмениваются функциональными группами.

Трансаминированию подвергаются все аминокислоты. Этот процесс - главное превращение аминокислот в организме, так как у него скорость значительно выше, чем у двух первых описанных реакций.

Трансаминирование выполняет две основные функции.

1. За счет этих реакций одни аминокислоты превращаются в другие. При этом общее количество аминокислот не меняется но меняется общее соотношение между ними в организме. С пищей в организм поступают чужеродные белки, у которых аминокислоты находятся в иных пропорциях. Путем трансаминирования происходит корректировка аминокислотного состава организма.

2. Трансаминирование является составной частью процесса косвенного дезаминирования аминокислот - процесса, с которого начинается распад большинства аминокислот.

Схема косвенного дезаминирования

В результате трансаминирования образуются б-кетокислоты и аммиак. Первые разрушаются до углекислого газа и воды. Аммиак для организма высокотоксичен. Поэтому в организме существуют молекулярные механизмы его обезвреживания.

5. Азотистый баланс. Пути обезвреживания аммиака

Азотистый баланс. Состояние белкового обмена можно оценить по азотистому балансу, то есть по соотношению между азотом, поступающим в организм с пищей и азотом, который выводится из организма в составе пота, слюны и мочи.

Взрослый человек при обычном питании находится в состоянии азотистого равновесия (азота выводится столько же, сколько поступает с пищей). Это свидетельствует об одинаковой скорости синтеза и распада белков.

При положительном азотистом балансе с пищей азота поступает больше, чем выводится. В этом случае синтез белков протекает с более высокой скоростью, чем распад. Положительный азотистый баланс наблюдается у растущего организма, а также у спортсменов, наращивающих мышечную массу.

При отрицательном азотистом балансе (азота выводится больше, чем поступает) белков в организме распадается больше, чем образуется. Такой баланс характерен для длительного белкового голодания.

Пути обезвреживания аммиака.

В таблице показаны основные источники выделения аммиака в организме.

Таблица

Основные источники аммиака

|  |
| --- |
|  |
| Источник | Процесс | Ферменты | Локализация процесса |  |
| Аминокислоты | Непрямое дезаминирование (основной путь дезаминирования аминокислот) | Аминотрансферазы, ПФ Глутаматдегидрогеназа, НАД+ | Все ткани |  |
|  | Окислительное дезаминирование глутамата | Глутаматдегидрогеназа, НАД+ | Все ткани |  |
|  | Неокислительное дезаминирование Гис, Сер, Тре | Гистидаза-Серин, треониндегидратазы, ПФ | Преимущественно печень |  |
|  | Окислительное дезаминирование аминокислот (малозначимый путь дезаминирования) | Оксидаза L-аминокислот, ФМН | Печень и почки |  |
| Биогенные амины | Окислительное дезаминирование (путь инактивации биогенных аминов) | Аминооксидазы, ФАД | Все ткани |  |
| АМФ | Гидролитическое дезаминирование | АМФ-дезаминаза | Интенсивно работающая мышца |  |
|  |  |  |  |  |

По мере образования, аммиак во всех тканях связывается с глутаминовой кислотой с образованием глутамина.

Это временное обезвреживание аммиака. С током крови глутамин поступает в печень, где распадается опять на глутаминовую кислоту и аммиак. Глутаминовая кислота с кровью снова поступает в органы для обезвреживания новых порций аммиака. Освободившийся аммиак, а также углекислый газ используются в печени для синтеза мочевины:

Синтез мочевины - это циклический многостадийный процесс, идущий с большими затратами энергии. В синтезе мочевины важнейшую роль играет аминокислота орнитин

Синтез мочевины часто называют орнитиновым циклом.

В процессе синтезе к орнитину присоединяются две молекулы аммиака и молекула углекислого газа, и орнитин превращается в другую аминокислоту - аргинин. От аргинина отщепляется мочевина и вновь образуется орнитин.

Синтез мочевины - это окончательное обезвреживание аммиака. Из печени с кровью мочевина поступает в почки и выделяется с мочой. В сутки её образуется 20-35 г. выделение мочевины с мочой характеризует интенсивность распада белков в организме.

Орнитиновый цикл. Окислительное дезаминирование глутамата происходит в митохондриях. Ферменты орнитинового цикла распределены между митохондриями и цитозолем. Поэтому необходим трансмембранный перенос глутамата, цитруллина и орнитина с помощью специфических транслоказ. На схеме показаны пути включения азота двух разных аминокислот (аминокислота 1 и аминокислота 2) в молекулу мочевины:

\* одна аминогруппа - в виде аммиака в матриксе митохондрии;

\* вторую аминогруппу поставляет аспартат цитозоля.

РАЗДЕЛ 3. ВОДНО-МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН. ВИТАМИНЫ. ГОРМОНЫ

Тема 7. Обмен воды и солей. Витамины

1. Содержание воды в организме. Физико-химические свойства воды

2. Биологическая роль воды. Поступление и выделение воды

3. Регуляция водного баланса и его нарушения

4. Содержание минеральных веществ и их роль

5. Общая характеристика витаминов

§1. Содержание воды в организме. Физико-химические свойства воды

Роль воды в жизнедеятельности живых организмов огромна. Для живых систем вода - это, прежде всего, главная среда, в которой протекают все жизненно важные процессы.

Содержание воды в организме взрослого человека около 60 - 65% массы тела, причем чем старше человек, тем меньше воды содержит его тело.

При потере 4 - 5% воды возникает сильная жажда, а потеря 20 - 25% воды не совместима с жизнью.

В организме вода распределена неравномерно. Больше всего - до 90% - воды в крови и лимфе, что и не удивительно. А меньше всего (около 1%) в эмали зубов.

2/3 всей воды находится внутри клеток. Остальная вода - внеклеточная - входит в состав спинномозговой жидкости, плазмы крови, лимфы.

Вода обладает уникальными физико-химическими свойствами.

· По своим физико-химическим параметрам вода должна быть газом. Это вытекает из положения кислорода и водорода в таблице Менделеева. Вода является жидкостью благодаря водородным связям. Воду ещё называют жидким кристаллом. Именно, водородные связи заставляют воду замерзать при температуре близко к нулю градусов по Цельсию и кипеть при 100 градусах.

· Благодаря огромному количеству водородных связей вода имеет большую теплоемкость и участвует в терморегуляции организма.

· Вода обладает низкой вязкостью и представляет собой подвижную жидкость. Причиной высокой подвижности является малое время существования водородных связей. Водородные связи в воде постоянно возникают и разрушаются. Это придает воде высокую текучесть, что весьма важно для существования живых организмов.

· Благодаря выраженной полярности молекул воды в ней легко растворяются многие органические и неорганические вещества, имеющие полярные молекулы.

2. Биологическая роль воды. Поступление и выделение воды

Вода выполняет в организме множество функций.

1. Вода - универсальный растворитель. Большинство химических соединений организма растворимы в воде.

2. Транспортная функция. Вода вследствие низкой вязкости легко перемещается по кровеносным и лимфатическим сосудам, по межклеточному пространству и переносит растворенные в ней вещества.

3. Терморегуляторная функция. Вода участвует в поддержании постоянства температуры тела.

4. Вода создает гидратную оболочку высокомолекулярных соединений (белков, полисахаридов), способствуя их стабильности.

5. Вода активный участник обмена веществ. В частности расщепление пищевых веществ в процессе гидролиза происходит при непосредственном участии воды. Вода является также конечным продуктом ряда химических процессов, протекающих в организме. Например, в ходе тканевого дыхания образуется около 400 мл воды в сутки.

Средняя суточная потребность человека в воде составляет 40мл на 1кг веса, то есть в среднем 2,5 л.

Основными источниками воды являются: питьевая вода (около половины всей воды), жидкая пища (примерно четверть), твердая пища (еще четверть) и эндогенная вода (остаток).

Вода выделяется из организма в основном почками. Но посильное участие в этом принимают легкие, кожа, кишечник.

Выделение воды почками напрямую зависит от объема поступившей в организм воды.

Выделение воды с потом резко возрастает при мышечной работе в результате интенсивного потоотделения. При сильном потении человек может потерять за сутки более 5 л воды. При больших потерях воды с потом уменьшается выделение мочи. Во время тренировки увеличиваются потери воды с выдыхаемым воздухом.

3. Регуляция водного баланса и его нарушения

Обмен воды находится под контролем нервно-гуморальной регуляции. Поступление в организм воды контролируется чувством жажды. Жажда возникает при уменьшении содержания воды в организме на несколько процентов. При дефиците воды происходит повышение осмотического давления крови. На изменение осмотического давления реагируют осморецепторы, которые передают эту информацию в головной мозг, где и формируется это чувство.

Основным гормоном, вызывающим задержку воды в организме, является вазопрессин. Этот гормон вырабатывается гипоталамусом и хранится в задней доле гипофиза, и из нее выделяется в кровь. Под влиянием этого гормона в почках ускоряется реабсорбция воды из первичной воды обратно в кровь, что позволяет задержать воду в организме.

Удержанию воды в организме способствует гормон коры надпочечников - альдостерон. Под влиянием этого гормона в процессе образования мочи повышается скорость обратного всасывания в кровь ионов натрия и уменьшается реабсорбция ионов калия. Ионы натрия в отличие от ионов калия взаимодействуют с водой, образуя гидратную оболочку. Таким образом, задержка ионов натрия в организме сопровождается сохранением воды в организме.

Гормон щитовидной железы - тироксин - стимулирует выделение воды. При избытке этого гормона усиливается потоотделение. Благодаря нервно-гуморальной регуляции в организме поддерживается водный баланс.

Задержка воды в организме обычно сопровождается появлением отеков. Отеки могут возникать при заболеваниях сердечнососудистой системы, почек, при длительном голодании. Задержка воды в организме может быть связана с приемом соленой пищи, так как ионы натрия связывают воду.

Уменьшение воды в организме приводит к обезвоживанию тканей. Причины обезвоживания могут быть разными. Например, ограничение поступления воды в организм. Еще одной причиной обезвоживания могут быть некоторые заболевания, такие как сахарный и несахарный диабет. У спортсменов обезвоживание организма может быть вызвано большими потерями воды с потом и выдыхаемым воздухом при выполнении ими большого объема нагрузок, особенно при высокой температуре и влажности.

Для предупреждения обезвоживания рекомендуется выполнять питьевой режим. Например, за час до начала тренировки рекомендуется выпить до полулитра воды. Во время нагрузки необходимо пополнять запасы воды за счет приема небольших доз воды (40 - 50 мл) или лучше, углеродно-минеральных напитков.

4. Содержание минеральных веществ и их роль в организме

В организме человека содержится около 3 кг минеральных веществ, что составляет 4% массы тела. Минеральный состав организма очень разнообразен и в нем можно обнаружить почти всю таблицу Менделеева.

Минеральные вещества распределены в организме крайне неравномерно. В крови, мышцах, внутренних органах содержание минеральных веществ низкое - около 1%. А вот в костях на долю минеральных веществ приходится около половины массы. Эмаль зубов на 98% состоит из минеральных веществ.

Формы существования минеральных веществ в организме также разнообразны.

Во-первых в костях они встречаются в форме нерастворимых солей.

Во-вторых, минеральные элементы могут входить в состав органических соединений.

В-третьих, минеральные элементы могут находиться в организме виде ионов.

Суточная потребность в минеральных веществах невелика и поступают они в организм с пищей. Их количества обычно в пище достаточно. Однако в редких случаях их может не хватать. Например, в некоторых местностях не хватает йода, в других избыток магния и кальция.

Выводятся из организма минеральные вещества тремя путями в составе мочи, кишечником - в составе кала и с потом - кожей.

Биологическая роль этих веществ этих веществ очень разнообразна.

Натрий и калий находятся в организме в виде ионов. Ионы натрия содержатся вне клеток, а ионы калия сосредоточены внутри клетки. Эти ионы играют важную роль в создании осмотического давления и клеточного потенциала, необходимы для нормальной работы миокарда.

Кальций и магний находятся в основном в косной ткани в виде нерастворимых солей. Эти соли придают костям твердость. Кроме того в ионном виде они играют важную роль в сокращении мышц.

Фосфор играет в организме важную роль. Он является составной частью солей, входящих в кости. Фосфорная кислота играет исключительно важную роль в энергетическом обмене.

Железо входит в состав гема , составной части гемоглобина.

5. Общая характеристика витаминов

Витамины - низкомолекулярные органические вещества разнообразного строения, которые не синтезируются в организме но являются жизненно необходимыми и поэтому должны обязательно поступать в организм с пищей, хотя и в очень небольших количествах. Некоторые витамины вырабатываются в ограниченном количестве микрофлорой кишечника.

Биологическая роль большинства известных витаминов состоит в том. что они входят в состав коферментов и простетических групп ферментов.

По физико-химическим свойствам витамины делятся на две группы: водорастворимые и жирорастворимые.

Водорастворимые витамины - это витамины группы В, витамины С, Р, РР.

Жирорастворимые - витамины А, D, Е, К.

Недостаток витамина в организме называется гиповитаминоз, а избыток витамина - гипервитаминоз. И то и другое состояние может перерасти в заболевание.

Дадим краткую характеристику отдельным витаминам..

Витамин В1(антиневритный) - тиамин - влияет на обмен углеводов. При его отсутствии нарушается тканевое дыхание.

Витамин В2 (рибофлавин) входит в состав флавиноых ферментов. При его отсутствии нарушается энергетический обмен.

Витамин РР входит в состав НАД и НАДФ. При отсутствии нарушаются многие реакции катаболизма и анаболизма.

Витамин Н - биотин - входит в состав ферментов, ответственных за обмен азотсодержащих и фосфорсодержащих веществ. При его отсутствии нарушается обмен нуклеиновых кислот и мочевины.

Витамин С связан с синтезом коллагена, стероидных гормонов, гемоглобина, адреналина.

Витамин А - ретинол - входит в состав родопсина, обусловливающих сумеречное зрение, изменяет проницаемость мембран клеток.

Витамин Е влияет на обмен в организме селена и репродуктивную функцию.

