

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра профилактической медицины

О.А. НАУМЕНКО

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ БИОЛОГИИ, АНАТОМИИ И ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2005

УДК 616-084

ББК 51.1(2)2

Н 24

Рецензент

доктор медицинских наук, профессор Ю.А. Брудастов

Науменко, О.А.

Н 24

Общие вопросы биологии, анатомии и физиологии человека: методические указания / О.А. Науменко. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 48 с.

Методические указания включают разделы, посвященные общим вопросам биологии, анатомии и физиологии, в которых подробно изложены методы изучения, основные биологические понятия и уровни организации живых организмов. В работе рассмотрены вопросы строения и функции клеток, тканей, органов и систем органов человеческого организма, процессы обмена веществ и энергии в живом организме.

Методические рекомендации предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 280101 – Безопасность жизнедеятельности в техносфере и 010707 – Медицинская физика.

ББК 51.1 (2)2

© Науменко О.А., 2005

© ГОУ ОГУ, 2005

Содержание

1 Введение в дисциплину «Биология, анатомия и физиология».....	4
1.1 Задачи дисциплины.....	4
1.2 Уровни организации живой материи.....	4
1.3 Основные свойства живых организмов.....	5
1.4 Методы исследований, применяемые в биологии, анатомии и физиологии.....	6
2 Клетки и ткани организма	9
2.1 История создания клеточной теории	9
2.2 Основные положения клеточной теории.....	9
2.3 Клетка — структурная и функциональная единица организма.....	9
3 Ткани.....	21
3.1 Характеристика тканей человеческого организма	21
3.2 Эпителиальная ткань.....	21
3.3 Соединительная ткань.....	22
3.4 Мышечная ткань	23
3.5 Нервная ткань.....	24
4 Обмен веществ и энергии в организме.....	28
4.1 Белковый обмен	28
4.2 Обмен липидов.....	30
4.3 Обмен углеводов.....	31
4.4 Водный и минеральный обмен.....	33
4.5 Витамины.....	35
4.6 Энергетический обмен и методы его определения.....	36
5 Процессы саморегуляции в живом организме.....	44
Список использованных источников.....	47
Приложение А	48

1 Введение в дисциплину «Биология, анатомия и физиология»

Биология — наука о живой природе и закономерностях, ею управляющих. Биология изучает все проявления жизни, строение и функции живых существ, а также их сообществ. Она выясняет происхождение, распространение и развитие живых организмов, связи их друг с другом и с неживой природой. Анатомия и физиология относятся к числу биологических дисциплин. *Анатомия* – это наука, которая изучает форму и строение организма в соответствии с его функциями. В свою очередь из анатомии выделились гистология — учение о тканях и цитология - наука о строении и функции клетки. *Физиология* – наука о закономерностях процессов жизнедеятельности живого организма, его органов, тканей и клеток в соответствии с изменяющимися условиями окружающей среды.

1.1 Задачи дисциплины

Первой задачей является производство и разработка новых продуктов питания для населения.

Вторая задача - разработка методов предупреждения и лечения болезней человека с целью продления продолжительности активной жизни. Решение данной задачи требует глубокого исследования физиологических процессов, как в отдельных клетках, так и в целостном организме.

Третья задача - охрана природы и приумножение ее богатств. Загрязнение окружающей среды антропогенными факторами отрицательно влияет на здоровье человека. Остановить развитие промышленности и производства невозможно, но совершенно необходимо предотвратить угрозу, которую наносят техногенные факторы природе и самому человеку, что также требует глубокого знания законов общей биологии.

1.2 Уровни организации живой материи

Молекулярный. Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, состоит из биологических макромолекул: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ. С этого уровня начинаются разнообразные процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и др.

Клеточный. Клетка — структурная и функциональная единица развития всех живых организмов, обитающих на Земле. На клеточном уровне сопрягаются передача информации, превращение веществ и энергии.

Тканевой. Клетка входит в состав тканей, из которых состоят органы. Ткань – это система клеток и внеклеточных структур, объединенных единством происхождения, строения и функции. В организме человека выделяют 4 вида

тканей: эпителиальную, соединительную, мышечную, нервную.

Органный. Различные ткани, соединенные между собой, образуют органы. Орган – это часть тела, которая имеет определенную форму, строение, и выполняет в организме специфическую функцию.

Системы органов. Данный уровень образуют системы органов, которые схожи по строению, происхождению и выполняют единую функцию.

Организменный. Элементарной единицей организменного уровня служит человеческий организм в его развитии — от момента зарождения до прекращения существования — как живая биологическая система.

Популяционно-видовой. Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, в которой создается популяция — надорганизменная система. В этой системе осуществляются элементарные эволюционные преобразования — процесс микроэволюции.

Биогеоценотический. Биогеоценоз — совокупность организмов разных видов и различной сложности организации с факторами среды их обитания. В процессе совместного исторического развития организмов разных систематических групп образуются динамичные, устойчивые сообщества.

Биосферный. Биосфера — совокупность всех биогеоценозов, система, охватывающая все явления жизни на нашей планете. На этом уровне происходит круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов.

1.3 Основные свойства живых организмов

Единство химического состава. В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в объекты неживой природы. Однако соотношение элементов в живом и неживом неодинаково. В живых организмах 98 % химического состава приходится на четыре элемента: углерод, кислород, азот и водород.

Обмен веществ и энергии. Важный признак живых систем — использование внешних источников энергии в виде пищи, света и др. Через живые системы проходят потоки веществ и энергии, вот почему они называются открытыми. Основу обмена веществ составляют взаимосвязанные и сбалансированные процессы ассимиляции, т.е. процессы синтеза веществ в организме, и диссимиляции, в результате которых сложные вещества и соединения распадаются на простые и выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Обмен веществ обеспечивает относительное постоянство химического состава всех частей организма.

Самовоспроизведение. Существование каждой отдельно взятой биологической системы ограничено во времени; поддержание жизни связано с самовоспроизведением.

Любой вид состоит из особей, каждая из которых рано или поздно погибает, но благодаря самовоспроизведению жизнь вида не прекращается. В основе самовоспроизведения лежит образование новых молекул и структур, которое обусловлено информацией, заложенной в нуклеиновой кислоте ДНК.

Самовоспроизведение тесно связано с явлением наследственности: любое живое существо рождает себе подобных. **Наследственность** заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Она обусловлена относительной стабильностью, т.е. постоянством строения молекул ДНК.

Изменчивость — свойство, как бы противоположное наследственности. Оно связано с приобретением организмами новых признаков и свойств. В основе наследственной изменчивости лежат изменения биологических матриц — молекул ДНК. Изменчивость создает разнообразный материал для отбора наиболее приспособленных к конкретным условиям существования, что, в свою очередь, приводит к появлению новых форм жизни, новых видов живых организмов.

Способность к росту и развитию — свойство, присущее любому живому организму. Рости — значит увеличиваться в размерах и массе. Рост сопровождается развитием. В результате развития возникает новое качественное состояние объекта. Развитие живой формы материи представлено индивидуальным и историческим развитием. На протяжении индивидуального развития постепенно и последовательно проявляются все свойства организмов. Историческое развитие сопровождается образованием новых видов и прогрессивным усложнением жизни. В результате исторического развития возникло все многообразие живых организмов на Земле.

Раздражимость — неотъемлемая черта, присущая всему живому; она является выражением одного из общих свойств всех тел природы — свойства отражения, связанного с передачей информации из внешней среды любой биологической системе (организму, органу, клетке). Это свойство выражается реакциями живых организмов на внешнее воздействие — благодаря свойству раздражимости организмы избирательно реагируют на условия окружающей среды.

Дискретность — всеобщее свойство материи. Любая биологическая система (например, организм, вид, биогеоценоз) состоит из отдельных, но тем не менее взаимодействующих частей, образующих структурно-функциональное единство.

1.4 Методы исследований, применяемые в биологии, анатомии и физиологии

Для изучения строения тела человека и его функций пользуются различными методами исследований. Для изучения анатомии человека выделяют две группы методов. **Первая группа** применяется для изучения строения организма человека на трупном материале, а **вторая** — на живом человеке. **В первую группу входят:**

1) метод препарирования с помощью простых инструментов (скальпель, пинцет, пила и др.) — позволяет изучать, строение и топографию органов;

2) метод вымачивания трупов в воде или в специальной жидкости продолжительное время для выделения скелета или отдельных костей. Метод

разработан Н. И. Пироговым, позволяет изучать взаимоотношения органов в отдельно взятой части тела;

3) метод коррозии — применяется для изучения кровеносных сосудов и других трубчатых образований во внутренних органах путем заполнения их полостей затвердевающими веществами (жидкий металл, пластмассы), а затем разрушением тканей органов при помощи сильных кислот и щелочей, после чего остается слепок от налитых образований;

4) инъекционный метод — заключается во введении в органы, имеющие полости, красящих веществ с последующим осветлением паренхимы органов глицерином, метиловым спиртом и др. Широко применяется для исследования кровеносной и лимфатической систем, бронхов, легких и др.;

5) микроскопический метод — используют для изучения структуры органов и тканей при помощи приборов, дающих увеличенное изображение.

Ко второй группе относятся:

1) рентгенологический метод и его модификации (рентгеноскопия, рентгенография, компьютерная томография, ангиография, лимфография, рентгенокимография и др.) — позволяет изучать структуру органов, их топографию на живом человеке в разные периоды его жизни;

2) соматоскопический (визуальный осмотр) метод изучения тела человека и его частей используют для определения формы грудной клетки, степени развития отдельных групп мышц, искривления позвоночника, конституции тела и др.;

3) антропометрический метод — изучает тело человека и его части путем измерения, определения пропорции тела, соотношение мышечной, костной и жировой тканей, степень подвижности суставов и др.;

4) эндоскопический метод — дает возможность исследовать на живом человеке с помощью световолокнистой техники внутреннюю поверхность пищеварительной и дыхательной систем, полости сердца и сосудов, мочеполовой аппарат.

В современной анатомии используются новые методы исследования, такие как компьютерная томография, ультразвуковая эхолокация, стереофотограмметрия, ядерно-магнитный резонанс и др.

Для исследования физиологических процессов обычно использовали **экспериментальные методы:**

1) метод экстирпации (удаления) органа или его части с последующим наблюдением и регистрацией полученных показателей;

2) фистульный метод основан на введении в полый орган (желудок, желчный пузырь, кишечник) металлической или пластмассовой трубки и закреплении ее на коже. При помощи этого метода определяют секреторную функцию органов;

3) метод катетеризации применяется для изучения и регистрации процессов, которые происходят в протоках экзокринных желез, в кровеносных сосудах, сердце. При помощи тонких синтетических трубок — катетеров — вводят различные лекарственные средства;

4) метод денервации основан на прерывании нервных волокон,

иннервирующих орган, с целью установить зависимость функции органа от воздействия нервной системы. Для возбуждения деятельности органа используют электрический или химический вид раздражения.

В последние десятилетия широкое применение в физиологических исследованиях нашли **инструментальные методы** (электрокардиография, электроэнцефалография, регистрация активности нервной системы путем вживления макро- и микроэлементов и др.).

В зависимости от формы проведения физиологический эксперимент делится на острый, хронический и в условиях изолированного органа.

Острый эксперимент предназначен для проведения искусственной изоляции органов и тканей, стимуляции различных нервов, регистрации электрических потенциалов, введения лекарств и др.

Хронический эксперимент применяется в виде целенаправленных хирургических операций (наложение фистул, нервно-сосудистых анастомозов, пересадка различных органов, вживление электродов и др.).

Функцию органа можно изучать не только в целом организме, но и изолировано от него. В таком случае органу обеспечивают все необходимые условия для его жизнедеятельности, в том числе подачу питательных растворов в сосуды изолированного органа (метод перфузии).

Применение компьютерной техники в проведении физиологического эксперимента значительно изменило его технику, способы регистрации процессов и обработку полученных результатов.

1.5 Вопросы к практическому занятию

- 1) Дайте определение биологии, анатомии и физиологии.
- 2) Перечислите задачи дисциплины.
- 3) Дайте характеристику основным уровням организации живой материи.
- 4) Перечислите основные свойства живых организмов.
- 5) Дайте характеристику методам исследований, применяемым в биологии, анатомии и физиологии.

2 Клетки и ткани организма

2.1 История создания клеточной теории

Несмотря на чрезвычайно важные научные открытия XVII— XVIII вв., вопрос о том, входят ли клетки в состав всех частей растений, а также построены ли из них не только растительные, но и животные организмы, оставался открытым. Лишь в 1838-1839 гг. этот вопрос окончательно решили немецкие ученые ботаник Маттиас Шлейден и физиолог Теодор Шванн. Они разработали клеточную теорию. Сущность ее заключалась в окончательном признании того факта, что все организмы, как растительные, так и животные, начиная с низших и кончая самыми высокоорганизованными, состоят из простейших элементов — клеток.

М. Шлейден и Т. Шванн ошибочно считали, что клетки в организме возникают путем новообразования из первичного неклеточного вещества. Это представление было опровергнуто выдающимся немецким ученым Рудольфом Вирховом. Он сформулировал (в 1859 г.) одно из важнейших положений клеточной теории: «Всякая клетка происходит из другой клетки... Там, где возникает клетка, ей должна предшествовать клетка, подобно тому, как животное происходит только от животного, растение — только от растения».

2.2 Основные положения клеточной теории

Основные положения клеточной теории следующие:

1) все организмы состоят из одинаковых частей — клеток; они образуются и развиваются по одним и тем же законам;

2) общий принцип развития для всех частей организма — это образование новых клеток;

3) каждая клетка в определенных границах есть самостоятельное целое. Но клетки действуют совместно, так, что возникает гармоничное целое - ткань. Все ткани состоят из клеток.

