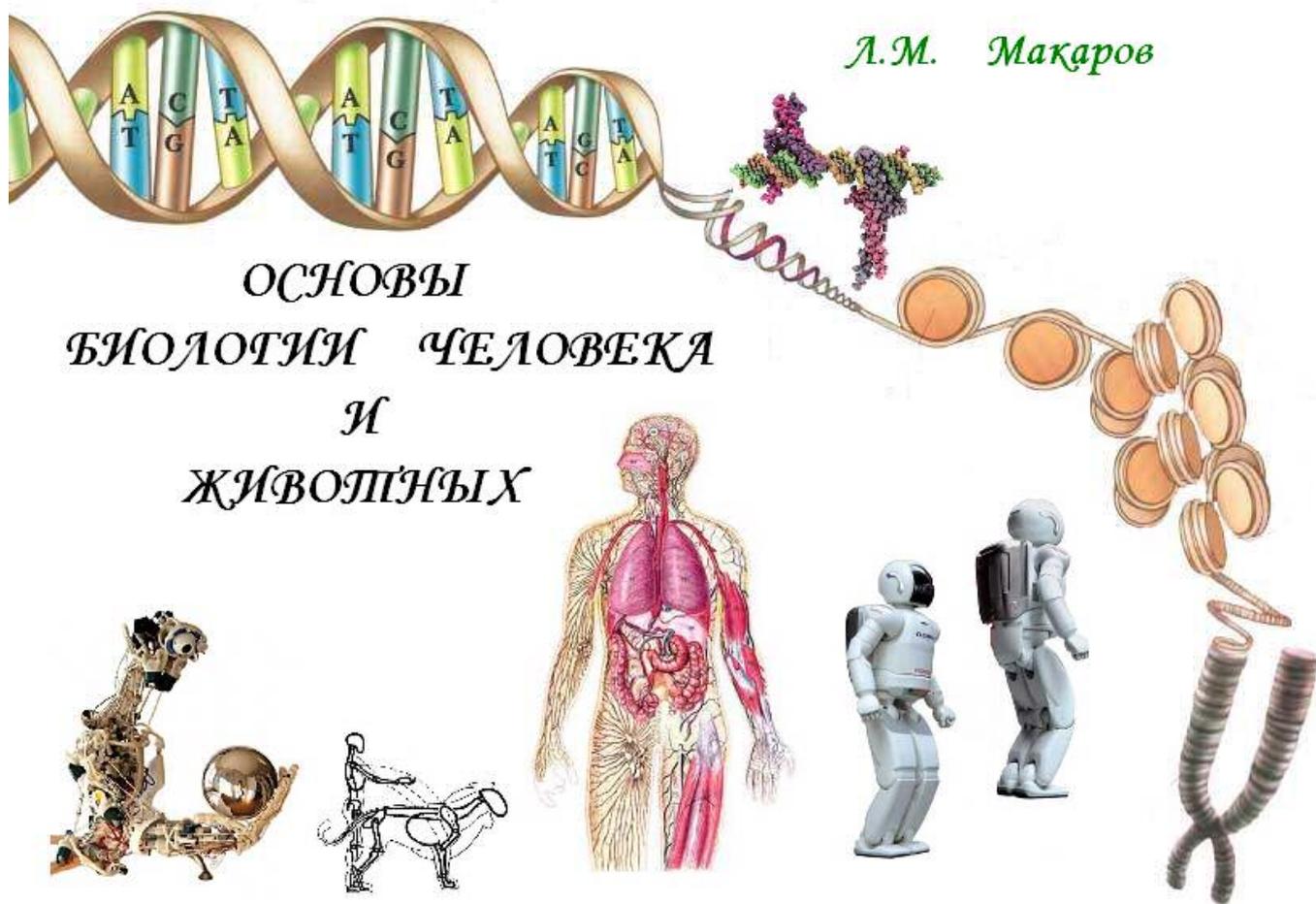


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»



Л.М. Макаров

**ОСНОВЫ
БИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА
И
ЖИВОТНЫХ**

Санкт Петербург
2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 1	3
Введение.....	3
Возникновение жизни на земле	5
Живая система	11
Эволюция	11
ЧАСТЬ 2 История становления биологии	15
Рационализм биологии	16
Естественнонаучные наблюдения	17
Греческая философия биологических знаний	18
Философия средиземноморья	19
Религия и биология	19
Возрождение биологии	20
Поиски естественных – Природных понятий.....	21
Зарождение научных основ биологии.....	22
Внутренняя среда организма и физиология	23
Инструментарий биологии	25
Теоретические основы биологии	26
ЧАСТЬ 3 Явление наследственности	28
Хромосомная теория наследственности	32
Законы наследственности.....	45
Генетический код организма.....	52
Генетический алгоритм	54
Нейронная сеть	55
ЧАСТЬ 4 Анатомия человека.....	57
Кости туловища	57
Кости головы	57
Скелет верхних конечностей.....	58
Скелет нижних конечностей	58
Общее анатомическое расположение внутренних органов	59
Топография внутренних органов	60
Позвоночник	60
Мышцы.....	61
ЧАСТЬ 5 Подсистемы организма	65
Пищеварительная система.....	65
Почки	66
Кровеносная и лимфатическая системы	72
Дыхательная система	79
Сенсорные системы.....	80
Зрительная система	82
Обонятельная система	84
Слуховая система	86
Соматосенсорная система	90
ЧАСТЬ 6 Сравнительная анатомия	91
Анатомия собаки	91
Анатомия кошки.....	91
Сравнительная характеристика классов позвоночных животных.....	94
Глоссарий	96
Литература	98

ЧАСТЬ 1

Введение

Современные представления о развитии живых организмов на Земле формировались в течение длительного времени. На протяжении многих сотен и десятков лет создавались воззрения на происхождение живых организмов, в частности, организм человека. На современном этапе понятие «биология человека» содержит множество представлений, созданных в смежных дисциплинах, например, антропологии. Антропология, как научная дисциплина, сформировалась в Древней Греции, где представляла совокупность научных дисциплин, занимающихся изучением человека как вида, его происхождением, развитием, существованием в природной (естественной) и культурной (искусственной) средах. На протяжении многих лет от К. Линнея до Ч. Дарвина постоянно поддерживалась творческая проблема систематизации живых организмов и описания принципов их развития.

Карл Линней родился 23 мая 1707 года, в Швеции, городе Росхульте. Карл Линней физиолог, был профессором медицины в университете города Упсала. Первый президент Шведской АН (с 1739), иностранный почетный член Петербургской АН (1754). Впервые последовательно применил бинарную номенклатуру и построил наиболее удачную искусственную классификацию растений и животных, описал около 1500 видов растений.

Карл Линней заведовал большим ботаническим садом, который был нужен университету для проведения научных исследований. Люди присылали ему растения и семена со всего света для выращивания в ботаническом саду. Именно благодаря интенсивному изучению этой огромной коллекции растений он сумел решить задачу систематизации всех живых существ — сегодня ее назвали бы задачей таксономии (систематики). В системе Линнея действительно все относится либо к животным, либо к растениям, либо к неживой природе (минералам).

На начальном уровне все живые существа делятся на пять царств — растения, животные, грибы и два царства одноклеточных организмов (безъядерных и содержащих в ядре ДНК). Такие пояснения о построении классификационной схемы Линнея можно дать сегодня, когда известна доминирующая роль в развитии вида ДНК, но в те времена это можно было отнести лишь к области догадок — озарения.

Далее каждое царство делится на типы. Например, в нервную систему человека входит длинный спинной мозг, образующийся из хорды. Это относит нас к типу хордовых. У большинства животных, обладающих спинным мозгом, он расположен внутри позвоночника. Эта большая группа хордовых называется подтипом позвоночных. Человек относится к этому подтипу. Наличие позвоночника — критерий, по которому позвоночные животные отличаются от беспозвоночных, то есть не имеющих позвоночного хребта (к ним относятся, например, крабы).

Следующая категория классификации — класс. Человек является представителем класса млекопитающих — теплокровных животных с шерстью, живородящих и выкармливающих своих детенышей молоком. Этот уровень различает человека и таких животных, как пресмыкающиеся и птицы. Следующая категория — отряд. Мы относимся к отряду приматов — животных с бинокулярным зрением и руками и ногами, приспособленными для хватания. Классификация человека как относящегося к приматам отличает нас от других млекопитающих — таких, например, как собаки и жирафы.

Следующие две категории классификации — семейство и род. Мы относимся к семейству гоминид и роду *Homo*. Впрочем, это разграничение мало что значит для нас, поскольку других представителей нашего семейства и нашего рода больше нет (хотя в прошлом они существовали). У большинства животных каждый род содержит несколько представителей. Например, белый медведь — это *Ursus maritimus*, а медведь гризли — *Ursus horribilis*. Оба эти медведя относятся к одному роду (*Ursus*), но к разным видам — они не скрещиваются.

Последняя категория в классификации Линнея — вид — обычно определяется как популяция особей, которые могут скрещиваться между собой. Человек относится к виду *sapiens*.

При описании животных принято указывать род и вид. Поэтому человек классифицируется как *Homo sapiens* («Человек разумный»). Это не означает, что другие категории классификации не важны — они просто подразумеваются, когда говорят о роде и виде. Главный вклад Линнея в науку состоит в том, что он применил и ввел в употребление так называемую **бинарную номенклатуру**.

түрү, согласно которой каждый объект классификации обозначается двумя латинскими названиями — родовым и видовым.

Классифицируя таким способом живую природу, система Линнея определяет каждому организму свое собственное уникальное место в мире живых существ. Но успех зависит в первую очередь от того, насколько правильно систематик выделит важные физические характеристики, и здесь возможны неверные суждения и даже ошибки — Линней, к примеру, отнес бегемота к отряду грызунов! В настоящее время при систематизации все больше учитывается генетический код отдельных организмов или история их эволюции — генеалогическое древо.

Как известно еще со школьной скамьи, первую последовательную и непротиворечивую теорию эволюции в начале XIX века разработал Жан Батист Ламарк. Жан Батист Пьер Антуан де Моне Ламарк (1 августа 1744 — 18 декабря 1829) — французский учёный-естествоиспытатель. Ламарк стал первым биологом, который попытался создать стройную и целостную теорию эволюции живого мира (Теория Ламарка).

Неоценённая современниками, полвека спустя его теория стала предметом горячих дискуссий, которые не прекратились и в наше время. Важным трудом Ламарка стала книга «Философия зоологии» (1809 год). Надо признать, что ламаркизм, как эволюционная концепция, основывающаяся на теории, выдвинутой в начале XIX века Ламарком в трактате Философия зоологии.

Взгляды Ламарка достаточно сложны для понимания, поскольку базируются на ряде совершенно неинтерпретируемых в рамках современной науки концепций XVIII века (первично сотворённые Богом материя как пассивное начало и природа как порядок и энергия для его осуществления; концепция пяти элементов, из которых важнейшую роль играет эфир, в виде «тонких флюидов» циркулирующий в органических телах; постоянное самопроизвольное зарождение жизни, в том числе ее сложных форм, из неорганической и органической материи; отрицание вымирания видов; отрицание наличия нервной системы и полового размножения у «низших животных» и т. п.). В связи с этим, современный «ламаркизм» напоминает их лишь в самых общих чертах. В широком смысле к ламаркистским относят различные эволюционные теории (в основном, возникшие в XIX — первой трети XX веков), в которых в качестве основной движущей силы эволюции (изменения видов) рассматривается внутренне присущее организмам стремление к **совершенствованию**.

Идеи, так или иначе оперирующие понятиями совершенства, описанные в работе Ламарка, активно обсуждаются и сегодня. Замечательный палеонтолог, эволюционист и философ Пьер Тейяр де Шарден, один из тех, кто открыл знаменитого пекинского синантропа, полагал, что повышение уровня организации живых существ, неуклонно происходящее в ходе эволюции, не может быть объяснено отбором случайных, ненаправленных мутаций и служит доказательством присутствия какой-то особой направляющей силы. Он называл ее радиальной энергией, потому что, по его мнению, она движет эволюцию к некому абсолютному средоточию, или центру — «точке Омега».

Последователем теории Ламарка явилось учение Ч. Дарвина. Впервые основные положения этой теории были представлены на суд научной общественности 1 июля 1858 г., когда на заседании Линнеевского общества были зачитаны отрывки из рукописей Дарвина и очерк Альфреда Рассела Уоллеса, пришедшего независимо к тем же, что и Дарвин, выводам о механизме происхождения видов. 20 августа 1858 г. эти тексты были опубликованы в трудах Линнеевского общества под общим заголовком.

В настоящее время, по истечению не одного десятка лет можно задаться вопросом - Что же изменил Дарвин в теории Ламарка? Он отказался от второй посылки своего предшественника — «тяги к совершенству» — и придумал такой механизм эволюционных изменений, которого теория Ламарка не предусматривала, — естественный отбор. Механизм естественного отбора основан на борьбе за существование (которая происходит оттого, что живые существа производят больше потомков, чем может выжить), изменчивости (ее причины Дарвин, не зная генетики, не мог сформулировать и принимал просто как данность) и наследственности, благодаря которой свойства, помогающие данной особи выжить, передаются ее потомству.

В силу странного стечения обстоятельств сейчас, противопоставляя дарвинизм ламаркизму, обычно имеют в виду вовсе не разное отношение авторов к идее «стремления к совершенству» и даже не принцип естественного отбора, т. е. вовсе не то, что действительно отличало взгляды двух

великих естествоиспытателей. Сложилось совершенно ошибочное мнение о том, что Дарвин якобы опроверг первый постулат Ламарка о наследовании приобретенных признаков и доказал, что наследуются только признаки врожденные.

На самом деле Дарвин вовсе не отвергал эту ламарковскую идею. Она многократно упоминается в его знаменитом «Происхождении видов» и признается им как очевидная. Более того, он даже развил ее, выдвинув теорию пангенеза (или пангенезиса).

Пангенезис — гипотеза наследования живыми организмами признаков, предшествующих поколений. Эта идея не нова. Близкие гипотезы наследственности выдвигали Гиппократ (5—4 в. до н. э.), Дж. Борелли (17 в.), Ж. Бюффон (18 в.). Для описания этой гипотезы Ч. Дарвин предположил, что в клетках организма образуются особые мельчайшие частицы (он назвал их геммулами, или пангенами), несущие информацию о тех изменениях, которые клетки претерпели в течение жизни. Геммулы с током крови разносятся по организму и в конце концов проникают в половые клетки. Таким образом, потомству передается информация о приобретенных признаках. Формально на этом этапе данное утверждение представляло лишь теоретический интерес — как мысль о возможностях организма. Постулат начал работать лишь по прошествии нескольких лет, в основном благодаря усилиям немецкого ученого Августа Вейсмана, которого и считают родоначальником неodarвинизма. Он показал, что если крысам из поколения в поколение отрубать хвосты, это не приводит к рождению бесхвостых крысят. На основании этих и других подобных экспериментов и был сформулирован главный принцип так называемого вейсмановского барьера: клетки тела (соматические клетки) не могут передавать информацию половым клеткам. В таком понимании информация о строении и функциональном развитии будущего организма закладывается лишь на уровне половых клеток, а не соматических клеток организма. Выделение информационной функции половых клеток послужило отправной точкой формирования информационной биологии, где важное место занимают структуры ДНК и РНК. Можно сказать, что с этого момента зарождается новое информационное направление в биологии, которое постоянно развивается.

Современные исследования организмов и поиск исторических связей в развитии того или другого вида проводят не только путем организации археологических экспедиций в далекие края, но и посредством проведения широко масштабных лабораторных исследований «крошечных» биологических образцов с помощью современной техники. Использование современных информационных технологий на основе достижений молекулярной и геномной биологии позволяет создавать новые лекарственные формы, а также воспроизводить диагностические и терапевтические процедуры.

Возникновение жизни на земле

Существует множество теорий о происхождении жизни на Земле, которые формировались в разные эпохи, где существовали свои научные взгляды на живое и окружающий мир.

Креационизм. Согласно этой религиозной гипотезе, имеющей древние корни, все существующее во Вселенной, в том числе жизнь, было создано единой Силой — Творцом в результате нескольких актов сверхъестественного творения в прошлом. Организмы, населяющие сегодня Землю, происходят от сотворенных по отдельности основных типов живых существ. Сотворенные виды были с самого начала превосходно организованы и наделены способностью к некоторой изменчивости в постоянно меняющейся среде обитания.

Процесс божественного сотворения мира представляется как имевший место лишь единожды и поэтому недоступный для наблюдения. В связи с этим гипотеза творения не может быть ни доказана, ни опровергнута и будет существовать всегда наряду с научными гипотезами происхождения жизни.

Гипотезы самозарождения. На протяжении тысячелетий люди верили в самопроизвольное зарождение жизни, считая его обычным способом появления живых существ из неживой материи. Полагали, что источником спонтанного зарождения служат либо неорганические соединения, либо гниющие органические остатки (концепция абиогенеза). Эта гипотеза была распростра-

нена в Древнем Китае, Вавилоне и Египте в качестве альтернативы креационизму, с которым она сосуществовала. Идея самозарождения высказывалась также философами Древней Греции и даже более ранними мыслителями, т.е. она, по-видимому, так же стара, как и само человечество. На протяжении столь длительной истории эта гипотеза видоизменялась, но по-прежнему оставалась ошибочной. Аристотель, которого часто провозглашают основателем биологии, писал, что лягушки и насекомые заводятся в сырой почве. В средние века многим «удавалось» наблюдать зарождение разнообразных живых существ, таких как насекомые, черви, угри, мыши, в разлагающихся или гниющих остатках организмов.

Эти «факты» считались весьма убедительными до тех пор, пока итальянский врач Франческо Реди (1626—1697) не подошел к проблеме возникновения жизни более строго и не подверг сомнению теорию спонтанного зарождения. В 1668 г. Реди проделал следующий опыт. Он поместил мертвых змей в разные сосуды, причем одни сосуды накрыл кисеей, а другие оставил открытыми. Налетевшие мухи отложили яйца на мертвых змеях в открытых сосудах; вскоре из яиц вывелись личинки. В накрытых сосудах личинок не оказалось (рис. 5.1). Таким образом, Реди доказал, что белые черви, появляющиеся в мясе змей, — личинки флорентийской мухи и что если мясо закрыть и предотвратить доступ мух, то оно не «произведет» червей. Опровергнув концепцию самозарождения, Реди высказал мысль о том, что жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни (концепция биогенеза).

Подобных взглядов придерживался и голландский ученый Антони ван Левенгук (1632—1723), который, используя микроскоп, открыл мельчайшие организмы, невидимые невооруженным глазом. Это были бактерии и протисты. Левенгук высказал мысль, что эти крошечные организмы, или «анималькулы», как он их называл, происходят от себе подобных.

Мнение Левенгука разделял итальянский ученый Ладзаро Спалланцани (1729—1799), который решил доказать опытным путем, что микроорганизмы, часто обнаруживаемые в мясном бульоне, самопроизвольно в нем не зарождаются. С этой целью он помещал жидкость, богатую органическими веществами (мясной бульон), в сосуды, кипятил эту жидкость на огне, после чего сосуды герметично запаивал. В итоге бульон в сосудах оставался чистым и свободным от микроорганизмов. Своими опытами Спалланцани доказал невозможность самопроизвольного зарождения микроорганизмов.

Противники этой точки зрения утверждали, что жизнь в колбах не возникала по той причине, что воздух в них во время кипячения портится, поэтому по-прежнему признавали гипотезу самозарождения.

Сокрушительный удар по этой гипотезе был нанесен в 19 в. французским ученым-микробиологом Луи Пастером (1822—1895) и английским биологом Джоном Тиндалем (1820—1893). Они показали, что бактерии распространяются по воздуху и что если в воздухе, попадающем в колбы с простерилизованным бульоном, их нет, то и в самом бульоне они не возникнут. Пастер пользовался для этого колбами с изогнутым S-образным горлышком, которое служило для бактерий ловушкой, тогда как воздух свободно проникал в колбу и выходил из нее (рис. 5.3). Тиндаль стерилизовал воздух, поступающий в колбы, пропуская его сквозь пламя или через вату. К концу 70-х гг. 19 в. практически все ученые признали, что живые организмы происходят только от других живых организмов, что означало возвращение к первоначальному вопросу: откуда же взялись первые организмы?

Гипотеза стационарного состояния. Согласно этой гипотезе Земля никогда не возникала, а существовала вечно и всегда была способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то очень мало. Все виды живых организмов также существовали всегда. Эту гипотезу называют иногда гипотезой этернизма (от лат. *eternus* — вечный).

Гипотеза этернизма была выдвинута немецким ученым В. Прейером в 1880 г. Взгляды Прейера поддерживал академик В.И. Вернадский, автор учения о биосфере.

Гипотеза панспермии. Гипотеза о появлении жизни на Земле в результате переноса с других планет неких зародышей жизни получила название панспермии (от греч. *pan* — весь, всякий и *sperma* — семя).

Эта гипотеза примыкает к гипотезе стационарного состояния. Ее приверженцы поддерживают мысль о вечном существовании жизни в КОСМОСЕ и выдвигают идею о внеземном ее происхождении. Одним из первых идею о космическом (внеземном) происхождении жизни высказал

немецкий ученый Г. Рихтер в 1865 г. Согласно Рихтеру жизнь на Земле не возникла из неорганических веществ, а была занесена с других планет. В связи с этим вставали вопросы, насколько возможно такое перенесение с одной планеты на другую и как это могло быть осуществлено. Ответы искали в первую очередь в физике, и неудивительно, что первыми защитниками этих взглядов выступили представители этой науки, выдающиеся ученые Г. Гельмгольц, С. Аррениус, Дж. Томсон, П.П. Лазарев и др.

Согласно представлениям Томсона и Гельмгольца споры бактерий и других организмов могли быть занесены на Землю с метеоритами. Лабораторные исследования подтверждают высокую устойчивость живых организмов к неблагоприятным воздействиям, в частности к низким температурам. Например, споры и семена растений не погибали даже при длительном выдерживании в жидком кислороде или азоте.

Другие ученые высказывали мысль о перенесении «спор жизни» на Землю светом. Современные приверженцы концепции панспермии (в числе которых — лауреат Нобелевской премии английский биофизик Ф. Крик) считают, что жизнь на Землю занесена случайно или преднамеренно космическими пришельцами. К гипотезе панспермии примыкает точка зрения астрономов Ч. Викрамасингха (Шри-Ланка) и Ф. Хойла (Великобритания). Они считают, что в космическом пространстве, в основном в газовых и пылевых облаках, в большом количестве присутствуют микроорганизмы, где они, по мнению ученых, и образуются. Далее эти микроорганизмы захватываются кометами, которые затем, проходя вблизи планет, «сеют зародыши жизни».

Абиогенное, или небиологическое, возникновение органических молекул из неорганических доказывали еще в 1924г. русский ученый академик Александр Иванович Опарин (1894 – 1980) и в 1929г. английский естествоиспытатель Джон Холдейн (1892 – 1964). Они исходили из того, что на первых этапах формирования Земля имела очень высокую температуру.

По мере остывания планеты тяжелые металлы перемещались к ее центру, а более легкие оставались на поверхности. Атмосфера состояла из свободного водорода и его соединений (H_2O , CH_4 , NH_3 , HCN), что служило предпосылкой возникновению органических молекул небиологическим путем. До начала 20в. многие ученые предполагали, что такие соединения могут возникать только в живых организмах, их называли органическими веществами в противоположность веществам неживой природы – минералам, названным неорганическими соединениями.

В 1953г. американский ученый Стенли Ллойд Миллер, пропуская электрические разряды напряжением до 60000В. через смесь H_2O , CH_4 , NH_3 , H_2 под давлением в несколько Па и температуре 80С получил простейшие жирные кислоты, мочевины, уксусную, муравьиную кислоты и несколько аминокислот – вещества, из которых строятся молекулы белков. Возможность абиогенного синтеза органических соединений подтверждается также тем, что они обнаружены в космическом пространстве.

Образование биологических полимеров. По мере смягчения условий на Земле стало возможным образование сложных органических соединений – полимеров. Не исключено, что синтез полимеров катализировался на поверхности минеральных глин. Экспериментально показано, что раствор аминокислоты аланина в водной среде в присутствии особого вида глинозема и АТФ может давать полимерные цепочки полиаланина. Органические молекулы имеют большую молекулярную массу и сложную пространственную конфигурацию. Такие высокомолекулярные комплексы, окруженные водной оболочкой, могут объединяться в коацерваты. Дальнейшая прогрессивная эволюция предбиологических структур могла происходить только при усложнении обменных процессов и в условиях пространственного разделения различных синтетических и энергетических процессов внутри коацерватов. Более прочную изоляцию внутренней среды от внешних воздействий могла осуществить лишь биологическая мембрана.

Формирование мембранных структур и первичных организмов (пробионтов). Вокруг коацерватов, богатых органическими соединениями, возникли слои липидов, отделивших коацерват от окружающей водной среды. Липиды преобразовались в ходе эволюции в наружную мем-

брану, существенно повысившую жизнеспособность и устойчивость организмов. Возникновение мембраны, обладающей способностью к избирательной проницаемости, содействовало развитию все более совершенных саморегулирующихся систем вплоть до возникновения первых клеток. Появляются первые примитивные безъядерные клетки – прокариоты. Первые живые организмы были гетеротрофными, они использовали в качестве энергии (пищи) органические соединения, находящиеся в растворенном виде в водах первичного океана.

Развитие жизни на Земле. Биологическая эволюция на Земле длится более 3 млрд. лет. С момента возникновения первых примитивных клеточных организмов благодаря естественному отбору появилось бесчисленное множество форм живых организмов. Историю Земли принято делить на промежутки времени – эры и периоды, границами которых являются крупные геологические события, связанные с историей развития планеты как космического тела. Геохронологическая история Земли состоит из нескольких эпох (эр).