*ормоны. Биохимия крови и мочи*

*1.Общая характеристика гормонов*

*2. Биохимия крови*

*3. Химический состав и физико-химические свойства мочи*

*1. Общая характеристика гормонов*

*Гормоны - биологически активные вещества разнообразного строения, вырабатывающиеся в специализированных органах - железах внутренней секреции, - поступающие с кровью в различные органы и оказывающие в них регулирующее влияние на метаболизм и физиологические функции.*

*В клетках, на которые действуют гормоны - клетках мишенях - имеются на клеточных мембранах особые белки, называемые рецепторами. К ним и прикрепляются гормоны.*

*Внутриклеточные механизмы действия гормонов разнообразны. Можно, однако, выделить три главных механизма присущие большинству гормонов.*

*1. Гормоны влияют на скорость синтеза ферментов, ускоряя или замедляя его. В результате такого воздействия в органах-мишенях повышается или снижается концентрация определенных ферментов, что сопровождается соответствующим изменением скорости ферментативных реакций.*

*2. Гормоны влияют на активность ферментов в этих органах. В одних органах они выступают активаторами, а в других ингибиторами ферментативных реакций.*

*3. Гормоны влияют на проницаемость клеточных мембран по отношению к определенным химическим соединениям. В результате такого воздействия в клетки поступает больше или меньше субстратов для ферментативных реакций, что тоже обязательно сказывается на скорости химических процессов.*

*Все указанные механизмы влияют на скорость метаболизма, что в свою очередь влияет на физиологические функции.*

*По химическому строению гормоны можно разделить на несколько групп.*

*1. Гормоны белковой природы: гормоны гипоталамуса, гормоны гипофиза, кальцитонин щитовидной железы, гормон паращитовидных желез, гормоны поджелудочной железы.*

*2. Гормоны производные аминокислоты тирозина: йодсодержащие гормоны щитовидной железы, гормоны мозгового слоя надпочечников.*

*3. Гормоны стероидного строения: Гормоны коры надпочечников, гормоны половых желез.*

*Синтез и выделение гормонов в кровь находится под контролем нервной системы и других гормонов. Причем, нервная система действует через гуморальную, главным образом через гормоны гипоталамическо-гипофизарной системы.*

*2. Биохимия крови*

*В спортивной практике анализ крови используется для оценки влияния на организм спортсмена тренировочных и соревновательных нагрузок, оценки функционального состояния спортсмена и его здоровья. Поэтому специалист в области физической культуры должен иметь представление о химическом составе крови.*

*Объём крови у человека около 5 л, что составляет примерно 1\13 часть от объёма или массы тела.*

*Кровь, как известно, состоит из плазмы (55% объема) и форменных элементов (45%).*

*Функции крови (из курса физиологии)*

*Функции крови можно разделить на две группы:*

*Функции исключительно плазмы крови,*

*Функции, выполняемые совместно плазмой крови и форменными элементами.*

*Самостоятельно плазма крови выполняет следующие функции:*

*Перенос растворимых органических веществ от тонкого кишечника к различным органам и тканям, где эти вещества откладываются про запас или участвуют в обмене веществ.*

*Транспорт подлежащих выделению веществ из тканей, где они образуются, к органам выделения.*

*Перенос побочных продуктов обмена веществ из мест их образования к другим участкам тела.*

*Транспорт гормонов из желез внутренней секреции к органам "мишеням".*

*Перенос тепла от глубоко расположенных органов, предупреждающий перегрев этих органов и поддерживающий равномерное распределение тепла в организме.*

*Совместно с форменными элементами плазма крови выполняет следующие функции:*

*Доставка кислорода из легких по всем тканям организма (эритроциты) и перенос в обратном направлении углекислого газа.*

*Защита от болезней в которой участвуют три механизма: свертывание крови, фагоцитоз, синтез антител.*

*Химический состав плазмы крови в покое относительно постоянный. Вот его основные компоненты:*

*Вода 90%*

*Белки 6 - 8%*

*Прочие органические вещества около 2%*

*Минеральные вещества около 1%*

*Белки плазмы крови делятся на две основные группы альбумины и глобулины.*

*Альбумины - низкомолекулярные белки. Они выполняют две основные функции.*

*1. Транспортная. Благодаря хорошей растворимости они переносят с током крови нерастворимые в воде вещества*

*2. Задерживают воду в кровяном русле. Воды в кровяном русле больше, чем в других тканях, поэтому она стремится покинуть его. Альбумины препятствуют этому.*

*Глобулины - это высокомолекулярные белки. Они также участвуют в транспортной и удерживающей функциях. Однако, помимо этого многие глобулины крови участвуют в создании иммунитета и свертывании крови.*

*Белки плазмы синтезируются в печени.*

*(На рисунке, приведенном ниже, имеется таблица, где сведены основные свойства белков плазмы крови, их функции и то, как осуществляется электрофорез белков.)*

*Рис. Белки плазмы крови*

*Прочие органические вещества (кроме белков) обычно разделяют на азотистые и безазотистые.*

*Азотистые соединения - это промежуточные и конечные продукты обмена белков и нуклеиновых кислот. Это низкомолекулярные пептиды, аминокислоты, креатин, нуклеотиды, нуклеозиды, а также мочевина, мочевая кислота, билирубин и креатинин.*

*Безазотистые вещества - это глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, пировиноградная и молочная кислоты, жиры, фосфолипиды и холестерин.*

*Кроме того в плазме крови находятся минеральные вещества, представленные катионами натрия, калия, кальция, магния и анионами хлором, остатками угольной, фосфорной и серной кислот.*

*Клетки крови мы подробно изучали в курсе анатомии и физиологии. Важнейшим химическим компонентом красных клеток крови является белок гемоглобин - основной переносчик кислорода в крови. Лейкоциты вырабатывают белки иммуноглобулины - важнейший компонент иммунной системы человека.*

*Форменные элементы крови (из курса физиологии)*

*Эритроциты или красные клетки крови - это мелкие клетки, лишенные ядра и имеющие форму двояковогнутых дисков. Их диаметр 7-8 микрометров. Специфическая форма эритроцитов увеличивает газообмен. Благодаря своей эластичности эритроцит может проходить через капилляры, просвет которых меньше его диаметра.*

*Эритроциты образуются в гематопоэтической ткани, а разрушаются в печени и селезенке. За 1 сек, в организме человека образуется до 10 млн. этих клеток и столько же разрушается. В 1 куб. мм крови эритроцитов содержится от5 до 5,5 миллионов. Эти клетки переносят кислород и участвуют в переносе углекислого газа. Продолжительность жизни эритроцитов до 3месяцев.*

*Лейкоциты - более крупные клетки, нежели эритроциты. В 1кубическом мм крови их содержится около 7000. Различают два класса этих клеток: зернистые лейкоциты - гранулоциты и незернистые - агранулоциты.*

*Гранулоциты образуются в костном мозге. Они имеют разделенное на лопасти ядро и зернистую цитоплазму. Это клетки способные к самостоятельному передвижению. Выделяют три основные вида этих клеток: нейтрофилы, базофилы и эозинофилы.*

*Нейтрофилы составляют до 70% всех лейкоцитов. Они могут через стенки капилляров проникать в межклеточные пространства и направляться к очагам инфекции. Нейтрофилы уничтожают болезнетворные бактерии (фагоцитоз).*

*Эозинофилы (1,5%) обладают антигистаминовым действием, то есть увеличивают вероятность свертывания крови при ранениях.*

*Базофилы (0,5%) вырабатывают вещества гепарин и гистамин и являются активными участниками в процессах препятствующих свертыванию крови внутри сосудов.*

*Агранулоциты содержат ядро овальной формы и незернистую цитоплазму. Их различают два основных вида: моноциты (4%) и лимфоциты (24%).*

*Моноциты содержат ядро бобовидной формы и образуются в костном мозге. Они активно участвуют в процессах фагоцитоза, но нападают на иные, нежели нейтрофилы, микроорганизмы и вещества.*

*Лимфоциты являются производителями антител. Их различают два класса Т-клетки и В-клетки.*

*Тромбоциты или кровяные пластинки - это фрагменты клеток, имеющие неправильную форму и, обычно, лишенные ядра. Они играют важную роль в системе свертывания крови. В 1 кубическом мм крови их содержится около 250 тыс.*

*В покое у здорового человека кровь имеет слабощелочную реакцию: рН 7,4-7, 36.*

*Постоянство рН крови обеспечивается буферными системами крови. Самой мощной буферной системой крови является гемоглобиновая система.*

*Кровь хорошо нейтрализует кислоты, что очень важно для нормального хода обмена веществ.*

*Однако при нарушениях метаболизма наблюдается ацидоз - увеличение кислотности крови. Снижение рН ниже 6,8 - несовместимо с жизнью.*

*Реже наблюдается алкалоз - увеличение щелочности крови. Предельное значение рН в этом случае 8,0.*

*У спортсменов часто встречается ацидоз, вызванный образованием в мышцах больших количеств молочной кислоты.*

*3. Химический состав и физико-химические свойства мочи*

*Роль почек в выделительных процессах*

*В основе поддержания гомеостаза (постоянства внутренней среды организма) лежат три процесса: экскреция, секреция и осморегуляция.*

*Экскреция - это удаление из организма ненужных продуктов обмена веществ. Секреция - это выделение веществ, которые отходами не являются. Осморегуляция - это регулирование относительных концентраций воды и растворенных в ней веществ. Работа выделительной системы направлена на осуществление этих трех процессов.*

*Почки - важнейший компонент выделительной системы. Работа почек основана на трех механизмах: ультрафильтрации, избирательной реабсорбции и активном переносе растворимых веществ в окружающую среду (секреции в узком смысле).*

*Ультрафильтрация происходит в важнейшей части нефрона - клубочке. Здесь многие низкомолекулярные вещества, такие как глюкоза, вода, мочевина, переходят в жидкость - фильтрат.*

*Избирательная реабсорбция происходит в канальцах нефрона. Здесь все вещества, которые могут быть использованы организмом, всасываются из фильтрата обратно в кровь.*

*В канальцах нефронов происходит и активная секреция ненужных организму веществ, например избыток некоторых ионов (К+, Н+, NH4 +).*

*Мочеобразование происходит в два этапа: 1) образование первичной мочи (ультрафильтрация) и 2) образование вторичной мочи (реабсорбция и секреция). Почки пропускают ежесуточно около 2000 л крови, из которой образуется около 200 л первичной мочи и около 2 л вторичной.*

*Регуляция мочеобразования.*

*Мочеобразование в почках во многом определяется их способностью к соморегуляции. Отключение корковых и подкорковых центров не приводит к прекращению мочеобразования. Однако кора и гипоталамус оказывают существенное влияние на этот процесс.*

*В гипоталамусе образуется вазопрессин или антидиуретический гормон (АДГ), усиливающий реабсорбцию воды из первичной мочи. В процессе реабсорбции играет важную роль гормон коры надпочечников - альдостерон. Благодаря этому гормону происходит реабсорбция ионов натрия и калия.*

*Мышечная работа оказывает существенное влияние на скорость мочеобразования, состав и объем образующейся мочи. Это влияние выражается в увеличении экскреции продуктов катаболизма глюкозы - молочной и фосфорной кислот. Это сказывается и на функциях дыхания, так как ведет к гипервентиляции легких или дыхательному ацидозу.*

*При напряженной тренировке или перетренировке иногда наступает избыточное потребление белка - метаболический ацидоз. Его признаком является увеличение кислых продуктов в моче, а при сильной перетренировке - появление в моче белка. Врачи рекомендуют в этих случаях овощную диету до тех пор, пока моча не сделается снова щелочной.*

*Физико-химические свойства мочи. Объем мочи зависит от количества потребляемой жидкости и составляет в среднем 50 - 80% от её объема. Суточное количество мочи у здорового взрослого человека составляет 2000 мл.*

*Увеличение объема мочи бывает при приеме большого количества жидкости. Особенно выделение мочи возрастает при употреблении в больших количествах чая, кофе, алкогольных напитков. Содержащийся в них кофеин (чай, кофе) и этиловый спирт (алкогольные напитки) угнетают выработку вазопрессина. Синтез этого гормона подавляется также при охлаждении.*

*При ограниченном приеме жидкости объем мочи уменьшается. Снижение выделения мочи наблюдается и при болезнях почек, при рвоте, поносе, испарении воды кожей при повышенной температуре.*

*У спортсменов снижение уровня выделения мочи встречается после интенсивных тренировок и соревнований вследствие большой потери воды с потом и выдыхаемым воздухом.*

*Плотность мочи у нормального здорового человека составляет 1,010-1,040 г/мл. После выполнения физических нагрузок, сопровождаемых значительным потоотделением, моча может иметь высокую плотность - до 1,035-1,040 г/мл.*

*Кислотность мочи зависит от питания. Обычно моча имеет слабокислую реакцию. Употребление в пищу мяса делает мочу ещё более кислой, а овощная диета, напротив, делает мочу более щелочной. После выполнения физических нагрузок кислотность мочи возрастает, что объясняется выделением с мочой больших количеств молочной кислоты.*

*В норме моча имеет соломенно-желтую окраску. Эту окраску придают моче главным образом пигменты, образующиеся при распаде гемоглобина. Интенсивность окраски зависит от плотности мочи. Чем выше плотность, тем насыщеннее окраска мочи.*

*Свежевыделенная моча у здоровых людей, как правило, прозрачна. Далее возможно ее помутнение. Прозрачность мочи следует оценивать сразу после её выделения.*

*В сутки с мочой из организма выделяется 50 - 70 г растворенных в ней веществ.*

*На первом месте в составе мочи - мочевина. За сутки ее выделяется 20-35 г. По содержанию мочевины можно судить об интенсивности распада белков в организме. У здорового человека выделение мочевины повышается при приеме богатой белками пищи.*

*Еще одно вещество - мочевая кислота - выделяется при распаде нуклеиновых кислот. Её обычное содержание в моче 0.7 г. Мочевая кислота и её соли плохо растворимы в воде, поэтому они могут образовывать камни в почках, мочевом пузыре и выпадать в виде осадка в собранной моче.*

*В моче в сутки может выделяться также 1-2 г креатина, 8-15 г хлористого натрия.*

*При патологических состояниях в моче может появляться белок. Это явление называется протеинурия. Это явление связано с серьезными нарушениями работы почек и сердечной недостаточности. Оно нередко встречается при занятиях спортом и говорит о перетренировке.*

*Ещё одним поводом для беспокойства может служить глюкозурия - повышенное содержание глюкозы в моче. Причин здесь может быть две: либо повышенное содержание глюкозы в крови, либо плохая работа почек.*

*Кетоновые тела появляются в моче при диабете, продолжительных физических нагрузках, при голодании. Наличие в моче избытка кетоновых тел называется кетонурия.*

*Наконец при воспалительных процессах в моче может появляться кровь. Гематурия - называется это явление. У спортсменов - это явление носит, как правило, травматический характер. По виду эритроцитов в этой крови можно сказать о месте нарушения мочевыделительной системы.*

*метаболизм биологический энергетический мышечный*

*ЧАСТЬ 2. ОСНОВЫ СПОРТИВНОЙ БИОХИМИИ*

*РАЗДЕЛ 4. БИОХИМИЯ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*

*Тема 9. Биохимия мышечного сокращения*

*1. Общая характеристика мышц. Строение мышечных клеток*

*2. Строение миофибрилл*

*3. Сокращение и расслабление мышцы*

*1. Общая характеристика мышц. Строение мышечных клеток*

*Учение о мышцах - это важнейший раздел биохимии, имеющий исключительное значение для спортивной биохимии.*

*Важнейшей особенностью функционирования мышц является то, что в процессе мышечного сокращения происходит непосредственное превращение химической энергии АТФ в механическую энергию сокращения мышц. Это явление не имеет аналогов в технике и присуще только живым организмам.*

*У животных и человека два основных типа мышц: поперечнополосатые и гладкие, причем поперечнополосатые мышцы делятся на два вида - скелетные и сердечные. Гладкие мышцы характерны для внутренних органов, кровеносных сосудов.*

*Поперечнополосатые мышцы состоят из тысяч мышечных клеток - волокон. Волокна объединены соединительно-тканными прослойками и такой же оболочкой - фасцией. Мышечные волокна - миоциты - представляют собой сильно вытянутые многоядерные клетки гигантских размеров от 0,1 до 10см длиной и толщиной около 0,1 - 0,2 мм.*

*Миоцит состоит из всех обязательных компонентов клетки. Особенностью мышечного волокна является то, что внутри эта клетка содержит большое количество сократительных элементов - миофибрилл. Как и другие клетки тела миоциты содержат ядро, причем, у клеток поперечнополосатых мышц ядер несколько, рибосомы, митохондрии, лизосомы, цитоплазматическую сеть.*

*Цитоплазматическая сеть называется в этих клетках саркоплазматической сетью. Она связана с помощью особых трубочек, называемых Т-трубочками, с клеточной мембранной - сарколеммой. Особо следует выделить в саркоплазматической сети пузырьки, называемые цистернами. Они содержат большое количество ионов кальция. С помощью специального фермента кальций накачивается в цистерны. Этот механизм называется кальциевым насосом и необходим для сокращения мышцы.*

*Цитоплазма или саркоплазма миоцитов содержит большое количество белков. Здесь немало активных ферментов, среди которых важнейшими являются ферменты гликолиза, креатинкиназа. Немалое значение имеет белок миоглобин, сохраняющий кислород в мышцах.*

*Кроме белков в цитоплазме мышечных клеток содержатся фосфогены - АТФ, АДФ, АМФ, а также креатинфосфат, необходимые для нормального снабжения мышцы энергией.*

*Основной углевод мышечной ткани - гликоген. Его концентрация достигает 3%. Свободная глюкоза в саркоплазме встречается в малых концентрациях. В тренируемых на выносливость мышцах накапливается запасной жир.*

*Снаружи сарколемма окружена нитями белка - коллагена. Мышечное волокно растягивается и возвращается в исходное состояние за счет упругих сил, возникающих в коллагеновой оболочке.*

*2. Сократительные элементы (миофибриллы)*

*Сократительные элементы - миофибриллы - занимают большую часть объема миоцитов. В нетренированных мышцах миофибриллы расположены, рассеяно, а тренированных они сгруппированы в пучки, называемые полями Конгейма.*

*Микроскопическое изучение строения миофибрилл показало, что они состоят из чередующихся светлых и темных участков или дисков. В мышечных клетках миофибриллы располагаются таким образом, что светлые и темные участки рядом расположенных миофибрилл совпадают, что создает видимую под микроскопом поперечную исчертанность всего мышечного волокна.*

*Использование электронного микроскопа с очень большим увеличением позволило расшифровать строение миофибрилл и установить причины наличия у них светлых и темных участков. Было обнаружено, что миофибриллы являются сложными структурами, построенными в свою очередь, из большого числа мышечных нитей дух типов - толстых и тонких. Толстые в два раза толще тонких, соответственно 15 и 7 нм.*

*Состоят миофибриллы из чередующихся пучков параллельно расположенных толстых и тонких нитей, которые концами заходят друг на друга.*

*Участок миофибриллы, состоящий из толстых нитей и находящимися между ними концов тонких нитей, обладает двойным лучепреломлением. Под микроскопом эти участки кажутся темными и получили название анизотропных или темных дисков (А-диски).*

*Тонкие участки состоят из тонких нитей и выглядят светлыми. Такие участки называются изотропными или светлыми дисками (I-диски). В середине пучка тонких нитей поперечно располагается тонкая пластинка из белка, которая фиксирует положение мышечных нитей в пространстве. Эта пластинка хорошо видна под микроскопом и названа Z-пластинкой или Z-линией.*

*Участок между соседними Z-линиями называется саркомер. Каждая миофибрилла состоит из тысяч саркомеров.*

*Изучение химического состава миофибрилл показало, что тонкие и толстые нити образованы белками.*

Толстые нити состоят из белка миозина. Эти белки образуют двойную спираль с глобулярной головкой на конце. Миозиновые головки обладают АТФазной активностью, то есть способностью расщеплять АТФ. Второй участок миозина обеспечивает связь толстых нитей с тонкими.