4) процессы, происходящие в клетках, сводятся к следующим:

- возникновению новых клеток;

- увеличению размеров клеток;

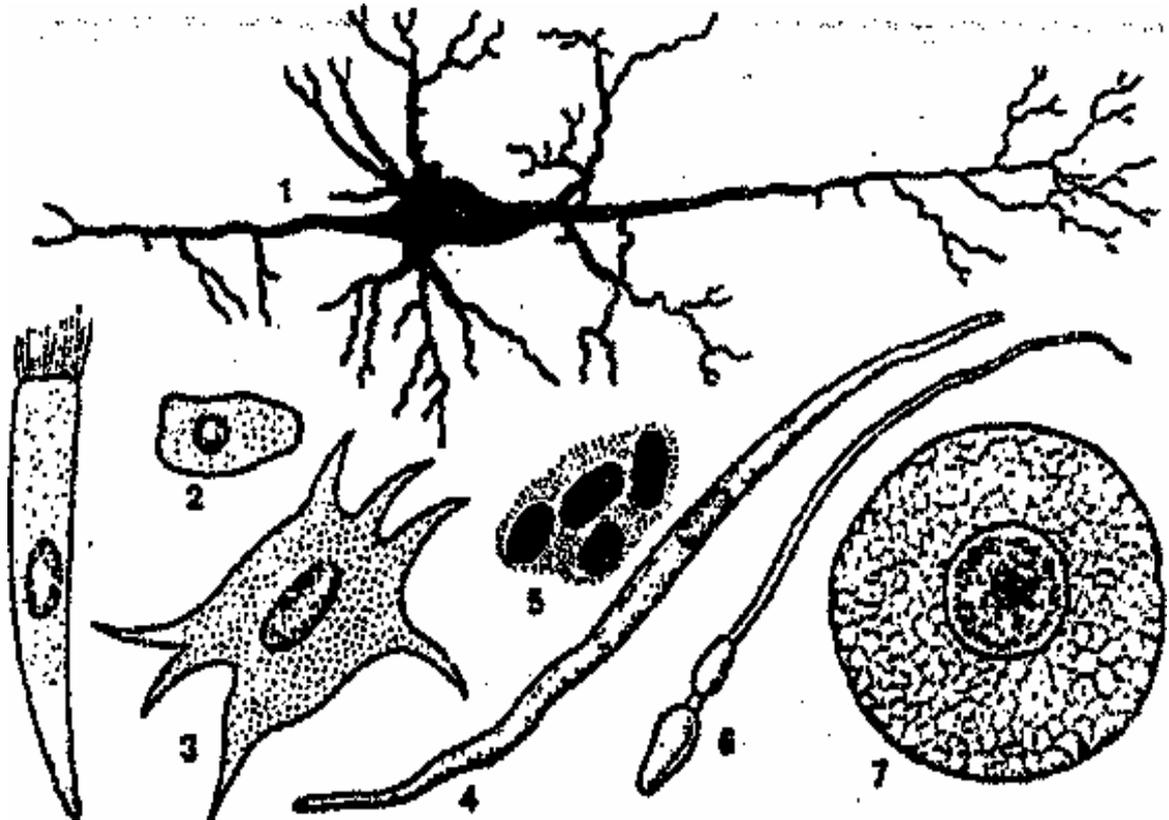
- изменению клеточного содержимого;

5) благодаря созданию клеточной теории стало понятно, что клетка — это важнейшая составляющая часть всех живых организмов. Из клеток состоят ткани и органы. Развитие организма всегда начинается с одной клетки.

2.3 Клетка — структурная и функциональная единица организма

Клетка — элементарная структурно-функциональная единица живого организма. Элементарной единицей она может быть названа потому, что ей присущи все без исключения признаки живого. Клетка способна к делению, обмену веществ с окружающей средой, она осуществляет передачу

генетической информации, путем самовоспроизводства, реагирует на внешние раздражители и способна двигаться. Она является низшей ступенью организации, обладающей всеми этими свойствами. Клетки очень разнообразны по строению, функции, форме, размерам (рисунок 1). Последние колеблются от 5 до 200 мкм. Самыми крупными в организме человека являются яйцеклетка и нервная клетка, а самыми маленькими — лимфоциты крови. По форме клетки бывают шаровидные, веретеновидные, плоские, кубические, призматические и др. Некоторые клетки вместе с отростками достигают длины до 1,5 м и более (например, нейроны).



1—нервная; 2—эпителиальная; 3 — соединительнотканная; 4- гладкая мышечная; 5 —эритроцит; 6—сперматозоид; 7—яйцеклетка.

Рисунок 1- Формы клеток

Каждая клетка имеет сложное строение и представляет собой систему биополимеров, содержит ядро, цитоплазму и органеллы (рисунок 2).

От внешней среды клетка ограничивается клеточной оболочкой — плазмалеммой (толщина от 9 до 10 нм), которая осуществляет транспорт необходимых веществ в клетку, и наоборот, взаимодействует с соседними клетками и межклеточным веществом. Внутри клетки находится ядро, в котором происходит синтез белка, оно хранит генетическую информацию в виде ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). Ядро может иметь округлую или овоидную форму, но в плоских клетках оно несколько сплющенное, а в лейкоцитах палочковидное или бобовидное. В эритроцитах и тромбоцитах оно

отсутствует. Сверху ядро покрыто ядерной оболочкой, которая представлена внешней и внутренней мембраной. В ядре находится нуклеоилазма, которая представляет собой гелеобразное вещество и содержит хроматин и ядрышко.

Ядро окружает цитоплазма, в которой расположена гиалоплазма, органеллы и включения.

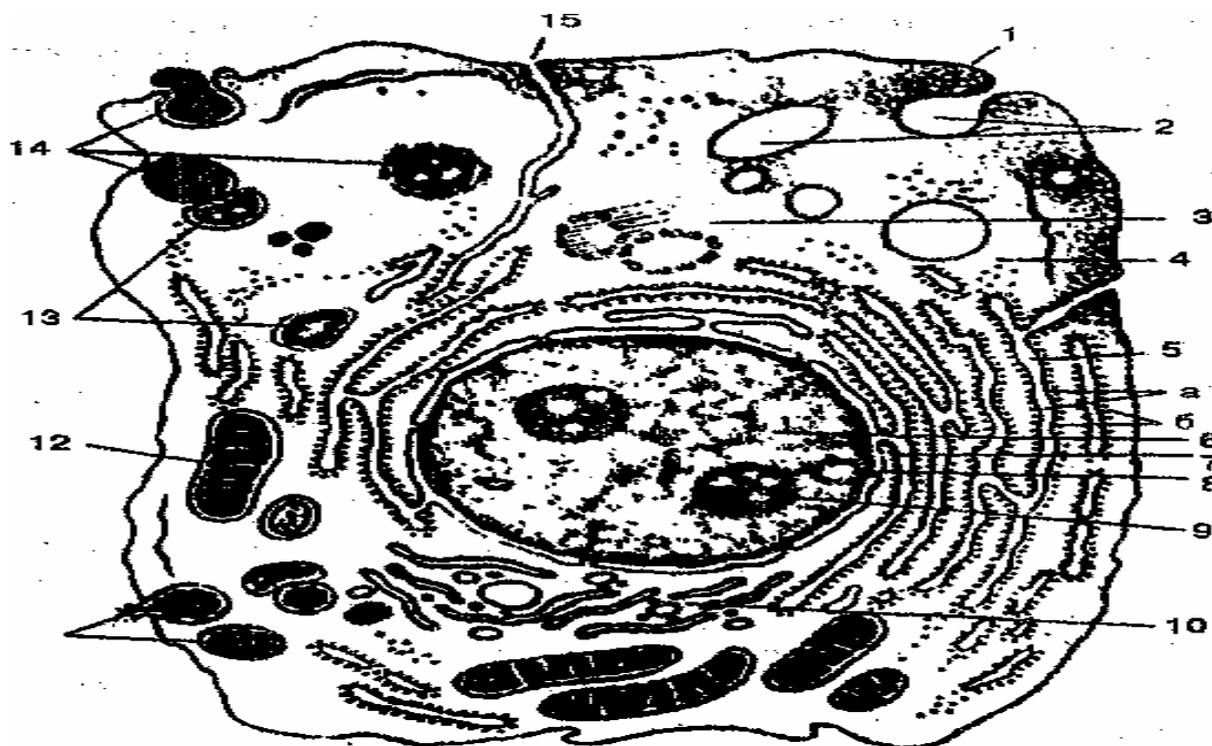


Рисунок 2 - Схема ультрамикроскопического строения клетки (по М. Р. Сапину, Г. Л. Билич, 1989) 1 — цитолемма (плазматическая мембрана); 2 — пиноцитозные пузырьки; 3 — центросома (клеточный центр, цитоцентр); 4 - гиалоплазма; 5 - эндоплазматическая сеть (а - мембраны эндоплазматической сети), б — рибосомы); 6— ядро; 7— связь перинуклеарного пространства с полостями эндоплазматической сети; 8— ядерные поры; 9— ядрышко; 10— внутриклеточный сетчатый аппарат (комплекс Гольджи); 11 — секреторные вакуоли; 12— митохондрии; 13— лизосомы; 14— три последовательные стадии фагоцитоза; 15 — связь клеточной оболочки (цитолеммы) с мембранами эндоплазматической сети.

Клетка как часть многоклеточного организма выполняет **основные функции**: усвоение поступающих веществ и расщепление их с образованием энергии, необходимой для поддержания жизнедеятельности организма. Клетки обладают также раздражимостью (двигательные реакции) и способны размножаться делением.

Клетка, по существу, представляет собой самовоспроизводящуюся химическую систему. Для того, чтобы поддерживать в себе необходимую концентрацию химических веществ, эта система должна быть физически отделена от своего окружения, и вместе с тем она должна обладать способностью к обмену с этим окружением, т.е. способностью поглощать те вещества, которые требуются ей в качестве «сырья», и выводить наружу

накапливающиеся «отходы». Роль барьера между данной химической системой и ее окружением играет плазматическая мембрана. Она помогает регулировать обмен между внутренней и внешней средой и, таким образом, служит границей клетки.

Функции в клетке распределены между различными органеллами, такими, как клеточное ядро, митохондрии и т.д. У многоклеточных организмов разные клетки (например, нервные, мышечные, клетки крови у животных или клетки стебля, листьев, корня у растений) выполняют разные функции и поэтому различаются по структуре. Несмотря на многообразие форм, клетки разных типов обладают поразительным сходством главных структурных особенностей.

В качестве единого целого клетка реагирует и на воздействие внешней среды. При этом одна из ее особенностей как целостной системы это обратимость некоторых происходящих в ней процессов. Например, после того как клетка отреагировала на внешние воздействия, она возвращается к исходному состоянию. В ней сосредоточена наследственная информация, обеспечивающая сохранность вида и разнообразие его особей.

2.3.1 Плазматическая мембрана

Каждая клетка отграничена от окружающей среды или других клеток плазматической мембраной, или плазмалеммой. Наружная плазматическая мембрана осуществляет ряд функций, необходимых для жизнедеятельности клетки: сохраняет ее форму, защищает цитоплазму от физических и химических повреждений, делает возможным контакт и взаимодействие клеток в тканях и органах, избирательно обеспечивает транспорт в клетку пищевых веществ и выведение конечных продуктов обмена. Столь сложным функциям соответствует и строение плазматической мембраны (рисунок 3).

Плазматическая мембрана состоит из липидов и белков. Липиды в мембране образуют двойной слой, а белки пронизывают всю ее толщу или располагаются на внешней или внутренней поверхности мембраны. К некоторым белкам, находящимся на наружной поверхности, прикреплены углеводы. Белки и углеводы на поверхности мембран у разных клеток неодинаковы и являются своеобразными указателями типа клеток. С помощью этих указателей, например, сперматозоиды узнают яйцеклетку. Благодаря этому клетки, принадлежащие к одному типу, удерживаются вместе, образуя ткани. Кроме того, белковые молекулы обеспечивают избирательный транспорт сахаров, аминокислот, нуклеотидов и других веществ в клетку или из клетки.

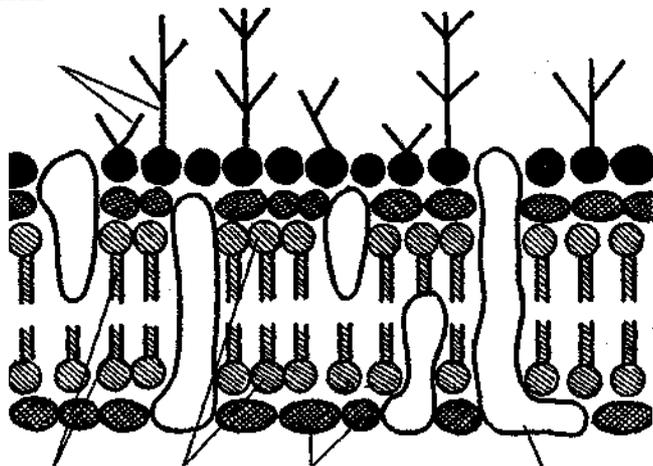
Строение мембран всех других органоидов сходно с плазматической мембраной.

В клеточной мембране существуют поры, через которые в клетку пассивно поступают вода и некоторые ионы. Через поры из одной клетки в другую тянутся тончайшие нити цитоплазмы — плазмодесмы. Благодаря плазмодесмам протопласты всех клеток организма объединяются в единое целое. Кроме того, они служат для выведения наружу продуктов

жизнедеятельности клеток и для проникновения растворенных веществ из внешней среды внутрь. На этом основано применение внекорневой подкормки культурных растений. Кроме того, существует активный перенос веществ в клетку с помощью специальных молекул, входящих в состав плазматической мембраны.

Межклеточное пространство

Белки



Два слоя липидов Белки- ферменты Клеточные поры
Цитоплазма

Рисунок 3 - Схема строения плазматической мембраны

2.3.2 Строение и функция ядра

В клетке животных, высших растений и грибов находится, как правило, одно ядро. Ядро имеет шаровидную или округлую форму. Оно окружено мембраной, которая состоит из двух слоев: наружного и внутреннего. Каждый из них подобен плазматической мембране, но отличается многочисленными порами, которые насквозь пронизывают мембранные слои. Через них осуществляется активный обмен веществами между ядром и цитоплазмой. Размеры пор позволяют проникать из ядра в цитоплазму даже крупным молекулам и частицам.

В ядрах всегда присутствует одно или несколько ядрышек. Ядрышко формируется определенными участками хромосом; в нем образуются рибосомы. Ядро благодаря наличию в нем хромосом, содержащих наследственную информацию, выполняет функции центра, управляющего всей жизнедеятельностью и развитием клетки.