Эон (зонотема)	Эра (эратема)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Начало, лет назад	Основные события	
Фанерозой	Кайнозой	Четвертичный (антропогеновый)	Голоцен	11,7 тыс.	Конец Ледникового Периода. Возникновение цивилизаций	
			Плейстоцен	2,588 млн.	Вымирание многих крупных млекопитающих. Появление современного человека	
		Неогеновый	Плиоцен	5,33 млн.		
			Миоцен	23,0 млн.		
		Палеогеновый	Олигоцен	33,9 ± 0,1 млн.	Появление первых человекообразных обезьян.	
			Эоцен	55,8 ± 0,2 млн.	Появление первых «современных» млекопитающих.	
			Палеоцен	65,5 ± 0,3 млн.		
		Мезозой	Меловой		145,5 ± 0,4 млн.	Первые плацентарные млекопитающие. Вымирание динозавров.
			Юрский		199,6 ± 0,6 млн.	Появление сумчатых млекопитающих и первых птиц. Расцвет динозавров.
			Триасовый		251,0 ± 0,4 млн.	Первые динозавры и яйцекладущие млекопитающие.
		Палеозой	Пермский		299,0 ± 0,8 млн.	Вымерло около 95 % всех существовавших видов (Массовое пермское вымирание).

		Каменноугольный	359,2 ± 2,8 млн.	Появление деревьев и пресмыкающихся.	
		Девонский	416,0 ± 2,5 млн.	Появление земноводных и споровых растений.	
		Силурийский	443,7 ± 1,5 млн.	Выход жизни на сушу: скорпионы; появление челюстноротых	
		Ордовикский	488,3 ± 1,7 млн.	Ракоскорпионы, первые сосудистые растения.	
		Кембрийский	542,0 ± 1,0 млн.	Появление большого количества новых групп организмов («Кембрийский взрыв»).	
До-кембрий	Протерозой	Неопротерозой	Эдиакарий	~635 млн.	Первые многоклеточные животные.
			Криогений	850 млн.	Одно из самых масштабных оледенений Земли
			Тоний	1,0 млрд.	Начало распада супер континентов
	Протерозой	Мезопротерозой	Стений	1,2 млрд.	Формирование Супер континента
			Эктазий	1,4 млрд.	Первые многоклеточные растения (красные водоросли)
			Калимий	1,6 млрд.	
	Протерозой	Палеопротерозой	Статерий	1,8 млрд.	
			Орозирий	2,05 млрд.	
			Риасий	2,3 млрд.	
			Сидерий	2,5 млрд.	Кислородная катастрофа
	Архей	Неоархей		2,8 млрд.	
		Мезоархей		3,2 млрд.	
		Палеоархей		3,6 млрд.	
Эоархей		4 млрд.	Появление примитивных одноклеточных организмов		
Катархей			~4,6 млрд.	~4,6 млрд. лет назад — формирование Земли.	

Чарльз Роберт Дарвин (англ. *Charles Robert Darwin*; 12 февраля 1809 — 19 апреля 1882) — английский натуралист и путешественник, одним из первых осознал и наглядно продемонстрировал, что все виды живых организмов эволюционируют во времени от общих предков. В своей теории, первое развернутое изложение которой было опубликовано в 1859 году в книге «Происхождение видов», основной движущей силой эволюции Дарвин назвал естественный отбор и неопределенную изменчивость. Существование эволюции было признано большинством ученых еще при жизни Дарвина, в то время как его теория естественного отбора как основное объяснение эволюции стала общепризнанной только в 30-х годах XX-го столетия с появлением синтетической теории эволюции

Синтетическая теория эволюции –СТЭ (также **современный эволюционный синтез**) — современная эволюционная теория, которая является синтезом различных дисциплин, прежде всего, **генетики** и дарвинизма. СТЭ также опирается на палеонтологию, систематику, молекулярную биологию, биофизику и биохимию.

Генетика (от греч. γενετικός — происходящий от кого-то) — наука о закономерностях наследственности и изменчивости. В зависимости от объекта исследования классифицируют генетику растений, животных, микроорганизмов, человека и другие; в зависимости от используемых методов других дисциплин — молекулярную генетику, экологическую генетику и другие. Идеи и методы генетики играют важную роль в медицине, сельском хозяйстве, микробиологической промышленности, а также в генетической инженерии.

Сегодня известно, что гены реально существуют. В научной среде существует несколько взглядов на биологический ген. Одни ученые его рассматривают как информационную наследственную единицу, а единицей естественного отбора является вид, группа, популяция или отдельный индивид. Другие ученые, как например Ричард Докинз в своей книге «Эгоистичный ген», рассматривают ген как единицу естественного отбора, а сам организм — как машину для выживания генов.

В настоящее время, в молекулярной биологии установлено, что гены — это участки ДНК, несущие какую-либо целостную информацию — о строении одной молекулы белка или одной молекулы РНК. Эти и другие функциональные молекулы определяют развитие, рост и функционирование организма.

С химической точки зрения ДНК — это длинная полимерная молекула, состоящая из повторяющихся блоков — нуклеотидов.

В ДНК встречается четыре вида азотистых оснований (аденин, гуанин, тимин и цитозин). Азотистые основания одной из цепей соединены с азотистыми основаниями другой цепи водородными связями согласно принципу комплементарности: аденин соединяется только с тимином, гуанин — только с цитозином. Последовательность нуклеотидов позволяет «кодировать» информацию о различных типах РНК, наиболее важными из которых являются информационные, или матричные (мРНК), рибосомальные (рРНК) и транспортные (тРНК). Все эти типы РНК синтезируются на матрице ДНК за счет копирования последовательности ДНК в последовательность РНК, синтезируемой в процессе транскрипции, и принимают участие в биосинтезе белков (процессе трансляции).

У эукариотических организмов ДНК свернута в хромосомы и находится в ядре клетки. Кроме того, собственная ДНК имеется внутри митохондрий и хлоропластов (у растений). У прокариот ДНК, как правило, замкнута в кольцо (бактериальная хромосома, или генофор) и находится в цитоплазме. Часто в клетках прокариот присутствует одна или несколько молекул ДНК меньшего размера — плазмид.

До Дарвина были два наиболее известных ученых, которые выдвинули две основные идеи о существовании вида. Одним из них был Карл Линнейн, он считал, что виды реально в природе существуют и они не изменяются (метафизические представления). Он так же предложил свою классификацию всех животных и растений. Наименьшей таксономической единицей он выбрал вид. Затем он объединил виды в роды, роды в отряды, отряды в классы. Кроме того он поделил

царство растений на 26 классов (по числу, длине и характеру срастания тычинок), а царство животных на 6 (четвероногие, птицы, гады, рыбы, насекомые, черви). Вторым ученым был Жан Батист Ламарк. Он считал, что виды постоянно изменяются, но они не вечны. Занимаясь систематикой он разделил всех животных на позвоночных и беспозвоночных, и распределил их на 14 классов по мере усложнения в строении нервной и кровеносной систем и расположил их на 6-и ступенях. Но все эти систематики были неправильны так как животные и растения были распределены по отдельным выбранным признакам.

Живая система

Живая система в условиях Земли - это открытая система, состоящая из органических веществ и их компонентов, основными из которых являются белки и нуклеиновые кислоты, обладающая единым метаболизмом, который обеспечивает ее саморегуляцию и самовоспроизведение.

Свойства или признаки живой системы:

- Химический состав - это органические вещества.
- Структурная сложность которая наблюдается на любом уровне от макромолекулы до биосферы.
- Открытая система. Взаимодействует с внешней средой. Обмен веществ и энергии, следовательно, через живую систему идет поток веществ и энергии.
- Метаболизм. Дыхание - частный случай.
- Характерен универсальный растворитель (Вода).
- Характерны реакции матричного синтеза. (ДНК, РНК, белков).
- Характерен универсальный генетический код.
- Характерен гомеостаз или постоянство внутренней среды.
- Миниатюризация. В наименьшем объеме наблюдается наибольшее количество функций.

Эволюция

Собственная родословная всегда интересовала людей больше, чем происхождение растений и животных. Попытки понять и объяснить, как возник человек, отражены в верованиях, легендах, сказаниях самых разных племен и народов. В решении этой проблемы особенно обостренно проявляется борьба материалистических и идеалистических взглядов. Долгое время научные знания были слишком отрывистыми и неполными, чтобы решить проблему происхождения человека. Лишь в 1857 году Ч. Дарвин высказал гипотезу, а в 1871 году в своем труде «Происхождение человека и половой отбор» убедительно доказал, что люди произошли от обезьяны, а не созданы актом божественного творения, как учит церковь. «Если мы не станем нарочито закрывать глаза, то при современном уровне знаний сможем приблизительно узнать наших прародителей, и нам незачем стыдиться их», - писал Ч. Дарвин.

Общность человека и позвоночных животных подтверждается общностью плана их строения: скелет, нервная система, системы кровообращения, дыхания, пищеварения. Особенно убедительно родство человека и животных обнаруживается при сравнении их эмбрионального развития. На его ранних этапах зародыш человека трудно отличить от зародышей других позвоночных животных. В возрасте 1,5 - 3 месяцев у него имеются жаберные щели, а позвоночник оканчивается хвостом. Очень долго сохраняется сходство зародышей человека и обезьяны. Специфические (видовые) человеческие особенности возникают лишь на самых поздних стадиях развития.

Рудименты и атавизмы служат важным свидетельством родства человека с животными. Рудиментов в теле человека около 90: копчиковая кость (остаток редуцированного хвоста); складка в уголке глаза (остаток мигательной перепонки); тонкие волосы на теле (остаток шерсти); отросток слепой кишки - аппендикс и др. Все эти рудименты бесполезны для человека и являются

наследием животных предков. К атавизмам (необычайно сильно развитым рудиментам) относятся наружный хвост, с которым очень редко, но рождаются люди; обильный волосяной покров на лице и теле; многососковость, сильно развитые клыки и др.

Общность плана строения, сходство зародышевого развития, рудименты, атавизмы - бесспорные доказательства животного происхождения человека и свидетельство того, что человек, как и животные, - результат длительного исторического развития органического мира.

По строению и физиологическим особенностям наиболее близкие родственники человека - человекообразные обезьяны, или антропоиды (от греч. антропос - человек). К ним относятся шимпанзе, горилла, орангутанг. О близком родстве между человеком и антропоидами свидетельствуют сходные детали строения: общий характер телосложения, редукция хвоста, хватательная кисть с плоскими ногтями и противопоставленным большим пальцем, форма глаз и ушей, одинаковое число резцов, клыков и коренных зубов; полная смена молочных зубов и многое другое. Очень важны черты физиологического сходства: общие группы крови, болезни (туберкулез, грипп, оспа, холера, СПИД, воспаление легких) и паразиты (например, головная вошь); обнаружена поразительная близость хромосомного аппарата. Диплоидное число хромосом (**2n**) у всех человекообразных обезьян - 48, у человека - 46. Различие в хромосомных числах обусловлено тем, что хромосома человека образована слиянием двух хромосом, гомологичных таковым у шимпанзе. Сравнение белков человека и шимпанзе показало, что в 44 белках последовательности аминокислот отличаются у них лишь на 1%. Многие белки человека и шимпанзе, например гормон роста, взаимозаменяемы.

Можно отметить, что эти факты, будучи определенным образом, систематизированы, создают основу для сомневающих в теории эволюции по Ч. Дарвину. Фактически признавая близость организма человека с другими человекоподобными организмами, отсутствует ответ на вопрос – каким образом произошел переход от человекоподобного организма к разумному существу. Все поиски переходных «природных форм» такого живого организма не имели успеха. Фактически создается впечатление, что на некотором историческом этапе развития жизни на Земле мгновенно возник разумный организм. Это дает повод обсуждать тему о «искусственном» воспроизведении разумного организма на основе человекоподобных организмов, например, шимпанзе.

Тщательное изучение высшей нервной деятельности человекообразных обезьян выявило близость этих животных к человеку и по ряду их поведенческих реакций. В этом отношении особенно показательна их способность использовать различные предметы в качестве простейших орудий. Наиболее близок человек к африканским человекообразным обезьянам --к горилле и особенно к шимпанзе. В ДНК человека и шимпанзе не менее 90% сходных генов. Изучение всех особенностей строения и развития показывает, что человек принадлежит к семейству Гоминиды отряда Приматы класса Млекопитающие. Однако между человеком и человекообразными обезьянами есть и коренные отличия. Только человеку присуще истинное прямохождение и связанные с этим особенности строения S-образного позвоночника с отчетливыми шейными и поясничными изгибами, низким расширенным тазом, уплощенной в переднезаднем направлении грудной клеткой, пропорциями конечностей (удлинение ног сравнительно с руками), сводчатой стопой с массивным и приведенным большим пальцем, а также особенности мускулатуры и расположения внутренних органов. Кисть человека способна выполнять самые разнообразные и высокоточные движения.

Череп человека более высокий и округленный, не имеет сплошных надбровных дуг; мозговая часть черепа в большей степени преобладает над лицевой, лоб высокий, челюсти слабые, с маленькими клыками, подбородочный выступ отчетливо выражен. Мозг человека примерно в 2,5 раза больше мозга человекообразных обезьян по объему.

У человека сильно развита кора больших полушарий мозга, в которых расположены важнейшие центры психики и речи. Только человек обладает членораздельной речью, в связи с этим для него характерно развитие лобной, теменной и височной долей мозга, наличие особого головного мускула в гортани и других анатомических особенностей.

Применение орудий труда резко уменьшило зависимость человека от природы, ослабило действие естественного отбора, В процессе труда (совместная охота, изготовление орудий) люди объединялись, что порождало необходимость общения и вело к возникновению речи как способа этого общения. Под влиянием труда и речи <мозг обезьяны постепенно превратился в челове-

ский мозг, который при всем сходстве с обезьяньим далеко превосходит его по величине и совершенству. Все условия материальной и духовной жизни современного человека есть продукт труда многих поколений людей.

Предпосылки антропогенеза. Предполагается, что общие предки человекообразных обезьян и человека - стадные узконосые обезьяны, жившие на деревьях в тропических лесах. Переход их к наземному образу жизни, вызванный похолоданием климата и вытеснением лесов степями, привел к прямо хождению. Выпрямленное положение тела и перенос центра тяжести вызвали перестройку дугообразного позвоночного столба, свойственного всем четвероногим животным, на S-образный, что придало ему гибкость. Образовалась сводчатая пружинящая стопа, расширился таз, грудная клетка стала шире и короче, челюстной аппарат легче и главное - передние конечности освободились от необходимости поддерживать тело, их движения стали более свободными и разнообразными, функции усложнились.

Переход от использования предметов к изготовлению орудий труда - рубеж между обезьяной и человеком. Эволюция руки шла путем естественного отбора мутаций, полезных для трудовой деятельности. Таким образом, рука не только орган труда, но и его продукт. Первыми орудиями труда были орудия охоты и рыболовства. Наряду с растительной стала шире использоваться более калорийная мясная пища. Приготовленная на огне пища уменьшила нагрузку на жевательный и пищеварительный аппараты, в связи, с чем потерял свое значение и постепенно исчез в процессе отбора теменной гребень, к которому у обезьян прикрепляются жевательные мышцы, стал короче кишечник.

Наряду с прямо хождением важнейшей предпосылкой антропогенеза явился стадный образ жизни, который по мере развития трудовой деятельности и необходимости обмениваться сигналами обусловил развитие членораздельной речи. Медленный отбор мутаций преобразовал неразвитую гортань и ротовой аппарат обезьян в органы речи человека. Первопричиной возникновения языка послужил общественно-трудовой процесс. Труд, а затем и членораздельная речь - те факторы, которые контролировали генетически обусловленную эволюцию мозга и органов чувств человека. А это, в свою очередь, привело к усложнению трудовой деятельности. Конкретные представления об окружающих предметах и явлениях обобщались в абстрактные понятия, развивались мыслительные и речевые способности. Формировалась высшая нервная деятельность, и развивалась членораздельная речь. Переход к прямо хождению, стадный образ жизни, высокий уровень развития мозга и психики, использование предметов в качестве орудий для охоты и защиты - те предпосылки очеловечивания, на основе которых развивались и совершенствовались трудовая деятельность, речь и мышление.

Предшественники человека. В начале кайнозоя, более 40 млн. лет назад, появились первые приматы. От них обособились несколько ветвей эволюции, приведших к современным человекообразным обезьянам, другим приматам и человеку. Современные человекообразные обезьяны - не предки человека, но происходят от общих с ним, уже вымерших предков - наземных человекообразных обезьян - дриопитеков. Они появились 17 - 18 млн. лет назад, в конце неогена, и вымерли около 8 млн. лет назад. Обитали в тропических лесах. Некоторые их популяции и положили, видимо, начало эволюции человека, его предшественникам - австралопитекам.

Австралопитеки (от лат. Australis - южный, греч. питекос - обезьяна) - вымершая группа гоминид (прямоходящих приматов). Их скелетные остатки найдены в Южной Африке. Эти двуногие существа размером с шимпанзе имели много черт, сближающих их с человеком (форма зубов, строение черепной коробки, форма таза). Однако размером мозга (650 см³) они не превосходили современных человекообразных обезьян. Раскопки последних 30 лет в Восточной Африке (Д. Лики и др.) показали, что австралопитеки жили свыше 5 млн. лет назад, а следовательно, для эволюции предков человека путем отбора было достаточно времени. Более поздние из австралопитеков явились, видимо, непосредственными предками людей. Они получили название <человек умелый>. По своему внешнему виду и строению человек умелый не отличался от человекообразных обезьян, но уже умел изготавливать примитивные режущие и рубящие орудия из гальки. Многие группы, вступив на путь очеловечивания и не закончив его, погибли в борьбе за существование. Естественный отбор способствовал выживанию особей и групп, обладающих навыками к трудовой деятельности.

Этапы становления человека. В эволюции человека (Номо) различают три этапа:

1. Древнейшие люди, к которым относятся питекантроп, синантроп и гейдельбергский человек (вид человек прямоходящий - *Homo erectus*).
2. Древние люди - неандертальцы (первые представители вида человек разумный - *Homo sapiens*).
3. Современные (новые) люди, включающие ископаемых кроманьонцев и современных людей (вид человек разумный - *Homo sapiens*).

Линия человека отделилась от общего с обезьянами ствола не ранее 10 и не позднее 6 млн. лет назад. Первые представители рода *Homo* появились около 2 млн. лет, а современный человек - не позднее 50 тыс. лет назад. Древнейшие следы трудовой деятельности датируются 2,5 - 2,8 млн. лет (орудия из Эфиопии). Многие популяции человека разумного не сменяли друг друга последовательно, а жили одновременно, ведя борьбу за существование и уничтожая более слабых.

Древнейшие люди жили 2 млн. - 500 тыс. лет назад.

Питекантроп - <обезьяночеловек>. Останки были обнаружены сначала на о. Ява в 1891 году Е. Дюбуа, а затем в ряде других мест. Питекантропы ходили на двух ногах, объем мозга у них увеличился, они пользовались примитивными орудиями труда в виде дубин и слегка обтесанных камней. Низкий лоб, мощные надбровные дуги, полусогнутое тело с обильным волосным покровом - все это указывало на их недавнее (обезьянье) прошлое.

Синантроп, останки которого найдены в 1927 - 1937 гг. в пещере близ Пекина, во многом сходен с питекантропом, это географический вариант человека прямоходящего. Синантропы уже умели поддерживать огонь.

Основным фактором эволюции древнейших людей был естественный отбор.

Древние люди характеризуют следующий этап антропогенеза, когда в эволюции начинают играть роль и социальные факторы: трудовая деятельность в группах, которыми они жили, совместная борьба за жизнь и развитие интеллекта. К ним относятся неандертальцы, останки которых были обнаружены в Европе, Азии, Африке. Свое название они получили по месту первой находки в долине р. Неандер (ФРГ). Неандертальцы жили в ледниковую эпоху 200 - 35 тыс. лет назад в пещерах, где постоянно поддерживали огонь, одевались в шкуры. Орудия труда неандертальцев много совершеннее и имеют некоторую специализацию: ножи, скребла, ударные орудия. Орудия труда имеют некоторую специализацию: ножи, скребла, ударные орудия. Настоящие название они получили по месту первой находки в долине р. Неандер (ФРГ). Неандертальцы жили группами по 50 - 100 человек. Мужчины коллективно охотились, женщины и дети собирали съедобные корни и плоды, старики изготавливали орудия. Последние неандертальцы жили среди первых современных людей, а затем были ими окончательно вытеснены. Часть ученых считают неандертальцев тупиковой ветвью эволюции гоминид, не участвовавшей в формировании современного человека.

Современные люди. Возникновение людей современного физического типа произошло относительно недавно, около 50 тыс. лет назад. Их останки найдены в Европе, Азии, Африке и Австралии. В гроте Кроманьон (Франция) было обнаружено сразу несколько скелетов ископаемых людей современного типа, которых и назвали кроманьонцами. Они обладали всем комплексом физических особенностей, который характерен для современного человека. Они обладали всем комплексом физических особенностей, который характерен для современного человека: развитая членораздельная речь, на что указывал развитый подбородочный выступ; строительство жилищ, первые зачатки искусства (наскальные рисунки), одежда украшения, совершенные костяные и каменные орудия труда, первые прирученные животные - все свидетельствует о том, что это настоящий человек, окончательно обособившийся от своих звероподобных предков. Неандертальцы, кроманьонцы и современные люди образуют один вид - *Homo sapiens* - человек разумный; этот вид сформировался не позднее 100 - 40 тыс. лет тому назад.

В эволюции кроманьонцев большое значение имели социальные факторы, неизмеримо выросла роль воспитания, передачи опыта.

Движущие силы антропогенеза. В эволюции человека - антропогенезе - важнейшая роль принадлежит не только биологическим факторам (изменчивость, наследственность, отбор), но и социальным (речь, накопленный опыт трудовой деятельности и общественного поведения). Особенности человека, обусловленные социальными факторами, не фиксируются генетически и передаются не по наследству, а в процессе воспитания и обучения. На первых этапах эволюции решающее значение имел отбор на большую приспособляемость к быстро меняющимся обстоятельствам. Однако впоследствии способность передавать из поколения в поколение генетические при-

обретения в виде разнообразной научно-технической и культурной информации стала играть все более важную роль, освобождая человека от жесткого контроля естественного отбора. Социальные закономерности приобрели важное значение в эволюции человека. Победителями в борьбе за существование оказывались не обязательно самые сильные, а те, кто сохранял слабых: детей - будущее популяции, стариков - хранителей информации о способах выжить (приемы охоты, изготовление орудий и т.п.). Победа популяций в борьбе за существование обеспечивалась не только силой и разумом, но и способностью жертвовать собой во имя семьи, племени. Человек - общественное существо, отличительной чертой которого является сознание, сформировавшееся на основе коллективного труда.

В эволюции человека разумные социальные отношения играют все возрастающую роль. Для людей современных ведущими и определяющими стали общественно-трудовые отношения. В этом качественное своеобразие эволюции человека.

ЧАСТЬ 2 История становления биологии

Анатомы раннего времени были священнослужителями, которые предсказывали судьбу королей и наций по форме и виду бараньей печени. Несомненно, в течение достаточно длительного времени была собрана полезная информация, даже если учесть подавляющее влияние суеверий. Человек, который бальзамировал мумии в Древнем Египте, разработал, располагая знаниями анатомии человека, Кодекс Хамураппи, который был написан в глубине вавилонской истории, приблизительно около 1920 г. до н. э., содержит правила регулирования различных медицинских аспектов, а значит, и тогда имелись врачи, знания которых, собранные поколениями практических наблюдений, оказывались полезными и служили во благо человечества. Тем не менее, пока человек верил, что Вселенная находится под абсолютной властью капризных демонов, пока люди чувствовали, что все естественное подчиняется сверхъестественному, прогресс науки шел медленно.

Лучшие умы могут, естественно, посвятить себя не изучению видимого мира, а попыткам через вдохновение или откровение достичь понимания невидимого управляющего нами мира, который находится как бы за кулисами видимого мира. Чтобы достичь уверенности, отдельным личностям пришлось отклонить этот вид познания и сконцентрироваться на изучении мира, который откроется благодаря разуму. Однако эти люди, погруженные во враждебную культуру, оставили свои имена незаписанными, а помыслы неразделенными. Древние греки оказались теми, кто первыми изменили такое положение вещей. Это были беспокойные, любопытные, многоречивые, интеллигентные люди, владеющие аргументацией и временами непочтительные к богам. Большинство же греков, подобно другим народам ранних столетий, жило среди невидимого мира богов и полубогов. Их боги выглядели привлекательнее, чем языческие божества других наций, но не менее детскими в своих мотивациях.

Болезни у греков считались, например, следствием стрел Аполлона, который мог быть подвержен беспричинному гневу по самому ничтожному поводу и легко умиловлен жертвоприношениями и соответствующей лестью. Около 600 г. до н. э. в Ионии на Эгейском побережье (территория современной Турции) ряд философов начали движение за переосмысление мира. Первым из них был Фалес (640-546 гг. до н. э.). Ионийские философы игнорировали сверхъестественное и полагали, что каждое событие имеет причину и частная причина неизбежно приводит к соответствующим последствиям, при этом не создавая опасности изменений по чьей-то капризной воле. Дальнейшее предположение заключалось в том, что «естественный закон», который управляет Вселенной, есть закон такого рода, что разум человека может охватить его и вывести из начальных принципов или из наблюдений.

Эта точка зрения возвеличивает значение исследования Вселенной, подразумевая, что человек может понять Вселенную. Если некто может работать, исходя из знания о законах, управляющих, например, движением Солнца, то этот человек избавлен от страха, что эти знания внезапно станут бесполезными, когда какой-нибудь Фазтон решит натянуть вожжи колесницы Солнца и повести ее поперек неба произвольным курсом. Мы мало знаем об этих ранних ионических философах: их труды утрачены, но имена пережили века, и центральное

ядро их учения сохранилось. Кроме того, Я философия «рационализма» (верование, что функционирование Вселенной может быть понято рассудком скорее, чем «откровением»), открытая ими, не умерла. Она пережила бурную юность и погибла вскоре после падения Римской империи, но так и не исчезла.

Рационализм биологии

Биология вступила в эру рационализма, когда внутреннюю механику тела животного стали изучать ради самого животного. Первым человеком, анатомировавшим животное просто для того, чтобы описать традиционно увиденное, считается **Алкмеон** (6 в. до н. э.).