Тонкие нити состоят из белков актина, тропонина и тропомиозина.

Основной белок в данном случае актин. Он обладает двумя важнейшими свойствами:

· образует фибриллярный актин, способный к быстрой полимеризации;

· актин способен соединяться с миозиновыми головками поперечными мостиками.

Другие белки тонких нитей помогают актину осуществлять его функции.

Рис. Строение и механизм сокращения скелетных мышц

3. Механизм мышечного сокращения и расслабления

Механизм мышечного сокращения до настоящего времени раскрыт не полностью.

Достоверно известно следующее.

1. Источником энергии для мышечного сокращения являются молекулы АТФ.

2. Гидролиз АТФ катализируется при мышечном сокращении миозином, обладающим ферментативной активностью.

3. Пусковым механизмом мышечного сокращения является повышение концентрации ионов кальция в саркоплазме миоцитов, вызываемое нервным двигательным импульсом.

4. Во время мышечного сокращения между тонкими и толстыми нитями миофибрилл возникают поперечные мостики или спайки.

5. Во время мышечного сокращения происходит скольжение тонких нитей вдоль толстых, что приводит к укорочению миофибрилл и всего мышечного волокна в целом.

Гипотез объясняющих механизм мышечного сокращения много, но наиболее обоснованной является так называемая гипотеза (теория) «скользящих нитей» или «гребная гипотеза».

В покоящейся мышце тонкие и толстые нити находятся в разъединенном состоянии.

Под воздействием нервного импульса ионы кальция выходят из цистерн саркоплазматической сети и присоединяются к белку тонких нитей - тропонину. Этот белок меняет свою конфигурацию и меняет конфигурацию актина. В результате образуется поперечный мостик между актином тонких нитей и миозином толстых нитей. При этом повышается АТФазная активность миозина. Миозин расщепляет АТФ и за счет выделившейся при этом энергии миозиновая головка подобно шарниру или веслу лодки поворачивается, что приводит к скольжению мышечных нитей навстречу друг другу.

Совершив поворот, мостики между нитями разрываются. АТФазная активность миозина резко снижается , прекращается гидролиз АТФ. Однако при дальнейшем поступлении нервного импульса поперечные мостики вновь образуются, так как процесс, описанный выше, повторяется вновь.

В каждом цикле сокращения расходуется 1 молекула АТФ.

Расслабление мышцы происходит после прекращения поступления длительного нервного импульса. При этом проницаемость стенки цистерн саркоплазматической сети уменьшается, и ионы кальция под действием кальциевого насоса, используя энергию АТФ, уходят в цистерны. Белки вновь приобретают конформацию характерную для состояния покоя.

Таким образом, и процесс мышечного сокращения и процесс мышечного расслабления - это активные процессы, идущие с затратами энергии в виде молекул АТФ,

В гладких мышцах ионы кальция также играют роль в сокращении, но поступают в мышцу не из цистерн, а из внеклеточного вещества. Этот процесс медленный и поэтому медленно работают гладкие мышцы. На странице 44 рис. Б показан механизм сокращения мышц.

Тема 10. Энергетическое обеспечение мышечного сокращения

1. Количественные критерии путей ресинтеза АТФ

2. Аэробный путь ресинтеза АТФ

3. Анаэробные пути ресинтеза АТФ

4. Соотношения между различными путями ресинтеза АТФ при мышечной работе. Зоны относительной мощности мышечной работы

1. Количественные критерии путей ресинтеза АТФ

Сокращение и расслабление мышцы нуждаются в энергии, которая образуется при гидролизе молекул АТФ.

Однако запасы АТФ в мышце незначительны, их достаточно для работы мышцы в течении 2 секунд. Образование АТФ в мышцах называется ресинтезом АТФ.

Таким образом, в мышцах идет два параллельных процесса - гидролиз АТФ и ресинтез АТФ.

Ресинтез АТФ в отличие от гидролиза может протекать разными путями, а всего, в зависимости от источника энергии их выделяют три: аэробный (основной), креатинфосфатный и лактатный.

Для количественной характеристики различных путей ресинтеза АТФ обычно используют несколько критериев.

1. Максимальная мощность или максимальная скорость - это наибольшее количество АТФ, которое может образоваться в единицу времени за счет данного пути ресинтеза. Измеряется максимальная мощность в калориях или джоулях, исходя из того что один ммоль АТФ соответствует физиологическим условиям примерно 12 кал или 50 Дж. Поэтому данный критерий имеет размерность кал/мин-кг мышечной ткани или Дж/мин-кг мышечной ткани.

2. Время развертывания - это минимальное время, необходимое для выхода ресинтеза АТФ на свою наибольшую скорость, то есть для достижения максимальной мощности. Этот критерий измеряется в единицах времени.

3. Время сохранения или поддержания максимальной мощности - это наибольшее время функционирования данного пути ресинтеза АТФ с максимальной мощностью.

4. Метаболическая ёмкость - это общее количество АТФ, которое может образоваться во время мышечной работы за счет данного пути ресинтеза АТФ.

В зависимости от потребления кислорода пути ресинтеза делятся на аэробные и анаэробные.

2. Аэробный путь ресинтеза АТФ

Аэробный путь ресинтеза АТФ иначе называется тканевым дыханием - это основной способ образования АТФ, протекающий в митохондриях мышечных клеток. В ходе тканевого дыхания от окисляемого вещества отнимаются два атома водорода и по дыхательной цепи передаются на молекулярный кислород, доставляемый в мышцы кровью, в результате чего возникает вода. За счет энергии, выделяющейся при образовании воды, происходит синтез молекул АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Обычно на каждую образовавшуюся молекулу воды приходится синтез трех молекул АТФ.

Чаще всего водород отнимается от промежуточных продуктов цикла трикарбоновых кислот (ЦТК). ЦТК - это завершающий этап катаболизма в ходе которого происходит окисление ацетилкофермента А до углекислого газа и воды. В ходе этого процесса от перечисленных выше кислот отнимается четыре пары атомов водорода и поэтому образуется 12 молекул АТФ при окислении одной молекулы ацетилкофермента А.

В свою очередь ацетилкофермент А может образовываться из углеводов, жиров аминокислот, то есть через это соединение в ЦТК вовлекаются углеводы, жиры и аминокислоты.

Скорость аэробного обмена АТФ контролируется содержанием в мышечных клетках AДФ, который является активатором ферментов тканевого дыхания. При мышечной работе происходит накопление AДФ. Избыток AДФ ускоряет тканевое дыхание, и оно может достигнуть максимальной интенсивности.

Другим активатором ресинтеза АТФ является углекислый газ. Избыток этого газа в крови активирует дыхательный центр головного мозга, что в итоге приводит к повышению скорости кровообращения и улучшению снабжения мышцы кислородом.

Максимальная мощность аэробного пути составляет 350 -450 кал/мин-кг. По сравнению с анаэробными путями ресинтеза АТФ тканевое дыхание облает более низкими показателями, что ограничено скоростью доставки кислорода в мышцы. Поэтому за счет аэробной пути ресинтеза АТФ могут осуществляться только физические нагрузки умеренной мощности.

Время развертывания составляет 3 - 4 минуты, но у хорошо тренированных спортсменов может составлять 1 мин. Это связано с тем, что на доставку кислорода в митохондрии требуется перестройка практически всех систем организма.

Время работы с максимальной мощностью составляет десятки минут. Это дает возможность использовать данный путь при длительной работе мышц.

По сравнению с другими идущими в мышечных клетках процессами ресинтеза АТФ аэробный путь имеет ряд преимуществ.

1. Экономичность: из одной молекулы гликогена образуется 39 молекул АТФ, при анаэробном гликолизе только 3 молекулы.

2. Универсальность в качестве начальных субстратов здесь выступают разнообразные вещества: углеводы, жирные кислоты, кетоновые тела, аминокислоты.

3. Очень большая продолжительность работы. В покое скорость аэробного ресинтеза АТФ может быть небольшой, но при физических нагрузках она может стать максимальной.

Однако есть и недостатки.

1. Обязательное потребление кислорода, что ограничено скоростью доставки кислорода в мышцы и скоростью проникновения кислорода через мембрану митохондрий.

2. Большое время развертывания.

3. Небольшую по максимальной величине мощность.

Поэтому мышечная деятельность, свойственная большинству видов спорта, не может быть полностью получена этим путем ресинтеза АТФ.

В спортивной практике для оценки аэробного ресинтеза используются следующие показатели: максимальное потребление кислорода (МПК), порог аэробного обмена (ПАО), порог анаэробного обмена (ПАНО) и кислородный приход.

МПК - это максимально возможная скорость потребления кислорода организмом при выполнение физической работы. Чем выше МПК, тем выше скорость тканевого дыхания. Чем тренированнее человек, тем выше МПК. МПК рассчитывают обычно на 1кг массы тела. У людей, не занимающихся спортом МПК 50 мл/мин-кг, а у тренированных людей он достигает 90 мл/мин-кг.

В спортивной практике МПК также используется для характеристики относительной мощности аэробной работы, которая выражается в процентах от МПК. Например, относительная мощность работы, выполняемая с потреблением кислорода 3 л/мин спортсменом, имеющим МПК 6 л/мин, будет составлять 50% от уровня МПК.

ПАО - это наибольшая относительная мощность работы, измеряемая по потреблению кислорода в процентах по отношению к МПК. Большие величины ПАО говорят о лучшем развитии аэробного ресинтеза.

ПАНО - это минимальная относительная мощность работы, также измеренная по потреблению кислорода в процентах по отношению к МПК. Высокое ПАНО говорит о том, что аэробный ресинтез выше в единицу времени, поэтому гликолиз включается при гораздо больших нагрузках.

Кислородный приход - это количество кислорода (сверх дорабочего уровня), использованное во время выполнения данной нагрузки для обеспечения аэробного ресинтеза АТФ. Кислородный приход характеризует вклад тканевого дыхания в энергообеспечение всей проделанной работы. Кислородный приход часто используют для оценки всей проделанной аэробной работы.

Под влиянием систематических тренировок в мышечных клетках возрастает количество митохондрий, совершенствуется кислородно-транспортная функция организма, возрастет количество миоглобина в мышцах и гемоглобина в крови.

3. Анаэробные пути ресинтеза АТФ

Анаэробные пути ресинтеза АТФ - это дополнительные пути. Таких путей два креатинфосфатный путь и лактатный.

Креатинфосфатный путь связан с веществом креатинфосфатом. Креатинфосфат состоит из вещества креатина, которое связывается с фосфатной группой макроэргической связью. Креатинфосфата в мышечных клетках содержится в покое 15 - 20 ммоль/кг.

Креатинфосфат обладает большим запасом энергии и высоким сродством с АДФ. Поэтому он легко вступает во взаимодействие с молекулами АДФ, появляющимися в мышечных клетках при физической работе в результате реакции гидролиза АТФ. В ходе этой реакции остаток фосфорной кислоты с запасом энергии переносится с креатинфосфата на молекулу АДФ с образованием креатина и АТФ.

Креатинфосфат + АДФ > креатин + АТФ.

Эта реакция катализируется ферментом креатинкиназой. Данный путь ресинтеза АТФ иногда называют креатикиназным.

Креатинкиназная реакция обратима, но смещена в сторону образования АТФ. Поэтому она начинает осуществляться, как только в мышцах появляются первые молекулы АДФ.

Креатинфосфат - вещество непрочное. Образование из него креатина происходит без участия ферментов. Не используемый организмом креатин, выводится из организма с мочой. Синтез креатинфосфата происходит во время отдыха из избытка АТФ. При мышечной работе умеренной мощности запасы креатинфосфата могут частично восстанавливаться. Запасы АТФ и креатинфосфата в мышцах называют также фосфагены.

Максимальная мощность этого пути составляет 900 -1100 кал/ мин-кг, что в три раза выше соответствующего показателя аэробного пути.

Время развертывания всего 1 - 2 сек.

Время работы с максимальной скоростью всего лишь 8 - 10 сек.

Главным преимуществом креатинфосфатного пути образования АТФ являются

· малой время развертывания,

· высокая мощность.

Эта реакция является главным источником энергии для упражнений максимальной мощности: бег на короткие дистанции, прыжки метания, подъем штанги. Эта реакция может неоднократно включаться во время выполнения физических упражнений, что делает возможным быстрое повышение мощности выполняемой работы.

Биохимическая оценка состояния этого пути ресинтеза АТФ обычно проводится двумя показателями: креатиновому коэффициенту и алактатному долгу.

Креатиновый коэффициент - это выделение креатина в сутки. Этот показатель характеризует запасы креатинфосфата в организме.

Алактатный кислородный долг - это повышение потребления кислорода в ближайшие 4 - 5 мин, после выполнения кратковременного упражнения максимальной мощности. Этот избыток кислорода требуется для обеспечения высокой скорости тканевого дыхания сразу после окончания нагрузки для создания в мышечных клетках повышенной концентрации АТФ. У высококвалифицированных спортсменов значение алактатного долга после выполнения нагрузок максимальной мощности составляет 8 - 10 л.

Гликолитический путь ресинтеза АТФ, так же как креатинфосфатный является анаэробным путем. Источником энергии, необходимой для ресинтеза АТФ в данном случае является мышечный гликоген. При анаэробном распаде гликогена от его молекулы под действием фермента фосфорилазы поочередно отщепляются концевые остатки глюкозы в форме глюкозо-1-фосфата. Далее молекулы глюезо-1-фосфата после ряда последовательных реакций превращаются в молочную кислоту. Этот процесс называется гликолиз. В результате гликолиза образуются промежуточные продукты, содержащие фосфатные группы, соединенные макроэргическими связями. Эта связь легко переносится на АДФ с образованием АТФ. В покое реакции гликолиза протекают медленно, но при мышечной работе его скорость может возрасти в 2000 раз, причем уже в предстартовом состоянии.

Максимальная мощность - 750 - 850 кал/мин-кг, что в два раза выше, чем при тканевом дыхании. Такая высокая мощность объясняется содержанием в клетках большого запаса гликогена и наличием механизма активизации ключевых ферментов.

Время развертывания 20-30 секунд.

Время работы с максимальной мощностью - 2 -3 минуты.

Гликолитический способ образования АТФ имеет ряд преимуществ перед аэробным путем:

· он быстрее выходит на максимальную мощность,

· имеет более высокую величину максимальной мощности,

· не требует участия митохондрий и кислорода.

Однако у этого пути есть и свои недостатки:

· процесс малоэкономичен,

· накопление молочной кислоты в мышцах существенно нарушает их нормальное функционирование и способствует утомлению мышцы.