Ядерный сок, или кариоплазма, в виде бесструктурной массы окружает хромосомы и ядрышки. В ядерном соке, содержатся белки и различные РНК.

В ядре хранится наследственная информация не только о всех признаках и свойствах данной клетки, о процессах, которые должны протекать в ней (например, синтез белка), но и о признаках организма в целом. Информация записана в молекулах ДНК, которые являются важной составной частью

хромосом.

2.3.3 Строение хромосом

Хромосомы имеют сложное строение. Хроматин служит материалом, из которого состоит главный структурный компонент ядра — хромосомы. В начальных и средних фазах клеточного деления они состоят из двух тесно прилегающих друг к другу нитевидных или палочкообразных телец, называемых хроматидами. Последние скручены в виде спирали. В зависимости от степени спирализации хромосомы могут становиться длиннее или короче. Хроматиды, в свою очередь, состоят из пары или нескольких пар нитей — хромонем. Каждая хромонема состоит из пучка микрофибрилл, расположенных в хромосомах попарно. В последних заключены парные цепи молекул ДНК, образующих в соединении с белком дезоксирибонуклеопротеиды.

Хромосомы дифференцированы и по длине. Они состоят из центромеры и одного или двух плечей. Центромера называется также первичной перетяжкой, или кинетохорой. От ее положения зависит и форма хромосомы. Если центромера расположена посередине, то хромосома имеет вид шпильки с плечами равной длины (метацентрические хромосомы). Если центромера расположена ближе к одному из концов, хромосома принимает форму неравноплечей шпильки (субметацентрические хромосомы). Если же центромера находится близко к концу, то хромосома имеет вид палочки (acroцентрические хромосомы). Плечи хромосомы по их длине подразделены на хромомеры — несколько утолщенные и интенсивно красящиеся участки, отделенные друг от друга тонкими светлыми зонами.

Каждому виду животных и растений свойственно определенное число хромосом. У человека 46 хромосом, которые образуют 23 пары.

Хромосомы, имеющие одинаковое строение, называют гомологичными. Негомологичные хромосомы имеют различное строение. Каждая из них имеет свои индивидуальные структурные особенности.

Все соматические (неполовые) клетки имеют двойной набор хромосом — диплоидный. В половых клетках — гаплоидный, или половинный, набор хромосом.

2.3.4 Клеточные структуры и их функции

Цитоплазма — обязательная часть клетки, заключенная между плазматической мембраной и ядром. Цитоплазма включает различные органоиды. Пространство между ними заполнено водным раствором различных солей и органических веществ, среди которых преобладают белки. В состав цитоплазмы входят следующие органоиды (рабочие части клетки): эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, аппарат Гольджи, лизосомы, органоиды движения и др. Большинство химических и физиологических процессов клетки проходит в цитоплазме. Вновь синтезированные белки и другие вещества перемещаются внутри клетки или выводятся из нее.

Клеточный центр обычно находится около ядра или комплекса Гольджи, состоит из двух плотных образований — центриолей, которые входят в состав веретена делящей клетки, и обеспечивает расхождение хромосом при делении.

Митохондрии имеют форму зерен, нитей, палочек, формируются из двух мембран — внутренней и внешней. Длина митохондрии колеблется от 1 до 15 мкм, диаметр — от 0,2 до 1,0 мкм. Внутренняя мембрана образует складки (кристы), в которых располагаются ферменты. В митохондриях происходят расщепление глюкозы, аминокислот, окисление жирных кислот, образование АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) — основного энергетического материала.

Комплекс Гольджи (внутриклеточный сетчатый аппарат) имеет вид пузырьков, пластинок и трубочек, расположенных вокруг ядра. Его функция состоит в транспорте продуктов жизнедеятельности клетки, их химической обработке и выведении за пределы клетки.

Эндоплазматическая (цитоплазматическая) сеть формируется из агранулярной (гладкой) и гранулярной (зернистой) сети. Агранулярная эндоплазматическая сеть образуется преимущественно мелкими цистернами и трубочками диаметром 50—100 нм, которые участвуют в обмене липидов и полисахаридов. Гранулярная эндоплазматическая сеть состоит из пластинок, трубочек, цистерн, к стенкам которых прилегают мелкие образования — рибосомы, синтезирующие белки.

2.3.5 Опорно-двигательная система клетки

Клетки способны не только передвигаться с места на место, но и изменять свою форму и взаимоположение органелл. Этими свойствами клетки обязаны развитой сети белковых нитей — **филаментов**, образующих в их цитоплазме опорно-двигательную систему, называемую цитоскелетом.

Цитоскелет заполняет все пространство между ядерной оболочкой и плазмалеммой, он определяет форму клетки и участвует в тех ее функциях, которые связаны с движением, в делении и перемещении самой клетки, во внутриклеточном транспорте органелл и отдельных соединений.

Большинство животных и человек движутся благодаря мышечным сокращениям. Основными сократительными элементами мышечного волокна являются **миофибриллы**. Основу их химической организации составляют специфические белки — актин и миозин. Миозин способен отщеплять остаток фосфорной кислоты от АТФ. Освобождаемая при этом энергия используется для осуществления сократительного процесса.

При фагоцитозе и пиноцитозе происходит впячивание плазматической мембраны внутрь клетки, передвигаются лизосомы, пузырьки комплекса Гольджи, митохондрии, наконец, движется сама цитоплазма.

2.3.6 Клеточные включения

Включениями называют непостоянные структуры цитоплазмы, которые в отличие от органоидов то возникают, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Плотные, в виде гранул включения содержат запасные питательные вещества (крахмал, белки, сахара, жиры) или продукты жизнедеятельности клетки, которые по той или иной причине не могут быть сразу удалены. Вакуоли содержатся почти во всех клетках и представляют собой полости в массе цитоплазмы, заполненные различными ферментами и окруженные полупроницаемой мембраной — тонопластом. Форма и размеры вакуолей чрезвычайно изменчивы и зависят от возраста клетки, ее морфологических и функциональных особенностей.

Первоначально вакуоли возникают в результате накопления в пузырьках Гольджи и канальцах эндоплазматической сети растворимых в воде низкомолекулярных продуктов синтеза. По мере роста вакуоли увеличиваются и занимают центральное положение в клетке.

2.3.7 Межклеточные контакты

Соединения между клетками в составе тканей и органов многоклеточных организмов могут образовываться специальными структурами, которые называют межклеточными контактами. Основные виды соединений, связывающих клетки друг с другом следующие:

1) простой контакт встречается среди большинства прилегающих друг к другу клеток различного происхождения. Плазматические мембраны разделены узкой щелью. Большинство клеток эпителия связаны с помощью простого щелевого контакта;

2) соединение типа «замка» представляет собой впячивание плазматической мембраны одной клетки в другую. На срезе такой тип контакта напоминает плотный шов;

3) наиболее прочными межклеточными контактами являются десмосомы, в которых мембраны соседних клеток соединены пучками поперечных волокон, проникающих глубоко в их цитоплазму;

4) известны примеры межклеточных контактов, структура которых предполагает использование специальных посредников — медиаторов. Наиболее хорошо изучены контакты между различными нервными клетками или между клетками разной природы, например нервными и мышечными. Контакты четвертого типа называют синапсами.

2.3.8 Деление клеток

Деление клеток бывает непрямым (митоз) и редукционным (мейоз). Способность к делению — важнейшее свойство всех клеток. Без деления невозможно представить себе увеличение числа одноклеточных существ, развитие сложного многоклеточного организма из одной оплодотворенной яйцеклетки, возобновление клеток, тканей и даже органов, утраченных в процессе жизнедеятельности организма.

Митоз — самая распространенная форма клеточного деления. Деление осуществляется поэтапно (рисунок 4). На каждом этапе происходят определенные процессы. Они приводят к удвоению генетического материала (синтезу ДНК) и его распределению между дочерними клетками. Период жизни клетки от одного деления до следующего называется клеточным циклом.

Подготовка к делению. Эукариотические организмы, состоящие из клеток, имеющих ядра, начинают подготовку к делению на определенном этапе клеточного цикла, в интерфазе.

Именно в период интерфазы в клетке происходит процесс биосинтеза белка, удваиваются все важнейшие структуры клетки. Вдоль исходной хромосомы из имеющихся в клетке химических соединений синтезируется ее точная копия, удваивается количество ДНК. Удвоенная хромосома состоит из двух половинок — хроматид. Каждая из хроматид содержит одну молекулу ДНК.

Интерфаза в клетках растений и животных в среднем продолжается 10—20 ч. Затем наступает процесс деления клетки — митоз. Во время митоза клетка проходит ряд последовательных фаз, в результате которых каждая дочерняя клетка получает такой же набор хромосом, какой был в материнской клетке.

Различают 4 фазы митоза: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

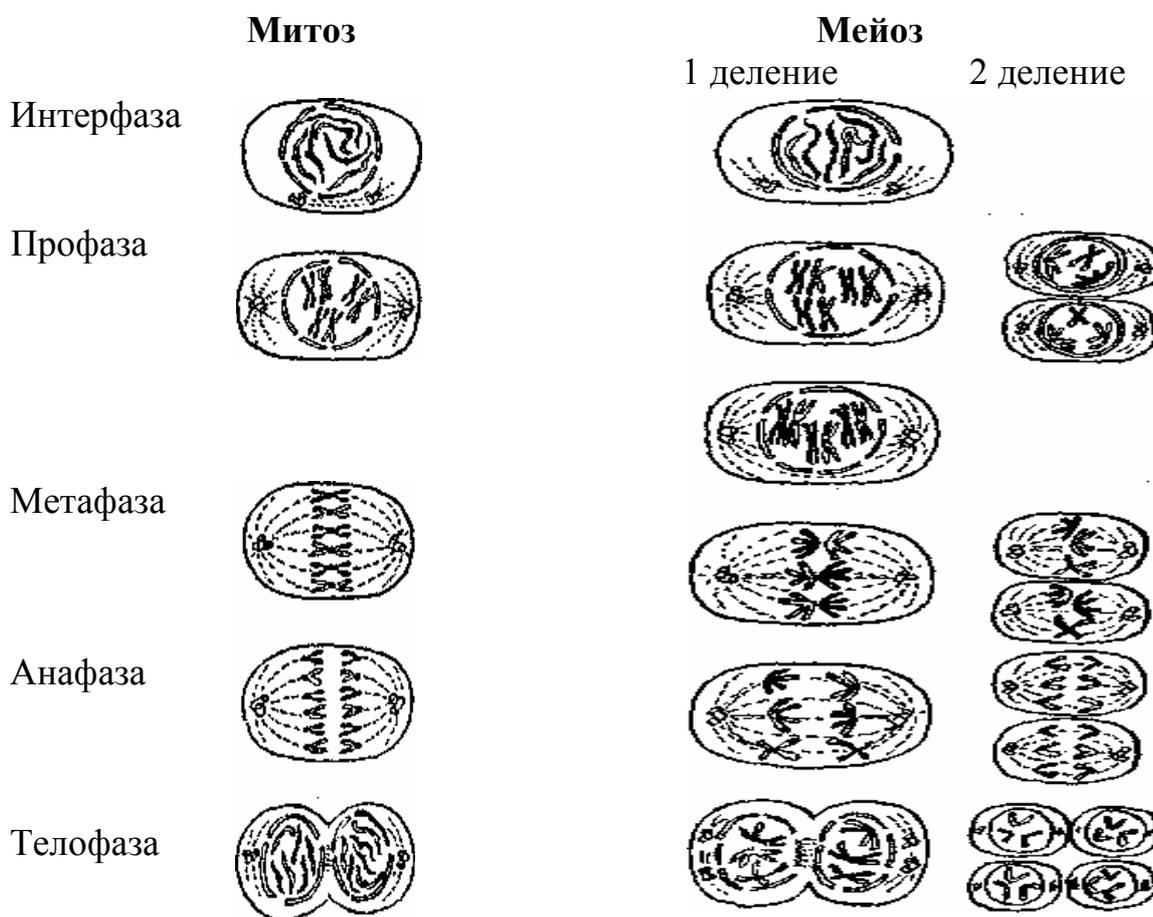


Рисунок 4 - Митоз и мейоз

В профазе спирализуются и вследствие этого утолщаются хромосомы, состоящие из двух сестринских хроматид, удерживаемых вместе центромерой. К концу профазы ядерная мембрана и ядрышки исчезают и хромосомы расщепляются по всей клетке. В цитоплазме к концу профазы центриоли отходят к полюсам и образуют веретено деления.

В метафазе происходит дальнейшая спирализация хромосом. В эту фазу они наиболее видны. Их центромеры располагаются по экватору. К ним прикрепляются нити веретена деления.

В анафазе центромеры делятся, сестринские хроматиды отделяются друг от друга и за счет сокращения нитей веретена отходят к противоположным полюсам клетки.

В телофазе цитоплазма делится, хромосомы раскручиваются, вновь образуются ядрышки и ядерные мембраны. В животных клетках цитоплазма перешнуровывается, в растительных — в центре материнской клетки образуется перегородка.

Так из одной исходной клетки (материнской) образуются две новые — дочерние, с диплоидным набором хромосом. Амитоз, или непрямоe деление, встречается реже и характерен для клеток печени, роговицы глаза.

При амитозе происходит простая перетяжка ядра на две равные или неравные части, а затем клетка делится. Компоненты клетки, в том числе и ДНК, распределяются произвольно. Амитоз в отличие от митоза и мейоза является самым экономичным способом деления клетки, так как затраты энергии при этом незначительны.

2.3.3 Мейоз

Мейоз - форма ядерного деления, при котором количество хромосом в оплодотворенной клетке уменьшается вдвое и наблюдается перестройка генного аппарата клетки (рисунок 4).

Половое размножение животных, растений и грибов связано с формированием специализированных половых клеток. Особый тип деления клеток, в результате которого образуются половые клетки, называют мейозом. В отличие от митоза, при котором сохраняется число хромосом, получаемых дочерними клетками, при мейозе число хромосом в дочерних клетках уменьшается вдвое.

Процесс мейоза состоит из двух последовательных клеточных делений — мейоза I (первое деление) и мейоза II (второе деление). Удвоение ДНК и хромосом происходит только перед мейозом I.