Около 500 г. до н. э. Алкмеон описал нервы глаза и изучил структуру цыпленка, растущего внутри яйца. Его можно считать первым студентом анатомии (изучение структуры живого организма) и эмбриологии (изучение организма перед фактическим рождением). Алкмеон также описал узкую трубочку, которая соединяет среднее ухо с глоткой. Эти сведения *были упущены из виду последующими поколениями анатомов и переоткрыты позднее только спустя две тысячи лет.* Однако наиболее прославленное имя, связанное с истоками биологии, — это **Гиппократ** (460 — 370 гг. до н. э.). Фактически ничего не известно о самом этом человеке, кроме того, что он родился и жил на острове Кос близ Ионийского побережья. На этом острове был храм Асклепия, греческого бога медицины, наиболее близкий эквивалент сегодняшней медицинской школы; быть допущенным в него и стать священником значило нечто вроде получения современной медицинской степени.

Наибольшей заслугой Гиппократа перед биологией было сведение роли Асклепия к чисто почетной позиции. В представлениях Гиппократа не существует бога, покровительствующего медицине. Для **Гиппократа** здоровое тело — это тело, все органы и системы которого работают хорошо и гармонично, в то время как больное тело — такое, где гармония отсутствует. Задачей врача было внимательно наблюдать за порядком, чтобы подметить изъяны в работе организма, а затем предпринять соответствующие действия, чтобы эти изъяны скорректировать. Соответствующие действия не сводятся к молитвам или жертвоприношениям, изгнанию демонов или умиловивлению богов. Они состоят главным образом в предоставлении пациенту возможности отдыхать, надзираая за тем, чтобы он содержался в чистоте, дышал свежим воздухом и ел простую, здоровую пищу.

Любая форма излишества была связана с нарушением баланса в работе тела в том или ином отношении, так что требовалась умеренность во всем. Короче говоря, задача врача, по воззрениям Гиппократа, заключалась в том, чтобы дать естественный ход событиям, ибо тело имеет самокорректирующие устройства, которые могут использоваться для любой возможности работать. Приняв в расчет ограниченность познаний того времени в области медицины, эту точку зрения можно смело признать великолепной.

Гиппократ основал медицинскую школу, которая пережила столетия после его времени. Последователи этой школы помещали его почетное имя на своих трудах, так что сейчас невозможно сказать, какая из книг принадлежит самому Гиппократу. Например, Клятва Гиппократа, которая до сих пор цитируется при медицинских выпускных экзаменах в момент получения медицинской степени, вероятно, написана не им самим, а составлена спустя около шести столетий после его смерти. При этом самому Гиппократу приписывают одну из старейших работ, посвященную болезни эпилепсии. И это отличный пример проявления рационализма в биологии. Эпилепсия — это болезнь (пока не изученная всецело), основные проявления которой — расстройство функции мозга, при котором нарушен нормальный контроль мозга над телом.

При ее легких формах больной может неправильно интерпретировать смысл своих впечатлений и поэтому страдать галлюцинациями. При более осложненной форме мускулы внезапно выходят из-под контроля; эпилептик падает на землю и кричит, тело его спазматически двигается, иногда нанося себе жестокий вред. Эпилептические припадки продолжаются не очень долго, но нужно один раз увидеть это ужасное зрелище, чтобы понять серьезность заболевания. Случайные зрители, которые не понимают сложности нервной системы, находят легкое объяснение ужасному впечатлению: человек движется не по собственной воле, а потому, что некая сверхъестественная сила захватила контроль над его телом. Эпилеп-

тик одержим, и болезнь является «святой», потому что в ее течение вовлечены сверхъестественные сущности. В книге «О святой болезни», написанной около 400 г. до н. э., возможно самим Гиппократом, эта точка зрения резко критикуется. Гиппократ утверждает, что бессмысленно в общем случае приписывать болезням божественные причины и нет разумных поводов считать эпилепсию исключением. Эпилепсия, подобно другим болезням, имеет естественные причины и рациональное лечение. Если же причина неизвестна и лечение неопределенно, все-таки не следует изменять принципам. Вся современная наука подтверждает эту точку зрения, и, если некто настаивает на том, чтобы отыскать одну дату, одного человека и одну книгу, знаменующую начало биологии, этот человек может в таком случае указать дату 400 г. до н. э., человека Гиппократа и книгу «О святой болезни».

Естественнонаучные наблюдения

Греческая биология и, фактически, античная наука в целом достигли своего расцвета в лице **Аристотеля** (384 — 322 гг. до н. э.). Он был уроженцем Северной Греции и наставником Александра Великого. Лучшие дни Аристотеля наступили, однако, в его средние годы, когда он основал знаменитый Лицей в Афинах и преподавал там. Аристотель был самым многосторонним и совершенным из греческих философов. Он писал почти обо всех предметах, от физики до литературы, от политики до биологии. В поздние времена стали более прочим известны его труды по физике, имеющие дело главным образом со структурой и функционированием неодушевленной Вселенной; именно они, как показывают события нашего времени, почти полностью неверны. И все-таки именно биология, и в частности изучение морских созданий, была его первой и самой дорогой интеллектуальной любовью. Биологические книги Аристотеля оказались лучшими из всех его научных работ, авторитетны они и в наше время. Аристотель внимательно и аккуратно описывал внешний вид и привычные действия созданий (это было первым этапом естественной истории). В свой труд он включает около пятисот сортов или видов животных и указывает различия между ними. Этот список сам по себе тривиален, но Аристотель пошел дальше. Он признал, что различные животные могут быть сгруппированы в категории и что эта систематизация не обязательно будет устроена просто и легко. Например, легко разделить наземных животных на четырехногих творений (зверей), летающих пернатых творений (птиц) и остающихся разнообразных червей («vermin» — от латинского слова «червь»). Морские творения можно разделить огульно по признаку «еды». Сделав это, однако, не всегда легко сказать, какой категории может соответствовать отдельное создание.

Тщательные наблюдения за дельфином, выполненные Аристотелем, например, совершенно прояснили, что, хотя он рыбообразное творение, но если судить по внешнему виду и по поведению, то он совершенно нерыбообразное во многих важных отношениях. Дельфин имеет легкие и дышит воздухом; в отличие от рыбы он может утонуть, если держать его погруженным в воду. Дельфин теплокровный, а не холоднокровный, как обыкновенная рыба. Более важно, что он рождается, чтобы питаться молоком, а перед рождением питается через плаценту. Во всех этих отношениях дельфин подобен волосатым теплокровным животным суши — зверям. Эти подобия, как казалось Аристотелю, были существенны, чтобы сгруппировать китообразных (китов, дельфинов и морских свиней) скорее вместе со зверями полей, чем с рыбами морей. В этом Аристотель был на две тысячи лет впереди ученых своего времени, продолжавших в античный период и Средневековье группировать китообразных вместе с рыбами.

Аристотель был вполне современен и в своем делении чешуйчатых рыб на две группы: рыб с костным скелетом и рыб, подобных акулам, с хрящевым скелетом. Это тоже соответствовало современной точке зрения. В группировании видов животных и сравнении их с оставшимися во Вселенной отточенный ум Аристотеля не мог не систематизировать материал в порядке увеличения его сложности. Он видел природу развивающейся постепенными этапами вплоть до человека, который стоит (как это естественно думать для человека) на вершине творения. Таким образом, можно разделить Вселенную на четыре царства: неодушевленный мир почвы, моря и воздуха; мир растений над ним; мир животных, находящийся выше, и мир человека на вершине. Неодушевленный мир существует; мир растений не только существует, но и размножается; мир животных не только существует и размножается, но движется; и человек не только существует, размножается и движется, он может делать из наблюдений выводы. Более того, внутри каждого мира есть даль-

нейшие подразделения. Растения могут быть разделены на простые и более сложные; животные — на тех, которые имеют красную кровь, и тех, которые ее не имеют; животные без красной крови включают в свой состав в порядке возрастающей сложности губок, моллюсков, насекомых, ракообразных и осьминогов (по Аристотелю).

Животные с красной кровью находятся выше на шкале и включают рыб, рептилий, птиц и зверей. Аристотель знал, что на «лестнице жизни» нет резких ступеней, так что невозможно точно сказать, в какую группу может попасть конкретная порода. Поэтому очень простые растения, как кажется, едва ли могут обладать какими-либо атрибутами жизни. Простейшие животные (губки, например) могут быть подобны растениям и так далее. Аристотель нигде не показывает и намеков на предположение, что одна из форм жизни может медленно превратиться в другую; что творение, расположенное выше на лестнице, может подняться с более низкого места еще выше на ступень. Это концепция, в которой хранится ключ к современной теории эволюции, а Аристотель не был эволюционистом. Однако подготовка «лестницы жизни» неминуемо побуждает к тренировке мышления. Она, в свою очередь, ведет к эволюционной концепции, а Аристотель был основателем зоологии (изучения животных). Но насколько мы можем предположить, судя по его сохранившимся трудам, он, скорее всего, пренебрегал растениями, однако после смерти Аристотеля руководство его школой перешло к его ученику **Теофрасту** (372 — 287 гг. до н. э.), который заполнил место, освобожденное его учителем. Теофраст основал ботанику (науку о растениях), и в его трудах тщательно описаны 500 видов растений.

Греческая философия биологических знаний

После правления Александра Великого и его завоевания Персидской империи греческая культура быстро распространилась вдоль Средиземного моря. Египет подпал под владычество **Птолемея** (поднявшийся потомки одного из генералов Александра), и греки толпились во вновь созданной столице — городе Александрии. Птолемеи были первыми, кто основал и поддерживал Музей — ближайший античный эквивалент современных университетов, и александрийские ученые были знамениты своими открытиями в математике, астрономии, географии и физике. Менее важной в Александрии считалась биология, однако по меньшей мере два имени первого ранга прозвучали здесь. Это были Герофилус и его ученик Эрасистрат (расцвет около 250 г. до н. э). В христианские времена они были обвинены публично в рассечении человеческого тела как методе изучения анатомии. Возможно, они этого не делали.

Герофилус был первым, кто уделил адекватное внимание мозгу, который рассматривал как пристанище интеллекта (Алкмеон и Гиппократ также верили в это, но Аристотель не верил). Он чувствовал, что мозг не что иное, как орган, сконструированный для того, чтобы охладить кровь. Герофилус был способен делать различие между чувствительными нервами (которые получают ощущения) и моторными нервами (такими, которые вызывают мускульные движения). Он также делал различие между венами и артериями: первые пульсируют, а вторые — нет. Герофилус описал печень и селезенку, сетчатку глаза и первый отдел тонких кишок (которые мы теперь называем «двенадцатиперстной кишкой»). Он также описал яичники и простату железы в мужском организме.

Эрасистрат добавил к изучению мозга указание на деление мозга на большой (полушария) и меньший (мозжечок). Он, в частности, отметил морщинистую поверхность («извилистость») мозга и увидел, что у человека мозг больше, чем у других животных, а исходя из этого, связал извилины с интеллектом. После такого многообещающего начала, к сожалению, александрийская школа биологии впала в застой. Фактически вся греческая наука начала иссякать после приблизительно 200 г. до н. э. Она начала расцветать в течение четырех столетий, но, ведя последовательные войны против своих соотечественников, греки безрассудно растратили свою энергию и состояние. Они попали под македонское, а затем под римское владычество. Интересы их ученых все больше и больше поворачивались в сторону риторики, этики, философской морали. Они отворачивались от естественной философии — от рационального изучения природы, которое началось при ионийцах.

Биология, в частности, пострадала от этого, ибо рассматривалась как более святая область, нежели неодушевленная Вселенная, и поэтому являлась менее подходящим объектом для рационалистического исследования. Рассечение человеческого тела многим казалось совершенно не-

правильным и либо не делалось вообще, либо если делалось, то это быстро завершалось, во-первых, под действием общественного мнения, а затем при помощи закона. Во многих случаях запрещения расчленений лежат в области религиозных верований (у египтян, например), в которых целостность физического тела требовалась для соответствующего использования в загробной жизни. У других народов, например евреев и позже христиан, расчленение считалось святотатством, потому что человеческое тело было создано по образу Бога и считалось святым.

Философия средиземноморья

Столетия, в течение которых Рим господствовал над средиземноморским миром, представляли собой длительную остановку прогресса биологии. Ученые, казалось, согласились сохранять открытия прошлого и популяризировать их перед римской аудиторией. **Авл Корнелий Цельс** (расцвет около 30 г. н. э.) собрал греческие знания в курс научных бесед. Подготовленный им материал по медицине пережил его время и был признан европейцами в начале современной эры, став более знаменитым, чем того заслуживал.

Расширение физического горизонта вследствие римских завоеваний сделало для ученых возможным собирать растения и животных из областей, неизвестных ранним грекам. Греческий врач **Диоскоридус** (расцвет в 60 г. н. э.) превзошел **Теофраста** и описал 600 видов растений, уделяя особое внимание их лекарственным свойствам, поэтому его можно считать основателем фармакологии (учения о наркотиках и лекарствах). Однако даже в естественной истории энциклопедизм брал верх. Римлянин **Гай Плиний Секунд** (расцвет в 23 — 79 гг. н. э.), более известный как Плиний, написал тридцатисемитомную энциклопедию, в которой суммировал все, что нашел в области естественной истории среди античных авторов. Практически все это было вторично, взято из книг других, и Плиний даже не отличал правдоподобное от неправдоподобного, так что его материал содержит спорные факты (большей частью из Аристотеля). В нем также содержатся «данные», основанные на суевериях, и байки, взятые неизвестно откуда.

Кроме того, Плиний представляет наступление века рационализма. Имея дело с различными видами растений и животных, он всегда очень сильно озабочен функциями каждого из них в связи с человеком. В его представлении ничто не существует само по себе, но только как пища для человека, или источник для медицины, или опасность, созданная для того, чтобы усиливать мускулы и укреплять характер человека, или (если все остальное отпадает) как моральный урок. Эта точка зрения пользовалась большой симпатией среди ранних христиан, потому что Плиния дожили до современности.

Реальным последним биологом античного мира был **Гален** (130 — 200 гг. н. э.) — греческий врач, родившийся в Малой Азии, который практиковал в Риме. В молодости он был хирургом на арене гладиаторов, и это, несомненно, дало ему возможность наблюдать человеческую анатомию. Однако, хотя в те времена не существовало ничего подлежащего запрещению в жестоких и кровавых гладиаторских боях ради извращенного развлечения населения, общество продолжало хмуриться при расчленениях мертвого тела ради научных целей. Изучение Галеном анатомии базировалось в основном на расчленениях собак, баранов и других животных. Когда представлялся случай, он анатомировал обезьян, в которых старался разгадать строение человеческого тела. Гален писал плодovито и детально разрабатывал теоретические основы функционирования различных органов человеческого тела. Тот факт, что он был лишен шансов изучать человеческое тело само по себе и что ему не хватало современных инструментов, стал причиной неправдоподобия его теорий с точки зрения современной науки. Он не был христианином, но строго верил в существование единого Бога. Также, подобно Плинию, он верил, что все делается с высшей целью, так что находил знаки Божественного промысла везде. Это соответствовало точке зрения ранних христиан и помогло росту популярности Галена в последующие столетия.

Религия и биология

В последние дни Римской империи христианство выросло до положения господствующей религии. Когда империя (или ее западные области) была похоронена под натиском германских племен, племена были обращены в христианство. Христианство не убило греческую науку, лишь довело ее до состояния, близкого к угасанию. И все же господство христианства работало против возрождения науки в течение многих столетий. Точка зрения христиан была противоположна точ-

ке зрения ионических философов. По мнению христиан, мир не был миром разума, но «городом Бога», который, может быть, постигнут только откровением, для которого Библия, писания отцов церкви и вдохновение самой церкви единственно верные источники. Вера в существование естественного закона, который был бы неизменяемым и неизменяющимся, дает путь к вере в некоего мирового субъекта, служащего посредником Бога.

Фактически, даже восприятие кем-либо светских вещей было «дьявольским», не относящимся к сфере духа. Наука с этой точки зрения становится вещью, сопряженной с гневом Божиим. Естественно, это не было универсальной точкой зрения, и свет науки поддерживал слабое пламя среди мрака так называемых темных веков. Случайный ученый боролся, чтобы удержать мировые знания в живых. Например, англичанин **Беде** (673 — 735 гг. н. э.) сохранил все, что смог, из античных авторов. Однако в связи с тем, что сохраненное состояло главным образом из подчисток Плиния, избранное им было не особенно передовым. Возможно, наука так и погибла бы вовсе, если бы не арабы. Арабы приняли ислам — религию более молодую, чем христианство, и, причитая молитвами Мохаммеда, вступили в седьмое столетие. Они возникли сразу, подобно взрыву, на своем сухом полуострове и заполнили всю юго-западную Азию и северную Африку. В 730 г., спустя столетие после Мохаммеда, люди ислама (мусульмане) осаждали Константинополь на востоке и Францию на западе. В военном и культурном отношении они казались ужасом и опасностью для христианской Европы, но интеллектуально, как они доказали, стали благом. Подобно римлянам, арабы не были великими научными первооткрывателями. Но, как бы то ни было, они открыли работы таких ученых, как Аристотель и Гален, перевели их на арабский; сохранили их, изучали и писали комментарии к ним.

Наиболее важным из мусульманских биологов был персидский врач **Ибн Сина**, который обычно именовался по латинизированной версии его имени Авиценна. Авиценна писал многочисленные книги, базирующиеся на медицинских теориях Гиппократов и материалах из книги Цельса. Примерно в тот период, по крайней мере, в Западной Европе, наступил перелом в противостоянии арабам. Христианские армии отвоевали Сицилию, которую уже несколько столетий контролировали мусульмане, а затем — Испанию. К концу XI в, западноевропейские армии начали проникать на Ближний Восток, где их называли крестоносцами. Контакты с мусульманами помогли европейцам узнать, что враждебная культура — не просто порождение дьявола, но в некоторых отношениях более продвинута и обогащена опытом, чем их собственная. Европейские ученые стали осваивать мусульманские учения; расцветали проекты перевода арабских научных книг. Работая во вновь отвоеванной Испании, в которой трудились и мусульманские ученые, итальянец **Жерар де Кремона** (1114 — 1187) перевел труды Гиппократов, так же как труды Аристотеля и Галена, на латынь. Немецкий ученый **Альбертус Магнус** (1206— 1280) был одним из новых поклонников вновь открытого Аристотеля. Его учения и писания были всецело аристотелевскими, Магнус помог заложить фундамент греческой науки, в которой он мог бы, по крайней мере, сделать больше. Одним из учеников Магнуса был итальянский ученый **Томас Аквинус** (1225 — 1274). Он работал над гармонизацией философии Аристотеля и христианской веры, в чем преуспел. Аквинус был рационалистом: он чувствовал, что разум создан Богом, так как является составляющей Вселенной, и что правильно рассуждающий человек не может прийти к заключению, чуждому христианскому учению. Результат рассуждения никогда не будет зловещим или вредным. Эта стадия развития науки стала началом возобновления рационализма.

Возрождение биологии

В Италии практика анатомирования была возобновлена в позднее Средневековье. Эта практика пользовалась дурной славой, но существовала важная законодательная школа в Болонье, и часто случалось, что законные вопросы, обсуждающие причины смерти, могли быть лучше всего решены при помощи посмертного вскрытия.

Школы в Болонье и Салерно главенствовали в медицинском направлении именно в это время. Возрождение анатомирования не заложило сразу новых основ биологии. Сначала первичной целью была иллюстрация трудов Галена и Авиценны. Ученый, овладевший основами наук по книгам, считал анатомирование слишком унижительной работой, которая предоставлялась «мастеровым». Ученик слушал лекции, но не проверял, согласуются ли знания, которые он получает, с фактами, в то время как «мастеровой», занятый анатомированием, был обязан не про-

тиворечить преподавателям. Поэтому из раза в раз повторялись грубейшие ошибки; они же увековечивались. Утверждалось, что признаки и сочленения, которые Гален находил у животных и предполагал существующими у человека, обнаруживались у человека снова и снова, хотя фактически они не существуют. Исключением из этой печальной ситуации был итальянский анатом **Мондино де Луцци** (1275—1326).

В медицинской школе в Болонье он делал собственные работы по анатомированию и в 1316 г. написал первую книгу, всецело посвященную анатомии. Поэтому он известен как продолжатель истинной анатомии. Но это было давно, и к тому же Мондино не набрался смелости, чтобы порвать с ошибками прошлого, и некоторые из его описаний базируются скорее на свидетельствах старых книг, чем на его собственных наблюдениях. Более того, практика анатомирования при помощи подчиненных после его ухода была восстановлена. Однако новая мотивация к изучению биологии уже поднималась в Италии. Период возрождения обучения на практике (частично из-за переоткрытия античных трудов, а частично из-за подъема самой европейской культуры) называется Ренессансом, или Возрождением.

В период Ренессанса быстро растет новый натурализм в искусстве. Художников обучали законам перспективы, чтобы создавать произведения, изображающие трехмерную поверхность. Как только это было сделано один раз, каждое последующее усилие совершенствовало подражание искусства природе. Чтобы сделать человеческое тело зрительно реалистичным, художник должен изучать (если он работает на совесть) не только контуры кожи, но и контуры мускулов, сухожилия и мышцы, и даже устройство костей. Возможно, наиболее знаменитым художником-анатомом был итальянец **Леонардо да Винчи** (1452 — 1519), который делал рассечения как животных, так и человека. Он имел преимущество перед обыкновенными анатомами, поскольку был в состоянии сам иллюстрировать собственные открытия великолепными рисунками. Он изучал и изображал, как устроены кости и суставы. Он был первым, кто изобразил принципиальное сходство костей конечности человека и лошади, несмотря на поверхностные различия.

Так появилась гомология, которая объединила в связанные группы многих животных внешне различного облика и помогла заложить основы теории эволюции. Леонардо изучал и иллюстрировал способ действия глаза и сердца, а в добавок зарисовал растения. Поскольку он пытался изобрести машину, которая сможет сделать возможным полет человека, с большим вниманием изучал птиц, зарисовывая их в полете. Все это он, однако, держал в закодированном блокноте. Его современники не знали о его работе, которая стала известна только в новейшие времена. И все-таки да Винчи не оказал влияния на прогресс науки из-за противостояния церкви. Пока анатомия медленно приходила в себя, такой же процесс происходил с естественной историей.

XV век выглядел как век расцвета Европы. Европейские суда бороздили побережья Африки, достигали Индии и островов, расположенных за нею, открывали Америку. Как никогда прежде, после завоеваний Рима и Македонии, новые и неслыханные виды растений и животных возбуждали интерес ученых. Итальянский ботаник

Просперо Альпини (1553 — 1617) служил врачом у венецианского консула в Каире, в Египте. Имея возможность изучать финиковые пальмы, он понял, что они бывают мужские и женские. Теофраст заметил это почти две тысячи лет тому назад, но факт был забыт, и за основу принята бесполость растений. Альпини был первым европейцем, описавшим кофейные растения. Естественная история Ренессанса получила наиболее многоплановое развитие при шведском натуралисте Конраде фон Геснере. Он был подобен Плинию по разносторонности интересов, универсальному любопытству, а также легковерию и убежденности, что простая аккумуляция выдержек из старых книг есть путь к универсальным знаниям. Его иногда называли германским Плинием.

Поиски естественных – Природных понятий

В самом начале 1500-х годов Европа возвращалась из темноты и постепенно достигла уровня греческой биологии (и фактически — греческой науки в целом). Прогресс не мог двигаться дальше, пока ученые Европы не освоили то, что было в греческих книгах. Работы Мондино проиллюстрировали, как трудно порвать с античностью. Потребовался полусумасшедший хвастун, чтобы сделать паузу, а затем совершить прорыв к новым временам. Сделал это швейцарский врач по имени **Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм** (1493—1541). Его отец обучил сына, который обладал восприимчивым умом, медицине. Во время своих путешествий Гогенгейм собрал большое ко-

личество лекарств, которые не были известны его современникам, оставшимся сидеть дома, и таким образом стал авторитетнейшим врачом. Он интересовался алхимией, которую европейцы переняли у арабов, в свою очередь воспринявших ее от александрийских греков. Обычный алхимик (если он не отъявленный обманщик) был кем-то вроде современного химика, но две наиболее пугающие цели алхимии никогда не были достигнуты алхимическими методами.

Алхимики пытались, во-первых, найти метод превращения основных металлов, таких как свинец, в золото. Во-вторых, они искали, что может быть общего у того, что известно как «философский камень», — сухой материал, который использовался при превращении металлов в золото, — с «эликсирами жизни», считавшимися ключом к бессмертию. Гогенгейм не видел точки зрения, которой можно было бы придерживаться, чтобы получить золото. Он верил, что истинная функция алхимии заключается в том, чтобы помогать врачам в лечении болезней. Из этих соображений он сконцентрировался на философском камне, который, как он заявлял, открыл. Он стал утверждать не колеблясь, что будет жить вечно, но умер, не дожив до пятидесяти, из-за случайного падения. Алхимическое учение Гогенгейма подтолкнуло его к изучению минеральных источников для лекарств и заставило отвергнуть ботаническую медицину, бывшую в почете у античных ученых. Он поносил античных врачей.

Труды Цельса уже были переведены и стали библией европейских врачей. Но **Гогенгейм** называл себя Парацельсом («лучший, чем Цельс»), и под этим тщеславным именем стал известен потомкам. Парацельс был городским врачом в Базеле. В 1527 г., чтобы продемонстрировать публике свое мнение настолько, насколько это возможно, он сжег копии книг Галена и Авиценны в городском сквере. В результате консервативные враги из медицинской среды выпроводили Парацельса из Базеля, но не изменили его мнения. Парацельс не разрушил греческую науку или даже греческую биологию, но его атаки привлекли внимание ученых. Его собственные теории были немногим лучше греческих теорий, против которых он выступал с таким бешенством, но это было время, когда иконоборчество оказалось полезно само по себе. Его громкая непочтительность по отношению к античности не поддерживала, а сотрясала столпы ортодоксального мышления, и, хотя греческая наука еще некоторое время держала мертвой хваткой европейский разум, ее власть ощутимо слабела.