Для оценки гликолиза используют две биохимические методики - измерение концентрации лактата в крови, измерение водородного показателя крови и определение щелочного резерва крови.

Определяют также и содержание лактата в моче. Это дает информацию о суммарном вкладе гликолиза в обеспечение энергией упражнений, выполненных за время тренировки.

Еще одним важным показателем является лактатный кислородный долг. Лактатный кислородный долг - это повышенное потребление кислорода в ближайшие 1 - 1,5 часа после окончания мышечной работы. Этот избыток кислорода необходим для устранения молочной кислоты, образовавшейся при выполнении мышечной работы. У хорошо тренированных спортсменов кислородный долг составляет 20 - 22 л. По величине лактаного долга судят о возможностях данного спортсмена при нагрузках субмаксимальной мощности.

4. Соотношение между различными путями ресинтеза АТФ при мышечной работе. Зоны относительной мощности мышечной работы

При любой мышечной работе функционируют все три пути ресинтеза АТФ, но включаются они последовательно. В первые секунды работы ресинтез АТФ идет за счет креатинфосфатной реакции, затем включается гликолиз и, наконец, по мере продолжения работы на смену гликолизу приходит тканевое дыхание.

Конкретный вклад каждого из механизмов образования АТФ в энергетическое обеспечение мышечных движений зависит от интенсивности и продолжительности физических нагрузок.

При кратковременной, но очень интенсивной работе (например беге на 100 м) главным источником АТФ является креатинкиназная реакция. При более продолжительной интенсивной работе (например на средние дистанции) большая часть АТФ образуется за счет гликолиза. При выполнении упражнений большой продолжительности, но умеренной мощности энергообеспечение мышц осуществляется в основном за счет аэробного окисления.

В настоящее время приняты различные классификации мощности мышечной работы. В спортивной биохимии чаще всего используется классификация базирующаяся на том, что мощность обусловлена соотношением между тремя основными путями ресинтеза АТФ. Согласно этой классификации выделяют четыре зоны относительной мощности мышечной работы: максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной.

Максимальная мощность может развиваться при работе продолжительностью 15-20 сек. Основной источник АТФ при этой работе - креатинфосфат. Только в самом конце креатинкиназная реакция заменяется гликолизом. Примером физических упражнений, выполняемых в зоне максимальной мощности является бег на короткие дистанции, прыжки в длину и высоту, некоторые гимнастические упражнения, подъем штанги и некоторые другие. Максимальную мощность при этих упражнениях обозначают как максимальную анаэробную мощность.

Работа в зоне субмаксимальной аэробной мощности имеет продолжительность до 5 минут. Ведущий механизм ресинтеза АТФ-гликолиз. Вначале, пока реакции гликолиза не достигли максимальной скорости, образование АТФ идет за счет креатинфосфата, а в конце в процесс включается тканевое дыхание. Работа в этой зоне характеризуется высоким кислородным долгом - 20-22 л. Примером физических нагрузок в этой зоне мощности является бег на средние дистанции, плавание на средние дистанции, велосипедные гонки на треке, спринтерские конькобежные дистанции и др. Такие нагрузки называют лактатными.

Работа в зоне большой мощности имеет предельную продолжительность до 30 мин. Для работы в этой зоне характерен одинаковый вклад гликолиза и тканевого дыхания. Креатинфосфатный путь участвует только в самом начале работы. Примером упражнений в этой зоне являются бег на 5000 м, бег на коньках на длинные дистанции, лыжные гонки, плавание на средние дистанции и др. Здесь различают нагрузки либо аэробно-анаэробные, либо анаэробно-аэробные.

Работа в умеренной зоне продолжительностью свыше 30 минут происходит преимущественно аэробным путем. Сюда относят марафонский бег, легкоатлетический кросс, шоссейные велогонки, спортивная ходьба, лыжные гонки на длинные дистанции, турпоходы и др.

В ациклических и ситуационных видах спорта (единоборства, гимнастические упражнения, спортивные игры) мощность выполняемой работы многократно меняется. Например, у футболистов бег с умеренной скоростью (зона большой мощности) чередуется с бегом на короткие дистанции со спринтерской скоростью (зона максимальной или субмаксимальной мощности). В то же время у футболистов бывают такие отрезки игры, когда мощность работы снижается до умеренной.

При подготовке спортсменов необходимо применять тренировочные нагрузки, развивающие путь ресинтеза АТФ, являющийся ведущим в энергообеспечении работы в зоне относительной мощности характерной для данного вида спорта.

РАЗДЕЛ 5. ОБЩАЯ БИОХИМИЯ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Тема 11. Биохимические сдвиги при мышечной работе

1. Основные механизмы нервно-гуморальной регуляции мышечной деятельности

2. Биохимические изменения в скелетных мышцах

3. Биохимические сдвиги в головном мозге и миокарде

4. Биохимические изменения в печени

5. Биохимические сдвиги в крови

6. Биохимические сдвиги в моче

1. Основные механизмы нервно-гуморальной регуляции мышечной деятельности

Любая физическая работа сопровождается изменениями скорости метаболических процессов. Необходимая перестройка метаболизма во время мышечной деятельности происходит под воздействием нервно-гуморальной регуляции.

Можно выделить следующие механизмы нервно-гуморальной регуляции мышечной деятельности.

При мышечной работе повышается тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы, который отвечает за работу внутренних органов и мышц.

В легких под влиянием симпатических импульсов повышается частота дыхания и происходит расширение бронхов. В результате увеличивается легочная вентиляция, что приводит к улучшению обеспечения организма кислородом.

Под влиянием симпатической нервной системы также повышается частота сердечных сокращений, следствием чего является увеличение скорости кровотока и улучшение снабжения органов, в первую очередь мышц, кислородом м питательными веществами.

Симпатическая система усиливает потоотделение, улучшая тем самым терморегуляцию.

Она оказывает замедляющее влияние на работу почек, кишечника. Под влиянием симпатической нервной системы происходит мобилизация жира.

Не менее важную роль в перестройке организма во время мышечной работы выполняют гормоны. Наибольшее значение в биохимическую перестройку при этом вносят гормоны надпочечников.

Мозговой слой надпочечников вырабатывает катехоламины - адреналин и норадреналин. Выделение гормонов мозгового слоя в кровь происходит при различных эмоциях и стрессах. Биологическая роль этих гормонов - создание оптимальных условий для выполнения мышечной работы большой мощности и продолжительности путем воздействия на физиологические функции и метаболизм.

Попадая в кровь, катехоламины дублируют действия симпатических импульсов. Они вызывают повышение частоты дыхания, расширение бронхов. Под действием адреналина повышается частота сердечных сокращений и их сила. Под действием адреналина в организме происходит перераспределение крови в сосудистом русле.

В печени эти гормоны вызывают ускоренный распад гликогена. В жировой ткани катехоламины активизирует липазы, ускоряя тем самым распад жира. В мышцах они активизируют распад гликогена.

Гормоны коркового слоя также активно участвуют в активизации мышечной работы. Их действие заключается в том, что они подавляют действие фермента гексокиназы, чем способствуют накоплению глюкозы в крови. Поскольку эти гормоны не действуют на нервные клетки - это дает возможность питать нервные клетки, поскольку глюкоза для них практический единственный источник энергии. Гормоны - глюкокортикоиды - тормозят анаболические процессы и в первую очередь биосинтез белков. Это дает возможность использовать высвободившиеся молекулы АТФ для работы мышц. Кроме того они стимулируют синтез глюкозы из неуглеводных субстратов.

2. Биохимические изменения в скелетных мышцах

При выполнении физической работы в мышцах происходит глубокие изменения, обусловленные прежде всего интенсивностью процессов ресинтеза АТФ.

Использование креатинфосфата в качестве источника энергии приводит к снижению его концентрации в мышечных клетках и накоплению в них креатина.

Практически при любой работе для получения АТФ используется мышечный гликоген. Поэтому его концентрация в мышцах снижается независимо от характера работы. При выполнении интенсивных нагрузок в мышцах наблюдается быстрое уменьшение запасов гликогена и одновременное образование и накопление молочной кислоты. За счет накопления молочной кислоты повышается кислотность внутри мышечных клеток. Увеличение содержания лактата в мышечных клетках вызывает также повышением в них осмотического давления. Повышение осмотического давления приводит к тому, что в мышечную клетку из капилляров и межклеточного пространства поступает вода, и мышцы набухают или, как говорят спортсмены, «забиваются».

Продолжительная мышечная работа небольшой мощности вызывает плавное снижение концентрации гликогена в мышцах. В данном случае распад происходит аэробно, с потреблением кислорода. Конечные продукты такого распада - углекислый газ и вода - удаляются из мышечных клеток в кровь. Поэтому после выполнения работы умеренной мощности в мышцах обнаруживается уменьшение содержания гликогена без накопления лактата.

Еще одно важное изменение, возникающее в работающих мышцах - повышение скорости распада белков. Особенно ускоряется распад белков при выполнении силовых упражнений, причем, это затрагивает в первую очередь сократительные белки миофибрилл. Вследствие распада белков в мышечных клетках повышается содержание свободных аминокислот и продуктов их распада - кетокислот и аммиака.

Другими характерным изменением, вызываемым мышечной деятельностью, является снижение активности ферментов мышечных клеток. Одной из причин уменьшения ферментативной активности может быть повышенная кислотность, вызванная появлением в мышцах молочной кислоты.

И наконец, мышечная деятельность может привести к повреждениям внутриклеточных структур - миофибрилл, митохондрий и других биомембран. Так нарушение мембран саркоплазматической цепи ведет к нарушению проведения нервного импульса к цистернам , содержащим ионы кальция. . Нарушения целостности сарколеммы сопровождается потерей мышцами многих важных веществ, которые уходят из поврежденной клетки в лимфу и кровь. Нарушается и работа ферментов, встроенных в мембраны. Нарушается работа кальциевого насоса и ферментов тканевого дыхания, расположенных на внутренней поверхности мембран митохондрий.

3. Биохимические сдвиги в головном мозге и миокарде

Головной мозг. Во время мышечной деятельности в двигательных нейронах коры головного мозга происходит формирование и последующая передача двигательного нервного импульса. Оба эти процесса (формирование и передача нервного импульса) осуществляются с потреблением энергии в виде молекул АТФ. Образование АТФ в нервных клетках происходит аэробно. Поэтому при мышечной работе увеличивается потребление мозгом кислорода из протекающей крови. Другой особенностью энергетического обмена в нейронах является то, что основным субстратом окисления является глюкоза, поступающая с током крови.

В связи с такой спецификой энергоснабжения нервных клеток любое нарушение снабжения мозга кислородом или глюкозой неминуемо ведет к снижению его функциональной активности, что у спортсменов может проявиться в форме головокружения или обморочного состояния.

Миокард. Во время мышечной деятельности происходит усиление и учащение сердечных сокращений, что требует большого количества энергии по сравнении с состоянием покоя. Однако энергоснабжение сердечной мышцы осуществляется главным образом за счет аэробного ресинтеза АТФ. Лишь при ЧСС более 200 уд/мин, включается анаэробный синтез АТФ.

Большие возможности аэробного энергообеспечения в миокарде обусловлены особенностью строения этой мышцы. В отличие от скелетных мышц в миокарде имеется более развитая и густая сеть капилляров, что позволяет извлекать из крови больше кислорода и субстратов окисления. Кроме того в клетках сердечной мышцы имеется больше митохондрий, содержащих ферменты тканевого дыхания. В качестве источников энергии клетки сердечной мышцы используют и глюкозу, и жирные кислоты, и кетоновые тела, и глицерин. Гликоген миокард сохраняет на «черный день», когда истощаться другие источники энергии.

Во время интенсивной работы сопровождающейся увеличением концентрации лактата в крови, миокард извлекает из крови лактат и окисляет его до углекислого газа и воды.

При окислении одной молекулы молочной кислоты синтезируется до 18 молекул АТФ. Способность миокарда окислять лактат имеет большое биологическое значение. Это дает возможность организму дольше поддерживать в крови необходимую концентрацию глюкозы, что очень существенно для биоэнергетики нервных клеток, для которых глюкоза является почти единственным субстратом окисления. Окисление лактата в миокарде также способствует нормализации кислотно-щелочного баланса, так как при этом в крови снижается концентрация этой кислоты.

4. Биохимические сдвиги в печени

При мышечной деятельности активируются функции печени, направленные преимущественно на улучшение обеспечения работающих мышц, внемышечными источниками энергии, переносимыми кровью. Ниже описаны наиболее важные биохимические процессы, протекающие в печени во время работы.

1. Под воздействием адреналина повышается скорость распада гликогена с образованием свободной глюкозы. Образовавшаяся глюкоза выходит из клеток печени в кровь, что приводит к возрастанию её концентрации в крови. При этом снижается содержание гликогена. Наиболее высокая скорость распада гликогена наблюдается в печени в начале работы, когда запасы гликогена ещё велики.

2. Во время выполнения физического упражнения клетки печени активно извлекают из крови жир, жирные кислоты, содержание которых в крови возрастает вследствие мобилизации жира из жировых депо. Поступающий в печеночные клетки жир сразу подвергается гидролизу и превращается в глицерин и жирные кислоты. Далее жирны кислоты путем в-окисления расщепляются до ацетилкофермента А, из которого затем образуются кетоновые тела. Кетоновые тела являются важным источником энергии. С током крови они переносятся из печени в работающие органы - миокард и скелетные мышцы. В этих органах кетоновые тела вновь превращаются в ацетилкофермент А, который сразу же аэробно окисляется в цикле трикарбоновых кислот до углекислого газа и воды с выделением большого количества энергии.

3. Еще один биохимический процесс, протекающий в печени во время мышечной работы - это образование глюкозы из глицерина, аминокислот, лактата. Этот процесс идет с затратами энергии молекул АТФ. Обычно такой синтез глюкозы протекает при длительной работе, ведущей к снижению концентрации глюкозы в кровяном русле. Благодаря этому процессу организму удается поддерживать в крови необходимый уровень глюкозы.

4. При физической работе усиливается распад мышечных белков, приводящий к образованию свободных аминокислот, которые далее дезаминируются, выделяя аммиак. Аммиак является клеточным ядом, его обезвреживание происходит в печени, где он превращается в мочевину. Синтез мочевины требует значительного количества энергии. При истощающих нагрузках, не соответствующему функциональному состоянию организма , печень может не справляться с обезвреживанием аммиака, в этом случае возникает интоксикация организма этим ядом, ведущая к снижению работоспособности.

5. Биохимические сдвиги в крови

Изменения химического состава крови является отражением тех биохимических сдвигов, которые возникают при мышечной деятельности в различных внутренних органах, скелетных мышцах и миокарде.

Биохимические сдвиги, возникающие в крови, в значительной мере зависят от характера работы, поэтому их анализ следует проводить с учетом мощности и продолжительности физических нагрузок.

При выполнении мышечной работы в крови чаще всего обнаруживаются следующие изменения.

1. Изменения концентрации белков в плазме крови. Причин этого две. Во-первых, усиленное потоотделение приводит к уменьшению содержания воды в плазме крови и, следовательно, к ее сгущению. Это вызывает возрастание концентрации веществ, содержащихся в плазме. Во-вторых, вследствие повреждения клеточных мембран наблюдается выход внутриклеточных белков в плазму крови. В этом случае часть белков кровяного русла переходит в мочу, а другая часть используется в качестве источников энергии.

2. Изменение концентрации глюкозы в крови во время работы проходит ряд фаз. В самом начале работы уровень глюкозы возрастает. Глюкоза выходит из печени, где происходит ее образование из гликогена. Кроме того мышцы, имеющие запасы гликогена, на этой стадии в глюкозе из крови остро не нуждаются. Но затем наступает стадия когда гликоген в печени и мышцах заканчивается. Тогда наступает следующая фаза, когда для извлечения энергии используется глюкоза крови. Ну а в конце работы наступает фаза истощения и, как следствие, гипогликемия - снижение концентрации глюкозы в крови.

3. Повышение концентрации в крови лактата наблюдается практически при любой спортивной деятельности, но степень накопления лактата в значительной степени зависит от характера выполняемой работы и тренированности спортсмена. Наибольший подъем уровня молочной кислоты в крови отмечается при выполнении физических нагрузок в зоне субмаксимальной мощности. Так как в этом случае главным источником энергии для работающих мышц является анаэробный гликолиз, приводящий к образованию и накоплению лактата.