В результате первого деления мейоза образуются клетки с уменьшенным вдвое числом хромосом. Второе деление мейоза заканчивается образованием половых клеток. Таким образом, все соматические клетки организма содержат двойной, диплоидный (2n), набор хромосом, где каждая хромосома имеет парную, гомологичную хромосому. Зрелые половые клетки имеют лишь одинарный, гаплоидный (n), набор хромосом и соответственно вдвое меньшее количество ДНК.

Оба деления мейоза включают те же фазы, что и митоз: профазу, метафазу, анафазу, телофазу.

В профазе первого деления мейоза происходит спирализация хромосом. В конце профазы, когда спирализация заканчивается, хромосомы приобретают характерные для них форму и размеры. Хромосомы каждой пары, т.е. гомологичные, соединяются друг с другом по всей длине и скручиваются. Этот процесс соединения гомологичных хромосом носит название конъюгации.

Во время конъюгации между некоторыми гомологичными хромосомами происходит обмен участками — генами (кроссинговер), что означает обмен наследственной информацией. После конъюгации гомологичные хромосомы отделяются друг от друга.

Когда хромосомы полностью разъединятся, образуется веретено деления, наступает метафаза мейоза и хромосомы располагаются в плоскости экватора. Затем наступает анафаза мейоза, и к полюсам клетки отходят не половинки каждой хромосомы, включающие одну хроматиду, как при митозе, а целые хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид. Следовательно, в дочернюю клетку попадает только одна из каждой пары гомологичных хромосом.

Вслед за первым делением наступает второе деление мейоза, причем этому делению не предшествует синтез ДНК. Интерфаза перед вторым делением очень короткая. Профаза II непродолжительна. В метафазе II хромосомы выстраиваются в экваториальной плоскости клетки. В анафазе II осуществляется разделение их центромер и каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой. В телофазе II завершается расхождение сестринских хромосом к полюсам и наступает деление клетки. В результате из двух гаплоидных клеток образуются четыре гаплоидные дочерние клетки.

Происходящий в мейозе перекрест хромосом, обмен участками, а также независимое расхождение каждой пары гомологичных хромосом определяет закономерности наследственной передачи признака от родителей потомству. Из каждой пары двух гомологичных хромосом (материнской и отцовской), входивших в хромосомный набор диплоидных организмов, в гаплоидном наборе яйцеклетки или сперматозоида содержится лишь одна хромосома. Она может быть:

- отцовской хромосомой;
- материнской хромосомой;
- отцовской с участком материнской;
- материнской с участком отцовской.

Эти процессы возникновения большого количества качественно различных половых клеток способствуют наследственной изменчивости.

В отдельных случаях вследствие нарушения процесса мейоза, при нерасхождении гомологичных хромосом, половые клетки могут не иметь гомологичной хромосомы или, наоборот, иметь обе гомологичные хромосомы. Это приводит к тяжелым нарушениям в развитии организма или к его гибели.

2.4 Вопросы к практическому занятию

- 1) Расскажите историю создания клеточной теории.
- 2) Перечислите основные положения клеточной теории.
- 3) Зарисуйте клетку и обозначьте ее основные структурные элементы: цитолемму, ядро, цитоплазму и органеллы.
- 4) Расскажите о структурно-функциональной организации основных структурных элементов клетки: цитолемме, ядре, цитоплазме, органеллах (клеточном центре, комплексе Гольджи, митохондриях, эндоплазматической сети).
- 5) Дайте представление о цитоскелете, миофибриллах и включениях.
- 6) Расскажите об основных видах межклеточных контактов (простом, по типу «замка», десмосоме и синапсах).
- 7) Зарисуйте схему двух видов деления клеток – митоза и мейоза. Проведите сравнение данных типов деления клеток по основным фазам – интерфазе, профазе, метафазе, анафазе и телофазе.

3 Ткани

3.1 Характеристика тканей человеческого организма

Клетка входит в состав ткани, из которой состоит организм человека и животных. Ткань — это система клеток и внеклеточных структур, объединенных единством происхождения, строения и функции.

В результате взаимодействия организма с внешней средой, которое сложилось в процессе эволюции, появились четыре вида тканей с определенными функциональными особенностями: **эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная.**

Каждый орган состоит из различных тканей, которые тесно связаны между собой. Например, желудок, кишечник, другие органы состоят из эпителиальной, соединительной, гладкомышечной и нервной тканей.

Соединительная ткань образует строма - основу внутренних органов, а эпителиальная — паренхиму. Функция пищеварительной системы не может быть выполнена полностью, если нарушена ее мышечная деятельность.

Таким образом, различные ткани, входящие в состав того или иного органа, обеспечивают выполнение главной функции данного органа.

3.2 Эпителиальная ткань

Эпителиальная ткань (эпителий) покрывает всю наружную поверхность тела человека и животных, выстилает слизистые оболочки полых внутренних органов (желудок, кишечник, мочевыводящие пути, плевру, перикард, брюшину) и входит в состав желез внутренней секрецией. Выделяют покровный (поверхностный) и секреторный (железистый) эпителий. Эпителиальная ткань участвует в обмене веществ между организмом и внешней средой, выполняет защитную функцию (эпителий кожи), функции секреции, всасывания (эпителий кишечника), выделения (эпителий почек), газообмена (эпителий легких), имеет большую регенеративную способность.

В зависимости от количества клеточных слоев и формы отдельных клеток различают эпителий многослойный — ороговевающий и неороговевающий, переходный и однослойный — простой столбчатый, простой кубический (плоский), простой сквамозный (мезотелий).

В плоском эпителии клетки тонкие, уплотненные, содержат мало цитоплазмы, дисковидное ядро находится в центре, край его неровный. Плоский эпителий выстилает альвеолы легких, стенки капилляров, сосудов, полостей сердца, где благодаря своей тонкости осуществляет диффузию различных веществ, снижает трение текущих жидкостей.

Кубический эпителий выстилает протоки многих желез, а также образует канальцы почек, выполняет секреторную функцию.

Цилиндрический эпителий состоит из высоких и узких клеток. Он выстилает желудок, кишечник, желчный пузырь, почечные канальцы, а также

входит в состав щитовидной железы.

Многослойный эпителий состоит из нескольких слоев клеток. Он выстилает наружную поверхность кожи, слизистую оболочку пищевода, внутреннюю поверхность щек, влагалище.

Переходный эпителий находится в тех органах, которые подвергаются сильному растяжению (мочевой пузырь, мочеточник, почечная лоханка). Толщина переходного эпителия препятствует попаданию мочи в окружающие ткани.

Железистый эпителий составляет основную массу тех желез, у которых эпителиальные клетки участвуют в образовании и выделении необходимых организму веществ. Существуют два типа секреторных клеток — экзокринные и эндокринные. Экзокринные клетки выделяют секрет на свободную поверхность эпителия и через протоки в полость (желудка, кишечника, дыхательных путей и др.). Эндокринными называют железы, секрет (гормон) которых, выделяется непосредственно в кровь или лимфу (гипофиз, щитовидная, вилочковая железы, надпочечники).

По строению экзокринные железы могут быть трубчатыми, альвеолярными, трубчато-альвеолярными.

3.3 Соединительная ткань

По свойствам соединительная ткань объединяет значительную группу тканей: собственно соединительные ткани (рыхлая волокнистая, плотная волокнистая — неоформленная и оформленная); ткани, которые имеют особые свойства (жировая, ретикулярная); скелетные твердые (костная и хрящевая) и жидкие (кровь, лимфа). Соединительная ткань выполняет опорную, защитную (механическую), формообразующую, пластическую и трофическую функции. Эта ткань состоит из множества клеток и межклеточного вещества, в котором находятся разнообразные волокна (коллагеновые, эластические, ретикулярные).

Рыхлая волокнистая соединительная ткань содержит клеточные элементы (фибробласты, макрофаги, плазматические и тучные клетки и др.). В зависимости от строения и функции органа волокна по-разному ориентированы в основном веществе. Эта ткань располагается преимущественно по ходу кровеносных сосудов.

Плотная волокнистая соединительная ткань бывает оформленной и неоформленной. В оформленной плотной соединительной ткани волокна располагаются параллельно и собраны в пучок, участвуют в образовании связок, сухожилий, перепонки и фасций. Для неоформленной плотной соединительной ткани характерны переплетение волокон и небольшое количество клеточных элементов.

Жировая ткань образуется под кожей, особенно под брюшиной и сальником, не имеет собственного основного вещества. В каждой клетке в центре располагается жировая капля, а ядро и цитоплазма — по периферии. Жировая ткань служит энергетическим депо, защищает внутренние органы от ударов, сохраняет тепло в организме.

К скелетным тканям относятся хрящ и кость. Хрящевая ткань состоит из хрящевых клеток (хондроцитов), которые располагаются по две-три клетки, и основного вещества, находящегося в состоянии геля. Различают гиалиновые, фиброзные и эластические хрящи. Из гиалинового хряща состоят хрящи суставов, ребер, он входит в щитовидный и перстневидный хрящи гортани, дыхательные пути. Волокнистый хрящ входит в межпозвоночные и внутрисуставные диски, в мениски, покрывает суставные поверхности височно-нижнечелюстного и грудино-ключичного суставов. Из эластического хряща построены надгортанник, черпаловидные, рожковидные и клиновидные хрящи, ушная раковина, хрящевая часть слуховой трубы и наружного слухового прохода. Кровь и лимфа, а также межтканевая жидкость являются внутренней средой организма.

3.4 Мышечная ткань

Мышечная ткань — это вид ткани, которая осуществляет двигательные процессы в организме человека (например, движение крови по кровеносным сосудам, движение пищи при пищеварении и т. д.) при помощи специальных сократительных структур — миофибрилл. Выделяют два типа мышечной ткани: гладкая (неисчерченная); поперечнополосатая скелетная (исчерченная) и сердечная поперечнополосатая (исчерченная) (рисунок5).

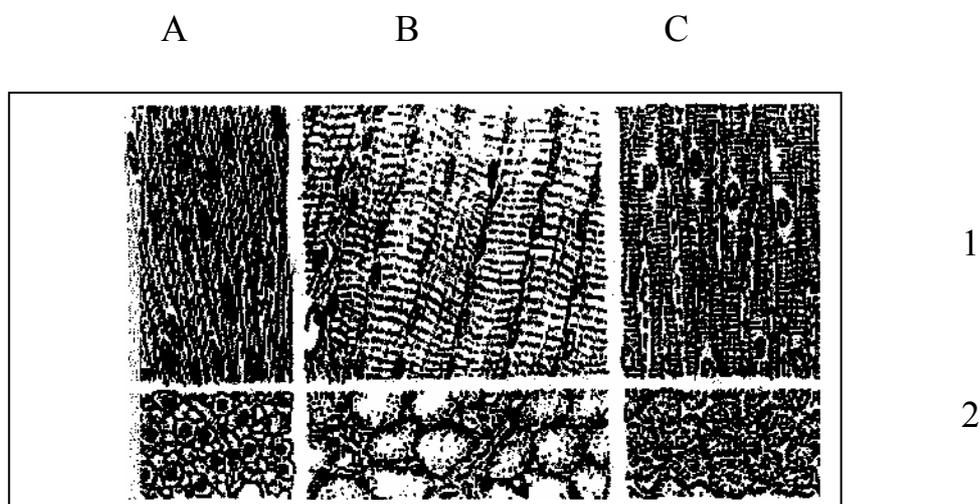


Рисунок 5- Виды мышечной ткани

1 - продольный разрез; 2— поперечный срез; А — гладкая (неисчерченная); В - поперечнополосатая скелетная; С - поперечнополосатая сердечная

Мышечная ткань обладает таким и функциональными особенностями, как возбудимость, проводимость и сократимость.

Гладкая мышечная ткань состоит из веретеновидных клеток — миоцитов, длиной от 15 до 500 мкм и диаметром около 8 мкм. Клетки располагаются параллельно одна другой и формируют мышечные слои. Гладкая мускулатура

находится в стенках многих образований, таких как кишечник, мочевой пузырь, кровеносные сосуды, мочеточники, матка, семявыносящий проток и др. Например, в стенке кишечника есть наружный продольный и внутренний кольцевые слои, сокращение которых вызывает удлинение кишки и ее сужение. Такая скоординированная работа мышц называется перистальтикой и способствует перемещению содержимого кишки или ее веществ внутри полых органов.

Гладкая мышечная ткань сокращается постепенно и способна долго находиться в состоянии сокращения, потребляя относительно небольшое количество энергии и не уставая. Такой тип сократительной деятельности называется тоническим.

Поперечнополосатая скелетная мышечная ткань образует скелетные мышцы, которые приводят в движение кости скелета, а также входят в состав некоторых внутренних органов (язык, глотка, верхний отдел пищевода, наружный сфинктер прямой кишки). Исчерченная скелетная мышечная ткань состоит из многоядерных волокон цилиндрической формы, располагающихся параллельно одна другой, в которых чередуются темные и светлые участки (диски, полосы) и которые имеют разные светопреломляющие свойства. Длина таких волокон колеблется от 1000 до 40 000 мкм, диаметр составляет около 100 мкм. Сокращение скелетных мышц произвольное, иннервируются они спинномозговыми и черепными нервами,

Сердечная поперечнополосатая мышечная ткань есть только в сердце. Она имеет очень хорошее кровоснабжение и значительно меньше, чем обычная поперечнополосатая ткань, подвергается усталости. Структурной единицей мышечной ткани является кардиомиоцит. При помощи вставочных дисков кардиомиоциты формируют проводящую систему сердца. Сокращение сердечной мышцы не зависит от воли человека.

3.5 Нервная ткань

Нервная ткань является основным компонентом нервной системы, обеспечивает проведение сигналов (импульсов) в головной мозг, их проведение и синтез, устанавливает взаимосвязь организма с внешней средой, участвует в координации функции внутри организма, обеспечивает его целостность. Нервная ткань состоит из нервных клеток — нейронов (нейроцитов), которые имеют особые структуру и функции, и нейроглии, которая выполняет трофическую, опорную, защитную и другие функции. Нервная ткань формирует центральную нервную систему (головной и спинной мозг) и периферическую — нервы (сплетения, ганглии).