Зарождение научных основ биологии

Знаменующим началом научной революции принято считать 1543 г. В этом году польский астроном **Николай Коперник** опубликовал книгу, где была изложена новая точка зрения на Солнечную систему, центром которой было Солнце, а Земля — планетой, движущейся по орбите подобно любой другой. Это открытие ознаменовало поражение старой греческой точки зрения на Вселенную, в центре которой была Земля, хотя жесткая борьба в течение столетия, оставшегося до победы новой точки зрения, была очевидной. В том же самом году была опубликована вторая книга, столь же революционная в области биологических наук, как и книга Коперника в области наук физических. Эта вторая книга была «О структуре человеческого тела» бельгийского анатома по имени Андреас Везалий. Везалий получил образование в Нидерландах в строгих традициях Галена, к которому питал глубочайшее уважение. Однако он путешествовал по Италии, пока не закончил образования, и тут вступил в более либеральную интеллектуальную атмосферу. Он снова ввел практику Мондино де Луцци делать свои собственные анатомические вскрытия и не разрешал себе поддаваться влиянию старой греческой точки зрения, когда его глаза не соглашались с этой точкой зрения.

Книга, которую он опубликовал в результате наблюдений, была первым корректным трудом по человеческой анатомии в ряду уже существующих. Она имела большие преимущества перед ранними книгами. Во-первых, вышла, когда уже было открыто книгопечатание, так что тысячи копий могли быть размножены по всей Европе. Во-вторых, имела иллюстрации, причем исключительно хорошего качества; многие были сделаны Яном Стивенсоном Ванкалкармом, учеником Тициана. Человеческое тело было показано в естественных положениях, а иллюстрации мускулов оказались особенно хороши.

Жизнь Везалия после появления его книги была несчастливой. Его точка зрения казалась еретической в отношении некоторых авторитетов, и, что особенно важно, определенные рассече-

ния, рекомендованные в его книге, были незаконными. Он был вынужден предпринять путешествие в Святую землю и на обратном пути погиб в кораблекрушении. Революция Везалия в биологии была, однако, более эффективна, чем революция Коперника в астрономии. То, что книга Везалия поддерживала, не было чем-то таким же неправдоподобным, как огромная Земля, движущаяся вокруг Солнца.

Скорее в этой книге представлены форма и устройство органов, которые (со ссылками на авторитет античных греков) каждый может увидеть, если побеспокоится взглянуть. Греческая анатомия устарела, тогда, как итальянская анатомия расцвела. Габриэлло Фаллопио, или Габриэль Фаллопиус, один из учеников Везалия, изучал трубы, ведущие от яичников к матке. Они до настоящего времени называются фаллопиевыми трубами. Другой итальянский анатом, **Бартоломео Еустафио, или Еустафиоус** (1500 — 1574), был оппонентом Везалия и сторонником Галена, но он также изучал человеческое тело и описывал то, что видел. Он вновь открыл *трубы Алкмеона*, ведущие от уха к горлу, и теперь они известны как *евстафиевы трубы*. Освеженный взгляд на анатомию распространился и на другие ветви биологии.

Вера Гиппократов в легкую руку врача в последующие столетия открыла дорогу к действительно жестоким лекарствам. Фактически методы были такими грубыми, что хирургия в ранние современные времена была предоставлена не врачам, а парикмахерам, которые режут мясо так же, как волосы. Возможно, потому, что хирурги-парикмахеры были слабы в теории, они переходили к решительным мерам: огнестрельные раны дезинфицировали кипящим маслом, а кровотечение останавливали прижиганием раскаленным железом. Французский хирург **Амбруаз Паре** (1517 — 1590) помог изменить это положение вещей. Он начал жизнь подмастерьем парикмахера, присоединился к армии хирургов-парикмахеров и ввел испугавшие всех преобразования. Он использовал благородные мази комнатной температуры для лечения огнестрельных ран и останавливал кровотечение, зашивая артерии, за что его иногда называют отцом современной хирургии.

Паре также изобрел хитроумные искусственные конечности, улучшил акушерские методы и написал французские резюме к работам Везалия, так что другие хирурги-парикмахеры, не обученные латыни, могли собрать определенные факты, относящиеся к строению человеческого тела, прежде чем лечить кашель наугад. И еще задолго до того, как анатомы стали практиковать и начали делать собственные вскрытия, врачи уже делали хирургические операции.

Внутренняя среда организма и физиология

Скорее, чем тонкости вопроса внешнего вида и устройства частей тела, которые являются предметом анатомии, предметом физиологии стало нормальное функционирование этих частей. Греки достигли малого прогресса в физиологии, и большинство их заключений было неверно. В частности, они ошибались в отношении функционирования сердца. Сердце, очевидно, насос: оно качает кровь. Но откуда берется кровь и куда она уходит? Ранние греческие врачи ошибались, рассуждая, что вены — единственные кровеносные сосуды. В трупах артерии обычно пусты, и греки полагали, что артерии есть сосуды для передачи воздуха (слово «артерия» значит на греческом «воздуховод»). **Герофил**, однако, показал, что как артерии, так и вены проводят кровь. Обе сети кровеносных сосудов соединены сердцем, и естественно было предположить, что соответствующие вещества могут растворяться, если будут найдены какие-то связи между венами и артериями в окончаниях, уходящих от сердца.

Но более тщательное исследование показало, что как вены, так и артерии разветвляются на все более и более тонкие сосуды, которые, в конечном счете, станут такими, что теряются из виду. Между ними не было найдено никакой связи. Гален предположил, что кровь движется от одной сети сосудов к другой, проходя от правой стороны к левой. Для того чтобы допустить прохождение крови через сердце, он предположил, что здесь должны быть крохотные отверстия в толстой мясистой перегородке, которая разделяет сердце на правую и левую части. Этих отверстий никто никогда не наблюдал, но через семнадцать столетий после Галена врачи и анатомы предположили, что они существуют.

Итальянские анатомы новой эры стали подозревать, что это, возможно, не так, не набравшись отваги выйти на открытое отрицание. Например, **Джероламо Фабриций** (1533—1619) открыл, что большие вены имеют клапаны. Он описал их и показал, как они работают. Они устроены

так, что кровь может течь через них по направлению к сердцу без проблем, но не способна пройти назад от сердца без того, чтобы быть пойманной в ловушку клапаном. Таким образом, кровь может двигаться только в одном направлении — к сердцу. Это, однако, противоречило замечанию Галена о движении назад. Фабриций дерзнул пойти лишь настолько далеко, чтобы допустить, что клапаны задерживают (скорее, чем останавливают) обратный ток крови. Но у Фабриция был студент, англичанин по имени **Уильям Гарвей**, зачисленный при строгом подборе кадров. Возвратившись в Англию, он изучил сердце и заметил, как заметили многие анатомы до него, что в нем есть клапаны одностороннего движения. Кровь может поступать в сердце из вен, но клапаны препятствуют ее обратному Движению.

Кровь может покидать сердце через артерии, но не может возвращаться из-за того, что имеется другая сеть клапанов одностороннего движения. Когда Гарвей перевязывал артерии, сторона, направленная к сердцу, выпячивалась от переполнения кровью. Когда же он перевязывал вену, выпячивалась сторона, направленная от сердца. Все сходилось на том, что кровоток не ослабевает и движется в одном направлении. Кровь попадает из вен в сердце, а из сердца — в артерии. Она никогда не возвращается. *Гарвей рассчитал, что в течение трех часов сердце прогоняет через организм количество крови, равное троекратной массе человеческого тела.* Кажется невысказанным, что кровь может быть сформирована и вытолкнута назад в таком темпе, поэтому кровь из артерий должна быть возвращена в вены где-нибудь вне сердца, через соединительные сосуды, слишком тонкие, чтобы их увидеть (такие невидимые сосуды были не больше, чем невидимые поры Галена в сердечной мышце).

Предположив существование таких сосудов, было легко увидеть, что сердце перекачивает одну и ту же кровь, но многу раз: вены — сердце — артерии — вены — сердце — артерии... Следовательно, нет ничего неожиданного в том, что насос может в течение часа три раза перекачать через себя массу тела человека. В 1628 г. *Гарвей* опубликовал это заключение и свидетельства, доказывающие его, в маленькой книге, всего из 72 страниц. Она была напечатана в Голландии под названием «О движениях сердца и крови» и полна типографских ошибок. Несмотря на неприглядный размер и невзрачный вид, эта книга была революционной; она полностью удовлетворяла требованиям времени. Это были годы, когда итальянский ученый **Галилео Галилей** (1564 — 1642) популяризировал экспериментальный метод в науке и, делая это, комплексно разбил Аристотелеву систему физики. Работа Гарвея представляла первое большое приложение новой экспериментальной системы к биологии. Его он разрушил Галенову систему физиологии и основал современную физиологию (Гарвеево вычисление количества крови, перекачиваемой сердцем, представляет собой первое важное приложение математики к биологии). Врачи старой школы всячески поносили Гарвея, но ничего не могли поделать против фактов.

Со временем, когда Гарвей состарился, факт циркуляции крови был принят биологами Европы, хотя соединительные сосуды между артериями и венами и остались неоткрытыми. Европа, таким образом, определенно и окончательно выступила за пределы греческой биологии. Новая теория Гарвея открыла сражение между двумя противоположными точками зрения, начала битву, которая заполнила историю современной биологии, и победа в ней полностью не предрешена до сих пор. В соответствии с прежней точкой зрения на жизнь одушевленные предметы рассматривались, по существу, отдельно от неодушевленных, так что человек не мог ожидать, что изучит природу неодушевленных объектов. Кратко можно сказать, что существует точка зрения, в соответствии с которой имеется две отдельные сети законов: одна — для одушевленных и одна — для неодушевленных предметов. Это точка зрения виталистов.

Но может существовать точка зрения, в соответствии с которой имеется высокоспециализированная, но не фундаментальная Разница между менее запутанной, более организованной системой неодушевленной Вселенной. При достаточном времени и усилиях изучение неодушевленной Вселенной может обеспечить достаточно знаний, чтобы привести к пониманию живого организма, который сам невероятно сложная машина. Это точка зрения «механистов». Открытие Гарвея было, разумеется, прорывом в пользу точки зрения механистов. Сердце могло рассматриваться как насос, а движение жидкости осуществлялось как движение неодушевленной жидкости. Если предположение верно, то где это движение может остановиться? Не может ли остаток живого организма быть просто сетью сложных и переплетенных механических систем? Наиболее важный философ века француз **Рене Декарт** (1596—1650) был привлечен мнением о теле

как о механическом устройстве. Касательно человека, по крайней мере, такая точка зрения была опасно направлена против принятых верований, и Декарт позаботился о том, чтобы уточнить: человек — машина не в отношении разума и души, но только в отношении физической структуры, подобной животной. В отношении разума и души он оставался виталистом.

Декарт сделал предположение, что взаимодействие между телом и разумом-душой осуществляется через маленький обрывок ткани, дополняющий мозг, — шишковидную железу. Он был соблазнен верованием, будто чувствует только человек, обладающий шишковидной железой. Вскоре было доказано, что дело обстоит не так. Действительно, у некоторых примитивных рептилий шишковидная железа развита намного лучше, чем у человека. Теории Декарта, хотя, возможно, и неправильны в деталях, все же были очень влиятельны, и отсутствовали физиологи, которые пытались разбить механистическую точку зрения на маленькие разработанные детали. Поэтому итальянский физиолог **Джованни Альфонсо Борелли** (1608—1679) в книге, появившейся после его смерти, рассматривает мускульное действие из комбинации мускулов и костей как систему рычагов. Это доказало свою пользу, и закон рычага выполняется для рычагов, сделанных из кости и мускулов. Борелли старался применять подобные механические принципы для других органов, таких, как легкие и желудок, но здесь успех ему изменил.

Инструментарий биологии

Слабость теории Гарвея о циркуляции заключалась в том, что он не был уверен, встречаются ли артерии и вены, а сумел только предположить, что соединения существуют, но слишком малы, чтобы быть видимыми. Ко времени его смерти вопрос был по-прежнему не решен и мог остаться таковым навсегда, если бы человечество не прекратило пользоваться невооруженным глазом. К счастью, этого не произошло. Уже древние знали, что искривленные зеркала и пустотелые стеклянные сферы, заполненные водой, обладают усиливающим эффектом. В начале XVII в. люди начали экспериментировать с линзами, чтобы усилить увеличение насколько возможно. В этом они вдохновлялись большими успехами других линзовых инструментов, в частности телескопа, который использовал в астрономических целях Галилео в 1609 г. Постепенно Увеличивающие инструменты — микроскопы (от греческих слов «видеть малое») получили широкое применение. В первый раз наука биология была расширена при помощи прибора, дающего человеческому разуму возможность постигать явления, лежащие за пределами человеческого зрения.

Микроскоп позволил натуралистам описывать маленькие создания в деталях, недоступных без него, а анатомам — обнаружить структуры, которые невозможно увидеть другим способом. Датский натуралист **Ян Сваммердам** (1637 — 1680) провел много времени, наблюдая насекомых под микроскопом и делая прекрасные рисунки крохотных деталей их анатомии. Он также открыл, что кровь не представляет собой однородной красной жидкости, но содержит множество крохотных частиц, которые и придают ей ее цвет. (В настоящее время эти частицы называют красными кровяными тельцами.)

Английский ботаник **Неемия Грю** (1641-1712) изучал под микроскопом растения и, в особенности, органы воспроизводства растений. Он описал индивидуальные крупинки пыльцы, которые эти растения производят. Датский анатом **Ренье де Грааф** (1641 — 1673) выполнил аналогичную работу, но предметом его исследований стали животные. Он изучил тонкую структуру семенников и яичников. Особое внимание он уделял определенным малым, но важным структурам, которые теперь называются фолликулами Граафа. Более интересным, чем любое из этих открытий, было открытие итальянского физиолога **Марчелло Мальпиги** (1628-1694). Он также изучал растения и насекомых, но среди ранних его работ было изучение легких лягушки. В них он обнаружил комплексную сеть кровеносных сосудов, слишком малых, чтобы быть видимыми невооруженным глазом, которые где-то соединялись. Когда он проследил эти маленькие сосуды до места их соединения в сосуды большие, оказалось, что в одном направлении они являются венами, а в другом — артериями. Артерии и вены, следовательно, действительно соединяются в сосуды, слишком малые для того, чтобы быть видимыми человеческим глазом, как предположил Гарвей. Эти микроскопические сосуды были названы «капиллярами» (от латинского «волосоподобный», хотя фактически они много тоньше волоса). Это открытие, впервые сделанное в 1660 г., три года спустя после смерти Гарвея, завершило теорию циркуляции крови.

Человеком, реально практиковавшим микроскопические исследования, был не Мальпиги, который ввел микроскоп в практику, а голландский торговец **Антони ван Левенгук** (1632 — 1723), для которого микроскопия была просто хобби, но хобби, поглощавшее все его время. Ранние микроскописты, включая Мальпиги, использовали системы линз, которые давали большее увеличение, чем одинарные линзы. Однако линзы, которые они использовали, были несовершенными, обладающими поверхностными дефектами и внутренними изъянами. При попытке добиться слишком большого увеличения детали росли, делаясь нечеткими. Но ван Левенгук использовал одинарные линзы, построенные из маленьких кусочков стекла, не имеющего изъянов. Линзы в некоторых случаях были не больше булавочной головки, но они, верно, служили научным целям Левенгука. Он смотрел на все через свои линзы и был способен описать корпускулы и капилляры более детально, чем первоначальные исследователи. Ван Левенгук видел кровь, движущуюся через капилляры в теле головастика, что фактически подтверждает теорию Гарвея в действии. Один из его ассистентов впервые увидел сперматозоиды, крохотные головастикаподобные тельца, в мужском семени.

Самым пугающим из всех прочих было его открытие в застойной воде из канавы, на которую он глядел через свои линзы, крохотных созданий, невидимых невооруженным глазом, имеющих все атрибуты жизни. Эти существа подобны животным (теперь они известны как protozoa, или простейшие — от греческого слова, означающего «первые животные»). Таким образом, начинает казаться, что не только существуют объекты слишком малые, чтобы быть видимыми невооруженным глазом, но есть еще и живые объекты этого сорта. Широкая новая территория открылась для биологии в целом перед изумленным взглядом человека, и родилась микробиология — изучение организмов слишком малых, чтобы быть видимыми.

В 1763 г. ван Левенгук заметил беглые проблески творений еще меньших, чем простейшие. Его описания были неясны, но он был первым в истории, кто увидел объекты, которые позже стали называть бактериями.

Последним значимым открытием эры ван Левенгука стало обнаружение английским ученым **Робертом Хуком** (1635 — 1703) растительных клеток в пробковой ткани. Роберт Хук был заворочен работой с микроскопом и в 1665 г. опубликовал книгу «Микрография», в которой сделал замечательные рисунки по своим наблюдениям. Термин «клетка» был впервые введен именно им.

Микроскопия продолжала путь через XVIII в., но микроскоп достиг лимита своей эффективности. Лишь в 1773 г., спустя почти сотню лет после открытий ван Левенгука, датский микробиолог Отто Фридрих Мюллер (1730 — 1784) увидел и подробно описал различные по форме бактерии.

Одним из недостатков ранних микроскопов было расщепление в них белого света на разные составляющие. Малые объекты были окружены цветными кругами (явление хроматической аберрации), которые затрудняли рассмотрение деталей. Около 1820 г. были изобретены «ахроматические микроскопы», которые не давали цветных колец. На протяжении XIX в. микроскоп проложил дорогу новым и удивительным областям науки.

Теоретические основы биологии

В то время как виды на протяжении их изучения постоянно подвергались классификации, наука о жизни получила новое и исключительно плодотворное направление. Химия вступила в свой революционный период, и химики начали применять технологии к живым организмам так же, как и к неживым системам. То, что эти понятия находят практическое применение, доказала теория пищеварения.

Переработка пищи животными организмами — процесс, относительно открытый для исследования. Он происходит не внутри самих животных тканей, а в пищеварительных каналах, выходящих во внешний мир. Этот процесс проходит непосредственно через ротовую полость. В XVII в. горячо обсуждался вопрос о том, является ли пищеварение физическим процессом (как полагал Борелли), при котором желудок перемалывает пищу, или химическим, при котором желудок изменяет ее химически посредством желудочных соков (как полагал Сильвиус).

Французский физиолог **Репе Антуан де Реомюр** (1683—1757) исследовал способы тестирования. В 1752 г. он провел эксперимент: поместил сырое мясо в малый металлический цилиндр, открытый с обоих концов, но с защитной металлической сеткой (мясо не могло вывалиться), и скормил цилиндр коршуну. Через металлическую сетку мог проникать желудочный сок. Металл цилиндра защищал мясо от любого механического воздействия. Обычно коршуны отрывают любое инородное тело, оказавшееся в пищеводе, аналогичным образом поступил и подопытный коршун. При анализе мясо, находившееся в цилиндре, оказалось частично разложившимся.

Реомюр не остановился на достигнутом: он скормил коршуну губку, из которой после отрывания были выделены пропитавшие ее желудочные соки. Их смешали с мясом. Мясо медленно, но разложилось под действием соков. Таким образом, спорный вопрос был прояснен. Пищеварение было объявлено процессом химическим, а значение в жизни химии сильно возросло в глазах человечества.

В XVIII в. **ван Хельмонт** начал интенсивно изучать газы. Необходимость изучения газовых композиции давно назрела. Английский ботаник и химик **Стивен Хейлз** (1677 — 1761) стал одним из основных авторитетных исследователей в данной области. В 1727 г. он опубликовал книгу, в которой описывал эксперименты по измерению скорости роста растения, а также давления соков в тканях. Он стал одним из основателей физиологии растений. Он экспериментировал с разнообразными газами и первым выяснил, что один из них, двуокись углерода, вносит большой вклад в питание растений. В этом он дополнил точку зрения ван Хельмонта о составе тканей растений.

Следующий шаг был предпринят английским химиком **Джозефом Пристли** (1733— 1804) почти сто лет спустя. В 1774 г. он открыл газ, названный кислородом и обнаружил экспериментально, что им приятно и легко дышится и что, в частности, подопытные мыши исключительно резвы, будучи помещены в кислород под колокол. Далее последовало открытие, что растения увеличивают содержание кислорода в воздухе. Голландский физиолог **Жан Ингенхуз** (1730— 1799) дополнил его открытием, что растения производят кислород и поглощают углекислый газ только на свету.

Величайшим химиком того прославленного века стал француз **Антуан Лоран Лавуазье** (1743 — 1794). Он подчеркивал важность точных измерений и использовал их для разработки теории горения, которой с тех пор пользуются в химии. По этой теории, горение — это процесс химического соединения горючего материала с кислородом воздуха. Он также доказал состав воздуха: кроме кислорода, в него в основном входит азот — газ, не поддерживающий горения.

«Новая химия» Лавуазье положила начало практическому приложению химии. Когда под колоколом горит свеча, потребляется кислород воздуха и возрастает содержание углекислого газа. Последнее вещество образуется посредством соединения кислорода с углеродом. Как только содержание кислорода под колоколом падает до критически низкого, свеча гаснет.

Аналогична ситуация с животной жизнью. Мышь, помещенная под колпак, потребляет кислород и производит углекислый газ; последний образуется в результате соединения углерода тканей с кислородом. Поскольку содержание кислорода внутри колпака падает, мышь погибает от удушья. Если оценить эту ситуацию в целом, то растения потребляют углекислый газ и производят кислород, а животные, наоборот, потребляют кислород и производят углекислый газ.

Таким образом, вместе растения и животные поддерживают химическое равновесие, и в обозримом будущем соотношение в атмосфере кислорода (21 %) и углекислого газа (0,03 %) останется стабильным.

Поскольку свеча и животное воздействовали на суммарную атмосферу под колпаком одинаково, Лавуазье резонно предположил, что дыхание является формой горения. Таким образом, когда потребляется определенное количество кислорода, выделяется определенное количество тепла — будь то свеча или мышь. Хотя измерения были, принимая во внимание возможности того века, достаточно грубыми и приблизительными, но они подтверждали теорию.

Тем самым был нанесен мощный удар по механистическому пониманию жизни: выяснилось, что в живой и неживой природе идут одни и те же химические процессы. Однако тем очевиднее становилось, что живой и неживой природой управляют одни и те же законы, на чем настаивали сторонники механистической теории.

Точка зрения Лавуазье укрепилась по мере развития физики в первой половине XIX в. В то время тепло и тепловая теория исследовались несколькими учеными, чей интерес был «подогрет»

растущим значением парового генератора. Тепло можно было заставить совершать работу, с ним связаны и другие физические явления: например, падение тел, течение воды, движение воздуха, свет, электричество, магнетизм и т. д. В 1807 г. английский физик **Томас Янг** (1773 — 1829) предложил для представления обо всех этих явлениях термин «энергия». По-гречески это слово означает «работа, совершаемая изнутри».

Физики первой половины XIX в. занялись изучением того, каким образом одна форма энергии может трансформироваться в другую; производили точные измерения таких изменений. К 1840-м годам по меньшей мере трое ученых выдвинули концепцию «сохранения энергии». Это были: англичанин **Джеймс Прескотт Джоуль** (1818 — 1889) и немцы **Юлиус Роберт фон Мейер** (1814 — 1878) и **Герман Людвиг Фердинанд фон Гельмгольц** (1821 — 1894). В соответствии с этой концепцией, одна форма энергии свободно переходит в другую; однако общее ее количество в процессе перехода нельзя ни увеличить, ни уменьшить.

Для такого общего закона, основанного на широком разнообразии точных измерений, было бы естественным базироваться как на примерах живой природы, так и неживой. Тот простой факт, что ни одно живое существо не может поддерживать жизни, не черпая энергию из пищи, доказывал, что энергия не получается «из ничего». Растения не едят и не дышат аналогично животным, однако они черпают энергию из света.

Именно Мейер установил, что источником разных форм энергии на Земле является радиация и тепло Солнца; аналогично растениям, потребляющим энергию Солнца непосредственно, животные организмы потребляют ее же в виде пищи. Прямым источником энергии для растений и — через растения — для животных является энергия Солнца.

Эти смутные догадки росли в числе и утверждались, пока во второй половине XIX в. не было доказано, что закон сохранения энергии так же строго применим к живой природе, как и к неживой.

ЧАСТЬ 3 Явление наследственности

Революция в генетике была подготовлена всем ходом могущественного развития идей и методов хромосомной теории наследственности. Уже в недрах этой теории было показано, что существуют явления трансформаций у бактерий; что хромосомы - это комплексные компоненты, состоящие из белка и нуклеиновой кислоты. Молекулярная генетика - это истинное детище всего XX века, которое на новом уровне впитало в себя прогрессивные итоги развития хромосомной теории наследственности, теории мутации, теории гена, методов цитологии и генетического анализа. На путях молекулярных исследований в течение последних 20 лет генетика претерпела поистине революционные изменения. Она является одной из самых блестящих участниц в общей революции современного естествознания. Благодаря ее развитию появилась новая концепция о ответственности жизни, в практику вошли новые могущественные методы управления и познания наследственности, оказавшие влияние на сельское хозяйство, медицину и производство.

Основным в этой революции было раскрытие молекулярных основ наследственности. Оказалось, что сравнительно простые молекулы дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК) несут в своей структуре запись генетической информации. Эти открытия создали единую платформу генетиков, физиков и химиков в анализе проблем наследственности. Оказалось, что генетическая информация действует в клетке по принципам управляющих систем, что ввело в генетику во многих случаях язык и *логику кибернетики*.

Вопреки старым воззрениям на всеобъемлющую роль белка как основу жизни, эти открытия показали, что в основе преобладания жизни лежат молекулы нуклеиновых кислот. Под их влиянием в каждой клетке формируются специфические белки. Управляющий аппарат клетки собран в ее ядре, точнее - в хромосомах, из линейных наборов генов. Каждый ген, являющийся элементарной единицей наследственности, вместе с тем представляет собой сложный микромир в виде химической структуры, свойственной определенному отрезку молекулы ДНК.