Следует помнить, что накопление лактата происходит не сразу, а через несколько минут после окончания работы. Поэтому и измерение уровня лактата нужно проводить через 5 - 7 минут после окончания работы. Если уровень лактата в покое не превышает 1 - 2 ммоль/л, то у высоко-тренированных спортсменов после тренировки он может достигать 20 - 30 ммоль/л.

4. Водородный показатель (рН). При выполнении упражнений субмаксимальной мощности уровень рН может довольно значительно снижаться (на 0,5 ед.)

5. Физические упражнения сопровождаются повышением концентрации свободных жирных кислот и кетоновых тел в крови. Это связано с мобилизацией жира в печени и выходом продуктов этого процесса в кровь.

6. Мочевина. При кратковременной работе концентрация мочевины в крови меняется незначительно, при длительной работе уровень мочевины возрастает в несколько раз. Это связано с усилением метаболизма белков при физических нагрузках.

6. Биохимические сдвиги в моче

Физические упражнения влияют на физико-химические свойства мочи, сдвиги в которых объясняются существенными сдвигами в химическом составе мочи.

В моче появляются вещества, которые обычно в ней отсутствуют. Эти вещества называют патологическими компонентами. У спортсменов наблюдаются после напряженной работы, следующие патологические компоненты.

1. Белок. Обычно в моче не более 100 мг белка. После тренировки наблюдается значительное выделение мочой белка. Это явление получило название протеинурия. Чем тяжелее нагрузки, тем выше содержание белка. Причиной этого явления, возможно, является повреждение почечных мембран. Однако снижение нагрузок полностью восстанавливает нормальный состав мочи.

2. Глюкоза. В покое глюкоза в моче отсутствует. После завершения тренировки в моче нередко обнаруживается глюкоза. Это обусловлено двумя основными причинами. Первая, избыточное содержание глюкозы в крови при физической работе. Во-вторых нарушение почечных мембран вызывает нарушение процесса обратного всасывания.

3. Кетоновые тела. До работы кетоновые тела в моче не обнаруживаются. После нагрузок с мочой могут выделяться в больших количествах кетоновые тела. Это явление называется кетонурия. Она связана с повышением концентрации кетоновых тел в крови и наращением реабсорбции их почками.

4. Лактат. Появление молочной кислоты в моче обычно наблюдается после тренировок, включающих упражнения субмаксимальной мощности. По выделению лактата с мочой можно судить об общем вкладе гликолиза в энергетическое обеспечение всей работы, выполненной спортсменом за тренировку.

Наряду с влиянием на химический состав мочи физические нагрузки меняют и физико-химические свойства мочи.

Плотность. Объем мочи после тренировок, как правило, меньше, так как большая часть воды уходит с потом. Это сказывается на плотности мочи, которая возрастает. Увеличение плотности мочи связано также с появлением в ней веществ, которые обычно в моче отсутствуют.

По плотности можно рассчитать содержание растворенных химических соединений в отдельных порциях мочи.

Кислотность. Кетоновые тела и молочная кислота, выделяемые с мочой, меняют её кислотность. Обычно рН мочи 5-6 ед. После работы он может снизиться до 4-4,5 ед.

Чем интенсивнее физические нагрузки - тем значительнее изменения, наблюдаемые в составе мочи и крови.

Тема 12. Биохимические механизмы утомления

1. Охранительное или запредельное торможение

2.Нарушение функций вегетативных и регуляторных систем

3. Исчерпание энергетических резервов

4. Роль лактата в утомлении

5. Повреждение биологических мембран свободнорадикальным окислением

1. Охранительное или запредельное торможение

Утомление - это временное снижение работоспособности, вызванное биохимическими, функциональными и структурными сдвигами, возникающими в ходе выполнения физической работы.

С биологической точки зрения утомление - это защитная реакция предупреждающая нарастание биохимических и физиологических изменений в организме, которые достигнув определенной глубины, могут стать опасными для здоровья и для жизни.

У спортсменов в основе развития утомления лежат разные механизмы. Прежде всего - это возникновение, так называемого, охранительного или запредельного торможения, возникающего в нервной системе.

Субъективно, охранительное торможение воспринимается как чувство усталости. В зависимости от распространенности усталость может быть местной (локальной) или общей (глобальной). При местной усталости биохимические сдвиги обнаруживаются в определенных группах мышц, а общая усталость отражает биохимические и физиологические сдвиги, возникающие не только в работающих мышцах, но и в других органах сопровождаются снижением работоспособности сердечной, дыхательной, нервной систем, изменением состава крови и функционирования печени. Биологическая роль усталости состоит, по-видимому, в том, что это чувство является субъективным сигналом возникновения в организме неблагоприятных сдвигов.

Охранительное торможение, а значит и усталость, могут быть снижены за счет эмоций. Высокий эмоциональный подъем помогают организму преодолеть порог охранительного торможения. Это, наверное, и случилось со знаменитым марафонским бегуном, когда все ограничения охранительного торможения были сняты, а изменения в организме, несовместимые с жизнью уже произошли. Наоборот выполнение монотонной, однообразной работы повышает вероятность развития охранительного торможения.

Химические вещества, вводимые в организм, могут усиливать или наоборот уменьшать развитие запредельного торможения.

Для повышения работоспособности издавна пользуются кофеином. Это природное соединение действует очень мягко и повышение работоспособности происходит в пределах физиологических возможностей организма. Подобным образом действуют женьшень, элеутерококк, китайский лимонник, пантокрин, названные природными адаптогенами. Есть и фармакологические препараты, позволяющие сохранить высокую работоспособность.

Противоположное действие оказывают седативные препараты, в частности, производные брома. При их использовании запредельное торможение и чувство усталости возникает раньше, что приводит к ограничению работоспособности.

Развитие тормозных процессов в ЦНС зависит от возраста. У пожилых людей чувство усталости развивается быстрее.

2. Нарушение функций регуляторных и вегетативных систем

В обеспечении мышечной деятельности, наряду с нервной системой активнейшее участие принимают участие системы вегетативного обеспечения: дыхательная, сердечнососудистая, печень.

Дыхательная и сердечнососудистая системы отвечают в организме, прежде всего, за доставку и удаление газов к различным органам, в том числе и мышцам. При активной физической работе эти системы могут стать весьма серьезным ограничителем работоспособности, и, стало быть, внести немалый вклад в развитие утомления.

Еще один орган, способствующий развитию утомления - это печень. В печени во время мышечной работы протекают такие важные процессы, как образование глюкозы, в-окисление жирных кислот, кетогенез, глюконеогенез, которые направлены на обеспечение мышц важнейшими источниками энергии: глюкозой и кетоновыми телами. Кроме того в печени во время мышечной работы осуществляется обезвреживание аммиака путем синтеза мочевины. Поэтому уменьшение функциональной активности печени вдет к снижению работоспособности, то есть развитию утомления. В связи с такой важной ролью печени в обеспечении мышечной деятельности в спортивной практике широкое применение находят вещества, улучшающие обменные процессы печени - гепатопротекторы.

При продолжительной физической работе возможно снижение функции надпочечников. В результате уменьшается выделение в кровь гормонов адреналина и коры надпочечников. Это вызывает снижение работоспособности мышц.

3. Исчерпание энергетических резервов

Выполнение физической работы сопровождается большими энергетическими затратами.

В спортивной литературе часто используются термины энергетические резервы и доступные источники энергии. Под этим понимается та часть углеводов, жиров и аминокислот, которая может служить источником энергии при выполнении мышечной работы. Таким источниками можно считать мышечный креатинфосфат, который может быть почти полностью использован при интенсивной работе, значительную часть мышечного и печеночного гликогена. Часть запасов жира, находящегося в жировых депо, а также аминокислоты, которые начинают окислятся при очень продолжительных нагрузках. Энергетическим резервом можно также считать способность организма поддерживать в крови во время выполнения физической работы необходимый уровень глюкозы.

Исчерпание энергетических субстратов, несомненно, ведет к снижению выработки в организме АТФ и уменьшению баланса АТФ/ АДФ.

Снижения этого показателя в нервной системе приводит к нарушениям формирования передачи нервных импульсов, в том числе, управляющих скелетной мускулатурой. Такое нарушение в функционировании нервной системы и является основной причиной развития охранительного торможения. Уменьшение скорости синтеза АТФ в клетках скелетных мышц и миокарда нарушает сократительную функцию миофибрилл, следствием чего является снижение мощности выполняемой работы.

Для поддержания энергетических ресурсов в организме при выполнении продолжительной работы (например, лыжные гонки, марафонский бег, шоссейные велогонки) на дистанции организуется питание, что позволяет спортсменам длительно сохранять работоспособность.

4. Роль лактата в утомлении

Обычно лактат образуется в мышцах в больших количествах при выполнении нагрузок субмаксимальной мощности. Накопление молочной кислоты в мышечных клетках существенно влияет на их функционирование. В условиях повышенной кислотности, вызванной нарастанием концентрации молочной кислоты, снижается сократительная способность белков, участвующих в мышечной деятельности, уменьшается каталитическая активность белков-ферментов, в том числе АТФазная активность миозина и активность кальциевой АТФазы (кальциевый насос), изменяются свойства мембранных белков, что приводит к повышению проницаемости биологических мембран. Кроме того, накопление лактата в мышечных клетках ведет к набуханию этих клеток вследствие поступления в них воды, что в итоге уменьшает сократительную возможность мышц (как говорят спортсмены, «мышцы забились»). Можно также предположить, что избыток лактата внутри мышечных клеток связывает часть ионов кальция и тем самым ухудшает управление процессами сокращения и расслабления мышц.

На практике для предупреждения возможного негативного воздействия лактата на работоспособность используются различные приемы, способствующие удалению его из работающих мышц.

5. Повреждение биологических мембран свободно-радикальным окислением

Известно, что незначительная часть кислорода, поступающего из воздуха в организм, превращается в активные формы, называемые свободными радикалами. Свободные радикалы кислорода, обладая высокой химической активностью, вызывают окисление белков, жиров и нуклеиновых кислот. Чаще всего окислению подвергается липидный слой биологических мембран. Такое окисление называют перекисным окислением мембран (ПОЛ).

В физиологических условиях свободно-радикальное окисление протекает с низкой скоростью, так как ему противостоит защитная антиоксидантная система организма, предупреждающая накопление свободных радикалов кислорода и ограничивающая тем самым скорость вызываемых ими реакций окисления.

Однако исследования показывают, что физические нагрузки, свойственные современному спорту приводят к значительному росту ПОЛ. Этим грешит практически любая физическая работа, протекающая в условиях повышенного потребления кислорода.

В ациклических видах спорта (спортивнее игры, единоборства) характер мышечной деятельности многократно меняется. Такие изменения сопровождаются несоответствием между продолжающимся повышенным поступлением кислорода и снижением его потребления митохондриями миоцитов. Подобное несоответствие вызывает относительную гипероксию в мышечной ткани, что, несомненно, приводит к еще большему образованию свободных радикалов и дальнейшему нарастанию их повреждающего действия на биомембраны. К повышению скорости свободно-радикального окисления приводит также повышение кислотности - ацидоз - возникающее у спортсменов вследствие накопления в мышечных клетках лактата. Не менее большой вклад в эти процессы делает стресс - постоянный спутник современного спорта. А ведь стресс, а именно, стрессовые гормоны, оказывают огромное влияние на развитие в организме свободно-радикального окисления.

Чрезмерная активизация ПОЛ оказывает негативное влияние на мышечную деятельность. Затрудняется передача длительных нервных импульсов, так как повышается проницаемость мембран нервных и мышечных клеток. Нарушается кальциевый насос, что неизбежно приводит к снижению способности мышечных клеток к сокращению Нарушение митохондриальных мембран, неизбежно ведет к снижению уровня окислительного фосфорилирования, а значит ухудшает снабжение мышечных клеток энергией.

Таким образом, активизация ПОЛ сокращает работоспособность спортсмена.

Свободно-радикальное окисление - это один из важнейших механизмов развития утомления при спортивной деятельности.

К экзогенным средствам препятствующим развитию утомления при спортивной деятельности следует отнести витамин Е (токоферол), тимол и ряд других.

Тема 13. Биохимические закономерности восстановления после мышечной работы

1. Срочное восстановление

2. Отставленное восстановление

3. Методы ускорения восстановления

1. Срочное восстановление

Восстановление является важнейшим периодом подготовки спортсмена, так как именно в это время в организме закладываются основы роста спортивной работоспособности и развития скоростно-силовых качеств и выносливости.

С точки зрения биохимии различают восстановление срочное и отставленное.

На этапе срочного восстановления устраняются продукты анаэробного обмена, главным образом креатин и молочная кислота.

Креатин накапливается в мышечных клетках во время физических нагрузок за счет креатинфосфатной реакции.

креатинфосфат + АДФ > креатин + АТФ

Эта реакция обратима. Во время восстановления она протекает в обратном порядке.

креатин + АТФ > креатинфосфат + АДФ

Обязательным условием превращения креатина в креатинфосфат является избыток АТФ, который создается в мышцах после работы, когда уже нет больших энергозатрат на мышечную деятельность. Источником АТФ при восстановлении является тканевое дыхание, протекающее с достаточно высокой скоростью и потребляющее значительное количество кислорода. В качестве окисляемых субстратов при этом чаще всего используются жирные кислоты.

На устранение креатина требуется не более 5 минут. (Это максимально!) В течение этого времени наблюдается повышенное потребление кислорода, называемое алактатный кислородный долг.

Алактатный кислородный долг характеризует вклад креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечение выполняемой физической нагрузки. Наибольших значений алактатный долг достигает в зоне выполнения физических нагрузок максимальной мощности и достигает величины 8-10 л.

Другой продукт анаэробного обмена - молочная кислота - образуется и накапливается в результате функционирования гликолиза. Устранение лактата происходит преимущественно во внутренних органах, так как она легко выходит из клеток в кровяное русло.

Лактат, поступающий из крови в миокард, подвергается аэробному окислению и превращается в конечные продукты - углекислый газ и воду. Такое окисление требует кислорода и сопровождается выделением энергии, которая используется для обеспечения работы сердечной мышцы.

Значительная часть лактата из крови попадает в печень и превращается в глюкозу. Этот процесс называется глюконеогенезом. Процесс этот идет с затратами энергии молекул АТФ, источниками которых являются процессы тканевого дыхания, протекающие с повышенной скоростью и потреблением избыточного количества кислорода по сравнению с покоем.

Повышенное потребление кислорода в ближайшие 1,5-2 часа после завершения мышечной работы, необходимое для устранения лактата называется лактатным кислородным долгом.

Лактатный кислородный долг характеризует вклад гликолиза в энергообеспечение мышечной работы и достигает большой величины 20-22 л.

Частично алактатный и лактатный дог может устранятся во время тренировки, при снижении тренировочных нагрузок, а также в промежутках отдыха. Такое восстановление называется текущим.

2. Отставленное восстановление

Отставленное восстановление связано с восполнением запасов гликогена, жиров и белков. Собственно синтезы этих веществ и составляют биохимическую сущность этих процессов.

Синтез гликогена протекает в мышцах и в печени, причем в первую очередь накапливается мышечный гликоген. Синтез гликогена происходит, главным образом, из глюкозы, поступающей с пищей. Предельное восстановление в организме запасов гликогена составляет 24-36 часов.

Синтез жиров осуществляется в жировой ткани. Вначале образуются глицерин и жирные кислоты, затем они соединяются в молекулу жира. Жир также образуется в стенке тонкой кишки путем ресинтеза из продуктов переваривания жира пищи. С током лимфы, а затем крови ресинтезированный жир поступает в жировую ткань. Для восполнения запасов жира необходимо не более 36-48 часов.

Отставленное восстановление также включает и восстановление поврежденных внутриклеточных структур. Это касается миофибрилл, митохондрий, различных клеточных мембран. По времени это самый длительный процесс, требующий от 72 до 96 часов.

Все биохимические процессы, составляющие отставленное восстановление протекают с потреблением энергии, источником которой являются молекулы АТФ, возникающие за счет окислительного фосфорилирования. Поэтому для фазы отставленного восстановления характерно несколько повышенное потребление кислорода, но не такое выраженное, как при срочном восстановлении.