Нейроны — функциональные единицы нервной системы, которые имеют множество связей. Они чувствительны к раздражению, способны передавать электрические импульсы от периферических рецепторов к органам-исполнителям (рисунок 6). Нервные клетки отличаются по форме, размерам,

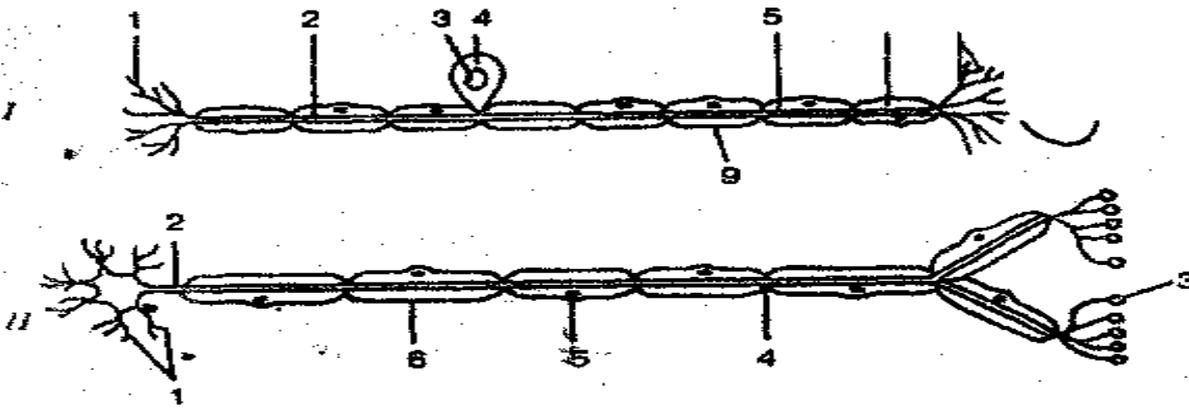


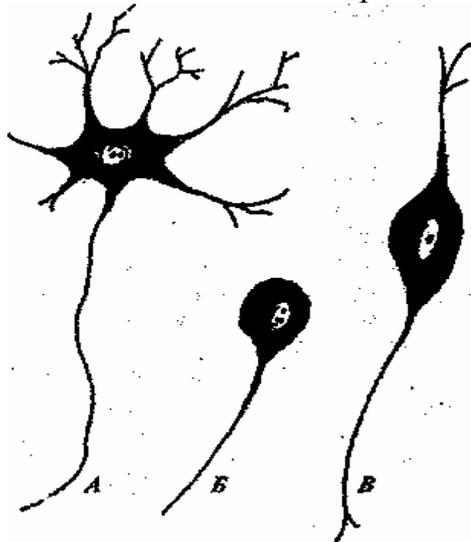
Рисунок 6 - Строение нейрона (схема)

I-сенсорный нейрон: 1 — окончания нейрона; 2 — аксон; 3—ядро нейрона; 4 — тело нейрона, 5 —дендрит; 6 - неврилема;

II— двигательный нейрон: 1—дендриты; 2— аксон; 3 — концевая бляшка; 4— перехват Ранвье; 5 — ядро Шванновской клетки; 6 —Шванновская клетка.

разветвленности отростков. Нейроны с одним отростком называются униполярными, с двумя — биполярными, с тремя и более — мультиполярными (рисунок 7).

У нервных клеток выделяют два вида отростков: дендриты и аксоны. Дендриты проводят возбуждение к телу нервной клетки. Они короткие и распадаются на тонкие разветвления. По аксону нервный импульс движется от тела нервной клетки к рабочему органу (железам, мышцам) или к другой нервной клетке. Клетки нейроглии выстилают полость головного мозга,



А — униполярный; Б — биполярный; В — мультиполярный.

Рисунок 7 - Виды нейронов

спинномозговой канал, образуют опорный аппарат центральной нервной системы, окружают тела нейронов и их отростки.

Аксоны тоньше дендритов, длина их может достигать до 1,5 м. Дистальный участок аксона распадается на множество ответвлений с

мешочками на концах и соединяется с помощью контактов (синапсов) с другими нейронами или органами. В синапсах возбуждение от одной клетки к другой да и к органу передается с помощью нейромедиаторов (ацетилхолина, норадреналина, серотонина, дофамина и др.). Объединившись в группы, отростки образуют нервные пучки. Нервные волокна могут быть миелиновыми (мякотными) и безмиелиновыми (безмякотными). В первом случае нервное волокно покрыто миелиновой оболочкой в виде муфты. Миелиновая оболочка прерывается через равные промежутки, образуя перехваты Ранвье. Снаружи миелиновую оболочку окружает мембрана — неврилемма.

Безмиелиновые нервные волокна не имеют миелиновой оболочки, встречаются преимущественно во внутренних органах. Пучки нервных волокон образуют нервы, покрытые соединительной оболочкой — эпиневрием. Выросты эпиневрия, направленные внутрь, называются периневрием, который делит нервные волокна на мелкие пучки и окружает их. Нервные волокна заканчиваются концевыми аппаратами, которые называются нервными окончаниями. В зависимости от выполняемой функции они делятся на чувствительные (рецепторы) и двигательные (эффекторы). Чувствительные нервные окончания воспринимают раздражения из внешней и внутренней среды, превращают их в нервные импульсы и передают их другим клеткам, органам. Рецепторы, которые воспринимают раздражения из внешней среды, называются экстерорецепторами, а из внутренней — интерорецепторами. Проприорецепторы воспринимают раздражения от мышц, связок, сухожилий, костей и др. В зависимости от характера раздражения различают терморецепторы (воспринимают изменения температуры), механорецепторы (соприкасаются с кожей, сжимают ее) и др.

Двигательные нервные окончания передают нервные импульсы от нервных клеток к рабочему органу. Эффекторы, которые передают импульсы к гладким мышцам внутренних органов, сосудов и желез, построены следующим образом: концевые веточки двигательных нейронов подходят к клеткам и контактируют с ними.

Двигательные нервные окончания скелетных мышц имеют сложное строение и называются моторными бляшками. Нервы, передающие импульсы в центральную нервную систему, называются афферентными (сенсорными), а от центральных — эфферентными (моторными). Афферентные и эфферентные нейроны связываются с помощью вставочных нейронов. Нервы со смешанной функцией передают импульсы в обоих направлениях. Передача нервного импульса от одного нейрона к другому осуществляется с помощью контактов, называемых синапсами.

3.6 Вопросы к практическому занятию

- 1) Дайте определение ткани.
- 2) Перечислите основные виды тканей человеческого организма и дайте им общую характеристику.
- 3) Виды и свойства эпителиальной ткани.

- 4) Виды и свойства соединительной ткани.
- 5) Виды и свойства мышечной ткани.
- 6) Нервная ткань и ее функции. Строение нейронов, виды нейронов, понятие о синапсах.
- 7) Виды рецепторов по функции и расположению в организме.

4 Обмен веществ и энергии в организме

Главным условием жизни как организма в целом, так и отдельной клетки является обмен веществ и энергии с окружающей средой.

Обмен веществ (пластический обмен) всегда сопровождается поглощением энергии. Реакции пластического и энергетического обменов в организме находятся в неразрывной связи и дополняют друг друга, составляя в совокупности обмен веществ (метаболизм) и энергии. В этих процессах принимают участие практически все компоненты живого организма, представляющего собой открытую систему, т.е. систему, способную обмениваться веществом и энергией с окружающей средой. В таком обмене участвуют, прежде всего, вода и растворенные в ней вещества, а также газы (кислород, углекислый газ, аммиак).

Обмен веществ включает многочисленные физические и химические реакции, объединенные в пространстве и времени в единое упорядоченное целое. В такой сложной системе упорядоченность может достигаться только при участии эффективных механизмов регуляции. Ведущую роль в регуляции метаболизма играют нервная, эндокринная и сердечно-сосудистая системы.

4.1 Белковый обмен

Белки — обязательная составная часть всех клеток. В жизни всех организмов белки имеют первостепенное значение. В состав белка входят углерод, водород, азот и сера. Роль мономеров в белках играют аминокислоты. У каждой аминокислоты имеется карбоксильная группа ($-\text{COOH}$) и аминогруппа ($-\text{NH}_2$). Наличие в одной молекуле кислотной и основной групп обуславливает их высокую реактивность.

Между соединившимися аминокислотами возникает связь, называемая пептидной, а образовавшееся соединение нескольких аминокислот называют пептидом. Соединение из большого числа аминокислот называют полипептидом. В белках встречаются 20 аминокислот, отличающихся друг от друга своим строением. Одни из них могут синтезироваться в организме (глицин, аланин, цистеин и др.), другие (аргинин, лейцин, лизин, триптофан и др.) не синтезируются и должны обязательно поступать с пищей. Такие аминокислоты называются незаменимыми. Те и другие очень важны для организма. Белки, содержащие полный набор незаменимых аминокислот, называются биологически полноценными.

В строении молекул белков различают четыре уровня организации. Первичная структура — полипептидная цепь из аминокислот, связанных в определенной последовательности ковалентными (прочными) пептидными связями.

Вторичная структура — полипептидная цепь, закрученная в виде спирали. В ней между соседними витками возникают непрочные водородные связи. В комплексе они обеспечивают довольно прочную структуру.

Третичная структура представляет собой причудливую, но для каждого белка специфическую конфигурацию — глобулу. Она удерживается непрочными

гидрофобными связями или силами сцепления между неполярными радикалами, которые встречаются у многих аминокислот. Благодаря их многочисленности они обеспечивают достаточную устойчивость белковой макромолекулы и ее подвижность. Третичная структура белков поддерживается также ковалентными S-S-связями, возникающими между удаленными друг от друга радикалами серосодержащей аминокислоты — цистеина.

Благодаря соединению нескольких молекул белков между собой образуется четвертичная структура. Если пептидные цепи уложены в виде клубка, то такие белки называются глобулярными. Если полипептидные цепи уложены в пучки нитей, они носят название фибриллярных белков.

Биологические функции белков в организме чрезвычайно многообразны. Они в значительной мере обусловлены сложностью и разнообразием форм и состава самих белков. Структурные белки выполняют в организме **пластическую функцию**. Белки могут служить **источником энергии для клетки**. При недостатке углеводов или жиров окисляются молекулы аминокислот. Освободившаяся при этом энергия используется на поддержание процессов жизнедеятельности организма.

Большая часть химических реакций, протекающих в организме, регулируется **ферментами** - белковыми молекулами, выполняющими **функцию катализаторов**. Катализатором называют вещество, ускоряющее химическую реакцию, которая без него протекает медленно. Сам катализатор во время этой реакции стойких изменений не претерпевает.

Белки также входят в состав гормонов и **регулируют** различные процессы в организме, осуществляют **защитные функции** (белки-антитела), **определяют видовую и индивидуальную** особенность организма (ДНК хромосом).

Средний период распада белка неодинаков в разных живых организмах. Так, у человека он составляет 80 суток. При этом многие белки у одного и того же организма обновляются с разной скоростью. Намного медленнее обновляются мышечные белки. Белки плазмы крови у человека имеют период полураспада около 10 суток, а гормоны белково-пептидной природы живут всего несколько минут.

У человека за сутки подвергаются разрушению и синтезу около 400 г белка. Причем около 70 % образовавшихся свободных аминокислот снова идет на синтез нового белка, а около 30 % используется для образования энергии в организме и должно пополняться экзогенными аминокислотами из пищи.

В сутки в организм взрослого человека должно поступать с пищей около 70— 90 г белка (1 г на 1 кг массы тела), причем 30 г белка должно быть растительного происхождения. Количество поступающего белка зависит и от выполняемой физической нагрузки. При средней нагрузке человек должен получать 100— 120 г белка в сутки, а при тяжелой физической работе количество белка возрастает до 150 г. О количестве расщепленного в организме белка судят по количеству выделяемого из организма азота (с мочой, потом). Это положение основано на том, что азот входит только в состав белков (аминокислот). Соотношение, при котором количество поступившего азота равно количеству выведенного из организма, называется **азотистым равновесием**. Известно, что 1 г

азота соответствует 6,25 г белка,

Так, при расчете азотистого баланса исходят из того, что в белке содержится примерно 16 % азота. Соотношение, при котором в организм с пищей поступает меньше азота, а больше его выводится, получило название **отрицательного азотистого баланса**. В данном случае разрушение белка преобладает над его синтезом. Это наблюдается при белковом голодании, лихорадочных состояниях, нарушениях нейроэндокринной регуляции белкового обмена.

Регуляция белкового обмена осуществляет центральная нервная система (ЦНС), соматотропный гормон гипофиза, тироксин щитовидной железы и глюкокортикоидные гормоны надпочечников. Конечными продуктами белкового обмена являются азотсодержащие соединения (главным образом мочевины и аммиак), углекислый газ и вода.

4.2 Обмен липидов

Под термином липиды объединяют жиры и жироподобные вещества. Липиды — органические соединения с различной структурой, но общими свойствами. Они нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях: эфире, бензине и др. По химической структуре жиры представляют собой сложные соединения трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот.

Стеариновая и пальмитиновая кислоты являются насыщенными (предельными), а олеиновая и некоторые другие — непредельными. У насыщенных жирных кислот температура плавления выше, чем у непредельных, поэтому жиры, образованные этими кислотами, находятся в твердом состоянии. Такие жиры более характерны для клеток животных. Жидкие непредельные жиры называются маслами. Они могут встречаться у животных (например, в составе молока), но более типичны для растений.

Биологически важными жироподобными веществами являются фосфолипиды. Это сложные соединения глицерина и жирных кислот. От настоящих жиров они отличаются тем, что содержат остаток фосфорной кислоты. Они основные компоненты мембран клеток. Гликолипиды состоят из углеводов и липидов. Особенно их много в составе ткани мозга и нервных волокон.

Липопротеиды — представляют собой комплексные соединения различных белков с жирами.

4.2.1 Функции липидов

Структурная функция. Липиды принимают участие в построении мембран клеток всех органов и тканей.

Энергетическая функция. Липиды обеспечивают от 25 до 30% всей энергии, необходимой организму. При полном распаде 1 г жира вырабатывается более 9,3 ккал или 30 кДж энергии, что примерно в 2 раза больше по сравнению с углеводами и белками.