Таким образом, современная генетика открывает перед человеком сокровенные глубины организации и функций жизни. Как всякие великие открытия, хромосомная теория наследственности, теория гена и мутаций (учения о формах изменчивости генов и хромосом) оказывали глубокое

влияние на жизнь. Развитие физико-химической сущности явления наследственности неразрывно связано с выяснением материальных основ всех явлений жизни. В явлении жизни нет ничего кроме атомов и молекул, однако форма их движения качественно специфична. Наследственность не автономное, независимое свойство, оно неотделимо от проявления свойств клетки в целом.

*Но как молекула нуклеиновой кислоты передает информацию о физических характеристиках? Ответ на этот вопрос был получен из работ американских генетиков Джорджа Уэлса Бидла и Эдварда Лари Тейтума. В 1941 г. они начали эксперименты со штаммом плесневого грибка *Neurospora crassa*, живущего на питательной среде, лишенной аминокислот. Плесень сама вырабатывала свои аминокислоты из простых азотных составляющих.*

При обработке грибка рентгеновскими лучами происходили мутации, и некоторые из этих мутантов не могли вырабатывать собственные аминокислоты. Однако эти же аминокислоты нужны были грибку для роста. Ученые задались целью доказать, что неспособность к производству аминокислот объяснялась недостатком специфического энзима, которым обладал немутулирующий штамм.

Они сделали заключение, что присутствие данного энзима — характерная функция определенного гена, который контролирует данный энзим. Содержащиеся в сперме и яйцеклетках нуклеиновые кислоты имеют определенный набор энзимов. Природа этих энзимов определяет биохимию клетки; наследственные характеристики определяются, в свою очередь, этой биохимией.

Производство энзимов генами должно выполняться посредниками, поскольку ДНК гена остается внутри ядра, а синтез протеинов происходит вне ядра. С применением электронного микроскопа клетка начала изучаться в новом и более тонком аспекте; было также найдено точное место производства протеинов.

Внутри клеток были отмечены структурированные гранулы, по размерам гораздо мельче митохондрий, которые были названы микросомами. К 1956 г. ученый Джордж Эмиль Палад доказал наличие РНК в составе микросом. Поэтому микросомы были переименованы в рибосомы, и именно в них, как оказалось, и происходил синтез протеинов.

Генетическая информация от хромосом должна достигать рибосом, и это осуществляется «посылкой» РНК. Структура определенной ДНК-молекулы «путешествует» с этими посланниками к рибосоме. Малые молекулы трансфер-РНК, впервые изученные американским биохимиком Маломом Хугландом, прикреплялись к специфическим аминокислотам, затем, неся аминокислоты, прикреплялись к определенным точкам на «РНК-посланниках».

Взаимодействие молекул ДНК, белков и РНК лежит в основе жизнедеятельности клетки и ее воспроизведения. Можно сказать, что этот сложный процесс синтеза биологической структуры находится под постоянным контролем, реализуемой на основе вычислительной процедуры. Поскольку явление наследственности, в общем смысле этого понятия, есть воспроизведение по поколениям сходного типа обмена веществ, очевидно, что общим субстратом наследственности является клетка в целом. Формирование клеточного материала происходит по установленным правилам (алгоритмам). Наличие правил построения клеточного материала вызывает желание смоделировать эти процессы, с использованием природного материала – ДНК.

В настоящее время, на основе имеющихся представлений о структуре ДНК, рассматривается возможность конструирования биокомпьютера. В 1994 году Леонард Адлеман, профессор университета Южной Калифорнии, продемонстрировал, что с помощью пробирки с ДНК можно весьма эффективно решать классическую комбинаторную «задачу о коммивояжере» (кратчайший маршрут обхода вершин графа). Классические компьютерные архитектуры требуют множества вычислений с опробованием каждого варианта.

Метод ДНК позволяет сразу сгенерировать все возможные варианты решений с помощью известных биохимических реакций. Затем возможно быстро отфильтровать именно ту молекулу-нить, в которой закодирован нужный ответ.

Проблемы, возникающие при этом:

- Требуется чрезвычайно трудоемкая серия реакций, проводимых под тщательным наблюдением.
- Существует проблема масштабирования задачи.

В настоящее время в сети Интернет можно найти несколько примеров реальных реализаций этой идеи. Так, например, биокомпьютер Адлемана отыскивал оптимальный маршрут обхода для 7 вершин графа. Но чем больше вершин графа, тем больше биокомпьютеру требуется ДНК-материала.

Было подсчитано, что при масштабировании методики Адлемана для решения задачи обхода не 7 пунктов, а около 200, масса количества ДНК, необходимого для представления всех возможных решений превысит массу нашей планеты.

Расширением этого представления является конечный биоавтомат Бененсона-Шапиро — технология многоцелевого ДНК-компьютера, разрабатываемая израильским профессором Эхудом Шапиро (en: Ehud Shapiro) и Яаковом Бененсоном из Вейцмановского института. Его основой являются уже известные свойства биомолекул, таких как ДНК и ферменты. Функционирование ДНК-компьютера сходно с функционированием теоретического устройства, известного в математике как «конечный автомат» или машина Тьюринга.

Углубляясь в биологические основы жизни, выделяют несколько важных объектов. В первую очередь это биологическая клетка. Изучение клеточных структур актуализировало проблему выявления более мелких объектов, также относимых к категории живых систем. На эту позицию относят вирусы.

Вирус (лат. *virus* — яд) — субклеточный инфекционный агент, который может воспроизводиться только внутри живых клеток организма. По природе вирусы являются автономными генетическими элементами, имеющими внеклеточную стадию в цикле развития. Вирусы представляют собой микроскопические частицы, состоящие из молекул нуклеиновых кислот — ДНК или РНК (некоторые, например мимивирусы, имеют оба типа молекул), заключенные в белковую оболочку, способные инфицировать живые организмы. Белковую оболочку, в которую упакован геном, называют «капсид». Наличие капсида отличает вирусы от вирусоподобных инфекционных нуклеиновых кислот — вириодов. Вирусы, за редким исключением, содержат только один тип геномной нуклеиновой кислоты.

Вирус, гораздо более мелкий, чем клетки живого организма, не обладал способностью к независимой жизни. Однако вирус может проникать внутрь клетки и воспроизводить самого себя как живое существо.

Не существует ли в самой клетке некоего субклеточного компонента, который составил бы сущность жизни? Быть может, вирус гораздо более мелок, чем клетка, ввиду того, что когда-то он составлял часть клетки?

Если так оно и есть, то, какие субклеточные компоненты должны быть локализованы в нормальных клетках? На эту роль претендуют хромосомы. В первые годы XX в. стало очевидным, что хромосомы несут факторы, отвечающие за физические характеристики. Однако хромосомы гораздо больше по размерам, нежели вирусы.

Хромосом численно меньше, чем наследуемых характеристик; таким образом, следует сделать заключение, что каждая хромосома составлена из неделимых блоков, которых очень много. Их может быть тысячи — и каждый из них контролирует какую-то характеристику. Эти индивидуальные блоки в 1909 г. датский ботаник **Вильгельм Людвиг Иогансен** назвал генами — от греческого слова, означающего «дающий жизнь кому-то».

В первых десятилетиях XX в. индивидуальный ген, как индивидуальный вирус, не мог быть увиден и зафиксирован; однако уже тогда ученые работали с ним. Фундаментальные исследования принадлежат американскому генетику **Томасу Ханту Моргану** (1866 — 1945), который в 1907 г. предложил новый биологический инструмент — а именно крошечную плодовую мушку дрозофилу. Это малое насекомое поддается разведению в больших количествах практически без всяких затрат. В ее клетках находится по четыре пары хромосом.

Моргану удалось также доказать, что многие характеристики взаимосвязаны, то есть наследуются совместно. Это означало, что гены, отвечающие за эти характеристики, обнаруживаются на одной и той же хромосоме и эта хромосома наследуется как единый блок. Однако характеристики не связаны друг с другом вечно. Одна наследуется без другой. Определенные пары хромосом случайно перекрещивались в ином месте; таким образом, целостность их оказывалась нарушенной.

Подобные эксперименты давали возможность пометить место на хромосоме, где должен был локализоваться определенный ген. Чем больше длина хромосомы, разделяющей два гена, тем больше вероятность того, что при случайном перекрещивании эти гены разделятся. К 1911 г. были разработаны первые хромосомные схемы для дрозофилы.

Один из учеников Моргана, американский генетик **Герман Джозеф Мюллер**, выработал метод увеличения частоты мутаций. В 1919 г. он обнаружил, что частота мутаций повышается с повышением температуры. Более того, это не было результатом общего перемешивания генов. Всегда обнаруживалось, что один из генов задействован, в то время как его дубликат на другой хромосоме данной пары не затронут. Мюллер склонялся к мнению, что в этом играют роль изменения на молекулярном уровне. Поэтому он решил использовать рентгеновские лучи. Они более энергетичны, чем мягкое нагревание, а также действуют более локализованно. К 1926 г. Мюллер уже мог ясно доказать, что рентгеновские лучи многократно увеличивают мутации. Американский ботаник **Альберт Франсис Блейкли** в 1937 г. показал, что степень мутаций возрастает под действием специфических химических агентов (мутагенов). Лучшим примером такого мутагена явился колхицин — алкалоид, получаемый из крокуса осеннего (безвременника).

Таким образом, к середине 1930-х годов и вирусы, и гены уже не являлись тайной. И те и другие являли собой молекулы одного и того же размера и приблизительно одного и того же химического состава. Может быть, гены — это «прирученные» вирусы клетки? Может быть, вирус — это «одичавший» ген?

Формально можно говорить, что просто организованные вирусы состоят из нуклеиновой кислоты и нескольких белков, образующих вокруг нее оболочку — капсид.

Вирусы являются одной из самых распространенных форм существования органической материи на планете по численности: воды мирового океана содержат колоссальное количество бактериофагов (**около 250 миллионов частиц на миллилитр воды**), их общая численность в океане — около $4 \cdot 10^{30}$, а численность вирусов (бактериофагов) в донных отложениях океана практически не зависит от глубины и всюду очень высока. В океане обитают сотни тысяч видов (штаммов) вирусов, подавляющее большинство которых не описаны и тем более не изучены. Вирусы играют важную роль в регуляции численности популяций некоторых видов живых организмов.

Вирусы имеют генетические связи с представителями флоры и фауны Земли. Согласно последним исследованиям, геном человека более чем на 32 % состоит из информации, кодируемой вирус-подобными элементами. С помощью вирусов может происходить так называемый горизонтальный перенос генов (ксенология), то есть передача генетической информации не от непосредственных родителей к своему потомству, а между двумя неродственными (или даже относящимися к разным видам) особями. Так, в геноме высших приматов существует ген, кодирующий белок синцитин, который, как считается, был привнесен ретровирусом. Иногда вирусы образуют с животными симбиоз. Условно процесс вирусного инфицирования в масштабах одной клетки можно разбить на несколько взаимоперекрывающихся этапов:

- **Присоединение к клеточной мембране** — так называемая адсорбция. Обычно для того, чтобы вирион адсорбировался на поверхности клетки, она должна иметь в составе своей плазматической мембраны белок (часто гликопротеин) — рецептор, специфичный для данного вируса. Наличие рецептора нередко определяет круг хозяев данного вируса, а также его тканеспецифичность.
- **Проникновение в клетку.** На следующем этапе вирусу необходимо доставить внутрь клетки свою генетическую информацию. Некоторые вирусы переносят также собственные белки, необходимые для ее реализации (особенно это характерно для вирусов, содержащих негативные РНК). Различные вирусы для проникновения в клетку используют разные стратегии.
- **Перепрограммирование клетки.** При заражении вирусом в клетке активируются специальные механизмы противовирусной защиты. Зараженные клетки начинают синтезировать сигнальные молекулы — интерфероны, переводящие окружающие здоровые клетки в про-

тивовирусное состояние и активирующие системы иммунитета. Повреждения, вызываемые размножением вируса в клетке, могут быть обнаружены системами внутреннего клеточного контроля, и такая клетка должна будет «покончить жизнь самоубийством» в ходе процесса, называемого апоптозом или программируемой клеточной смерти. От способности вируса преодолеть системы противовирусной защиты напрямую зависит его выживание.

- **Персистенция.** Некоторые вирусы могут переходить в латентное состояние (так называемая персистенция для вирусов эукариот или лизогения для бактериофагов — вирусов бактерий), слабо вмешиваясь в процессы, происходящие в клетке, и активироваться лишь при определенных условиях.
- **Создание новых вирусных компонентов.** Размножение вирусов в самом общем случае предусматривает три процесса — 1) транскрипция вирусного генома — то есть синтез вирусной мРНК, 2) ее трансляция, то есть синтез вирусных белков и 3) репликация вирусного генома. У многих вирусов существуют системы контроля, обеспечивающие оптимальное расходование биоматериалов клетки-хозяина.
- **Созревание вирионов и выход из клетки.** В конце концов, новосинтезированные геномные РНК или ДНК одеваются соответствующими белками и выходят из клетки. Следует сказать, что активно размножающийся вирус не всегда убивает клетку-хозяина. В некоторых случаях (например, ортомиксовирусы) дочерние вирусы отпочковываются от плазматической мембраны, не вызывая ее разрыва. Таким образом, клетка может продолжать жить и продуцировать вирус.

Хромосомная теория наследственности

Обратимся к рассмотрению строения биологической клетки.

Клетка — элементарная единица строения и жизнедеятельности всех живых организмов (кроме вирусов, о которых нередко говорят как о неклеточных формах жизни), обладающая собственным обменом веществ, способная к самостоятельному существованию, самовоспроизведению и развитию. Все живые организмы либо, как многоклеточные животные, растения и грибы, состоят из множества клеток, либо, как многие простейшие и бактерии, являются одноклеточными организмами. Раздел биологии, занимающийся изучением строения и жизнедеятельности клеток, получил название цитологии.

Начиная знакомство с животным миром, необходимо сначала в самых общих чертах остановиться на строении и отправлениях клетки.

Клетка представляет собой структурную и функциональную единицу, лежащую в основе строения и развития организмов. В многоклеточном организме форма строения клеток в соответствии с выполняемыми ими функциями очень различна. Однако основные черты их организации свойственны как простейшим, так и многоклеточным животным и растениям. Каждая клетка состоит из цитоплазмы и ядра. Оба эти компонента представляют собой единую и неделимую структурную и функциональную систему, части которой не могут существовать раздельно.

Цитоплазму часто обозначают другим термином — протоплазмой. Однако многие ученые в слово «протоплазма» вкладывают иное содержание, обозначая им все живые части клетки, в том числе и ядро.

Основным инструментом цитологии служит микроскоп, позволяющий изучать строение клетки при увеличении в 2400—2500 раз. Клетки изучают в живом виде, а также после специальной обработки. Обработка сводится к двум основным этапам. Сначала клетки фиксируют, т. е. убивают их быстродействующими ядовитыми для клеток веществами, не разрушающими их структуры. Вторым этапом является окраска препарата. Она основана на том, что разные части клетки с разной степенью интенсивности воспринимают некоторые красители. Благодаря этому удается отчетливо выявить различные структурные компоненты клетки, которые без окраски благодаря сходному коэффициенту преломления не видны. Очень часто применяют метод изготовления срезов. Для этого ткани или отдельные клетки после специальной обработки заключают в твердую среду (парафин, целлоидин), после чего при помощи особого прибора — микротомы, снабженного острой бритвой, раскладывают на тонкие срезы толщиной от 3 микрон (микрон = 0,001 мм). Фиксированные и окрашенные препараты перед изучением заключают в среду с высоким коэффици-

ентом преломления (глицерин, канадский бальзам и др.). Благодаря этому они становятся прозрачными, что облегчает исследование препарата.

В современной цитологии разработан ряд новых методов и приемов, применение которых чрезвычайно углубило знания о строении и физиологии клетки.

Очень большое значение для изучения клетки имеет применение биохимических и цитохимических методов. В настоящее время мы можем не только изучать строение клетки, но и определять ее химический состав и изменения его в процессе жизнедеятельности клетки. Многие из этих методов основаны на применении цветных реакций, позволяющих различать определенные химические вещества или группы веществ. Изучение распределения разных по своему химическому составу веществ в клетке путем цветных реакций представляет собой цитохимический метод. Он имеет большое значение для исследования обмена веществ и других сторон физиологии клетки.

В современной цитологии широко применяют ультрафиолетовую микроскопию. Ультрафиолетовые лучи невидимы для человеческого глаза, но воспринимаются фотографической пластинкой. Некоторые играющие особо важную роль в жизни клетки органические вещества (нуклеиновые кислоты) избирательно поглощают ультрафиолетовые лучи. Поэтому по снимкам, изготовленным в ультрафиолетовых лучах, можно судить о распределении нуклеиновых веществ в клетке.

Разработан ряд тонких методов, позволяющих изучать проникновение разных веществ в клетку из окружающей среды. Для этого, в частности, применяют прижизненные (витальные) красители. Это такие красящие вещества (например, нейтральный красный), которые проникают в клетку, не убивая ее. Наблюдая за живой витально окрашенной клеткой, можно судить о путях проникновения и накопления веществ в клетке.

Особенно большую роль в развитии цитологии, а также в изучении тонкого строения простейших сыграла электронная микроскопия.

Электронный микроскоп основан на ином принципе, чем световой оптический микроскоп. Объект изучают в пучке быстро летящих электронов. Длина волны электронных лучей во много тысяч раз меньше длины волны световых лучей. Это позволяет получить значительно большую разрешающую способность, т. е. гораздо большее увеличение, чем в световом микроскопе. Пучок электронов проходит сквозь изучаемый объект и затем падает на флуоресцирующий экран, на котором и проецируется изображение объекта. Чтобы объект был проницаемым для электронного пучка, он должен быть очень тонким. Обычные микротомные срезы толщиной в 3—5 мк для этого совершенно непригодны. Они полностью поглощают пучок электронов. Были созданы особые приборы — ультрамикротомы, которые позволяют получать срезы ничтожной толщины, порядка 100—300 ангстрем (ангстрем — единица длины, равная одной десяти тысячной микрона). Различия в поглощении электронов разными частями клетки настолько малы, что без специальной обработки на экране электронного микроскопа они не могут быть обнаружены. Поэтому изучаемые объекты предварительно обрабатываются веществами, непроницаемыми или труднопроницаемыми для электронов. Таким веществом является четырехокись осмия (OsO₄). Она в различной степени поглощается разными частями клетки, которые благодаря этому по-разному задерживают электроны. Применяя электронный микроскоп, можно получить увеличения порядка 100 000.

Первым человеком, увидевшим клетки, был английский ученый **Роберт Гук** (известный нам благодаря закону Гука). В 1665 году, пытаясь понять, почему пробковое дерево так хорошо плавает, Гук стал рассматривать тонкие срезы пробки с помощью усовершенствованного им микроскопа. Он обнаружил, что пробка разделена на множество крошечных ячеек, напомнивших ему соты в ульях медоносных пчел, и он назвал эти ячейки клетками (по-английски cell означает «ячейка, клетка»).

Снаружи клетка отграничена от окружающей среды тонкой клеточной мембраной, которая играет важную роль в регуляции поступления веществ в цитоплазму. Основное вещество цитоплазмы имеет сложный химический состав. Основу его составляют белки, которые находятся в состоянии коллоидного раствора. Белки — это сложные органические вещества, обладающие крупными молекулами (молекулярный вес их очень высок, измеряется десятками тысяч по отношению к атому водорода) и большой химической подвижностью. Кроме белков, в цитоплазме присутствуют и многие другие органические соединения (углеводы, жиры), среди которых особенно большое значение в жизни клетки играют сложные органические вещества — нуклеиновые

кислоты. Из неорганических составных частей цитоплазмы следует прежде всего назвать воду, которая по весу составляет значительно больше половины всех веществ, входящих в состав клетки

В основном веществе цитоплазмы располагаются органоиды — постоянно присутствующие структуры, выполняющие определенные функции в жизни клетки. Среди них важную роль в обмене веществ играют митохондрии. В световом микроскопе они видны в форме небольших палочек, нитей, иногда гранул. **Электронный микроскоп** показал, что структура митохондрий очень сложна. Каждая митохондрия имеет оболочку, состоящую из трех слоев, и внутреннюю полость.

От оболочки в эту полость, заполненную жидким содержимым, вдаются многочисленные перегородки, не достигающие до противоположной стенки, называемые кристами. Цитофизиологические исследования показали, что митохондрии являются органоидами, с которыми связаны дыхательные процессы клетки (окислительные). Во внутренней полости, на оболочке и кристах локализуются дыхательные ферменты (органические катализаторы), обеспечивающие сложные химические превращения, из которых складывается процесс дыхания.

В цитоплазме, кроме митохондрий, имеется сложная система мембран, образующая в совокупности эндоплазматическую сеть. Как показали электронно-микроскопические исследования, мембраны эндоплазматической сети двойные. Со стороны, обращенной к основному веществу цитоплазмы, на каждой мембране расположены многочисленные гранулы (называемые «тельцами Паллада» по имени открывшего их ученого). В состав этих гранул входят нуклеиновые кислоты (а именно рибонуклеиновая кислота), благодаря чему их называют также рибосомами. На эндоплазматической сети при участии рибосом осуществляется один из основных процессов жизнедеятельности клетки — синтез белков.

Часть цитоплазматических мембран лишена рибосом и образует особую систему, называемую **аппаратом Гольджи**. Это образование обнаружено в клетках уже довольно давно, ибо его удалось выявить особыми методами при исследовании в световом микроскопе. Однако тонкая структура аппарата Гольджи стала известна лишь в результате электронно-микроскопических исследований. Функциональное значение этого органоида сводится к тому, что в области аппарата концентрируются различные синтезируемые в клетке вещества, например зерна секрета в железистых клетках и т. п. Мембраны аппарата Гольджи находятся в связи с эндоплазматической сетью. Возможно, что на мембранах аппарата Гольджи протекает ряд синтетических процессов.

Эндоплазматическая сеть связана с наружной оболочкой ядра. Эта связь играет, по-видимому, существенную роль во взаимодействии ядра и цитоплазмы. Эндоплазматическая сеть имеет также связь с наружной мембраной клетки и местами непосредственно переходит в нее.

При помощи электронного микроскопа в клетках был обнаружен еще один тип органоидов — лизосомы. По размерам и форме они напоминают митохондрии, но легко отличаются от них по отсутствию тонкой внутренней структуры, столь характерной и типичной для митохондрий. По представлениям большинства современных цитологов, в лизосомах содержатся переваривающие ферменты, связанные с расщеплением крупных молекул органических веществ, поступающих в клетку. Это как бы резервуары ферментов, постепенно используемых в процессе жизнедеятельности клетки.

Кроме перечисленных цитоплазматических органоидов клетки, в ней могут присутствовать различные специальные структуры и включения, связанные с обменом веществ и выполнением различных специальных, свойственных данной клетке функций.

В животных клетках обычно присутствует гликоген, или животный крахмал. Это резервное вещество, потребляемое в процессе обмена веществ как основной материал для окислительных процессов. Часто имеются жировые включения в форме мелких капель. В специализированных клетках, таких, как мышечные клетки, имеются особые сократимые волокна, связанные с сократительной функцией этих клеток. Ряд специальных органоидов и включений имеется в растительных клетках. В зеленых частях растений всегда присутствуют хлоропласты — белковые тела, содержащие зеленый пигмент хлорофилл, при участии которого осуществляется фотосинтез — процесс воздушного питания растения. В качестве резервного вещества здесь обычно находятся крахмальные зерна, отсутствующие у животных. В отличие от животных, растительные клетки обладают, кроме наружной мембраны, прочными ободочками из клетчатки, что обуславливает особую прочность растительных тканей.

Клеточное ядро — второй основной компонент клетки, образующий вместе с цитоплазмой единую структурную и функциональную систему. Ядро отграничено от цитоплазмы оболочкой. Оболочка состоит из двух мембран, из которых наружная связана с эндоплазматической сетью цитоплазмы. Электронно-микроскопические исследования показали, что ядерная оболочка пронизана многочисленными мельчайшими порами диаметром около 600—700 ангстрем. Эти поры играют, вероятно, важную роль в обмене веществ между цитоплазмой и ядром. Внутри ядра имеется жидкий ядерный сок — кариолимфа, в которой расположены структурные компоненты ядра. Количество кариолимфы в разных ядрах различно. Иногда ее может быть очень много, и ядро приобретает пузырьковидное строение. В других случаях кариолимфы мало (пример — макронуклеусы инфузорий), и ядро становится массивным и плотным. В кариолимфе растворены различные органические, в том числе белковые, вещества. Основным структурным компонентом ядра — хроматин (**хромосомы**), который представлен обычно беспорядочно расположенными нитями и тяжами, нередко образующими скопления в виде гранул. С биохимической стороны хроматин состоит из особого содержащего фосфор вещества — нуклеопротеидов дезоксирибонуклеиновой кислоты (сокращенно ДНК). Нуклеопротеиды — это белки (протеиды), химически связанные с нуклеиновой кислотой ДНК. Роль хромосом в жизни клетки чрезвычайно велика. Об этом будет сказано ниже. Наконец, в ядре всегда присутствует одно или несколько ядрышек (руклеол), которые тоже в основном состоят из нуклеопротеидов, но уже другой, а именно рибонуклеиновой кислоты (РНК).

В настоящее время доказано, что ДНК обладает замечательной способностью к самовоспроизведению (ауторепродукции, репликации). Строение молекулы ДНК очень сложно. Она складывается из двух закрученных спирально одна вокруг другой нитей, в свою очередь состоящих из повторяющихся по продольной оси групп молекул (**нуклеотидов**). Каждый нуклеотид включает в свой состав органическое основание (из групп пуриновых и пиримидиновых оснований). Связь между двумя цепочками в молекуле ДНК осуществляется при помощи этих оснований, которые обращены друг к другу. Обе нити (цепи нуклеотидов) относительно слабо связаны между собой. Эти связи могут нарушаться, в результате чего нити раскручиваются своими внутренними сторонами наружу. Из окружающей кариолимфы к ним на освободившиеся химические связи органических оснований присоединяются нуклеотиды, точно такие же, какие входили в состав второй цепи. В результате этого замечательного процесса из одной молекулы получается две, точно такие же.