Важной особенностью отставленного восстановления является наличие сверхвосстановления или суперкомпенсации. Суть этого явления заключается в том, что вещества, разрушенные при работе, во время восстановления синтезируются в больших концентрациях по сравнению с их предрабочим уровнем. К сожалению, суперкомпенсация носит временный характер. Затем уровень работоспособности возвращается к исходному. Однако, если суперкомпенсация возникает часто, то это ведет к постепенному повышению исходного уровня. Так вот, показано, что уровень работоспособности напрямую связан с концентрацией гликогена в мышцах.

Основной причиной суперкомпенсации является повышенное содержание в крови гормонов, влияющих на синтетические процессы. Время наступления суперкомпенсации зависит от скорости распада веществ при работе: чем выше скорость расщепления какого-либо вещества во время работы, тем быстрее происходит его синтез при восстановлении и раньше наступает суперкомпенсация.

Высота суперкомпенсации определяется глубиной распада веществ при работе. Чем глубже распад вещества при работе, тем более выражена и выше суперкомпенсация. Эта особенность суперкомпенсации заставляет тренеров применять на тренировках упражнения высокой мощности и продолжительности, чтобы вызвать в организме спортсмена достаточно глубокий распад тех веществ, от содержания которых значительно зависит работоспособность.

Для спортсмена суперкомпенсация имеет исключительное значение. На высоте суперкомпенсации существенно возрастают все качества двигательной деятельности, что, несомненно, способствует росту спортивных результатов.

3. Методы ускорения восстановления

В настоящее время в практике спорта применяются три группы восстановительных средств: педагогические, психологические и медико-биологические.

К педагогическим способам ускорения восстановления относятся:

· использование в тренировочном процессе физических нагрузок, соответствующих функциональному состоянию спортсмена;

· рациональная регулярность тренировочных занятий, наличие необходимой продолжительности отдыха между тренировками;

· чередование анаэробных и аэробных нагрузок, предупреждающее чрезмерное образование и накопление в организме лактат с последующим повышением кислотности.

Психологические средства ускоряющие восстановление, разнообразны. На практике используются следующие способы психологического воздействия:

· психологическая саморегуляция;

· аутогенная психомышечная тренировка;

· внушение и гипноз;

· музыка и цветомузыка;

· специальные дыхательные упражнения;

· психогигиена (благоприятные условия быта, разнообразие досуга, исключение отрицательных эмоций и т. д.)

Медико-биологические средства ускорения восстановления работоспособности играют важную роль в подготовке спортсменов любой квалификации и широко применяются в спортивной практике. Сюда относятся:

· гидротерапия;

· массаж;

· полноценное питание;

· лекарственные средства.

В конечном итоге все способы гидротерапии и массажа приводят к усилению лимфо- и кровообращения. Благодаря этому внутренние органы и особенно мышцы освобождаются от конечных продуктов метаболизма (прежде всего, лактата) и получают в больших количествах кислород, источники энергии, строительный материал.

За счет питания в организм извне поступают источники энергии, строительный материал, витамины и минеральные вещества, то есть все то, что необходимо для быстрого протекания восстановительных процессов. Однако несбалансированное питание может не только ни ускорить восстановление, а просто свести его к нулю.

Применение разрешенных лекарственных средств способствует росту работоспособности, ускорению восстановления, повышению уровня адаптации к мышечным нагрузкам. Фармакологические средства также могут стимулировать иммунные свойства организма, улучшать биоэнергетику организма.

Тема 14. Биохимические закономерности адаптации к мышечной работе

1. Что такое адаптация?

2. Срочная (экстренная) адаптация

3.Договременная (хроническая) адаптация

4. Тренировочный эффект

5. Биологические принципы спортивной тренировки

1. Что такое адаптация?

В широком понимании слово адаптация означает «приспособление». К большим физическим нагрузкам, характерным для современного спорта необходимо адаптироваться. Это предусматривает соблюдение спортивного режима, умение переносить стрессовые нагрузки, наконец, регулярно с большой отдачей тренироваться.

Адаптация к мышечной работе - это структурно-функциональная перестройка организма, позволяющая спортсмену выполнять физические нагрузки большей мощности и продолжительности, развивать более высокие мышечные усилия по сравнению с нетренированным человеком.

Биохимические и физиологические механизмы адаптации к физическим нагрузкам сформировались в ходе длительной эволюции животного мира и зафиксированы в структуре ДНК. Поэтому у каждого человека имеется врожденная способность к адаптации или генетическая адаптация. В принципе молекулярные механизмы, лежащие в основе адаптации одинаковы для любого организма. В то же время уровень реализации отдельных адаптационных механизмов индивидуален и существенно зависит от конституции тела, типа высшей нервной деятельности и много другого. Поэтому нет ничего удивительного, что одни люди способны легко приспосабливаться к выполнению кратковременных силовых нагрузок, другие - к выполнению скоростных упражнений, а третьи - легко выполняют упражнения на выносливость. Индивидуальны особенности генотипа необходимо учитывать при отборе для занятий отдельными видами спорта.

Адаптационные способности человека меняются и с возрастом. Под влиянием систематических тренировок адаптационные механизмы совершенствуются, уровень адаптации к мышечной работе возрастает. Такой прирост адаптационных возможностей организма, наблюдаемый в течение жизни, носит название фенотипической адаптации.

Адаптация к физическим нагрузкам проходит две фазы - срочной или экстренной адаптации и долговременной или хронической адаптации.

2. Срочная или экстренная адаптация

Основой срочной адаптации является структурно-функциональная перестройка, происходящая в организме непосредственно при выполнении физической работы. Целью этого этапа является создание мышцам оптимальных условий для функционирования, прежде всего за счет увеличения энергоснабжения.

Необходимые для этого биохимические и физиологические сдвиги возникают под воздействием нервно-гуморальной регуляции. Главными регуляторными факторами срочной адаптации является симпатическая нервная система и гормоны - катехоламины и глюкокортикоиды.

На клеточном уровне под действием нервно-гуморальных механизмов регуляции увеличивается выработка энергии.

К основным изменениям катаболических процессов, приводящим к усилению обеспечения энергией можно отнести следующие процессы.

1. Ускорение распада гликогена в печени. В этом процессе образуется глюкоза, которая попадает в кровь. Это ведет к увеличению снабжения различных органов важнейшим энергетическим субстратом.

2. Усиление синтеза аэробного и анаэробного мышечного гликогена. Этот процесс обеспечивает выработку большого количества молекул АТФ.В этом процесс большое значение имеет гормон адреналин.

3. Повышение скорости тканевого дыхания в митохондриях. Причин тому две: увеличение снабжения митохондрий кислородом и повышение активности ферментов тканевого дыхания вследствие активирующего действия избытка АТФ, возникающего при мышечной работе.

4. Увеличение мобилизации жира в жировых депо. Вследствие этого в крови повышается уровень нерасщепленного жира и свободных жирных кислот. Мобилизация жира вызывается импульсами вегетативной нервной системы и адреналином.

5. Повышение скорости в-окисления жирных кислот и образование кетоновых тел, являющихся важным источником энергии при выполнении длительной физической работы.

Второй стороной срочной адаптации является замедление анаболических процессов. Этот процесс затрагивает, прежде всего, биосинтез белков. Дело в том, что на этот процесс необходимо много молекул АТФ, которые при мышечной работе нужнее всего именно там. Это заставляет организм затормозить синтез белков. Осуществление этого торможения происходит под контролем глюкокортикоидов.

Хотя срочная адаптация развивается по сходным механизмам у разных людей, однако тренировки влияют на этот процесс, делая адаптивные изменения более глубокими.

3. Долговременная или хроническая адаптация

Этап долговременной адаптации происходит в промежутках отдыха между тренировками и требует много времени. Биологическое значение долговременной адаптации - создание в организме структурно-функциональной базы для лучшей реализации механизмов срочной адаптации, то есть долговременная адаптация предназначена для подготовки организма к выполнению последующих физических нагрузок в оптимальном режиме.

Можно выделить следующие основные направления долговременной адаптации.

1. Повышение скорости восстановительных процессов. Особенно большое значение для развития долговременной адаптации имеет усиление синтеза белков и нуклеиновых кислот. Это приводит к увеличению содержания сократительных белков, белков-ферментов, кислородно-транспортных белков. Благодаря повышению содержания в клетках белков-ферментов ускоряется синтез других биологически важных соединений, в частности креатинфосфата, гликогена, липидов. В результате такого воздействия существенно возрастает энергетический потенциал организма.

2. Увеличение содержания внутриклеточных органоидов. В процессе развития адаптации в миоцитах становится больше сократительных элементов - миофибрилл, увеличивается размер и количество митохондрий, наблюдается развитие саркоплазматической сети. В конечном счете эти изменения вызывают мышечную гипертрофию.

3. Совершенствование механизмов нервно-гуморальной регуляции. При этом возрастают синтетические возможности эндокринных желез, что позволяет при выполнении физических нагрузок дольше поддерживать в крови высокий уровень гормонов, обеспечивающих мышечную деятельность.

4. Развитие устойчивости (резистентности) к биохимическим сдвигам, возникающим в организме во время мышечной работы. Прежде всего это касается устойчивости организма к повышению кислотности, вызванному накоплением лактата. Предполагается, что нечувствительность к росту кислотности у адаптированных спортсменов обусловлена образованием у них молекулярных форм белков, сохраняющих свои биологические функции при пониженных значениях рН.

В ходе тренировочного процесса оба этапа адаптации - срочная и долговременная - поочередно повторяются и оказывают друг на друга взаимное влияние. Так, срочная адаптация, проявляющаяся во время физической работы, приводит к возникновению в организме глубоких биохимических и физиологических сдвигов, которые являются предпосылками для запуска механизмов долговременной адаптации. В свою очередь, долговременная адаптация, повышая энергетический потенциал организма, увеличивает возможности срочной адаптации. Такое взаимодействие срочной и долговременной адаптации ведет к росту работоспособности спортсмена.

4. Тренировочный эффект

В спортивной практике для количественной оценки адаптации к мышечной работе часто используют биохимические показатели: срочный, отставленный, кумулятивный тренировочные эффекты.

Срочный тренировочный эффект характеризует срочную адаптацию. По своей сути срочный тренировочный эффект представляет собой биохимические сдвиги в организме спортсмена, вызываемые процессами, которые составляют срочную адаптацию. Эти сдвиги фиксируются во время выполнения физической нагрузки и в течение срочного восстановления. По глубине обнаруженных биохимических изменений можно судить о вклада отдельных способов выработки АТФ в обеспечение энергией проделанной работы.

Так по значения МПК и ПАНО можно оценить состояние аэробного обеспечения энергией. Повышение концентрации молочной кислоты, снижение величины рН, отмечаемые в крови после выполнения работы «до отказа» в зоне субмаксимальной мощности, характеризуют возможности гликолиза. Другим показателем состояния гликолиза является лактатный кислородный долг. Величина алактатного долга свидетельствует о вкладе креатинфосфатной реакции в энергоснабжение выполненной работы.

Отставленный тренировочный эффект представляет собой биохимические изменения, возникающие в организме спортсмена в ближайшие после тренировки дни, то есть в период отставленного восстановления. Главным проявлением отставленного тренировочного эффекта является суперкомпенсация веществ, используемых во время физической работы. К ним следует отнести мышечные белки, креатинфосфат, гликоген мышц и печени.

Кумулятивный тренировочный эффект отражает биохимические сдвиги, постепенно накапливающиеся в организме спортсмена в процессе длительных тренировок. В частности кумулятивным эффектом можно считать прирост в ходе длительных тренировок показателей срочного и отставленного эффектов.

Кумулятивный эффект обладает специфичностью, его проявления в значительной степени зависят от характера тренировочных нагрузок.

5. Биологические принципы спортивной тренировки

Без знаний закономерностей адаптации организма к мышечной работе невозможно грамотное построение тренировочного процесса. Найдены основные биологические принципы спортивной тренировки.

Принцип сверхотягощения. Адаптационные изменения вызываются только значительными нагрузками, превышающими по объему и интенсивности определенный пороговый уровень. Нагрузки, исходя из этого принципа, могут быть эффективными и неэффективными.

Неэффективные нагрузки приводят к появлению в организме лишь незначительных биохимических и физиологических сдвигов. Они не вызывают развития адаптации, но способствуют сохранению достигнутого уровня. Неэффективные нагрузки широко используются в оздоровительной физкультуре.

Эффективные нагрузки должны быть выше пороговой величины. Однако любые нагрузки имеют предел. Такие нагрузки называются предельными. Дальнейшее увеличение нагрузок может привести к снижению тренировочного эффекта, и называются запредельными. Это обусловлено тем, что в зоне предельных нагрузок происходит полное использование всех имеющихся в организме спортсмена биохимических и физиологических резервов, приводящих к максимальной суперкомпенсации. Запредельные нагрузки очень большой интенсивности или продолжительности, не соответствующие функциональному состоянию организма вызывают столь глубокие биохимические и физиологические сдвиги, что полноценное восстановление становится невозможным. Систематическое использование таких нагрузок приводит к срыву адаптации или дезадаптации, что выражается в ухудшении двигательных качеств, снижении работоспособности и результативности. Это явление в спорте называется перетренированностью.

В спортивной практике чаще всего используют эффективные нагрузки, а предельных стараются избежать, так как они легко могут перейти в запредельные.

Из принципа сверхотягощения вытекают два положения, определяющие тренировочный процесс.

1. Для развития адаптации и роста спортивного мастерства необходимо использовать достаточно большие по объему и интенсивности физические нагрузки, превышающие пороговое значение.

2. По мере нарастания адаптационных изменений следует постепенно увеличивать тренировочные нагрузки.

Принцип обратимости (повторности). Адаптационные изменения в организме, возникающие под влиянием физической работы, не постоянны. После прекращения занятий спортом или длительном перерыве в тренировках, а также при снижении объема тренировочных нагрузок адаптационные сдвиги постепенно уменьшаются. Это явление называется в спортивной практике растренированностью. В основе этого явления лежит обратимость суперкомпенсации. Суперкомпенсация обратима и носит временный характер. Однако частое возникновение суперкомпенсации (при регулярных тренировках) постепенно ведет к росту исходного уровня важнейших химических соединений и внутриклеточных структур, сохраняющемуся в течение длительного времени.

Таким образом, однократная физическая нагрузка не может вызвать прироста адаптационных изменений. Для развития адаптации тренировки должны систематически повторяться в течение длительного времени, и тренировочный процесс не должен прерываться.

Принцип специфичности. Адаптационные изменения, возникающие в организме спортсмена под влиянием тренировок, в значительной мере зависят от характера выполняемой мышечной работы. При скоростных нагрузках - растет анаэробное производство энергии. Тренировки силового характера приводят к наибольшему увеличению мышечной массы за счет усиленного синтеза сократительных белков. При занятиях на выносливость возрастают аэробные возможности организма.

Тренировочные занятия необходимо проводить с применением специфических для каждого вида спорта нагрузок. Однако для гармоничного развития спортсмена еще нужны неспецифические общеукрепляющие нагрузки, влияющие на всю мускулатуру, в том числе на мышцы, прямо не участвующие в выполнении упражнений, характерных для данного вида спорта.

Принцип последовательности. Биохимические изменения, лежащие в основе адаптации к мышечной работе, возникают и развиваются не одновременно, а в определенной последовательности. Быстрее всего увеличиваются и дольше всего сохраняются показатели аэробного обеспечения. Больше времени требуется для увеличения лактатной работоспособности. Наконец, в последнюю очередь повышаются возможности организма в зоне максимальной мощности.

Эта закономерность адаптации должна, прежде всего, учитываться при построении тренировочного процесса в сезонных видах спорта. Годичный цикл должен начинаться с этапа развития аэробных возможностей. Затем идет этап развития скоростно-силовых качеств. А при подведении к пику формы необходимо работать над развитием максимальной мощности. Впрочем, это только схема. На практике эта схема может претерпевать изменения в зависимости от вида спорта и индивидуальных особенностей спортсмена.

Принцип регулярности. Этот принцип описывает закономерности развития адаптации в зависимости от регулярности тренировочных занятий, то есть от продолжительности отдыха между тренировками.