Функция запаса питательных веществ. Жиры являются своего рода

универсальными запасными источниками энергии. Жировым депо является подкожная клетчатка, в которой накапливается жир у человека. Жировая клетчатка крайне плохо проводит тепло, что позволяет ей выполнять также и функцию термоизоляции.

Жиры выполняют еще множество различных функций в клетке и организме. Жир — поставщик так называемой эндогенной воды: при окислении 100 г жира выделяется более 100 мл воды.

Многие биологически активные вещества (витамины А, D, E, К, гормоны половых желез и коры надпочечников и др.) по своим физико-химическим свойствам представляют собой соединения липидной природы. Крайне малых концентраций, оказывается достаточно для обеспечения их биологического действия. Это становится возможным благодаря тому, что жирорастворимые соединения свободно проникают через клеточные мембраны. Тем самым обеспечивается **регуляторная функция** липидов.

Взрослому человеку ежедневно необходимо 70—80 г жира. Жиры растворяют и выводят из организма так называемые незаменимые жирные кислоты (линолевая, линоленовая, арахидоновая), которые условно объединяют в группу витамина F, а также жирорастворимые витамины (витамины А, D, E, К). Обмен липидов тесно связан с обменом белков и углеводов. При избыточном поступлении в организм белки и углеводы могут превращаться в жиры.

В регуляции липидного обмена значительную роль играют центральная нервная система, а также многие железы внутренней секреции (половые, щитовидная, гипофиз, надпочечники).

4.3 Обмен углеводов

Углеводы — вещества, состоящие из углерода, водорода и кислорода, — служат источником энергии и обеспечивают энергией 60% энергозатрат организма. Кроме того, углеводы входят в состав мембран клеток и выполняют пластическую функцию. Наиболее важными представителями углеводов в организме человека являются: глюкоза, галактоза, гликоген, аминсахара и их полимеры.

Углеводы, имеющие биологическое значение, делятся на три класса: моносахариды, дисахариды и полисахариды. Моно- и дисахариды, обычно называемые сахарами, легко растворимы в воде, могут кристаллизоваться и легко проходят через мембраны. В отличие от них полисахариды не кристаллизуются и не проходят через мембраны.

Моносахариды представляют собой простые сахара с эмпирической формулой $C_n(H_2O)_n$. В зависимости от числа углеродных атомов в их молекуле различают триозы, пентозы, гексозы, гептозы. В природе наиболее распространены пентозы (рибоза, дезоксирибоза) и гексозы (глюкоза, фруктоза). Рибоза и дезоксирибоза играют важную роль в качестве составных частей нуклеиновых кислот и АТФ. Глюкоза — необходимый компонент крови, легко расщепляемый источник энергии клеток.

Дисахариды — это сахара, образующиеся в результате конденсации двух

моносахаридов (гексоз) с потерей молекулы воды. Наиболее важными из этой группы являются сахароза и мальтоза растений и лактоза животных. Сахароза (сахар тростника или свеклы) состоит из одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы.

Полисахариды — образуются путем соединения многих моносахаридов в единую структурную цепь. При гидролизе они дают молекулы простых сахаров. Наибольшее биологическое значение имеют полисахариды крахмал и гликоген, являющиеся резервными веществами в клетках растений и животных соответственно, и целлюлоза — важнейший структурный элемент растительной клетки. Целлюлоза состоит из нескольких сотен молекул глюкозы. С увеличением числа мономеров растворимость полисахаридов падает.

4.3.1 Функции углеводов

Энергетическая функция. Углеводы служат основным источником энергии для организма. При расщеплении 1 г углеводов высвобождается 4,1 ккал энергии.

Структурная функция. Во всех без исключения тканях и органах обнаружены углеводы и их производные. Они входят в состав оболочек клеток и субклеточных образований. Принимают участие в синтезе многих важнейших веществ.

Защитная функция. Вязкие секреты (слизи), выделяемые различными железами, богаты углеводами и их производными, в частности гликопротеидами. Они предохраняют стенки полых органов (пищевод, кишечник, желудок, бронхи) от механических повреждений и проникновения вредных бактерий и вирусов.

Функция запаса питательных веществ. В организме и клетке углеводы обладают способностью накапливаться в виде гликогена, который представляет собой запасную форму углеводов и расходуются по мере возникновения потребности в энергии. При полноценном питании в печени может накапливаться до 10 % гликогена, а при неблагоприятных условиях его содержание может снижаться до 0,2 % от массы печени.

В организм углеводы поступают главным образом с растительной пищей (хлеб, картофель, крупы, фрукты). Часть из них расходуется на энергообмен и пластические функции, а часть откладываются в виде гликогена в печени и мышцах. Количество гликогена в организме взрослого человека составляет около 400 г. Однако эти запасы легко истощаются и используются для обеспечения неотложных нужд организма. Процесс образования и накопления гликогена регулируется гормоном поджелудочной железы инсулином. Процесс расщепления гликогена до глюкозы происходит под влиянием другого гормона поджелудочной железы — глюкагона.

Содержание глюкозы в крови, а также запасы гликогена регулируются и центральной нервной системой, гормонами надпочечников — адреналином и глюкокортикоидами, а также гормонами гипофиза и щитовидной железы.

Суточная потребность в углеводах у человека составляет от 4 до 7 г/кг массы тела и зависит от энергетических потребностей организма. Конечными

продуктами обмена углеводов являются вода и углекислый газ.

4.4 Водный и минеральный обмен

4.4.1 Вода

Вода является важной составной частью любой клетки и ткани живого организма. У человека содержание воды в различных тканях неодинаково. Так, в жировой ткани ее около 10 %, в костях и эмали зубов — 20 %, в почках — 30 %, в головном мозге — 85 %, в крови — 90 %, что в среднем составляет около 70 % от массы тела.

Вода в организме выполняет ряд важных функций. Вода необходима для метаболизма (обмена), так как все физиологические процессы происходят исключительно в водной среде. Молекулы воды участвуют во многих ферментативных реакциях. Например, расщепление белков, углеводов и других веществ, происходит в результате их взаимодействия с водой. Такие реакции называются реакциями гидролиза.

Вода в клетке находится в двух формах: свободной и связанной. Свободная вода составляет 95% всей воды в клетке и используется главным образом как растворитель и как дисперсионная среда коллоидной системы протоплазмы. Связанная вода, на долю которой приходится всего 4% всей воды клетки, непрочно соединена с белками водородными связями. Из-за асимметричного распределения зарядов молекула воды действует, как диполь и потому может быть связана как положительно, так и отрицательно заряженными группами белка.

Дипольным свойством молекулы воды объясняется способность ее ориентироваться в электрическом поле, присоединяться к различным молекулам и участкам молекул, несущим заряд. В результате этого образуются гидраты.

Благодаря своей высокой теплоемкости вода поглощает тепло и тем самым предотвращает резкие колебания температуры в организме. Основная масса воды содержится внутри клеток, в плазме крови и межклеточном пространстве.

Взрослый человек в обычных условиях употребляет в среднем около 2,5 л воды в сутки. Суточная потребность в воде составляет 21-43 мл/кг массы тела. Кроме того, в организме образуется около 300 мл метаболической воды, как одного из конечных продуктов энергообмена. В соответствии с потребностями человек в течение суток теряет около 1,5 л воды в виде мочи, 0,9 л путем испарения через кожу (без потоотделения) и приблизительно 0,1 с калом. Таким образом, обмен воды в обычных условиях не превышает 5 % массы тела в сутки. Повышение температуры тела и высококалорийная пища способствуют выделению воды через кожу и легкие, увеличивают ее потребление.

Регуляция водного обмена в основном контролируется антидиуретическим гормоном гипоталамуса, а также гормонами гипофиза и надпочечников.

4.4.2 Минеральные вещества

Минеральные вещества поступают в организм с продуктами питания и

водой. По содержанию в организме их можно разделить на 3 группы:

Макроэлементы. Они составляют основную массу вещества клетки. На их долю приходится около 99 % всей массы клетки. Особенно высока концентрация четырех элементов: кислорода, углерода, азота и водорода (98 % всех макроэлементов). К макроэлементам относят также элементы, содержание которых в клетке составляет от 0,1 до 0,01 %. Это такие элементы, как калий, магний, натрий, кальций, железо, сера, фосфор, хлор. Они необходимы для формирования скелета (кальций, фосфор), и для осмотического давления биологических жидкостей (натрий). Эти ионы влияют на физико-химическое состояние и аккумуляцию энергии.

Микроэлементы. К ним относятся преимущественно ионы тяжелых металлов, входящие в состав ферментов, гормонов и других жизненно важных веществ. В организме эти элементы содержатся в очень небольших количествах: от 0,001 до 0,000001 %; в числе таких элементов железо, бор, кобальт, медь, молибден, цинк, ванадий, йод, бром и др. Среди микроэлементов необходимо отметить железо (составная часть гемоглобина и тканевых цитохромов); кобальт (компонент цианокобаламина); медь (компонент цитохромоксидазы); цинк (фактор потенцирующего действия инсулина на проницаемость мембраны клетки для глюкозы); молибден (компонент ксантиноксидазы); марганец (активатор некоторых ферментных систем); кремний (регулятор синтеза коллагена костной ткани); фтор (участвует в синтезе костных структур и повышает прочность зубной эмали); йод (составная часть тиреоидных гормонов), а также никель, ванадий, олово, мышьяк, селен и др. В большинстве случаев — это составная часть ферментов, гормонов, витаминов или катализаторы их действия на ферментные процессы.

Ультрамикроэлементы. Концентрация их не превышает 0,000001 %. К ним относятся уран, радий, золото, ртуть, бериллий, цезий, селен и другие редкие элементы.

Специфическая роль ряда неорганических ионов в жизнедеятельности организма в первую очередь зависит от их свойств: заряда, размера, способности образовывать химические связи, реактивности в отношении к воде.

Большая часть неорганических веществ в организме находится в виде солей или ионов. Из катионов наиболее важными являются K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , а из анионов $H_2PO_4^-$, HCO_3^- .

Концентрация ионов неодинакова в различных частях клетки и, особенно в клетке и окружающей ее внеклеточной среде. Так, концентрация ионов натрия всегда во много раз выше во внеклеточной среде, чем в клетке, а ионов калия и магния внутри клетки. От концентрации солей внутри клетки зависят буферные свойства цитоплазмы, т.е. способность клетки сохранять определенную концентрацию водородных ионов. В клетке поддерживается слабощелочная реакция (рН 7,2).

4.4.3 Процесс поступления воды в клетки и ткани организма

Вода поглощается преимущественно путем осмоса. Осмос — это диффузия

воды через полупроницаемую мембрану, вызванная разностью концентраций. Если клетку поместить в воду (гипотонический раствор), то создается градиент водного потенциала: снаружи концентрация воды будет значительно выше, чем внутри. В силу этого вода поступает внутрь клетки по градиенту своей концентрации. В гипертоническом (более концентрированном) растворе вода под действием осмотических сил выходит из клетки. Эритроциты в таком растворе сморщиваются и разрушаются.

Движение молекул воды через мембрану можно приостановить, приложив к раствору определенное внешнее давление, получившее название осмотического давления. Оно вызывается стремлением молекулы воды пройти сквозь полупроницаемую мембрану и выровнять концентрацию воды по обе ее стороны. Следовательно, чем выше концентрация раствора, тем большую силу надо приложить для того, чтобы воспрепятствовать проникновению воды в раствор через полупроницаемую мембрану. Поэтому более концентрированный раствор обладает большим осмотическим давлением по сравнению с разбавленным и сильнее поглощает воду из окружающего раствора. Эта сила количественно равна осмотическому давлению внутриклеточной жидкости. Разбуханию клетки противодействует сопротивление клеточной стенки, получившее название тургорного давления. По мере поступления воды осмотическое давление P и сосущая сила уменьшаются, а тургорное давление T возрастает до тех пор, пока они не уравниваются друг друга. Затем поглощение воды прекращается. Эта зависимость выражается следующим уравнением $T = P$

В случае полного насыщения клетки водой тургорное давление равно осмотическому, вследствие чего сосущая сила будет равна нулю и поступление воды в клетку прекращается.

Плазматическая мембрана хорошо проницаема для веществ, растворенных в липидах. Поступление в клетку различных ионов, простых сахаров, аминокислот осуществляется путем облегченной диффузии при участии специальных белков — переносчиков, содержащихся в клеточной мембране. Такие транспортные белки способны связывать субстраты и без затраты энергии, т.е. пассивно транспортировать их через мембрану по градиенту концентрации. Это главный механизм избирательной проницаемости мембраны.

В отличие от облегченной диффузии активный транспорт веществ осуществляется против их градиентов концентрации. В этом случае для переноса протонов или неорганических ионов через мембрану требуется энергия, источником которой служит АТФ.

Механизмы активного поглощения существуют только для ионов питательных веществ; следовательно, клетка обладает определенной избирательной способностью по отношению к различным ионам. Остальные ионы, проникают в клетку в соответствии с градиентом их электрохимического потенциала и проницаемостью мембраны. Макромолекулы проникают внутрь клетки путем фагоцитоза (поглощение твердых веществ) и пиноцитоза (поглощение жидкостей).

4.5 Витамины

Витамины — это органические вещества, которым свойственна высокая биологическая активность. Они имеют различное химическое строение. В организме человека большинство витаминов не синтезируются или синтезируются недостаточно, поэтому они должны поступать с пищей.

Витамины относятся к разным видам соединений и выполняют катализирующую роль в обмене веществ, чаще являясь составной частью ферментных систем. Таким образом, витамины — это регуляторные вещества.

Источником витаминов служат пищевые продукты растительного и животного происхождения. В пищевых продуктах они могут находиться в активной или неактивной форме (провитамины). В последнем случае они в организме переходят в активное состояние. Некоторые витамины могут синтезироваться микрофлорой кишечника.

В настоящее время известно около 40 витаминов. Они делятся на жирорастворимые (А, D, Е, К) и водорастворимые (В₁, В₂, В₅, В₆, В₁₂, С, РР и др.). Источником жирорастворимых витаминов являются продукты животного происхождения, растительные масла и частично зеленые листья овощей. Носители водорастворимых витаминов — пищевые продукты растительного происхождения (зерновые и бобовые культуры, овощи, свежие фрукты, ягоды) и в меньшей степени продукты животного происхождения. Однако основным источником никотиновой кислоты или цианокобаламина являются продукты животного происхождения. Одни витамины устойчивы к разрушению, другие превращаются в неактивную форму при хранении и термической обработке.