Одиночная нить ДНК является как бы «матрицей» (формой), воспроизводящей вторую нить. Этот процесс является молекулярной основой размножения клетки, который мы рассмотрим ниже.

Молекулы ДНК способны не только воспроизводить себе подобные, но и участвовать через посредство РНК (в рибосомах) в синтезе белков.

Разгадка механизма синтеза белка в клетке представляет собой величайшее открытие биологии за последнее десятилетие. Удалось поднять завесу над одной из основных проблем науки о жизни — проблемой образования белка. Ее решение осуществлено на основе тесного сотрудничества двух биологических наук — цитологии и биохимии.

Наряду с проблемой синтеза белка основным вопросом физиологии клетки является вопрос об источниках энергии. Все те синтетические процессы, которые мы только что рассмотрели, протекают с затратой энергии. Энергия необходима и для ряда других жизненных процессов, в частности движения. В отношении клетки справедливо будет утверждение, что самосохранение ее сложной структуры и основные жизненные функции осуществляются лишь благодаря непрерывному потреблению энергии. Где же источники этой энергии? В каких формах происходит превращение энергии в клетке? Основным источником энергии в клетке являются процессы, связанные в конечном счете с окислением углеводов и других органических веществ вплоть до образования углекислого газа и воды.

Наряду с окислением источником энергии могут являться и расщепительные анаэробные процессы, ведущие к образованию из более сложных органических соединений (например, глюкозы) менее сложных (например, молочной кислоты). Материальным субстратом, на котором протекают окислительные процессы, служат митохондрии. Однако нужно подчеркнуть, что окислительные процессы в клетке с химической стороны протекают совсем не так, как горение органических тел на воздухе, хотя и в том и в другом случае конечные продукты одинаковы — углекислый

газ и вода. Окисление в клетке протекает при температурах относительно низких, при которых вне организма органические вещества не окисляются.

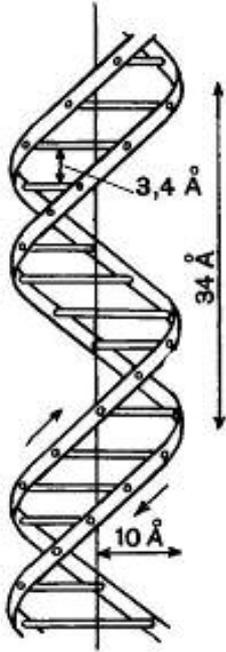


Рисунок Схема строения молекулы ДНК

Процессы, протекающие в живой клетке, обусловлены наличием сложной системы ферментов (органических катализаторов), каждый из которых обуславливает строго определенную реакцию. Процесс этот очень сложен и состоит из ряда этапов. Во время первого этапа углеводов (глюкоза), обладающий шестью атомами углерода, дает начало двум трехуглеродным молекулам молочной кислоты. На втором этапе, слагающемся из множества промежуточных звеньев, рассматривать которые мы не имеем здесь возможности (*эта серия последовательных превращений известна под названием цикла Кребса*), часть вещества дает начало углекислому газу и воде. Все эти превращения связаны с освобождением энергии. Одной из самых замечательных сторон этого процесса является связь окисления с фосфорилированием.

Под фосфорилированием понимают процесс образования молекул особого органического вещества — аденозинтрифосфата (сокращенно — АТФ), в состав молекулы которого входят три фосфатные группы (фосфатная группа — это атом фосфора, соединенный с атомами кислорода и гидроксильной

группой). Две фосфатные группы АТФ соединены с остальной частью молекулы особой химической связью, носящей название макроэргической, что означает «богатая энергией». Один из фосфатных остатков может легко отделяться от АТФ, и, высвобождая энергию, АТФ при этом переходит в аденозиндифосфат (АДФ), который гораздо беднее химической энергией, чем АТФ. За счет энергии, освобождаемой при окислении, АДФ вновь может подвергаться фосфорилированию, в результате чего происходит присоединение фосфатной группы и восстанавливается макроэргическая связь. АТФ, таким образом, можно рассматривать как богатую энергией «заряженную» форму, тогда как АДФ — как «разряженную», относительно более бедную энергией форму аденозинфосфата. АТФ в клетке является своеобразным химическим аккумулятором энергии, за счет которого выполняется самая различная работа: механическая, химическая (в том числе синтез белков), осмотическая, электрическая.

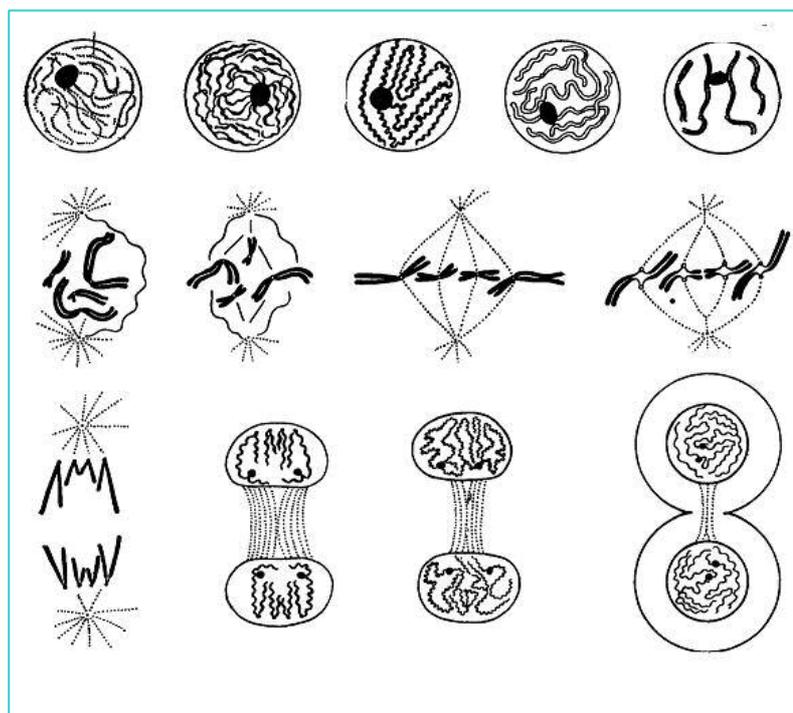
Таким образом, что в животных клетках в ходе сложной цепи превращений, из которых слагается дыхание, энергия, заключенная в питательных веществах, в результате окисления расходуется на построение АТФ из АДФ. Если этим процессам дать количественное выражение, то оказывается, что немного более половины высвобождаемой при окислении энергии идет на фосфорилирование, на «зарядку» аденозинфосфатов — этих замечательных органических аккумуляторов энергии.

Хорошо известно, что животный организм не способен создавать органические вещества из неорганических. В качестве пищи животное получает органические вещества, о судьбе которых в клетке мы только что говорили. Лишь зеленое растение при помощи хлорофилла создает органические вещества из неорганических в результате как воздушного, так и минерального питания из почвы. Эти процессы требуют затраты энергии. Источник ее — солнечный луч. Энергия солнца переходит в потенциальное состояние в форме органических соединений, создаваемых растением. Эта энергия с пищей передается животному, где она претерпевает ряд превращений, в которых особо важная роль принадлежит АТФ — органическому аккумулятору энергии в клетке.

Одним из основных биологических процессов, обеспечивающих преемственность форм жизни и лежащих в основе всех форм размножения, является процесс деления клетки. На рисунке ниже представлена схема митотического деления клетки.

Этот процесс, известный под названием кариокинеза, или митоза, с удивительным постоянством, лишь с некоторыми вариациями в деталях, осуществляется в клетках всех растений и животных, в том числе и простейших. При митозе происходит равномерное распределение хромосом,

претерпевающих удвоение между дочерними клетками. От любого участка каждой хромосомы дочерние клетки получают половину.



В первой стадии митоза, называемой профазой, в ядре становятся отчетливо видимыми хромосомы в форме нитей разной длины. В неделящемся ядре, как мы видели, хромосомы имеют вид тонких, неправильно расположенных нитей, переплетающихся друг с другом. В профазе происходит их укорачивание и утолщение. Вместе с тем каждая хромосома оказывается двойной. По длине ее проходит щель, разделяющая хромосому на две рядом лежащие и совершенно подобные друг другу половины.

На следующей стадии митоза — метафазе — оболочка ядра разрушается, ядрышки растворяются и хромосомы оказываются лежащими в цитоплазме. Все хромосомы располагаются при этом в один ряд, образуя так называемую экваториальную пластинку. Существенные изменения претерпевает центросома. Она делится на две части, которые расходятся, и между ними образуются нити, формирующие ахроматиновое веретено. Экваториальная пластинка хромосом располагается по экватору этого веретена.

На стадии анафазы происходит процесс расхождения к противоположным полюсам дочерних хромосом, образовавшихся, как мы видели, в результате продольного расщепления материнских хромосом. Расходящиеся в анафазе хромосомы скользят по нитям ахроматинового веретена и в конце концов собираются двумя группами в области центросом.

Во время последней стадии митоза — телофазы — происходит восстановление структуры неделящегося ядра. Вокруг каждой группы хромосом образуется ядерная оболочка. Хромосомы вытягиваются и утончаются, превращаясь в длинные, беспорядочно расположенные тонкие нити. Выделяется ядерный сок, в котором появляется ядрышко.

Одновременно со стадиями анафазы и телофазы происходит разделение на две половины цитоплазмы клетки, которое осуществляется обычно путем простой перетяжки.

Как видно из нашего краткого описания, процесс митоза сводится в первую очередь к правильному распределению хромосом между дочерними ядрами. Хромосомы состоят из пучков нитевидных молекул ДНК, расположенных по продольной оси хромосомы. Видимому началу митоза

предшествует, как это теперь установлено точными количественными измерениями, удвоение ДНК, молекулярный механизм которого мы уже рассмотрели выше.

Таким образом, митоз и расщепление хромосом во время него является лишь видимым выражением процессов удвоения (ауторепродукции) молекул ДНК, осуществляемого на уровне молекул. ДНК определяет через посредство РНК белковый синтез. Качественные особенности белков «закодированы» в структуре ДНК. Поэтому очевидно, что точное разделение хромосом в митозе, базирующееся на редупликации (ауторепродукции) молекул ДНК, лежит в основе «наследственной информации» в ряде следующих друг за другом поколений клеток и организмов.

Число хромосом, так же как их форма, размеры и т. п., является характерным признаком каждого вида организмов. У человека, например, имеется 46 хромосом, у окуня — 28, у мягких пшениц — 42 и т. п.

НЕЙРОН

(от греч. *neurōn* — жила, нерв), нервная клетка, нейроцит, осн. структурная и функциональная единица нервной системы, обладающая специфическими проявлениями возбудимости. Нейрон способен принимать сигналы, перерабатывать их в нервные импульсы и проводить к нервным окончаниям, контактирующим с др. нейронами или эффекторными органами (мышцы, железы). Образуется в эмбриогенезе из нейробласта на стадии нервной трубки. Главная структурная особенность нейрона — наличие отростков (дендритов и аксона), к-рые отходят от тела клетки, или перикариона.

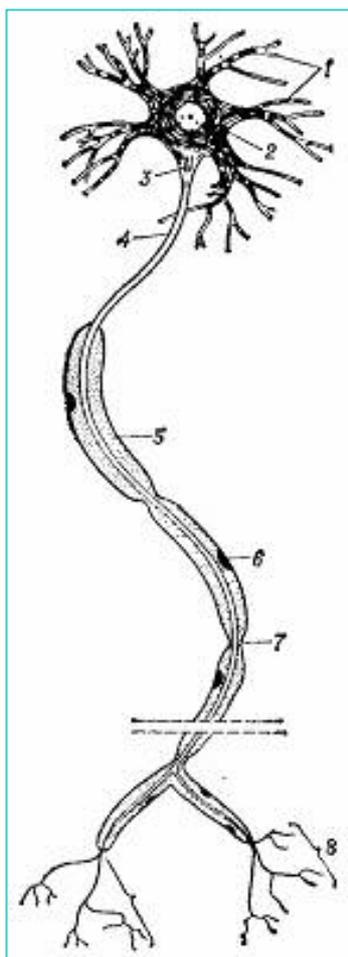


Рисунок Схематическое изображение нейрона: 1 — дендриты; 2 — тело клетки (перикарион); 3 — аксонный холмик (триггерная область); 4 — аксон; 5 — миелиновая оболочка; 6 — ядро шванновской клетки; 7 — перехват Ранвье; 8 — эффекторные нервные окончания. Пропорции между размерами частей нейрона не соблюдены.

Воспринимающая часть нейрона — ветвящиеся дендриты, снабженные рецепторной мембраной. В результате суммации местных процессов возбуждения и торможения в наиболее, высоковозбудимой (триггерной) зоне Нейрона возникают нервные импульсы. Они распространяются по аксону к концевым нервным окончаниям, высвобождающим медиатор, который приводит к активации мембраны воспринимающих импульсы нервных клеток. Нейроны разнообразны

по форме тела (пирамидные, многоугольные, круглые и овальные), его размерам (от 5 мкм до 150 мкм) и кол-ву отростков. Униполярные Нейроны (имеют 1 отросток — аксон) характерны для ганглиев беспозвоночных, псевдоуниполярные (1 отросток, делящийся на 2 ветви) — для ганглиев (спинно- и черепномозговых нервов) высших позвоночных; биполярные (есть аксон и дендрит) — для периферические чувствительные Нейроны ; мультиполярные (аксон и нескольких дендритов) — для мозга позвоночных. Если трудно дифференцировать отдельные отростки би- и мультиполярных Нейронов, то их называют изополярными, если легко — гетерополярными. У беспозвоночных преобладают униполярные, у позвоночных — гетеро- и мультиполярные Нейроны.

Исходя из функций, Нейроны подразделяют на чувствительные (сенсорные), воспринимающие сигналы из внеш. или внутренней среды, ассоциативные, связывающие Нейроны друг с другом, и двигательные, или эффекторные, передающие первые импульсы от Нейронов к исполнит, органам. Последовательное синаптическое объединение чувствительных, ассоциативных и двигательных Нейронов образует рефлекторную дугу.

По характеру воздействия Нейрона на клетки, с которыми они контактируют посредством синапсов, различают возбуждающие и тормозные Нейроны, по типу выделяемого медиатора — холинергические, пептидергические, норадренергические и др. Нейросекреторные Нейроны вырабатывают и выделяют нейрогормоны.

Для всех Нейронов характерен высокий уровень обмена веществ, особенно синтеза белков и РНК. Интенсивный белковый синтез необходим для обновления структурных и метаболических белков цитоплазмы Нейрона и его отростков. В филогенезе число Нейронов нарастает, достигая у человека многих млрд. У большинства животных дифференцированные Нейроны не делятся. Как в онтогенезе, так и в филогенезе происходят постоянные количественные и качественные перестройки межнейронных связей.

Нейроны образуют сеть связей, по которой распространяется нервный импульс. **НЕРВНЫЙ ИМПУЛЬС** — волна возбуждения, распространяющаяся по нервному волокну и проявляющаяся в электрическом потенциале (потенциал действия). Обеспечивает передачу информации от периферических рецепторных окончаний к нервным центрам внутри Центральной нервной системы (ЦНС) и от них к эффекторам. Характеризуется кратковременным снижением разности потенциалов (по отношению к исходной), возникающим в результате местного сдвига ионной проницаемости возбудимой мембраны.

Энергия, необходимая для передачи **НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА**, освобождается в самом нервном волокне. **НЕРВНЫЙ ИМПУЛЬС** возникает по закону «все или ничего», т. е. не зависит от силы и качества раздражителя, и способен скачкообразно распространяться по нервному волокну со скоростью от 0,2 до 180 м/с. В момент распространения **НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА** внутренняя часть нервного волокна заряжается положительно и разность потенциалов между аксоплазмой и наружной средой может достигать 40—50 мВ. Так, двигательные нейроны могут проводить без искажений около 500 **НЕРВНЫХ ИМПУЛЬСОВ** в секунду, промежуточные — до 1000. После рефрактерного периода следуют длительные следовые изменения возбудимости, т. е. последствие, которое в теле нервной клетки выражено почти в 10 раз сильнее, чем у аксона. **НЕРВНЫЙ ИМПУЛЬС** способен к самораспространению за счет тех электрических токов, которые он создает; таким путем проводится по нервным волокнам неискаженная информация, кодируемая либо частотой потенциалов действия, либо «рисунком» разряда, т. е. определенной последовательностью **НЕРВНЫХ ИМПУЛЬСОВ** в пределах времени общего ответа клетки.

Все клеточные формы жизни на Земле можно разделить на два кластера на основании строения составляющих их клеток:

- **прокариоты** (доядерные) — более простые по строению и возникли в процессе эволюции раньше;
- **эукариоты** (ядерные) — более сложные, возникли позже. Клетки, составляющие тело человека, являются эукариотическими.

Несмотря на многообразие форм организация клеток всех живых организмов подчинена единым структурным принципам.

Элементарные фрагменты клетки

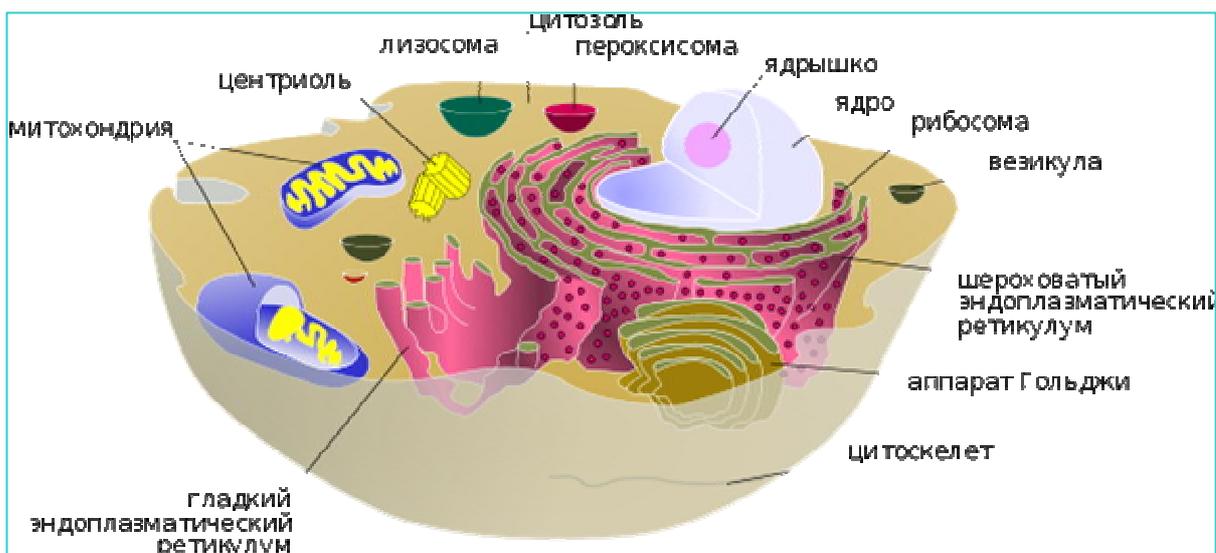
Центриоль — внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий тельца в структуре клетки, размер которых находится на границе разрешающей способности светового микроскопа.

Эти органеллы в делящихся клетках принимают участие в формировании веретена деления и располагаются на его полюсах. В неделящихся клетках центриоли часто определяют полярность клеток эпителия и располагаются вблизи комплекса Гольджи.

Лизосома — (от греч. λύσις — растворяю и σῶμα — тело) клеточный органоид размером 0,2 — 0,4 мкм, один из видов везикул. Эти одномембранные органоиды. Разные виды лизосом могут рассматриваться как отдельные клеточные компартменты. Лизосомы — формируют внутриклеточное пищеварение и участие в обмене веществ. Один из признаков лизосом — наличие в них ряда ферментов, способных расщеплять белки, углеводы, липиды и нуклеиновые кислоты.

Цитозоль (англ. cytosol) или внутриклеточная жидкость, матрикс цитоплазмы, гиалоплазма — жидкость, находящаяся внутри клеток. Цитозоль представляет собой смесь веществ, раство-

ренных в воде. Концентрации ионов натрия и калия в цитозоле отличаются от таковых во внеклеточном пространстве, эти различия в концентрациях ионов играют важную роль в осморегуляции и передаче сигнала.



Схематическое изображение животной клетки.

Пероксисома (лат. *peroxysoma*) — обязательная органелла эукариотической клетки, ограниченная мембраной, содержащая большое количество ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции. Имеет размер от 0,2 до 1,5 мкм, отделена от цитоплазмы одной мембраной.

Ядрышки — участки хромосом, на которых происходит синтез рибосомных рибонуклеиновых кислот (рРНК), находятся внутри ядра клетки, и не имеют собственной мембранной оболочки, однако хорошо различимы под световым и электронным микроскопом.

Основной функцией ядрышка является синтез рибосомных РНК и рибосом, на которых в цитоплазме осуществляется синтез полипептидных цепей. В геноме клетки имеются специальные участки, так называемые ядрышковые организаторы, содержащие гены рибосомной РНК (рРНК), вокруг которых и формируются ядрышки. В ядрышке происходит синтез рРНК РНК полимеразой I, ее созревание, сборка рибосомных субъединиц. В ядрышке локализуются белки, принимающие участие в этих процессах.

Ядро (лат. *nucleus*) — это один из структурных компонентов эукариотической клетки, содержащий генетическую информацию (молекулы ДНК), осуществляющий основные функции: хранение, передача и реализация генетической информации с обеспечением синтеза белка. Ядро состоит из хроматина, ядрышка, кариоплазмы (или нуклеоплазмы) и ядерной оболочки. В клеточном ядре происходит репликация (или редупликация) — удвоение молекул ДНК, а также транскрипция — синтез молекул РНК на молекуле ДНК.

Рибосома — важнейший немембранный органоид живой клетки сферической или слегка эллипсоидной формы, диаметром 10—20 нанометров, состоящий из большой и малой субъединиц. Рибосомы служат для биосинтеза белка из аминокислот по заданной матрице на основе генетической информации, предоставляемой матричной РНК, или мРНК. Этот процесс называется трансляцией.

Везикула — в цитологии — это относительно маленькие внутриклеточные органоиды, мембрано-защищенные сумки, в которых запасаются или транспортируются питательные вещества. Везикула отделена от цитозоля минимальным липидным слоем.

Эндоплазматический ретикулум (ЭПР) (лат. *reticulum* — сеточка) или эндоплазматическая сеть (ЭПС) — внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий собой разветвленную систему из окруженных мембраной уплощенных полостей, пузырьков и канальцев.

При участии эндоплазматического ретикулаума происходит трансляция и транспорт белков, синтез и транспорт липидов и стероидов.

Аппарат (комплекс) Гольджи — мембранная структура эукариотической клетки, органелла, в основном предназначенная для выведения веществ, синтезированных в эндоплазматическом ретикулуме. Аппарат Гольджи был назван так в честь итальянского ученого Камилло Гольджи, впервые обнаружившего его в 1897 году

Цитоскелет — это клеточный каркас или скелет, находящийся в цитоплазме живой клетки. Он присутствует во всех клетках как у эукариот, так и у прокариот. Это динамичная, изменяющаяся структура, в функции которой входит поддержание и адаптация формы клетки ко внешним воздействиям, экзо- и эндоцитоз, обеспечение движения клетки как целого, активный внутриклеточный транспорт и клеточное деление.

Эндоплазматический ретикулум (ЭПР) (лат. reticulum — сеточка) или эндоплазматическая сеть (ЭПС) — внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий собой разветвленную систему из окруженных мембраной уплощенных полостей, пузырьков и канальцев.

Клеточная мембрана (или цитолемма, или плазмалемма, или плазматическая мембрана) отделяет содержимое любой клетки от внешней среды, обеспечивая ее целостность; регулируют обмен между клеткой и средой

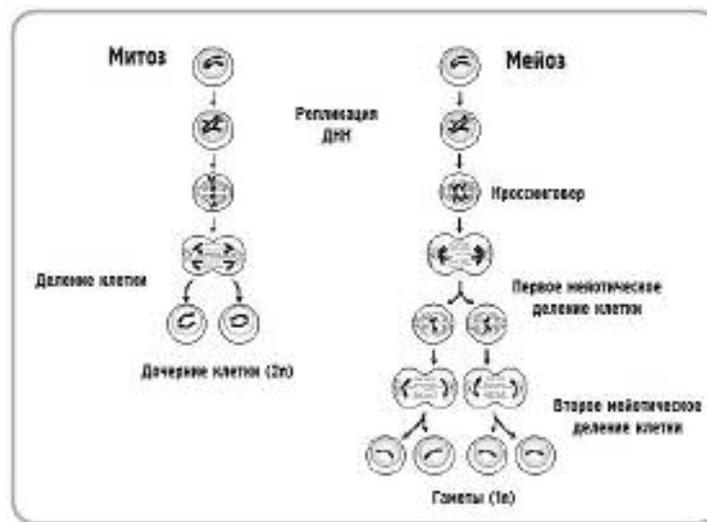


Функции мембраны

- барьерная — обеспечивает регулируемый, избирательный, пассивный и активный обмен веществ с окружающей средой.
- транспортная — через мембрану происходит транспорт веществ в клетку и из клетки. Транспорт через мембраны обеспечивает: доставку питательных веществ, удаление конечных продуктов обмена, секрецию различных веществ, создание ионных градиентов, поддержание в клетке оптимального pH и концентрации ионов, которые нужны для работы клеточных ферментов.
- При пассивном транспорте вещества пересекают липидный бислой без затрат энергии по градиенту концентрации путем диффузии.
- Активный транспорт требует затрат энергии, так как происходит против градиента концентрации. На мембране существуют специальные белки-насосы, в том числе АТФаза, которая активно вкачивает в клетку ионы калия (K^+) и выкачивает из нее ионы натрия (Na^+).
- матричная — обеспечивает определенное взаиморасположение и ориентацию мембранных белков, их оптимальное взаимодействие.