При частых тренировках (каждодневных или через день) Синтез большинства веществ, разрушенных при работе, еще, еще не завершается, и новое занятие происходит в фазе недевосстановления. Если тренировки продолжаются в том же режиме, то недовосстановление будет углубляться. Это приводит к ухудшению физического состояния спортсмена и снижению спортивных результатов. В теории спорта это явление получило название отрицательного взаимодействия нагрузок.

При большой продолжительности отдыха новая тренировка проводится уже после полного завершения восстановления, когда все показатели вернулись к предрабочему уровню. В этом случае прироста функциональных изменений не наблюдается. Такой режим тренировок получил название нейтральное взаимодействие нагрузок.

Наилучший эффект дает проведение занятий в фазе суперкомпенсации. Это дает возможность улучшать результат и увеличивать величину нагрузки. Такое сочетание тренировки и отдыха получило название положительное взаимодействие нагрузок.

В спортивной практике принцип положительного и отрицательного взаимодействия нагрузок используется при подготовке спортсменов высокой квалификации, а нейтрального взаимодействия находит применение в оздоровительной медицине.

Принцип цикличности. Суть этого принципа проста: периоды интенсивных тренировок следует чередовать с периодами отдыха или тренировок с использованием нагрузок уменьшенного объема. На основе этого принципа планируется годовой тренировочный цикл. Годовой цикл делится на периоды, продолжительностью несколько месяцев, отличающиеся по объему тренировочных нагрузок. Эти периоды называются макроциклами. Периоды состоят из этапов - микроциклов. Каждый микроцикл решает конкретную педагогическую задачу и способствует развитию специфической адаптации к физическим нагрузкам определенного вида: скоростных, скоростно-силовых качеств, выносливости. Обычно микроцикл длится 7 дней. Причем, в первые 3-5 дней - проводятся занятия согласно принципу отрицательного взаимодействия нагрузок. Заключительная часть микроцикла содержит восстановительные мероприятия, которые приводят к суперкомпенсации. Новый микроцикл начинается с фазы суперкомпенсации и на фоне положительного взаимодействия нагрузок.

Таким образом, тренировки в каждом микроцикле проводятся по типу отрицательного взаимодействия нагрузок, а между микроциклами существует положительное взаимодействие нагрузок.

РАЗДЕЛ 6. СПОРТИВНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И БИОХИМИЯ

Тема 15. Биохимические основы работоспособности

1. Компоненты спортивной работоспособности

2. Алактатная работоспособность

3. Лактатная работоспособность

4.Аэробная работоспособность

5. Специфичность спортивной работоспособности

6. Возрастные особенности работоспособности

7. Биохимия и педагогические методы развития компонентов работоспособности

1. Компоненты спортивной работоспособности

С биологической точки зрения спортивную работоспособность можно определить как структурно-функциональный потенциал или состояние организма спортсмена, позволяющее ему выполнять специфические физические нагрузки определенной мощности и продолжительности.

Спортивная работоспособность качество интегральное, проявление которого зависит от многих факторов. Можно выделить следующие факторы ограничивающие работоспособность спортсмена:

· возможности энергетического обеспечения мышечной деятельности;

· функциональное состояние и развитие основных систем организма (мышечной кардиореспираторной, нервной, эндокринной, пищеварительной, выделительной, иммунной и т. д.);

· техника выполнения физических нагрузок характерных для данного вида спорта;

· тактика ведения спортивной борьбы;

· психологическая подготовка спортсмена.

Первые два фактора определяют преимущественно физическую подготовку спортсмена или физическую работоспособность. Их обычно называют факторами внутренних возможностей. Остальные факторы - техника, тактика, психологическая подготовка - являются факторами производительности, от которых зависит проявление факторов возможностей. Только при высоких показателях факторов производительности могут проявиться факторы возможности.

Из всех перечисленных факторов наибольшее значение имеет состояние биоэнергетики, так как невозможно выполнить какую-либо работу без затрат энергии.

В энергообеспечении организма решающую роль играет ресинтез АТФ. В зависимости от доминирования алактатного, лактатного или аэробного пути ресинтеза АТФ в энергообеспечении выполняемой работы выделяют три компонента работоспособности: алактатную, лактатную и аэробную.

Часто первые два вида работоспособности объединяют и называют анаэробной работоспособностью.

Аэробная работоспособность проявляется при выполнении длительных физических нагрузок, а анаэробная работоспособность обеспечивает возможность выполнения кратковременных нагрузок высокой и максимальной интенсивности.

Выделенные компоненты работоспособности в равной мере относятся, как к общей, так и специальной работоспособности.

Мы рассмотрим, главным образом, общую работоспособность, так как биохимические механизмы лежат, прежде всего, в ее основе.

2. Алактатная работоспособность

Алактатная работоспособность проявляется при выполнении нагрузок в зоне максимальной мощности, то есть нагрузок , которые можно сохранит в пределах 15-20 сек. Такие нагрузки, преимущественно обеспечиваются креатинфосфатным способом образования АТФ, то есть алактатными способами. Поэтому мощность этих нагрузок в значительной степени зависит от содержания в мышцах креатинфосфата и активности фермента креатинкиназы, который отвечает за синтез креатинфосфата.

К основным структурным факторам, которые ограничивают алактатную работоспособность, является количество миофибрилл и развитие саркоплазматической сети. Чем меньше миофибрилл, тем медленнее и слабее мышечное сокращение. Чем хуже развита саркоплазматическая сеть, те хуже проведение мышцей нервного импульса.

К структурным факторам можно отнести количество нервно-мышечных синапсов, обеспечивающих передачу нервных импульсов от нервов к мышцам. Еще одним структурным фактором можно считать содержание в мышцах белка коллагена, участвующего в мышечном расслаблении.

Наиболее важным функциональным фактором, лежащим в основе лактатной работоспособности, является активность ферментов, участвующих в мышечной деятельности. От АТФазной активности миозина зависит количество энергии АТФ, преобразованной в механическую работу, то есть мощность выполняемых физических нагрузок. Активность кальциевого насоса определяет быстроту мышечной релаксации, от которой зависят скоростные качества мышцы.

Перечисленные структурные и функциональные факторы действуют неодинаково в мышечных волокнах разных типов.

Выделяют три типа волокон в мышцах

1. Тонические (красные, медленные, S-волокна) содержат относительно большое количество митохондрий, много миоглобина, но мало миофибрилл. Они сокращаются медленно, развивают небольшую мощность, но длительное время.

2. Фазические (белые, быстрые, F-волокна) имеют много миофибрилл, хорошо развитую саркоплазматическую сеть, к ним подходит много нервных окончаний. Митохондрий в них значительно меньше. Это волокна, рассчитанные на высокую скорость и силу сокращения, но при этом они не могут сокращаться долго, так как работают на запасах креатинфосфата и гликогена.

3. Переходные мышечные волокна занимают по своему строению и функционированию промежуточное положение.

Соотношение между различными типами мышечных волокон генетически предрасположено. Хотя все же при усиленных тренировках можно увеличить количество миофибрилл в быстрых волокнах, увеличив тем самым их работоспособность и вызвав гипертрофию мышцы, но все же этот сдвиг не может из стайера сделать спринтера.

3. Лактатная работоспособность

Лактатная работоспособность реализуется, как правило, при выполнении физических нагрузок в зоне субмаксимальной мощности продолжительностью до 5 минут. Такие нагрузки в основном обеспечиваются лактатным ресинтезом АТФ. Эти нагрузки так и называют лактатные. Их абсолютная мощность зависит от дорабочей концентрации мышечного гликогена и активности ферментов, участвующих в гликолизе.

Возможности лактатного компонента работоспособности обусловлены практически теми же структурными и функциональными факторами, описанными выше в отношении алактатной работоспособности. Однако их влияние менее выражено, так как за счет лактатного компонента выполняется работа с меньшей силой и скоростью по сравнению с лактатными нагрузками.

В отличие от алактатного компонента, очень важным фактором, влияющим на лактатную работоспособность, являются компенсаторные возможности организма, обеспечивающие устойчивость к возрастанию кислотности.

При бурном течении гликолиза происходит образование и накопление в мышечных волокнах больших количеств лактата. Происходит сдвиг рН в кислую сторону. При этом происходят конфирмационные изменения мышечных белков-ферментов, что приводит к снижению их активности. Отрицательно меняется и сократительная способность мышечных клеток.

Нейтрализация молочной кислоты осуществляется буферными системами за счет щелочных компонентов. Однако буферная емкость организма и особенно крови под влиянием тренировок практически не меняется. В настоящее время считается, что развитие резистентности к повышению кислотности у высокотренированных спортсменов связано не с увеличением щелочного резерва организма, а с выработкой новых, более устойчивых к изменению рН изоферментов и с формированием комплекса приспособительных механизмов, дающих организму возможность работать в условиях значительного закисления.

Еще один функциональный фактор, влияющий на лактатную работоспособность - это наличие в мышцах фермента лактатдегидрогеназы. Этот фермент предпочтительно катализирует превращение пировиноградной кислоты в молочную и наоборот. Лактатдегидрогеназа является причиной высокой работоспособности скелетных мышц с большим содержанием быстрых волокон.

4. Аэробная работоспособность

Внутримышечными структурными факторами, лежащими в основе аэробной работоспособности, являются количество митохондрий в мышечных клетках и содержание в них миоглобина. Аэробные нагрузки, прежде всего, связаны с аэробным способом ресинтеза АТФ, которое протекает в митохондриях. Миоглобин же хранитель и переносчик кислорода в мышечных клетках, то есть от его концентрации завит снабжение этим газом митохондрий. Связь между концентрацией миоглобина и аэробной способностью мышечной ткани уже стала аксиомой.

Но аэробная способность мышцы к работе в большей мере обусловлено внемышечными факторами: функциональным состоянием вегетативных и регуляторных систем организма, запасами внемышечных источников энергии.

В обеспечении аэробных нагрузок активное участие принимает нервная система, формирующая и направляющая мышцы, система кровоснабжения, доставляющая в мышцы, пожалуй, главный лимитирующий фактор - кислород. Последнее означает, что количество эритроцитов в крови во многом определяет способность организма к аэробной работе.

Большой вклад в обеспечение аэробных возможностей организма вносит и печень. Печень обеспечивает мышцы внемышечными источниками энергии.

Важную роль в процессах аэробного обмена играют гормоны. Наибольший вклад в эти процессы вносят гормоны надпочечников. Процессы аэробного и анаэробного ресинтеза АТФ взаимосвязаны, так как анаэробные процессы многократно повторяются во время мышечной работы, а для пополнения запасов креатинфосфата и удаления лактата из мышц необходимы процессы аэробного дыхания. И в значительной мере эти процессы связаны с работой печени.

Еще раз необходимо подчеркнуть, что все виды работоспособности зависят также от технической, тактической и психологической подготовки. Хорошая технико-тактическая подготовка позволяет спортсмену экономно и рационально использовать энергетические резервы и тем самым дольше сохранять работоспособность. За счет высокой мотивации, большой силы воли спортсмен может продолжить выполнение работы даже в условиях наступления в организме значительных биохимических и функциональных изменений.

5. Специфичной спортивной работоспособности

Спортивная работоспособность характеризуется специфичностью, проявляющейся в значительной мере при выполнении нагрузок характерных для данного вида спорта, которым занимается конкретный спортсмен.

Специфичность работоспособности в значительной мере обусловлена тем, что ряд факторов, лимитирующих качества двигательной деятельности являются сугубо специфическими для каждой спортивной дисциплины. Специфичность работоспособности ещё связана с тем, что при выполнении упражнений, используемых в данном виде спорта, совершенствуется техника движений, повышается их эффективность.

Более высокая специфичность характерна для аэробных компонентов работоспособности, связанных преимущественно с внутримышечными факторами возможностей (количеством миофибрилл, концентрацией мышечного креатинфосфата и гликогена, активность внутримышечных ферментов). Развитие этих факторов в отдельных мышцах у спортсменов разных специализаций неодинаково, так как при выполнении упражнений, свойственных конкретному виду спорта, в основном функционируют только определенные группы мышц. Поэтому за счет тренировок именно у этих мышечных групп повышается работоспособность.

Аэробная работоспособность менее специфична. Эта работоспособность аэробного компонента обусловлена тем, что наряду с внутримышечными факторами (количество митохондрий, внутримышечные запасы источников энергии, активность внутримышечных ферментов энергетического обмена) важнейшее значение для проявления аэробной работоспособности имеют внемышечные факторы. Эти факторы требуют хорошего функционирования сердечнососудистой и дыхательной систем, печени, высокой емкости крови, а также запасы легкодоступных для использования энергетических субстратов. Поэтому спортсмен, имеющий высокий уровень работоспособности, может проявить аэробную работоспособность не только в том виде деятельности, где он прошел специализированную подготовку, но и в других видах мышечной работы. Например, квалифицированный лыжник может показать неплохие результаты при беге на длинные дистанции.

6. Возрастные особенности работоспособности

Хорошо известно, что физическая работоспособность зависит от возраста. По мере роста и увеличения массы тела работоспособность возрастает, но развитие отдельных компонентов работоспособности происходит неодинаково.

Анаэробные способы образования АТФ у детей развиты недостаточно, содержание креатинфосфата в их мышцах значительно ниже, чем у взрослого, что существенно ограничивает алактатную работоспособность ребенка. С возрастом, с увеличением мышечной массы возможности этого пути ресинтеза АТФ увеличиваются. Особенно быстро развиваются возможности креатинфосфатного пути ресинтеза АТФ в 15-17 лет и достигают наибольшего развития к 19-20 годам. Сохраняется высокая алактатная работоспособность до 30-летнего возраста, после чего наблюдается снижение.

Лактатная работоспособность у детей и подростков тоже находится на более низком, чем у взрослого человека уровне. Это обусловлено меньшими запасами гликогена в мышцах и высокой чувствительностью детского организма к повышению кислотности вследствие накопления лактата.

Величина кислородного долга и концентрации молочной кислоты в крови у детей и подростков после выполнения максимальных нагрузок на уровне индивидуального рекорда намного меньше, чем у людей в зрелом возрасте. Так, у 9-летненего ребенка мощность работы, при которой наблюдается наибольшее развитие гликолиза, на 60% меньше, чем у зрелого человека, а максимальное накопление молочной кислоты в крови в 2 раза меньше.

Начиная с 15-16 лет возможности лактатного пути ресинтеза АТФ увеличиваются пропорционально нарастанию веса тела, и наибольшая лактатная работоспособность отмечается в 20-22 года.

Аэробная работоспособность у детей невысокая, хотя в детском организме тканевое дыхание протекает в покое с более высокой скоростью, чем у взрослых. Это обусловлено тем, что рост и развитие детского организма требуют значительных энергозатрат. Поэтому в растущем организме процесс аэробного окисления протекает более интенсивно, чем у взрослого человека. Причем, чем возраст меньше, тем выше скорость тканевого дыхания в состоянии покоя. Об этом свидетельствует поглощение кислорода, рассчитанное на 1 кв. м поверхности тела. У трехлетнего ребенка поглощение кислорода на 1 кв. м поверхности тела больше, чем у взрослого человека - на 95%, у шестилетнего - на 66%, а у девятилетнего - на 36%.

Однако резервы аэробного энергообразования у детей и подростков не велики. Это связано с тем, что системы организма, отвечающие за энергообеспечение (дыхательная, сердечнососудистая, эндокринная и др.), функционируют почти на уровне своих физиологических возможностей.

С 9-10- летнего возраста наблюдается интенсивное развитие аэробного пути ресинтеза АТФ, его возможности увеличиваются пропорционально массе тела. Наибольшее развитие аэробной работоспособности отмечается только к 20-25 годам - в период физиологической зрелости организма. За счет регулярных тренировок высокий уровень аэробной работоспособности можно сохранить до 40-45 лет.

7. Биохимия и педагогические методы развития работоспособности

Все виды биохимической работоспособности связаны с определенными двигательными качествами.

Например, алактатная работоспособность связана с быстротой и силой, а аэробная работоспособность - с выносливостью.

Быстрота - это комплекс функциональных свойств организма, непосредственно и преимущественно определяющих время двигательного действия.

Сила - это способность преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему посредством мышечных напряжений.