Недостаточное поступление в организм суточной дозы одного или группы витаминов вызывает нарушение обмена веществ и приводит к заболеванию. При снижении поступления витаминов с пищей или нарушении их всасывания появляются признаки гиповитаминоза, а при полном их отсутствии наступает авитаминоз. Различные нарушения функций организма проявляются при авитаминозах. Они связаны с разнообразным участием витаминов в регуляторных процессах. Витамины участвуют в регуляции промежуточного обмена и клеточного дыхания (витамины группы В, никотиновая кислота); в синтезе жирных кислот, стероидных гормонов (пантотеновая кислота), нуклеиновых кислот (фолиевая кислота, цианокобаламин); в регуляции процессов фоторецепции и размножения (ретинол); обмена кальция и фосфора (кальциферол); окислительно-восстановительных процессах (аскорбиновая кислота, токоферолы); в гемопоэзе и синтезе факторов свертывания крови (филлохиноны) и др.

Некоторые вещества обладают свойствами витаминов, например парааминобензойная кислота, инозит, пангамовая кислота, витамин U, липоевая кислота и др.

В ряде случаев суточная потребность в водорастворимых и жирорастворимых витаминах колеблется от 2 мкг (цианокобаламин) до 50—100 мг (аскорбиновая кислота) и 200 г (фолиевая кислота).

Суточная потребность в витамине А у взрослого человека составляет 1 мг, а витамина D — 100 МЕ.

Известно, что водорастворимые витамины выполняют антиоксидантную функцию, а жирорастворимые участвуют в стабилизации биологических мембран, предохраняя их от окислительного разрушения.

4.6 Энергетический обмен и методы его определения

4.6.1 Различные формы проявления жизни всегда неразрывно связаны с превращением энергии. Энергетический обмен является свойством каждого живого организма. Богатые энергией вещества усваиваются, а конечные продукты обмена веществ с более низким содержанием энергии выделяются клетками. Согласно первому закону термодинамики, энергия не исчезает и не появляется, а только превращается из одной формы в другую. Живой организм должен получать энергию в доступной для него форме из окружающей среды и возвращать среде соответствующее количество энергии в форме, менее пригодной для дальнейшего использования.

Известно, что живой организм и окружающая среда образуют единую систему, между ними происходит непрерывный обмен энергией и веществами. Нормальная жизнедеятельность организма поддерживается регуляцией внутренних компонентов, требующих затраты энергии. Использование химической энергии в организме называют энергетическим обменом. Только он служит показателем общего состояния и физиологической активности организма.

Обменные (метаболические) процессы, при которых специфические элементы организма синтезируются из нутриентов пищи, называют **анаболизмом (ассимиляцией)**, а те метаболические процессы, при которых происходит распад структурных элементов организма или усвоение пищевых продуктов — **катаболизмом (диссимиляцией)**.

Энергия необходима и для осуществления большинства функций живого организма (поглощение веществ, двигательные реакции, биосинтез жизненно важных соединений). Источником энергии в этих случаях служит АТФ — универсальный биологический аккумулятор энергии. В процессе энергетического обмена химическая энергия, заключенная в потребляемой пище, запасается в молекулах АТФ.

Аденозинфосфорные кислоты. Играют главную роль в биоэнергетике организма. Адениловый нуклеотид, к которому присоединены два остатка фосфорной кислоты называется аденозинтрифосфорной кислотой (АТФ). В химических связях между остатками фосфорной кислоты молекулы АТФ запасена энергия, которая освобождается при отщеплении органического фосфата:

$АТФ \rightarrow АДФ + Ф + Е$, где Ф — фермент, Е — освобождающаяся энергия.

В этой реакции образуется аденозиндифосфорная кислота (АДФ) — остаток молекулы АТФ и органический фосфат. Энергию АТФ все клетки используют для процессов биосинтеза, движения, производства тепла, нервных импульсов, т.е. для всех процессов жизнедеятельности.

Запас АТФ в клетке невелик. Так, в мышце запаса АТФ хватает на 20-30 сокращений. При усиленной, но кратковременной работе мышцы работают исключительно за счет расщепления содержащейся в них АТФ. После окончания

работы человек усиленно дышит — в этот период происходит расщепление углеводов и других веществ (происходит накопление энергии) и запас АТФ в клетках восстанавливается.

4.6.2. Значение биологического окисления

Реакция окисления - восстановления состоит в перемещении электронов водорода от одних атомов или молекул к другим. Потерю электронов каким-либо атомом или молекулой водорода называют окислением, присоединение электронов или атомов водорода — восстановлением. Реакция окисления сопровождается выделением энергии.

Электроны в составе молекул органических соединений обладают большим запасом энергии, поскольку находятся на высоких энергетических уровнях этих молекул. Перемещаясь с высшего на более низкий энергетический уровень своей или иной молекулы или атома, электроны освобождают энергию. Широко распространенным конечным акцептором электронов служит кислород. В этом и состоит его главная биологическая роль.

Биологическое окисление органических веществ в клетках ведет к образованию воды и углекислого газа. Процессы биологического окисления протекают ступенчато при участии ряда ферментов и переносчиков электронов. Если при окислении органических веществ в процессе горения почти вся энергия выделяется в виде тепла, то при биологическом окислении около 50 % энергии превращается в энергию высокоэнергетических связей АТФ, а также иных молекул — носителей энергии. Оставшиеся 50 % энергии превращаются в тепло.

Поскольку процессы биологического окисления идут ступенчато, то электроны перемещаются по нисходящей «лестнице» переносчиков. При переходе со «ступеньки» на «ступеньку» выделяется порция энергии, достаточная для образования АТФ из АДФ. При таком ступенчатом переносе электрона выделяется также небольшая порция теплоты, которая успевает рассеиваться во внешней среде, не повреждая чувствительных к нагреванию белков и других веществ клетки. Выделяющаяся тепловая энергия служит теплокровным животным и человеку для поддержания постоянной температуры тела, которая большей частью значительно выше температуры внешней среды. У теплокровных животных количество выделяемого при этом тепла регулируется, возрастая при понижении внешней среды.

Первичным источником энергии в живых организмах является Солнце. Энергия, приносимая световыми квантами (фотонами), поглощается пигментом хлорофиллом, содержащимся в хлоропластах зеленых листьев, и накапливается в виде химической энергии в различных питательных веществах.

Клетки, называемые гетеротрофными (животные клетки), получают энергию из различных питательных веществ (углеводов, жиров и белков), синтезируемых автотрофными организмами. Энергия, содержащаяся в этих органических молекулах, освобождается главным образом в результате соединения их с кислородом воздуха (т.е. окисления) в процессе, называемом аэробным дыханием. Этот энергетический цикл у гетеротрофных организмов завершается выделением

углекислого газа и воды.

Клеточное дыхание — это окисление органических веществ, приводящее к получению химической энергии в форме аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Большинство клеток использует в первую очередь углеводы. Полисахариды вовлекаются в процесс дыхания лишь после того, как они будут гидролизованы до моносахаридов - глюкозы.

Жиры составляют «первый резерв» и пускаются в дело главным образом тогда, когда запас углеводов исчерпан. Однако в клетках скелетных мышц при наличии глюкозы и жирных кислот предпочтение отдается жирным кислотам.

Поскольку белки выполняют ряд других важных функций, они используются лишь после того, как будут израсходованы все запасы углеводов и жиров, например, при длительном голодании.

4.6.3 Этапы энергетического обмена

Единый процесс энергетического обмена можно условно разделить на три последовательных этапа:

Первый из них — подготовительный. На этом этапе высокомолекулярные органические вещества в цитоплазме под действием соответствующих ферментов расщепляются на мелкие молекулы: белки — на аминокислоты, полисахариды (крахмал, гликоген) — на моносахариды (глюкозу), жиры — на глицерин и жирные кислоты, нуклеиновые кислоты — на нуклеотиды и т.д. На этом этапе выделяется небольшое количество энергии, которая рассеивается в виде тепла.

Второй этап — бескислородный, или неполный. Образовавшиеся на подготовительном этапе вещества — глюкоза, аминокислоты и др. — подвергаются дальнейшему ферментативному распаду без доступа кислорода. Примером может служить ферментативное окисление глюкозы (гликолиз), которая является одним из основных источников энергии для всех живых организмов.

Гликолиз — многоступенчатый процесс расщепления глюкозы в анаэробных (бескислородных) условиях до пировиноградной кислоты (ПВК), а затем до молочной, уксусной, масляной кислот или этилового спирта, происходящий в цитоплазме клетки. Переносчиком электронов и протонов в этих окислительно-восстановительных реакциях служит никотинамидадениндинуклеотид (НАД) и его восстановленная форма – НАД.Н. Суммарная реакция гидролиза имеет следующий вид:



Продуктами гликолиза являются пировиноградная кислота, водород в форме НАД.Н и энергия в форме АТФ.

Третий этап энергетического обмена – стадия кислородного расщепления, или аэробного дыхания, происходит в митохондриях клеток. На этом этапе в процессе окисления важную роль играют ферменты, способные переносить электроны. Структуры, обеспечивающие прохождение третьего этапа, называют

цепью переноса электронов. Электроны от молекул-носителей энергии, как по ступеням, перемещаются по звеньям с более высокого энергетического уровня на менее высокий. Освобождающаяся энергия расходуется на зарядку молекул АТФ. Электроны молекул-носителей энергии, отдавшие энергию на «зарядку» АТФ, соединяются в конечном итоге с кислородом. В результате такой реакции образуется вода. В цепи переноса электронов кислород – конечный приемник электронов.

Таким образом, кислород нужен всем живым существам в качестве конечного приемника электронов. Кислород обеспечивает разность потенциалов в цепи переноса электронов и как бы притягивает электроны с высоких энергетических уровней молекул — носителей энергии на свой низкоэнергетический уровень. По пути происходит синтез богатых энергией молекул АТФ.

4.6.4 Основной обмен и методы его определения

Все энергетические процессы, протекающие с участием кислорода, образуют систему **аэробного обмена**. Выделение энергии без кислорода называется **анаэробным обменом**. Накопление энергии происходит главным образом в высокоэнергетических фосфатных связях АТФ. АТФ служит также средством переноса энергии поскольку диффундирует в те места, где необходима энергия. В свою очередь образование и распад АТФ связаны с процессами, на которые необходимо затратить энергию. При необходимости в энергии путем гидролиза разрывается связь фосфатной группы и высвобождается находящаяся в ней химическая энергия, полученная потенциальная энергия затем превращается в кинетическую, механическую, химическую, осмотическую и электрическую работу. Часть энергии используется для поддержания постоянства внутреннего состояния организма, синтеза новых веществ, обновления и строения клеток, сокращения мышц, проведения нервных импульсов.

Количество энергии, выделяемой при сгорании какого-либо вещества, не зависит от этапов его распада. Известно, что углеводы и белки дают в среднем около 17,16 кДж/г (4,1 ккал/г) энергии. Самой высокой энергетической способностью обладают жиры: 1 г жира дает 38 кДж/г (9,3 ккал/г) энергии, что больше количества энергии, выделяемой при окислении белков и углеводов, вместе взятых.

Энергетический обмен живого организма складывается из основного обмена и рабочей прибавки к основному обмену. Количество энергии, расходуемой организмом в состоянии покоя и натошак, называется: **основным обменом**. Основной обмен определяют утром (при этом пациент находится в состоянии покоя — в положении лежа), при температурном комфорте от 18 до 20°C, натошак, через 12 ч после принятия пищи, при исключении из пищи белков за 2—3 суток до исследования. Основной обмен выражают в килокалориях (ккал) или килоджоулях (кДж), выделенных организмом при указанных условиях на 1 кг массы тела либо на 1 м² поверхности тела за 1 ч или за сутки.

Основной обмен в значительной степени зависит от функций нервной и эндокринной систем, физиологического состояния внутренних органов, а также от

внешних влияний на организм. Уровень основного обмена может изменяться при недостаточном или избытке питания, продолжительной физической нагрузке, изменениях климатических условий и др. У разных людей величина основного обмена зависит главным образом от возраста, массы тела, пола, роста. Причем у женщин он на 10—15 % ниже, чем у мужчин. У детей он выше, чем у взрослых; у пожилых людей уровень основного обмена снижается.

Рабочая прибавка — это повышение энергетического обмена выше основного объема. Факторы, при которых увеличивается расход энергии — прием пищи, изменения внешней температуры и мышечная работа.

Основной обмен нарушается при заболеваниях эндокринных желез. Например, при гиперфункции щитовидной железы он может увеличиться на 150 % от нормы, а при гипофункции снижается. Значительные изменения наблюдаются при патологии гипофиза, регулирующего деятельность периферических желез внутренней секреции.

Для определения интенсивности обмена веществ и энергии используют прямые и непрямые методы калориметрии. **Метод прямой калориметрии** основан на непосредственном определении тепла, выделяемого в процессе жизнедеятельности организма. Для этого человека помещают в специальную калориметрическую камеру, в которой учитывается все количество тепла, отдаваемого телом человека. Метод применяется в научно-исследовательских целях.

На практике чаще используют **метод непрямой калориметрии**. Суть его заключается в том, что вначале определяют объем легочной вентиляции, а затем количество поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа.

Отношение объема выделенного углекислого газа к объему поглощенного организмом кислорода называется **дыхательным коэффициентом**. По величине последнего можно судить о характере окислительных процессов в организме. Так, при окислении углеводов дыхательный коэффициент равен 1, для белков дыхательный коэффициент равен 0,8, при окислении жиров — 0,7. В результате большого содержания в жирах и белках внутримолекулярного кислорода для их окисления потребуется больше кислорода-окислителя: на 1г белков - 0,97 л, а на 1г жиров 2,03 л.

Определить расход энергии можно и по газообмену. Количество тепла, освобождаемого в организме при использовании 1 л кислорода (**калориметрический эквивалент кислорода**), зависит от того, на окисление каких веществ использовался кислород. Калориметрический эквивалент кислорода для окисления углеводов равен 21,13 кДж (5,05 ккал), белков — 20,1 кДж (4,8 ккал), жиров — 19,62 кДж (4,686 ккал).