- механическая — обеспечивает автономность клетки, ее внутриклеточных структур, также соединение с другими клетками (в тканях).
- энергетическая — при фотосинтезе в хлоропластах и клеточном дыхании в митохондриях в их мембранах действуют системы переноса энергии, в которых также участвуют белки;
- рецепторная — некоторые белки, находящиеся в мембране, являются рецепторами (молекулами, при помощи которых клетка воспринимает те или иные сигналы)
- ферментативная — мембранные белки нередко являются ферментами.
- Генерационная - осуществление генерации и проведения биопотенциалов. С помощью мембраны в клетке поддерживается постоянная концентрация ионов: концентрация иона K^+ внутри клетки значительно выше, чем снаружи, а концентрация Na^+ значительно ниже, что очень важно, так как это обеспечивает поддержание разности потенциалов на мембране и генерацию нервного импульса.
- Маркировочная - маркировка клетки — на мембране есть антигены, действующие как маркеры — «ярлыки», позволяющие опознать клетку. С помощью маркеров клетки могут распознавать другие клетки и действовать согласованно с ними, например, при формировании органов и тканей. Это же позволяет иммунной системе распознавать чужеродные антигены.

Стадии деления клетки



Мейоз — это деление в зоне созревания половых клеток, сопровождающееся уменьшением числа хромосом вдвое. Он состоит из двух последовательно идущих делений, имеющих те же фазы, что и митоз.

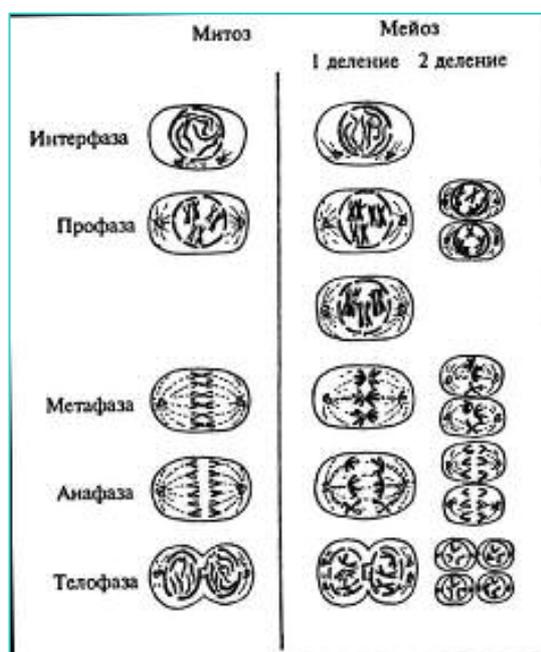
Митоз, или непрямоe деление, наиболее широко распространен в природе. Митоз лежит в основе деления всех неполовых клеток (эпителиальных, мышечных, нервных, костных и др.). Митоз состоит из четырех последовательных фаз. Рисунок ниже поясняет эти различия.

Пояснения.

Нуклеиновые кислоты — это сложные соединения, молекулы которых крупнее молекул большинства белков и содержат углерод, кислород, водород, азот и фосфор. Они были впервые выделены Мишером в 1870 году из ядер клеток, находящихся в гное; их название обусловлено тем, что они обладают кислотными свойствами и впервые были идентифицированы в клеточных ядрах (ядро по латыни nucleus). Долгое время полагали, что существует только две нуклеиновые кислоты: одна, содержащая сахар рибозу и называемая рибонуклеиновой кислотой (РНК), и другая, содержащая сахар дезоксирибозу и называемая дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК). В настоящее время обнаружено много различных видов РНК и ДНК, различающихся деталями своего строения и своей ролью в обмене веществ. ДНК содержится в хромосомах клеточного ядра, а также (в гораздо меньшем количестве) в митохондриях и хлоропластах. Она служит главным носителем генетической информации. РНК содержится в ядре (ее особенно много в ядрышке), в рибосомах и — в меньших количествах — в других частях клетки.

Нуклеиновые кислоты состоят из компонентов, называемых **нуклеотидами**. Каждый нуклеотид содержит азотистое основание, пятиуглеродный сахар (пентозу) и фосфорную кислоту. Входящие в нуклеиновые кислоты азотистые основания делятся на два типа: пурины и пиримидины.

Особую функцию выполняют в клетке некоторые моно- и динуклеотиды — вещества, близкие по своей структуре к компонентам нуклеиновых кислот. В состав каждого из них входят: фосфорная кислота, рибоза и пуриновое или пиримидиновое основание. Каждое из этих оснований может образовать нуклеозидтрифосфат, в котором последовательно соединены основание, сахар и три фосфатные группы. Аденозинтрифосфат (АТФ), состоящий из аденина, рибозы и трех остатков фосфата, играет важнейшую роль как своего рода «энергетическая валюта» всех клеток. В его молекуле две концевые фосфатные группы присоединены к нуклеотиду макроэргическими (т. е. богатыми энергией) связями, которые обозначаются символом — Ф.



Биологически полезная энергия этих связей может передаваться другим молекулам; большая часть химической энергии клетки запасается в форме макроэргических фосфатных связей АТФ и может использоваться клеткой при переносе фосфатной группы на другую молекулу. Гуанозинтрифосфат (ГТФ) необходим на некоторых этапах синтеза белков, уридинтрифосфат (УТФ) — на некоторых этапах углеводного обмена, а цитидинтрифосфат (ЦТФ) — для синтеза жиров, и фосфолипидов. Трифосфаты всех четырех нуклеотидов нужны для синтеза РНК, а четыре соответствующих нуклеозидтрифосфата, содержащие дезоксирибозу, — для синтеза ДНК.

Хромосомы — это важнейший органоид ядра клетки, содержащий ДНК в комплексе с другими белками. **Хромосомы** — носители наследственной информации. Хромосомы содержат ДНК в комплексе с основным белком — гистоном, содержащим большое количество мизина и аргенина; этот комплекс составляет около 90 % вещества хромосом. В состав хромосом входят также РНК, кислые белки, липиды, минеральные вещества и фермент ДНК — полимеразы, необходимый для репликации.

Хромосомы могут иметь длину в десятки и сотни раз превышающие диаметр ядра. В интерфазу (период между делениями) хромосомы видны только под электронным микроскопом и представляют собой длинные тонкие нити, именуемые хроматином (деспирализованное состояние хромосом). В это период идет процесс удвоения (редупликации) хромосом; в конце интерфазы каждая хромосома состоит из двух хроматид. Каждая хромосома имеет первичную перетяжку, на

которой расположена **центромера**; **перетяжка** делит хромосому на два плеча одинаковой или разной длины.

Центромера служит местом прикрепления нити веретена деления. Функция хромосом заключается в контроле над всеми процессами жизнедеятельности клетки. Хромосомы являются носителями генов, т. е. носителями генетической информации.

Число, форма и размеры хромосом – главный признак, генетический критерий вида. Изменение числа, формы или размера хромосом – причина мутации, которые часто вредны для организма.

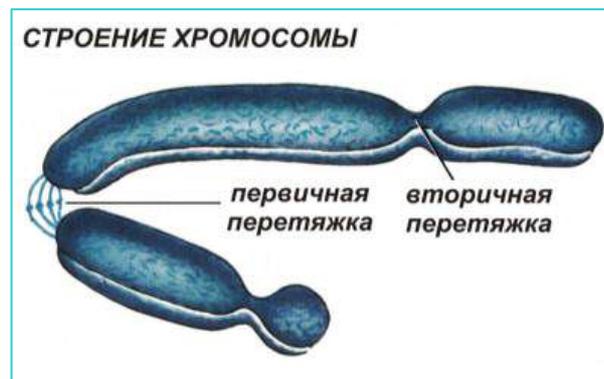
Таблица - Сравнение митоза и мейоза

Фаза	Митоз	Мейоз	
		1 деление	2 деление
Интерфаза	<p>Набор хромосом 2n</p> <p>Идет интенсивный синтез белков, АТФ¹ и других органических веществ</p> <p>Удваиваются хромосомы, каждая оказывается состоящей из двух сестринских хроматид, скрепленных общей центромерой.</p>	<p>Набор хромосом 2n Наблюдаются те же процессы, что и в митозе, но более продолжительна, особенно при образовании яйцеклеток.</p>	<p>Набор хромосом гаплоидный (n). Синтез органических веществ отсутствует.</p>
Профаза	<p>Непродолжительна, происходит спирализация хромосом, исчезают ядерная оболочка, ядрышко, образуется веретено деления</p>	<p>Более длительна. В начале фазы те же процессы, что и в митозе. Кроме того, происходит конъюгация хромосом, при которой гомологичные хромосомы сближаются по всей длине и скручиваются. При этом может происходить обмен генетической информацией (перекрест хромосом) — кроссинговер. Затем хромосомы расходятся.</p>	<p>Короткая; те же процессы, что и в митозе, но при n хромосом.</p>
Метафаза	<p>Происходит дальнейшая спирализация хромосом, их центромеры располагаются по экватору.</p>	<p>Происходят процессы, аналогичные тем, что и в митозе.</p>	<p>Происходит то же, что и в митозе, но при n хромосом.</p>
Анафаза	<p>Центромеры, скрепляющие сестринские хроматиды, делятся, каждая из них становится новой хромосомой и отходит к противоположным полюсам.</p>	<p>Центромеры не делятся. К противоположным полюсам отходит одна из гомологичных хромосом, состоящая из двух хроматид, скрепленных общей центромерой.</p>	<p>Происходит то же, что и в митозе, но при n хромосом.</p>
Телофаза	<p>Делится цитоплазма, образуются две дочерние клетки, каждая с диплоидным набором хромосом. Исчезает веретено деления, формируются ядрышки.</p>	<p>Длится недолго Гомологичные хромосомы попадают в разные клетки с гаплоидным набором хромосом. Цитоплазма делится не всегда.</p>	<p>Делится цитоплазма. После двух мейотических делений образуется 4 клетки с гаплоидным набором хромосом.</p>

¹ **Аденозинтрифосфат** (сокр. *АТФ*, англ. *АТР*) — нуклеотид, играет исключительно важную роль в обмене энергии и веществ в организмах; в первую очередь соединение известно как универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах.

Ген представляет собой участок молекулы ДНК, определяющий наследование того или иного признака. Так как молекулы ДНК в процессе деления скручиваются в хромосомы, то ген – это участок **хромосомы**.

Поскольку в соматических клетках организма содержится двойной (диплоидный) набор гомологичных хромосом по одному от каждой родительской особи, следовательно, и генов, определяющих развитие каждого признака в клетке, по два. Они располагаются в строго определенных участках гомологичных хромосом – локусах. Гены, ответственные за развитие какого-то признака и лежащие в одних и тех же локусах гомологичных хромосом, называются аллельными или аллелью. При образовании гамет у особей чистой линии АА все гаметы будут одинаковы, т.е. содержать ген А. Эти особи называются гомозиготными по данному признаку. Особи с генами Аа образуют два вида гамет. А и а в соотношении 1:1. Такие особи называют **гетерозиготными**. Преобладающий вариант признака из двух возможных называют доминантным, а подавляемый – рецессивным. Например, желтый цвет семян гороха доминирует над зеленым.



Ген – матрица для синтеза и-РНК, а и-РНК матрица для синтеза белка. Матричный характер реакций самоудвоения молекул ДНК, синтеза и-РНК, белка – основа передачи наследственной информации от гена к признаку, которая определяется молекулами белка. Многообразие белков, их специфичность, многофункциональность – основа формирования различных признаков у организма, реализации заложенных в генах наследственной информации.

Наследственная информация передается путем репликации молекулы ДНК. В основе действия гена в процессе развития организма лежит его способность через посредство РНК определять синтез белков.

Законы наследственности

Законы Менделя

В 1856–66 годах чешским монахом **Грегором Менделем** были поставлены знаменитые опыты, результатом которых стало появление новой науки – генетики. Объектом для экспериментов был выбран огородный горох, так как существует множество его сортов, четко различающихся по ряду признаков; растения легко выращивать и скрещивать. Успех Менделя объясняется тщательным планированием и аккуратным проведением экспериментов, а также наличие большого количества опытов, позволявших получить статистически достоверные сведения.



Для своих первых опытов Мендель выбирал растения, четко различающиеся по какой-либо паре признаков, например, по расположению цветов («пазушные» или «верхушечные»). Например, горох (рис. 1). Выращивая растения каждого типа на протяжении нескольких поколений, Мендель убедился в их пригодности для проведения эксперимента. Мендель проводил скрещивание – опылял растения одного типа пыльцой растений другого типа. Ряд предосторожностей (например, удаление тычинок у цветков,

которые впоследствии опылялись, и надевание колпачков на цветы, чтобы избежать дополнительного опыления со стороны других растений) позволили получить достоверные результаты. Во всех случаях из семян, собранных с этих гибридов, вырастали растения с пазушными цветками. Признак «пазушные цветки», наблюдаемый у гибридов первого поколения, был назван доминантным, признак «верхушечные цветки» – рецессивным.

Далее растениям первого гибридного поколения была предоставлена возможность самоопылиться. Во втором гибридном поколении у части растений образовались пазушные цветки, а у другой части – верхушечные. Мендель предположил, что признак «верхушечные цветки» присутствовал и в первом поколении, но в скрытом виде. Во всех подобных опытах, проведенных с какой-либо парой признаков, примерно три четверти гибридов второго поколения обладали признаком, проявлявшимся и в первом поколении гибридов (его называли доминантным), а четверть потомства второго поколения обладала признаком, не проявившимся у гибридов первого поколения (рецессивным). Важно, что чем больше опытов было поставлено, тем ближе был полученный результат к отношению 3 : 1.

На основании этой серии опытов были сделаны следующие выводы:

- У родительских растений было по два одинаковых «фактора» (например, «пазушные цветки» либо «верхушечные цветки»).
- Гибриды первого поколения получили по одному фактору от каждого родителя, причем эти факторы не слились, а сохранили свою индивидуальность.

Таким образом, был сформулирован закон расщепления (**первый закон Менделя**).

Признаки данного организма детерминируются парами внутренних факторов (генов). Второе поколение потомков от моногибридного скрещивания примерно на четверть состоит из особей с рецессивным признаком.

I закон Менделя — закон единообразия первого поколения при скрещивании чистых форм.

Для примера можно рассмотреть этот процесс на кошках.

Произведем скрещивание двух гомозиготных по генам окраса кошек — черной и шоколадной.

В — аллель, отвечающий за синтез черного пигмента;

b — аллель, отвечающий за синтез шоколадного пигмента.

Черный кот имеет генотип **ВВ**, шоколадная кошка — **bb**

Родителей в генетике обозначают латинской буквой **P** (от латинского *parenta* — «родители»). Полагаем, что сперматозоиды будут нести один аллель **В**, а яйцеклетки — аллель **b**.

В результате оплодотворения образуются зиготы, содержащие диплоидный набор хромосом (характерный набор для оплодотворенной яйцеклетки и всех соматических клеток² гена) и несущие аллели **Bb**. Соматические клетки отличаются от гамет³. При слиянии двух гамет в половом процессе образуется зигота, развивающаяся в особь (или группу особей) с наследственными признаками обоих родительских организмов, продуцировавших гаметы.

Гибриды первого поколения, которые в генетике принято обозначать **F1**, окажутся гетерозиготными по данному локусу — **Bb**. Аллель **В** полностью доминирует над аллелем **b**, поэтому все полученные котята будут черными. Иногда доминирование одного аллеля над другим обозначают таким образом: **B>b**.

При скрещивании гомозиготных кошек получается одинаковое по фенотипу потомство. Эти результаты иллюстрируют I закон Менделя.

² **Соматические клетки** (др.-греч. σῶμα — тело) — клетки, формирующие тело организма. К **соматическим клеткам** относятся все клетки тела, за исключением гамет.

³ **Гаметы** (от греч. γᾰμετή — жена, γᾰμέτης — муж) — репродуктивные клетки, имеющие гаплоидный (**одинарный**) набор хромосом и участвующие в гаметном, в частности, половом размножении

Анализируя данное скрещивание, мы говорим только об одном признаке — черном и шоколадном окрасе. Все многообразие признаков, определяющих как сходство, так и различие родителей, в данный момент нас не интересует. Такой тип скрещивания называют моногибридным.

II закон Менделя — закон расщепления: при скрещивании гибридов первого поколения между собой в потомстве второго поколения наблюдается закономерное расщепление.

Произведем скрещивание между собой потомков из первого поколения (F₁). Черные гетерозиготные кот и кошка, имеющие генотип Bb, образуют половые клетки двух типов, несущие аллель B и аллель b. При оплодотворении образуются следующие варианты зигот: BB Bb Bb bb в соотношении 1:2:1.

Во втором поколении (F₂) получилось $\frac{3}{4}$ черных котят и $\frac{1}{4}$ шоколадных.

Черные гомозиготные и черные гетерозиготные котята выглядят одинаково — имеют одинаковый фенотип. В таком случае расщепление по фенотипу составит 3:1. Однако такое доминирование наблюдается не всегда. Известны и другие варианты.

III закон Менделя — аллели каждого гена распределяются в потомстве независимо от аллелей другого гена. Для объяснения третьего закона Менделя используем для сходства скрещивания животных того же окраса, однако предположим, что у черного кота шерсть короткая, а у кошки — длинная. Длина шерсти определяется геном локуса Long, его доминантный аллель L определяет короткую, а рецессивный l — длинную шерсть.

Опять-таки примем, что родители гомозиготны по исходным генам: генотип кота можно записать как BBLL, генотип кошки — bbll. Гены, определяющие эти признаки, относятся к разным локусам, а это значит, что у каждого из родителей будут образовываться половые клетки только одного типа.

Все котята первого поколения пойдут в отца — такие же черные и короткошерстные. И гетерозиготные по обоим генам — BbLl. А вот котята второго поколения (от скрещивания этих потомков исходной пары) будут уже четырех типов: больше всего — короткошерстных черных, примерно поровну — короткошерстных шоколадных и длинношерстных черных и совсем мало — длинношерстных шоколадных.

Если посчитать значительное количество таких потомков (более 64), то получится примерное соотношение: 9 черных короткошерстных, 3 черных длинношерстных, 3 шоколадных короткошерстных, 1 шоколадный длинношерстный. То есть для каждого признака: окраса и длины шерсти соблюдается то же соотношение — 3:1 (12 черных, 4 шоколадных, 12 короткошерстных, 4 длинношерстных). Получается, что признаки наследуются как бы независимо друг от друга. Это всего лишь схема принципов «работы» генетики кошек и того, как создаются новые породы.

Основоположник теории генной наследственности принято считать Томаса Гента Моргана, американского генетика, нобелевского лауреата, который выдвинул гипотезу об ограничении законов Менделя.

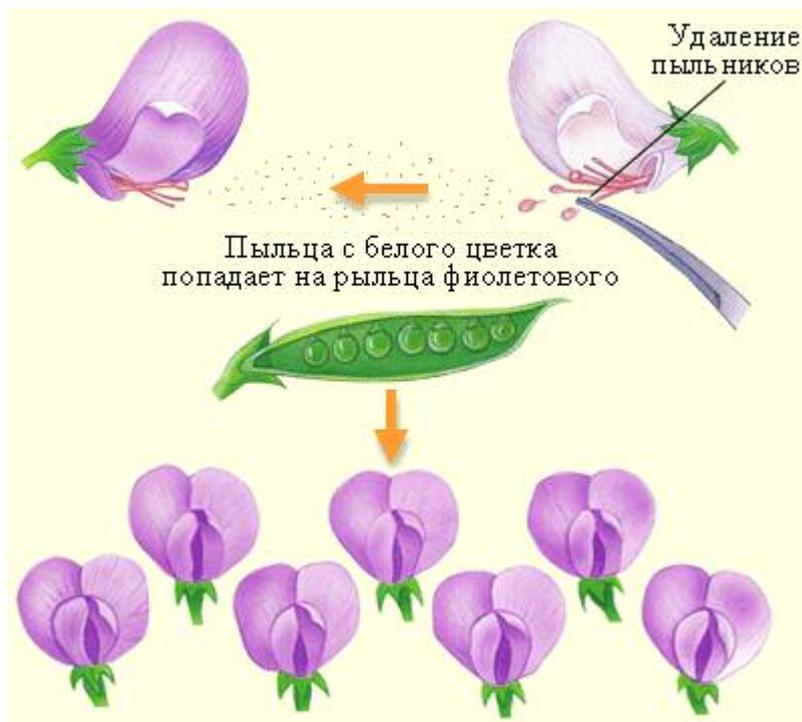
В экспериментах он использовал плодовую мушку-дрозофилу, обладающую важными для генетических экспериментов качествами: неприхотливостью, плодовитостью, небольшим количеством хромосом (четыре пары), множеством четко выраженных альтернативных признаков.

Итак, каждый признак организма контролируется парой вариантов гена (или, как говорят, парой аллелей). Если в генотипе организма имеются аллели обоих типов, то один из них (доминантный) будет проявляться, полностью подавляя другой (рецессивный). При мейозе каждая пара аллелей расщепляется, и с каждой гаметой как дискретная, не изменяющаяся величина, может передаваться только один аллель. Передача генов потомкам находится в полном соответствии с теорией вероятности. Вероятность того, что гамета, полученная от гибрида первого поколения, будет нести доминантный аллель, равна 1/2. Вероятность каждой из четырех комбинаций при оплодотворении составит 1/4; из них три комбинации будут содержать доминантный аллель и приведут к появлению особей с доминантным признаком.

Первая из этих комбинаций содержит исключительно доминантные аллели — AA (говорят, что она гомозиготна по доминантному аллелю), а две другие содержат по одному доминантному и одному рецессивному аллелю — Aa (гетерозиготны). В четвертой комбинации будут содержаться

только рецессивные аллели; они будут соответствовать потомству с рецессивным признаком (то есть будут гомозиготны по рецессивному аллелю).

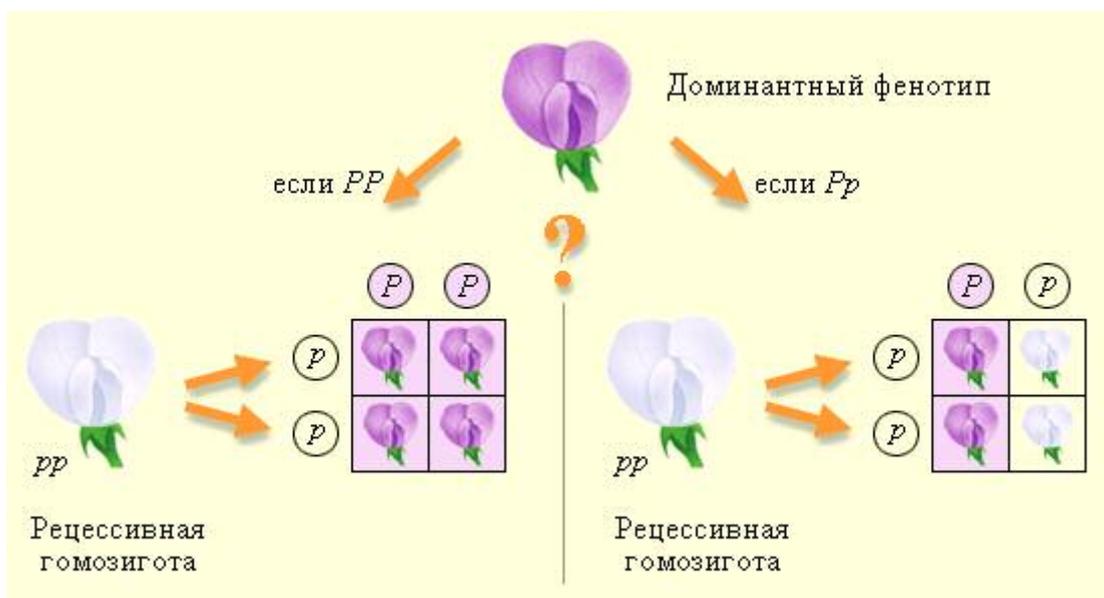
Гомозиготные особи при последующем самоопылении не расщепляются (дают единообразное потомство). В потомстве самоопыляющихся гетерозиготных особей наблюдается расщепление по внешним признакам в том же соотношении 3 : 1. Ген обычно обозначается первой буквой, с которой начинается название доминантного аллеля этого гена (например, А). При этом доминантный аллель обозначается прописной буквой (А), а рецессивный – строчной (а).



2

Моногибридное скрещивание на примере гена окраски цветка гороха

Гибрид первого поколения в описанных опытах гетерозиготен по своему генотипу, но обладает доминантным фенотипом (то есть имеет доминантный признак). Во втором поколении особи с доминантным фенотипом могут обладать как гомозиготным, так и гетерозиготным генотипом.



3

Анализирующее скрещивание на примере гена окраски цветка гороха

Чтобы выяснить генотип гибрида второго поколения за одно скрещивание, необходимо произвести возвратное (анализирующее) скрещивание с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю изучаемого гена. Если у всех потомков от этого скрещивания проявится доминантный фенотип, то особь с определяемым генотипом была гомозиготна по доминантному признаку. Если же появятся особи как с доминантными, так и рецессивными признаками (в примерном соотношении 1:1), то изучаемая особь была гетерозиготна.