Сила и быстрота - непосредственно связаны с количеством креатинфосфата в мышце. Чтобы увеличить количество креатинфосфата необходимо выполнять кратковременные (не более 10 сек) упражнения, выполняемые с предельной мощностью (бег на 50-60 м, прыжки, заплыв на 10- 15 м, упражнения на тренажерах, подъем штанги и т д.).

Хороший эффект дают интервальные тренировки, состоящие из серии упражнений максимальной мощности. Упражнения делаются 8-10 сек, а отдых между ними составляет 20-30 сек. Именно при таком режиме часть гликолитического ресинтеза АТФ идет на восстановления креатинфосфата. Многократное применение таких тренировок ведет к повышению в мышцах креатинфосфата и положительно сказывается на развитии скоростно-силовых качеств.

Для развития силы часто используется метод повторных упражнений с напряжением 80-90% максимальной силы. Наиболее эффективным считается отягощение 85%. в этом случае число повторений «до отказа» обычно 7-8. Каждое упражнение на определенные мышцы выполняется сериями по 5-10 повторений. Скорость выполнения упражнений зависит от цели тренировки. Для одновременного развития силы и быстроты упражнения проводятся в взрывчато-плавном режиме начальная фаза движения выполняется с большой скоростью, а завершается оно как можно более плавно.

Время восстановления после скоростно-силовой тренировки составляет 2-3 дня.

Спортивно-педагогическими критериями лактатного компонента работоспособности являются величины скоростных и силовых нагрузок, выполняемых с субмаксимальной мощностью. (их продолжительность не более 5 минут).

Главными биохимическими критериями такой тренировки является:

1. тренировка должна приводить к резкому снижению содержания гликогена в мышцах.

2. во время тренировки в мышцах и крови должна накапливаться молочная кислота.

Для достижения этой цели могут быть использованы методы повторной и интервальной работы. Это предельные нагрузки продолжительностью несколько минут. Хороший эффект дает постепенное снижение времени отдыха между рабочими интервалами.

Промежутки отдыха между упражнениями короткие, их недостаточно для восстановления запасов гликогена, его запасы сильно снижаются, а это является обязательным условием суперкомпенсации.

Главной целью тренировок направленных на повышение аэробной выносливости является улучшение работы кардиореспираторной системы.

С этой целью применяются различные варианты повторной и интервальной тренировки, а также непрерывная длительная работа равномерной и переменной мощности. Например, для повышения в мышцах миоглобина может быть использована миоглобиновая интервальная тренировка. Спортсменам предлагается очень короткие (не более 5 - 10 сек.) нагрузки средней интенсивности, чередуемые с такими же короткими промежутками отдыха. Выполняемые в таких условиях нагрузки в основном обеспечиваются кислородом, который депонирован в мышечных клетках в форме миоглобина. Короткий отдых между упражнениями достаточен для восполнения запасов кислорода в мышцах.

Использование тренировок на среднегорье и использование неспецифических нагрузок, типа подвижных игр способствует развитию аэробных возможностей организма.

Тема 16. Биохимические способы повышения спортивной работоспособности

1. Общая характеристика фармакологических средств повышения работоспособности

2. Биохимическая характеристика отдельных классов фармакологических средств

3. Допинги

4. Основы биохимии питания. Рациональное питание

5. Биохимический контроль в спорте

1. Общая характеристика фармакологических средств повышения работоспособности

В последние десятилетия в спортивной практике все большее применение находят различные фармакологические средства, используемые для повышения общей и специальной работоспособности, для ускорения и оптимизации восстановительных процессов.

Использование в спорте высших достижений фармакологических препаратов связано с тем, что нагрузки выполняются, порой, на пределе возможностей организма. Это ведет к возникновению очень глубоких биохимических и функциональных сдвигов и, как следствие к снижению работоспособности.

Негативное влияние на организм спортсмена также оказывают эмоциональные нагрузки и нервно-психическое напряжение, свойственные соревновательной деятельности и нередко приводящие к нервным срывам и потере спортивной формы. В таких условиях не могут полноценно протекать восстановительные процессы, что также проявляется значительным снижением спортивной работоспособности.

Очень высокие физические и эмоциональные перегрузки свойственные спорту высших достижений, также оказывают неблагоприятное влияние на иммунную систему организма, так как иммунная система детей и подростков к ним более чувствительна.

Применяемые в настоящее время лекарственные средства призваны улучшить биоэнергетику мышечной деятельности, предупредить или ограничить негативные сдвиги, возникающие в организме в организме спортсмена во время тренировки или соревнования, облегчить их переносимость, ускорить анаболические процессы, лежащие в основе восстановления, укрепить иммунитет и повысить уровень адаптации организма к физическим и психическим нагрузкам. Однако необходимо четко представлять, что лекарственные средства никогда не могут заменить саму спортивную тренировку. Более того позитивное влияние фармакологических средств на организм спортсмена в значительной степени обусловлено использованием адекватных педагогических методов.

Для фармакологической коррекции работоспособности нельзя использовать лекарственные средства, отнесенные к допингам и которые не внесены в реестр лекарственных средств РФ. Применение лекарств должно быть безвредным и не вызывать никаких побочных эффектов. К фармакологическим средствам коррекции работоспособности обычно относят и биологически активные добавки (БАДы).

Выбор конкретного лекарственного препарата его дозировку, продолжительность курса приема определяет спортивный врач. Тренер же должен иметь полное представление о механизме действия применяемого препарата, о его влиянии на биохимические и физиологические процессы, протекающие в организме. Тренер должен уметь подбирать тип лекарства в зависимости от стадии тренировочного процесса и характера физических нагрузок. Только совместная и согласованная деятельность тренера и спортивного врача может обеспечить эффективное использование фармакологических методов повышения работоспособности.

2. Биохимическая характеристика отдельных классов фармакологических средств

К фармакологическим веществам, применяемым в спорте можно отнести: аминокислоты, витамины, адаптогены, анаболизаторы, энергизаторы, гепатопротекторы, иммуностимуляторы.

Среди аминокислот важнейшее место занимают глицин, метионин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глутамин, лизин.

Глицин входит в состав белков, участвует в синтезе нуклеотидов, из него образуется креатин.

Метионин участвует в строительстве белков, а также в синтезах адреналина, креатина, холина.

Аспарагиновая кислота принимает активное участие в синтезе мочевины, влияет на скорость синтеза белков.

Глутаминовая кислота и глутамин играют важную роль в обезвреживании аммиака.

Лизин участвует в синтезе карнитина, который играет важную роль в сжигании жиров, что повышает аэробную выносливость. Лизин необходим для синтеза коллагена.

О роли витаминов речь шла выше (тема 8). Из витаминных комплексов одним из лучших для спортсменов является компливит, а из зарубежных vitrum, centrum, оолиговит и др.

Адаптогены - это лекарственные средства, имеющие растительное или животное происхождение. Они способствуют развитию неспецифической адаптации организма к нагрузкам. К адаптогенам относятся женьшень и препараты, сделанные на его основе, элеутерококк, китайский лимонник, левзея(маралий корень), аралия, родиола розовая(золотой корень), а также препараты, сделанные на их основе - леветон, элтон, адаптон, фитотон.

Анаболизаторы - это ускорители анаболизма и, прежде всего, синтеза белка.

Эксдистен - природный растительный стероид, способствующий росту мышечной массы, но не вызывающий негативного влияния на организм.

Оротат калия обеспечивает синтез нуклеиновых кислот, а значит синтез белков.

Такую же роль играет рибоксин аминокислоты глицин, метионин, лизин.

Энергизаторы - это АТФ, адениловая кислота, креатин, лимонная и янтарная кислоты, карнитин, липоевая кислота. Все эти вещества улучшают энергетический обмен, так как являются непосредственными участниками катаболизма.

Гепатопротекторы - это различные вещества улучшающие работу печени и способствующие её восстановлению после мышечных нагрузок. В спортивной практике часто применяют следующие вещества этой группы: эссенциале, карсил, легалон, аллохол, кукурузные рыльца, цветки бессмертника песчаного.

Иммуностимуляторы - это вещества улучшающие работу иммунной системы. Сюда относят: иммуноглобулин, интерферон, препараты прополиса, препараты цветочной пыльцы и др. Правда, при пользовании этой группой веществ нельзя забывать об аллергии.

3. Допинги

Допингом принято считать фармакологические препараты, которые оказывают влияние на спортивный результат, нанося при этом вред здоровью спортсмена. Даже если вред не очевиден на данный момент, он может стать очевидным через какое-то время.

В настоящее время в список запрещенных препаратов внесено несколько сотен наименований. При этом не имеет значения, как влияет данный препарат на конкретный результат в конкретном виде спорта.

Все препараты можно разбить на несколько групп.

Препараты, влияющие на нервную систему. В эту группу внесены препараты, как возбуждающие нервную систему, так и тормозящие. Как правило, их применяют перед соревнованиями. Вред от этих препаратов очевиден, так как они могут расшатать нервную систему, вызвать привыкание. К этой группе вполне можно отнести транквилизаторы, наркотики, алкоголь.

Препараты, влияющие на обмен веществ. Сюда относят многие гормональные препараты, которые способствуют росту мышечной массы, прежде всего, печально знаменитые анаболические стероиды. Эти препараты могут вызвать нарушение обмена веществ с непредсказуемыми последствиями. Кроме того, один из побочных эффектов хорошо известен - импотенция, так как большинство этих препаратов либо экзогенные мужские половые гормоны, либо их аналоги, которые подавляют работу половых желез. У женщин эти препараты вызывают маскулинизацию, то есть такое изменение гормонального фона, когда женщина становится больше похожей на мужчину. Маскулинизация часто ведет к бесплодию.

Препараты, влияющие на разные формы выносливости. К этой группе, например, относят препараты, меняющие формулу крови, увеличивающие количество эритроцитов в крови и содержание гемоглобина в ней. Эти препараты довольно трудно обнаружить, так как их применение может быть проведено задолго до соревнований. Поэтому у допинг-контроля вызывает подозрение само увеличение в крови эритроцитов или гемоглобина. Эта позиция вызывает больше всего нареканий у тренеров и спортсменов, так как указанное повышение может быть, во-первых, результатом тренировки в горах, а, во-вторых, у ряда людей от природы эти показатели высокие. Поэтому контроль по этой группе проводится в динамике, то есть пробы берутся в разное время года и суток. Многие спортсмены жаловались, что их будили даже ночью.

К этой группе примыкает и кровяной допинг, когда спортсмену делается дополнительное переливание крови перед стартом. Как правило, кровь берут и замораживают у самого спортсмена, чтобы не вызвать отторжения переливаемой крови.

В этой группе - препараты, которые допингом сами не являются, но могут маскировать его присутствие в организме. Сюда относятся, например, диуретики, то есть препараты, способствующие эвакуации допинга из организма.

Допинг-контроль - это специальная процедура, направленная на выявление допинга. Для этого у спортсмена берется кровь и моча. Проба, взятая у спортсмена делится на две группы - пробу А и пробу В. Если после анализа пробы А допинга не обнаруживается, то процедура на этом завершается. Если в пробе А обнаружено запрещенное вещество, то анализу подвергается проба В, чтобы исключить случайность. Если же и после этого обнаружен запрещенный препарат, то выносится решение о наказании спортсмена.

4. Основы биохимии питания. Рациональное питание

Питание в организме человека выполняет ряд важнейших функций: снабжает организм энергией, строительным материалом, витаминами, минеральными веществами и водой.

Под питанием обычно понимается поступление пищи в организм, расщепление пищевых веществ и последующее их всасывание.

Процесс переваривания в основном сводится к реакциям гидролиза веществ под действием ферментов пищеварительных соков - слюны, желудочного сока, панкреатического сока, кишечного сока. Всасывание осуществляется клетками кишечного эпителия.

На основании многовековых традиций и многочисленных научных исследований сформировались принципы рационального питания. Они выражаются в следующем.

· Энергетическая ценность пищевого рациона должна соответствовать энергетическим затратам организма.

· Пищевой рацион должен быть сбалансирован по важнейшим пищевым компонентам, то есть должен содержать белки, жиры и углеводы в строго определенной пропорции.

· Пищевой рацион должен содержать адекватное количество витаминов и минеральных веществ.

· Пищевой рацион должен содержать балластные вещества.

· Должен соблюдаться режим питания.

Энергетическую ценность рациона называют калорийностью. Калорийность оценивается с помощью прибора - калориметра, который регистрирует тепловую энергию, выделяющуюся при сжигании порций пищи.

Минимальное количество энергии необходимое в покое для поддержания физиологических функций и процессов анаболизма называется основным обменом. У нетренированных людей ведущих малоактивный образ жизни основной обмен составляет от 2500 до 2000 ккал. У спортсменов он может достигать 7000 ккал и выше.

Сбалансированность питания - это правильное соотношение в пищевом рационе. углеводов жиров и белков. Считается, что в суточном рационе животных белков должно быть не менее 50% от содержания белков. Около 60% суточной потребности в энергии должны давать углеводы. Суточный рацион взрослого человека должен содержать до 100 г жиров, что составляет около 35% от его калорийности. Рацион должен содержать небольшие количества витаминов и солей.

Балластные вещества - это пищевые волокна, то есть клетчатка, пектин, лигнин. Эти вещества нужны для улучшения пищеварения.

Правильный режим питания необходим для ритмичного и эффективного усвоения пищи и нормального протекания метаболических процессов.

Общепринятым является трех- четырехразовое с интервалом между приемами пища 3-4 часов.

Для питания спортсменов характерно:

· большой расход энергии;

· быстрое расщепление белков;

· увеличенная потребность в коферментах, а значит в витаминах.;

· повышенная потребность в минеральных веществах;

· повышенная кратность приема пищи;

· применение биологически активных добавок, которые содержат аминокислоты, углеводные добавки, поливитаминные комплексы.

5. Биохимический контроль в спорте

Без биохимического контроля в спорте трудно ждать хороших результатов. Основными задачами биохимического контроля являются:

· Оценка уровня общей и специальной тренированности спортсмена.

· Оценка соответствия применяемых тренировочных нагрузок функциональному состоянию спортсмена, выявление перетренированности.

· Контроль протекания восстановления после тренировки.

· Оценка эффективности новых методов и средств развития скоростно-силовых качеств, повышения выносливости, ускорения восстановления и т д.

· Оценка состояния здоровья спортсмена, обнаружение начальных симптомов заболеваний.

Особенностью проведения биохимических исследований в спорте является их сочетание с физической нагрузкой.

Физические нагрузки, которые используются при тестировании можно разделить на два типа: стандартные и максимальные.

Стандартные нагрузки являются строго дозированными. Их параметры определены заранее. Поэтому группы спортсменов для тестирования подбираются примерно одной квалификации. Упражнения используют, как правило, циклические, например, работу на велотренажере.

Максимальные или предельные нагрузки не имеют заранее заданного объема. Например, можно использовать в работе «до отказа» плавание, велогонка, бег на лыжах, на коньках и т. д. Как уже подчеркивалось выше, эта работа может дать информацию об аэробных и анаэробных возможностях организма, в зависимости от мощности.

Объектами биохимического контроля являются кровь, моча, выдыхаемый воздух, слюна, пот, биоптат мышечной ткани.

При анализе крови исследуют следующие параметры:

· количество форменных элементов;

· концентрацию гемоглобина;

· водородный показатель - рН ;

· щелочной резерв крови;

· концентрацию белков плазмы;

· концентрацию глюкозы;

· концентрацию лактата;

· концентрацию жира и жирных кислот;

· концентрацию кетоновых тел;

· концентрацию мочевины.

При анализе мочи исследуют следующие биохимические показатели:

· объем;

· плотность;

· кислотность (рН);

· сухой остаток;

· лактат;

· мочевину;

· показатели свободнорадикального окисления;

· патологические компоненты: белок, глюкоза, кетоновые тела.

Анализ воздуха делается с помощью прибора газоанализатора. При сравнении вдыхаемого и выдыхаемого воздуха можно определить:

· МПК;

· кислородный приход;

· алактатный долг;

· лактатный долг.

Анализ пота, и слюны проводятся редко, но не потому, что они дают мало информации, а потому, что эти методы находятся в стадии разработки.

Биоптат мышечной ткани - это микробиопсия, когда делается маленький разрез мышцы и на анализ берется кусочек мышцы до 3 куб мм. Это нужно для того, чтобы определить состав мышцы и соотношение в ней быстрых и медленных волокон.