Интенсивность обменных процессов в значительной степени зависит от величины физической нагрузки. Уровень обмена веществ при очень низкой активности («относительный покой» индивидуума) составляет примерно 9600 кДж/сут (2300 ккал/сут) для мужчин и 2000 ккал/сут для женщин. Уровень нагрузки при физической работе может быть оценен по затраченной энергии и выражаться при помощи так называемой ступенчатой энергетической шкалы, соседние ступени которой отстоят одна от другой на 2000 кДж. Так, при легкой

работе интенсивность обменных процессов достигает 12 000 кДж/сут (2800 ккал/сут), при умеренной — 22 000 кДж/сут (5200 ккал/сут), при тяжелой— 42 000 кДж (10 000 ккал/сут).

4.6.5 Методы расчета основного обмена

Основной обмен может быть определен **по таблицам расчетным методом**. Наиболее часто используются специальные таблицы (Приложение А), по которым можно определить среднестатистический уровень основного обмена человека, учитывая его рост, возраст, массу тела. Сравнив эти среднестатистические данные с результатами, полученными при исследовании рабочего обмена при помощи приборов, можно вычислить затраты энергии, необходимые для выполнения той или иной нагрузки. С помощью ростомера и весов измеряют рост и массу исследуемого. Если обследуемый взвешивается в одежде, то необходимо снизить полученную массу тела на 1 кг.

Таблицами пользуются следующим образом. Если, например, исследуемый 27-летний мужчина имеет рост 172 см и весит 65 кг, то по таблицам для определения основного обмена у мужчин (приложение А) рядом со значением массы исследуемого находят цифру 960. В Приложении А по горизонтали находят возраст (27 лет), а по вертикали — рост (172 см); на пересечении граф возраста и роста находится число 678. По сумме двух чисел ($960 + 678 = 1638$) получают среднестатистическое значение нормального основного обмена мужчины определенного возраста, роста и массы тела — 1638 ккал.

4.6.6 Вычисление уровня основного обмена по формуле Рида

Формула Рида дает возможность вычислить процент отклонения величины основного обмена от нормы. Эта формула основана на взаимосвязи между артериальным давлением, частотой пульса и теплопродукцией организма.

У исследуемого определяют частоту пульса с помощью секундомера и артериальное давление по способу Короткова 3 раза с промежутками в 2 мин при выполнении условий, необходимых для расчета основного обмена. Процент отклонений (ПО) основного обмена от нормы определяют по формуле Рида:

$$ПО = 0,75 (ЧП + ПД \cdot 0,74) - 72,$$

где ЧП — частота пульса;

ПД — пульсовое давление (разница между величиной систолического и диастолического давления).

Цифровые значения частоты пульса и артериального давления определяют как среднее арифметическое из трех измерений.

Пример расчета. Пульс 75 ударов в минуту, артериальное давление 120/80 мм.рт.ст.

$$ПО = 0,75 [75 + (120 - 80) \cdot 0,74] - 72 = 0,75 (75 + 40 \cdot 0,74) - 72 = 6,45.$$

Таким образом, основной обмен у исследуемого увеличен на 6,45 % и находится в пределах нормы.

4.6.7 Метод определения общего обмена

У человека общий обмен (О) складывается из основного обмена и рабочей прибавки: где Р – основной обмен, а К - рабочая прибавка: $O = P + K$.

Рабочая прибавка включает в себя энергозатраты организма на физическую активность и пищеварение. Формула, по которой можно определить энергозатраты Q, совершаемые человеком в 1 минуту, по частоте сердечных сокращений – ЧСС следующая:

$Q = 2,09 \times (0,2 \times \text{ЧСС} - 11,3)$, к Дж (коэффициент перерасчета энергозатрат в ккалориях составляет 4,3)

4.7 Вопросы к практическому занятию

- 1) Дайте определение обмену веществ и энергии.
- 2) Расскажите о белковом обмене.
- 3) Что такое углеводный обмен? Как происходит его регуляция?
- 4) Расскажите о липидном обмене и его значении для организма человека.
- 5) Охарактеризуйте водный и минеральный обмен.
- 6) Роль витаминов в организме человека.
- 7) Расскажите о процессах образования энергии в организме и этапах энергетического обмена.
- 8) Что такое основной обмен?
- 9) Какие методы существуют для определения основного обмена?

5 Процессы саморегуляции в живом организме

Организм человека представляет собой целостную биологическую систему благодаря двум системам, которые участвуют в процессах управления. Это:

1) центральная нервная система, которая представлена головным и спинным мозгом;

2) вегетативная нервная система, которая при помощи гормонов и биологически активных веществ (БАВ) регулирует обменные процессы в организме.

Системы работают согласованно благодаря механизму саморегуляции физиологических функций. В процессе длительной эволюции живые организмы выработали в себе способность сохранять свой состав и свойства на относительно постоянном уровне независимо от меняющихся условий окружающей среды. Регуляция химической деятельности клетки достигается с помощью ряда процессов, среди которых особое значение имеет изменение структуры самой цитоплазмы, а также структуры и активности ферментов. Реакция зависит от температуры, степени кислотности, концентрации субстрата, присутствия в растворе некоторых макро- и микроэлементов. Например, пепсин активен в кислой среде, а при подщелачивании его активность падает и полностью восстанавливается только при подкислении. Аналогичная закономерность наблюдается и в случае снижения и повышения температуры. Эта способность к легкому изменению структурно-функциональной организации ферментов объясняет причину их низкой активности в одних условиях и высокой в других.

Одним из важнейших критериев живых систем является раздражимость — общебиологическая способность клеток и организмов реагировать на влияние факторов внешней среды (свет, температуру, механическое или химическое воздействие), которые выполняют роль «толчка», приводящего в действие внутренние механизмы саморегуляции.

Саморегуляция физиологических функций — это основной механизм поддержания жизнедеятельности организма на относительно постоянном уровне.

В живом организме различают три основных вида регуляции: нервную, гуморальную и местную.

Местная регуляция осуществляется за счет наличия в органах собственных рефлекторных дуг (например нутрии сердца) или накопления в органах и тканях продуктов обмена, которые и регулируют его деятельность. Локальное разрушение плазматической мембраны служит сигналом, запускающим процесс синтеза «строительного» материала — структурных белков и жиров; восстановление структуры мембраны прекращает интенсивный синтез этих веществ.

Гуморальная регуляция выполняется за счет воздействия на организм гормонов или медиаторов через специфические рецепторы, которые обладают избирательной чувствительностью только к одному виду гормонов или медиаторов. Гормоны или БАВ поступают в кровь, разносятся с ней по всему организму, но действуют только на специфические рецепторы. Если в органе или в клетке есть рецепторы, чувствительные к действию данного гормона или БАВ — орган отвечает на его воздействие. При отсутствии специфических рецепторов

прямое влияние этих веществ исключено. Так, повышение концентрации глюкозы в крови приводит к усилению выработки гормона поджелудочной железы — инсулина, уменьшающего содержание этого сахара в крови. После снижения уровня глюкозы в крови происходит замедленное выделение гормона.

Нервная регуляция представлена двумя видами:

- 1) соматической – это регуляция работы органов чувств и скелетной мускулатуры;
- 2) вегетативная – регуляция деятельности внутренних органов.

Общие вопросы саморегуляции были сформулированы в биологической кибернетике и отражены в теории функциональных систем выдающегося отечественного физиолога Петра Кузьмича Анохина.

Ещё в 30-е годы он предложил свою концепцию для объяснения механизма управления в живом организме и создал так называемую теорию функциональных систем (ФС).

Согласно данной теории любая ФС состоит из 5 основных компонентов (рисунок 8).

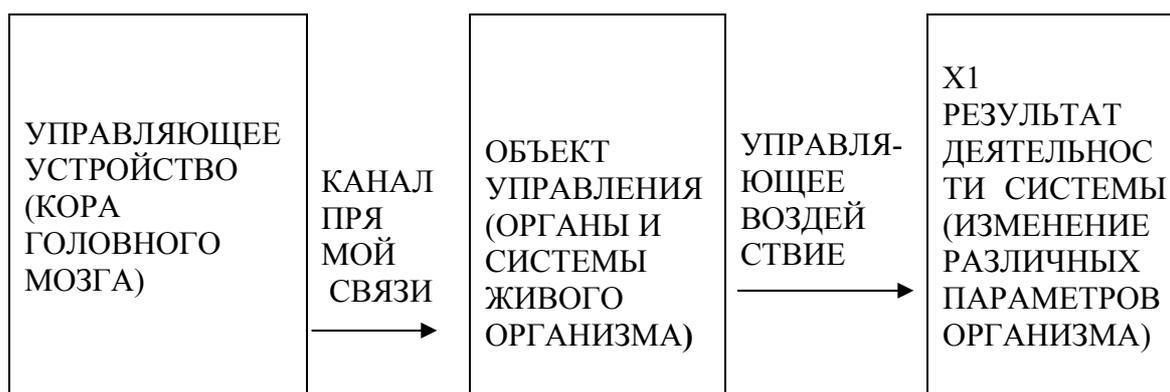


Рисунок 8- Общая схема управления процессами жизнедеятельности в организме

Это результат деятельности системы (X1), который является ведущим звеном функциональной системы, управляющее устройство, представленное центральной и вегетативной нервной системой, объект управления (органы и системы человеческого организма), а также каналы прямой и обратной связи, функцию которых выполняют нервные волокна.

Часть функциональных систем функционируют в организме постоянно в течение всей жизни, а некоторые создаются для выполнения сиюминутной задачи.

Процессы управления могут осуществляться по трём принципам: по рассогласованию (по ошибке), по возмущению, и по прогнозированию.

Таким образом, многочисленные биохимические реакции осуществляются по принципу саморегуляции: недостаток поступления каких-либо питательных веществ мобилизует внутренние ресурсы организма, а избыток вызывает запасание этих веществ. Благодаря саморегуляции количество всех химических

компонентов поддерживается в организме на постоянном уровне.

5.1 Вопросы к практическому занятию

- 1) Какие системы объединяют организм в единое целое.
- 2) Что такое саморегуляция физиологических функций.
- 3) Дайте понятие местной, гуморальной и нервной регуляции.
- 4) Назовите основные компоненты функциональной системы.

Список использованных источников

- 1 **Сапин, М.Р.** Анатомия и физиология детей и подростков/ М.Р. Сапин, З.Г. Брыксина. - М.: Изд. Центр «Академия», 2000.- 454 с.
- 2 **Обреимова, Н.И.** Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков/ Н.И. Обреимова, А.С. Петрухин. - М.: Изд. Центр «Академия», 2000.- 373 с.
- 3 **Покровский, В.М.** Физиология человека: учебник: в 2 т / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротько. - М.: медицина, 2001.- 2 т.
- 4 **Ткаченко, Б.И.** Физиологические основы здоровья человека: учеб. для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Ткаченко.- Санкт-Петербург, Архангельск: Издательский центр Северного государственного медицинского университета, 2001.- 728 с.
- 5 **Ткаченко, Б.И.** Основы физиологии человека. В 2 т. Т.2 / Б.И.Ткаченко. - СПб, 1994.- 412 с.
- 6 **Степашкин, В.Е.** Профессия и здоровье/ В.Е. Степашкин.- М.: [б.и.], 1996.-351 с.
- 7 **Воробьева, Н.В.** Анатомия силы/ Н.В. Воробьева, Ю.К. Сорокин. - М.: Ф и С, 1987.-80 с.
- 8 **Демидов, В.Н.** Как мы видим то, что мы видим/ В.Н. Демидов.- М.: Знание, 1979.- 208 с.
- 9 **Киричук, В.Ф.** Физиология желез внутренней секреции. Общие вопросы: учебно-методическое пособие/ В.Ф. Киричук. - Саратов: Издательство Саратовского университета, 1985.- 56 с.

Приложение А

(справочное)

Таблица для расчета основного обмена для мужчин

Таблица А.1 – Таблица для расчета основного обмена для мужчин

Масса, кг	Калории	А		Рост, см	Б														
		Масса, кг	Калории		Мужчины (возраст в годах)														
		17	19		21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45		
44	1076	85	1468	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	1085	86	1478	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	1095	87	1487	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	1105	88	1497	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48	1114	89	1506	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
49	1124	90	1516	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	1133	91	1525	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	1143	92	1535	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	1152	93	1544	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	1162	94	1554	76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	1172	95	1564	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	1181	96	1573	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	1191	97	1583	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	1200	98	1592	92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58	1210	99	1602	96	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	1219	100	1661	100	5	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	1229	101	1621	104	11	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	1238	102	1631	108	27	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	1248	103	1640	112	43	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	1258	104	1650	116	59	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64	1267	105	1659	120	75	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	1277	106	1669	124	101	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
66	1286	107	1678	128	107	98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
67	1296	108	1688	132	123	114	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
68	1305	109	1698	136	139	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
69	1315	110	1707	140	155	146	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	1325	111	1717	144	171	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
71	1334	112	1726	148	187	178	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
72	1344	113	1736	152	201	192	183	174	164	155	146	136	127	117	108	99	89	80	71
73	1353	114	1745	156	215	206	190	181	172	162	153	144	134	125	116	106	97	87	78
74	1363	115	1755	160	229	220	198	188	179	170	160	151	142	132	123	114	104	95	86
75	1372	116	1764	164	243	234	205	196	186	177	168	158	149	140	130	121	112	102	93
76	1382	117	1774	168	255	246	213	203	194	184	175	166	156	147	138	128	119	110	100
77	1391	118	1784	172	267	258	220	211	201	192	182	173	164	154	145	136	126	117	108
78	1401	119	1793	176	279	270	227	218	209	199	190	181	171	162	153	143	134	123	115
79	1411	120	1803	180	291	282	235	225	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132	124
80	1420	121	1812	184	303	294	242	233	223	214	204	195	186	177	167	158	149	139	130
81	1430	122	1822	188	313	304	250	240	231	221	215	203	193	184	175	165	156	147	137
82	1439	123	1831	192	322	314	257	248	238	229	220	210	201	191	182	173	163	154	145
83	1449	124	1841	196	332	324	264	255	245	236	227	218	208	199	190	180	171	161	152
84	1458	—	—	200	—	334	272	262	253	244	234	225	216	206	197	188	179	169	160