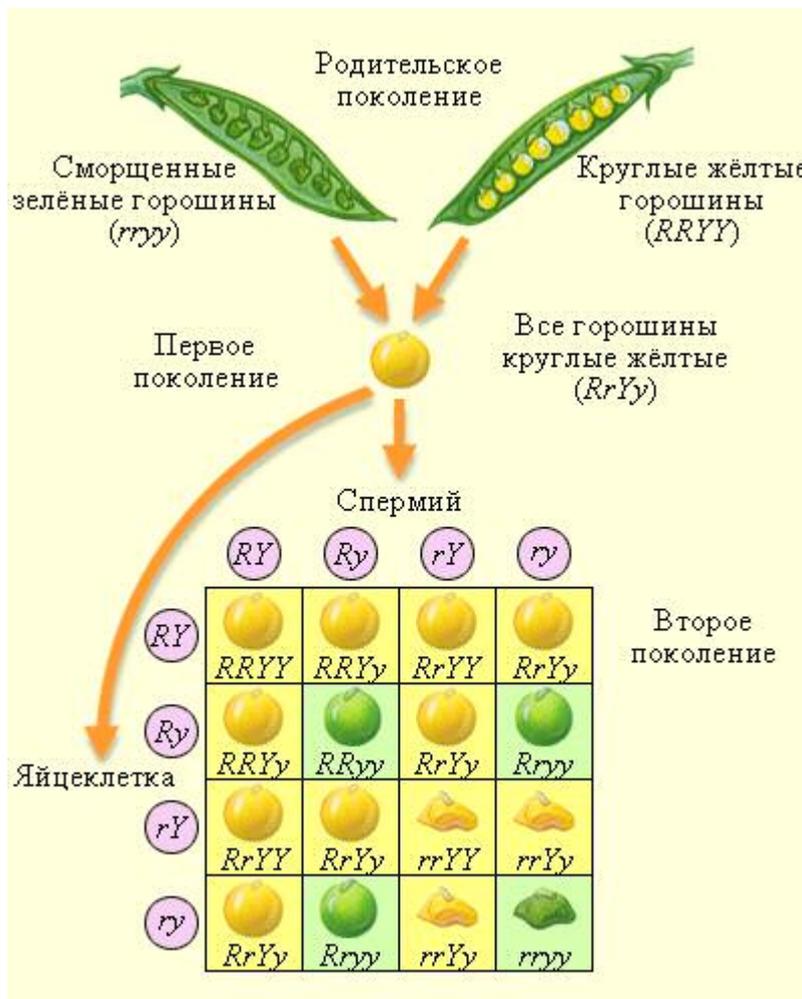
В описанных опытах проводилось моногибридное скрещивание – брались особи, различавшиеся только по одному признаку. В дальнейшем Мендель перешел к изучению дигибридного скрещивания, когда по той же методике ставились опыты над чистосортными (гомозиготными) особями, различающимися по двум признакам (например, желтые и зеленые семена, морщинистые и гладкие семена). В результате, во втором поколении могли получиться особи с семенами четырех типов: желтые и гладкие, желтые и морщинистые, зеленые и гладкие, зеленые и морщинистые. Соотношение разных фенотипов во втором поколении составило примерно 9 : 3 : 3 : 1. При этом для каждой пары признаков приблизительно выполнялось соотношение 3 : 1. На основании этого Мендель вывел принцип независимого распределения (**второй закон Менделя**).

Каждый признак из одной пары признаков может сочетаться с любым признаком из другой пары. При этом пары признаков распределяются по потомкам независимо одна от другой.

Схему дигибридного скрещивания удобно записывать в специальной таблице – так называемой **решетке Пеннета**. Смотри рисунок далее. При этом количество возможных ошибок при определении генотипа потомства сводится к минимуму. Все генотипы мужских гамет вносятся в заголовки вертикальных столбцов, а все генотипы женских гамет – в заголовки горизонтальных. Если вернуться к примеру с семенами гороха, то можно выяснить, что вероятность появления во втором поколении особей с гладкими семенами (доминантный аллель) равняется $3/4$, с морщинистыми семенами – $1/4$ (рецессивный аллель), с желтыми семенами – $3/4$ (доминантный аллель) и с зелеными семенами – $1/4$ (рецессивный аллель). Таким образом, вероятности сочетания аллелей в генотипе равны:

- гладкие и желтые – $9/16$ ($3/4 \cdot 3/4$);
- гладкие и зеленые – $3/16$ ($3/4 \cdot 1/4$);
- морщинистые и желтые – $3/16$ ($1/4 \cdot 3/4$);
- морщинистые и зеленые – $1/16$ ($1/4 \cdot 1/4$)

Законы Менделя не были восприняты мировым научным сообществом. В 1900 году Хуго де Фриз, Карл Корренс и Эрих Чермак независимо друг от друга заново открыли законы Менделя, сформулировав их в форме, близкой к современной.

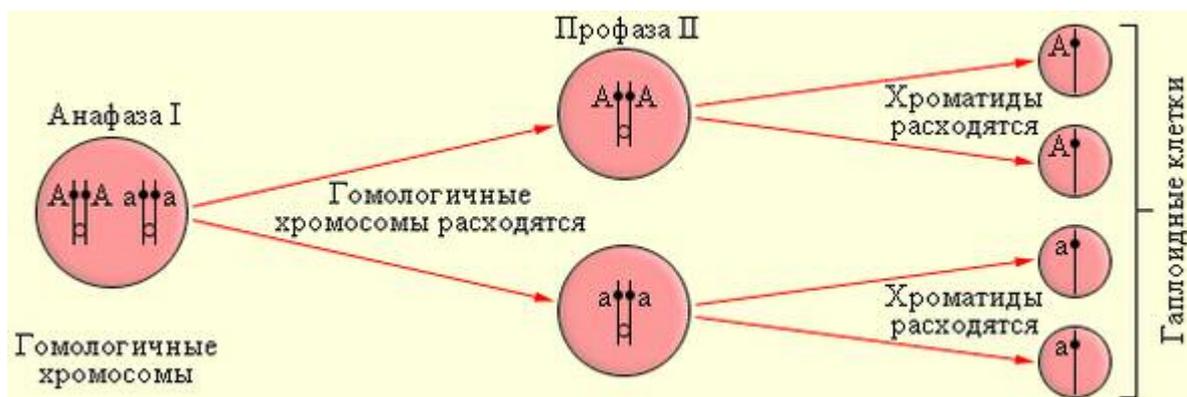


4

Решетка Пеннета

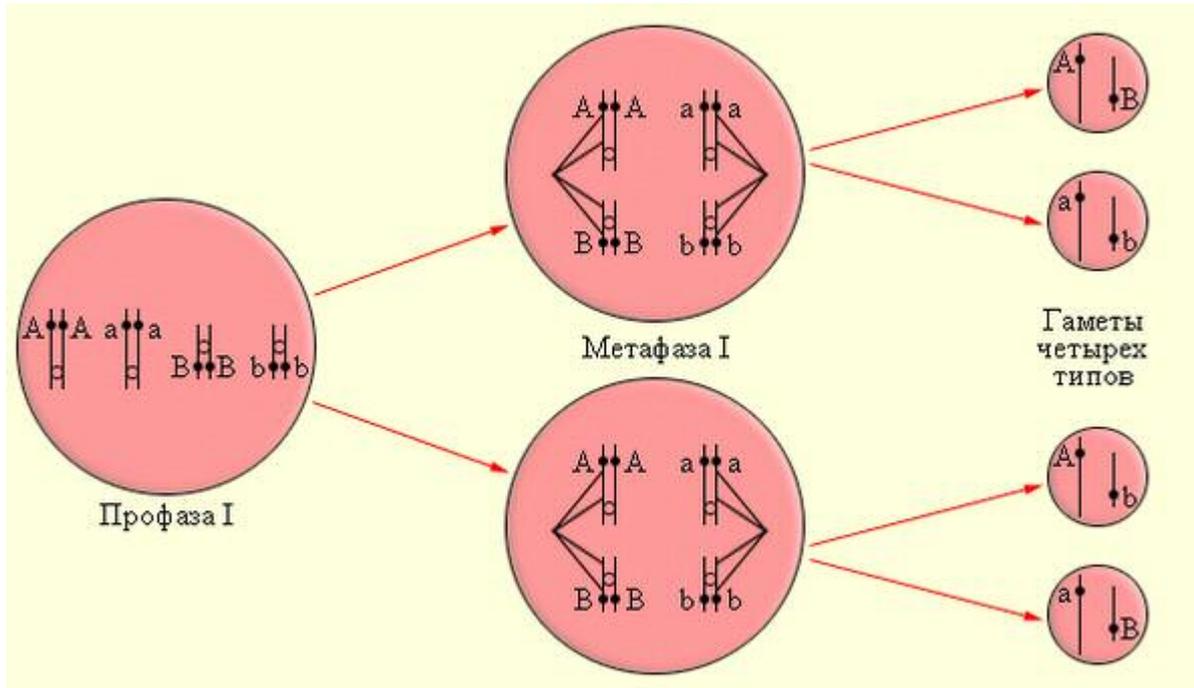
Одновременно по мере совершенствования микроскопа стала очевидной роль ядра и хромосом в передаче наследственных факторов. В результате была создана хромосомная теория наследственности, согласно которой каждая пара генов локализована в паре хромосом, причем каждая хромосома несет по одному фактору.

Последние исследования показали, что наследственные признаки могут передаваться не только в хромосомах, но и через цитоплазму (будучи локализованными в генетическом материале митохондрий и пластид). Цитоплазматическая наследственность передается только по материнской линии (при оплодотворении митохондрии и пластиды из мужских половых клеток не попадают в зиготу).



5

Первый закон Менделя на языке хромосом



6

Второй закон Менделя на языке хромосом

Представленные аргументы позволяют сформулировать известные законы Менделя — это принципы передачи наследственных признаков от родительских организмов к их потомкам, вытекающие из экспериментов Грегора Менделя. Эти принципы послужили основой для классической генетики и впоследствии были объяснены как следствие молекулярных механизмов наследственности.

Наследование, сцепленное с полом

Хромосомные наборы разных полов отличаются по строению половых хромосом. У-хромосома мужчин не содержит многих аллелей, имеющих в X-хромосоме. Признаки, определяемые генами половых хромосом, называют сцепленными с полом. Характер наследования зависит от распределения хромосом в мейозе. У гетерогаметных полов признаки, сцепленные с X-хромосомой и не имеющие аллеля в Y-хромосоме, проявляются даже в том случае, когда ген, определяющий развитие этих признаков, — рецессивен.

У человека Y-хромосома передается от отца к сыновьям, а X-хромосома — к дочерям. Вторую хромосому дети получают от матери. Это всегда X-хромосома. Если мать несет патологический рецессивный ген в одной из X-хромосом (например, ген дальтонизма или гемофилии), но при этом сама не больна, то она является носительницей.

В случае передачи этого гена сыновьям они могут родиться с данным заболеванием, ибо в Y-хромосоме нет аллеля, подавляющего патологический ген. Пол организма определяется в момент оплодотворения и зависит от хромосомного набора образовавшейся зиготы. У птиц гетерогаметными являются самки, а гомогаметными — самцы. У пчел половых хромосом вообще нет. Самцы гаплоидны. Самки пчел диплоидны.

Генетический код организма

Генетический код, способ сохранения наследственной информации в виде последовательности нуклеотидов в молекулах нуклеиновых кислот. Иными словами Генетический код — свойственный всем живым организмам способ кодирования аминокислотной последовательности белков при помощи последовательности нуклеотидов.

В ДНК используется четыре азотистых основания — аденин (А), гуанин (Г), цитозин (С), тимин (Т), которые в русскоязычной литературе обозначаются буквами А, Г, Ц и Т. Эти буквы составляют алфавит генетического кода. В РНК используются те же нуклеотиды, за исключением тимина, который заменен похожим нуклеотидом — урацилом, который обозначается буквой У (У в русскоязычной литературе). В молекулах ДНК и РНК нуклеотиды выстраиваются в цепочки и, таким образом, получают последовательности генетических букв (смотри рисунок).



Иллюстрация генетического кода

Белки практически всех живых организмов построены из аминокислот всего 20 видов. Эти аминокислоты называют каноническими. Каждый белок представляет собой цепочку или несколько цепочек аминокислот, соединенных в строго определенной последовательности. Эта последовательность определяет строение белка, а следовательно все его биологические свойства.

Реализация генетической информации в живых клетках (то есть синтез белка, кодируемого геном) осуществляется при помощи двух матричных процессов: **транскрипции** (то есть синтез мРНК на матрице ДНК) и **трансляции генетического кода** в аминокислотную последовательность (синтез полипептидной цепи на мРНК). Для кодирования 20 аминокислот, а также сигнала «стоп», означающего конец белковой последовательности, достаточно трех последовательных нуклеотидов. Набор из трех нуклеотидов называется триплетом.

Впервые идея о существовании генетического кода сформулирована А. Дауном и Дж. Гамовым в 1952-1954, которые показали, что последовательность нуклеотидов, однозначно определяющая синтез той или иной аминокислоты, должна содержать не менее трех звеньев. Позднее было доказано, что такая последовательность состоит из трех нуклеотидов, названных кодоном или триплетом. Т.к. молекулы нуклеиновых кислот, на которых происходит синтез мРНК или белка состоят из остатков только четырех разных нуклеотидов, кодонов, отличающихся между собой, может быть всего 64.

Все синтезируемые в процессе трансляции белки построены из остатков 20 аминокислот (так называемых кодируемых). Какой именно кодон ответствен за включение той или иной аминокислоты, можно определить по таблице, в которой буквы А, Г, У, Ц обозначают основания, входящие в нуклеотиды (соответственно аденин, гуанин, урацил и цитозин): в вертикальном ряду слева - в первый нуклеотид кодона, в горизонтальном ряду сверху - во второй, в вертикальном ряду справа - в третий. Трехбуквенные сочетания, например фен, сер, лей, - сокращенные названия аминокислот. Прочерки в таблице означают, что три кодона - УАА, УАГ и УГА в нормальных условиях не кодируют какие-либо аминокислоты. Такие кодоны называют "бесмысленными", или нонсенс-кодонами. Они являются "сигналами" остановки синтеза полипептидной цепи.

Генетический код специфичен: это означает, что каждый кодон кодирует только одну аминокислоту.

Таблица, отображающая 64 кодона и аминокислоты, соответствующие каждому из них.

1-е основание	2-е основание			
	U, dT	C, dC	A, dA	G, dG
U, dT	UUU (Phe/F) Фенилаланин UUC (Phe/F) Фенилаланин UUA (Leu/L) Лейцин UUG (Leu/L) Лейцин	UCU (Ser/S) Серин UCC (Ser/S) Серин UCA (Ser/S) Серин UCG (Ser/S) Серин	UAU (Tyr/Y) Тирозин UAC (Tyr/Y) Тирозин UAA Стоп-кодон (Ochre) UAG Стоп-кодон (Amber)	UGU (Cys/C) Цистеин UGC (Cys/C) Цистеин UGA Стоп-кодон (Opal) UGG (Trp/W) Триптофан
C, dC	CUU (Leu/L) Лейцин CUC (Leu/L) Лейцин CUA (Leu/L) Лейцин CUG (Leu/L) Лейцин	CCU (Pro/P) Пролин CCC (Pro/P) Пролин CCA (Pro/P) Пролин CCG (Pro/P) Пролин	CAU (His/H) Гистидин CAC (His/H) Гистидин CAA (Gln/Q) Глутамин CAG (Gln/Q) Глутамин	CGU (Arg/R) Аргинин CGC (Arg/R) Аргинин CGA (Arg/R) Аргинин CGG (Arg/R) Аргинин
A, dA	AUU (Ile/I) Изолейцин AUC (Ile/I) Изолейцин AUA (Ile/I) Изолейцин AUG (Met/M) Метионин, Стартовый	ACU (Thr/T) Треонин ACC (Thr/T) Треонин ACA (Thr/T) Треонин ACG (Thr/T) Треонин	AAU (Asn/N) Аспарагин AAC (Asn/N) Аспарагин AAA (Lys/K) Лизин AAG (Lys/K) Лизин	AGU (Ser/S) Серин AGC (Ser/S) Серин AGA (Arg/R) Аргинин AGG (Arg/R) Аргинин
G, dG	GUU (Val/V) Валин GUC (Val/V) Валин GUA (Val/V) Валин GUG (Val/V) Валин	GCU (Ala/A) Аланин GCC (Ala/A) Аланин GCA (Ala/A) Аланин GCG (Ala/A) Аланин	GAU (Asp/D) Аспарагиновая кислота GAC (Asp/D) Аспарагиновая кислота GAA (Glu/E) Глутаминовая кислота GAG (Glu/E) Глутаминовая кислота	GGU (Gly/G) Глицин GGC (Gly/G) Глицин GGA (Gly/G) Глицин GGG (Gly/G) Глицин

Лишь два кодона, кодирующие валин (ГУГ) и метионин (АУГ), способны выполнять дополнительные функции. Если они находятся в начале считываемой области мРНК, к ним присоединяется транспортная РНК (тРНК), несущая формилметионин, который всегда находится в начале строящейся полипептидной цепи, а по завершении синтеза отщепляется целиком или отщепляет формильный остаток, превращаясь в остаток метионина. Таким образом, кодоны ГУГ и АУГ-инициаторы синтеза полипептидной цепи. Если же они не стоят первыми, то не отличаются по функциям от других кодонов.

Генетический код называют вырожденным, поскольку 61 кодон кодирует всего 20 аминокислот. Поэтому почти каждой аминокислоте соответствует более чем один кодон. Вырожденность генетического кода неравномерна: для аргинина, серина и лейцина она шестикратна (т.е. для каждой из этих аминокислот имеется по шесть кодонов), тогда как для многих других аминокислот (тирозина, гистидина, фенилаланина и др.) лишь двукратно. Две аминокислоты (метионин и триптофан) представлены единственными кодонами. Кодоны-синонимы почти всегда отличаются друг от друга по последнему из трех нуклеотидов, тогда как первые два совпадают. Таким образом, код аминокислоты определяется в основном первыми двумя "буквами". Вырожденность генетического кода имеет важное значение для повышения устойчивости генетической информации. С механизмами трансляции связана еще одна особенность генетического кода: он неперекрывающийся. Кодоны транслируются всегда целиком; для кодирования невозможно использование элементов одного из них в сочетании с элементами соседнего. "Рамкой", ограничивающей транслируемый кодон и перемещающейся скачком сразу на три нуклеотида, служит антикодон тРНК, который представляет собой триплет нуклеотидов, комплементарный одному из кодонов и обуславливающий специфичность к нему. Таким образом, наблюдается линейное соответствие между по-

следовательностью кодирующих триплетов и расположением остатков аминокислот в синтезируемом полипептиде, т.е. код имеет линейный непрерывающийся порядок считывания.

Важнейшее свойство генетического кода - его однонаправленность. Кодоны информативны только в том случае, если они считываются в одном направлении - от первого нуклеотида к последующим. Генетический код универсален для всех живых существ. Возможны только небольшие видовые изменения, возникшие, вероятно, при эволюции и дифференцировке клеток. Большинство из них связано с вырожденностью кода и проявляется в преимущественном использовании разных кодонов одной и той же аминокислоты и в различиях в структуре соответствующих тРНК в разных организмах или в разных тканях одного организма. Представления об общих принципах и основных свойствах генетического кода были разработаны Ф.Криком в 1957-1965.

Генетический алгоритм

Биологические представления о генетическом коде можно расширить для исследовательских задач. Эволюционная теория утверждает, что каждый биологический вид целенаправленно развивается и изменяется для того, чтобы наилучшим образом приспособиться к окружающей среде. В процессе эволюции многие виды насекомых и рыб приобрели защитную окраску, еж стал неуязвимым благодаря иглам, человек стал обладателем сложнейшей нервной системы. Можно сказать, что эволюция - это процесс оптимизации. Другими словами, постулируя наличие здравого смысла «природного развития» организма» признается наличие некоторого скрытого механизма «конструирования» оптимальных решений.

Понятие оптимизации распространяется на все жизненно важные процессы: развитие живого организма, поиск территории обитания, выбор рациона питания, адаптация и многое другое. В основе поиска оптимального решения принято рассматривать естественный отбор возможных к исполнению процедур. По умолчанию полагаем, что организовывая некоторую процедуру поиска оптимального решения – достижения некоторой цели, запускается природный механизм естественного отбора лучшего, с точки зрения некоторого критерия, решения проблемы. Например, после смены нескольких десятков или сотен поколений средняя приспособленность особей данного вида заметно возрастает.

С позиции математической биологии, где традиционно рассматриваются модели развития событий, можно используя эволюционные принципы формирования оптимальных решений, воспроизвести компьютерную программу поиска оптимального решения.

Обратимся к основам работы генетического алгоритма в живом организме. В каждой клетке любого животного содержится вся генетическая информация этой особи. Эта информация записана в виде набора очень длинных молекул ДНК.

Каждая молекула ДНК - это цепочка, состоящая из молекул нуклеотидов четырех типов: А, Т, С и G. Собственно, информацию несет порядок следования нуклеотидов в ДНК. Фактически рассматривается некоторая запись, составленная из этих символов. Таким образом, генетический код индивидуума - это просто очень длинная строка символов, где используются всего 4 буквы. В животной клетке каждая молекула ДНК окружена оболочкой - такое образование называется хромосомой.

Каждое врожденное качество особи (цвет глаз, наследственные болезни, тип волос и т.д.) кодируется определенной частью хромосомы, которая называется геном этого свойства. Например, ген цвета глаз содержит информацию, кодирующую определенный цвет глаз. Различные значения гена называются его аллелями.

При размножении животных происходит слияние двух родительских половых клеток и их ДНК взаимодействуют, образуя ДНК потомка. Основным способом взаимодействия - кроссовер (cross-over, скрещивание). При кроссовере ДНК предков делятся на две части, а затем обмениваются своими половинками.

При наследовании возможны мутации, которые присутствуют в любой среде и могут рассматриваться как случайные артефакты. В результате действия артефактов могут измениться некоторые гены в половых клетках одного из родителей. Измененные гены передаются потомку и

придают ему новые свойства. Если эти новые свойства полезны, они, скорее всего, сохранятся в данном виде - при этом произойдет скачкообразное повышение приспособленности вида.

Введение в рассмотрение компьютера и понятий моделирования процессов оправдано возможностью относительно быстро просматривать сложные процессы развития событий. Действительно, использование компьютерных технологий позволяет в короткое время «просмотреть» развитие событий для некоторой популяции на протяжении большого количества поколений. Использование эволюционного алгоритма оценки будущего состояния выделенной популяции позволяет не только заглянуть в будущее и оценить действие установленных внешних факторов на развитие популяции, но и провести, если это потребуется, коррекцию возмущающего набора факторов или выделить среди них наиболее значимые.

Введение в рассмотрение математических аспектов требует наличия некоторых правил построения условий проблемы и методов ее решения.

Пусть дана некоторая сложная функция (целевая функция), зависящая от нескольких переменных, которые рассматриваются как факторы, влияющие на конечный результат. Требуется найти такие значения переменных, при которых значение функции максимально. Задачи такого рода называются задачами оптимизации и встречаются на практике очень часто.

Вот как моделируется генетическое наследование

Хромосома	Вектор (последовательность) из нулей и единиц. Каждая позиция (бит) называется геном.
Индивидуум = генетический код	Набор хромосом = вариант решения задачи.
Кроссовер	Операция, при которой две хромосомы обмениваются своими частями.
Мутация	Случайное изменение одной или нескольких позиций в хромосоме.

Генетический алгоритм - это простая модель эволюции в природе, реализованная в виде компьютерной программы. В нем используются как аналог механизма генетического наследования, так и аналог естественного отбора. При этом сохраняется биологическая терминология в упрощенном виде.



Жизненный цикл популяции - это несколько случайных скрещиваний (посредством кроссовера) и мутаций, в результате которых к популяции добавляется какое-то количество новых индивидуумов. Отбор в генетическом алгоритме - это процесс формирования новой популяции из старой, после чего старая популяция погибает. После отбора к новой популяции опять применяются операции кроссовера и мутации, затем опять происходит отбор, и так далее.

Нейронная сеть

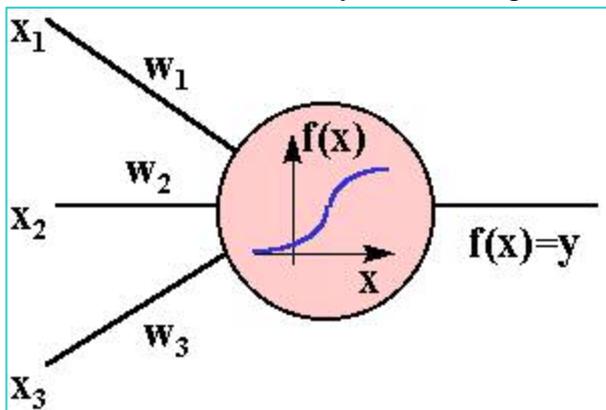
Развитие биологических представлений о работе сложных подсистем организма, таких как головной мозг, позволяет создавать компьютерные исследовательские модели.

Нервная система и мозг человека состоят из нейронов, соединенных между собой нервными волокнами. Нервные волокна способны передавать электрические импульсы между нейронами. Все процессы передачи раздражений от нашей кожи, ушей и глаз к мозгу, процессы мышления и управления действиями - все это реализовано в живом организме как передача электрических импульсов между нейронами. Рассмотрим строение биологического нейрона. Каждый нейрон имеет отростки нервных волокон двух типов - дендриты, по которым принимаются импульсы, и единственный аксон, по которому нейрон может передавать импульс. Аксон контактирует с дендритами других нейронов через специальные образования - синапсы, которые влияют на силу импульса.



Можно считать, что при прохождении синапса сила импульса меняется в определенное число раз, которое мы будем называть весом синапса. Импульсы, поступившие к нейрону одновременно по нескольким дендритам, суммируются. Если суммарный импульс превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, формирует собственный импульс и передает его далее по аксону. Важно отметить, что веса синапсов могут изменяться со временем, а значит, меняется и поведение соответствующего нейрона.

Создадим математическую модель процесса приема и передачи нервного импульса.



На рисунке изображена модель нейрона с тремя входами (дендритами), причем синапсы этих дендритов имеют веса w_1 , w_2 , w_3 . Пусть к синапсам поступают импульсы силы x_1 , x_2 , x_3 соответственно, тогда после прохождения синапсов и дендритов к нейрону поступают импульсы w_1x_1 , w_2x_2 , w_3x_3 . Нейрон преобразует полученный суммарный импульс $x = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3$ в соответствии с некоторой передаточной функцией $f(x)$. Сила выходного импульса равна $y = f(x) = f(w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3)$.

Таким образом, нейрон полностью описывается своими весами w_k и передаточной функцией $f(x)$. Получив набор чисел (вектор) x_k в качестве входов, нейрон выдает некоторое число y на выходе.

Искусственная нейронная сеть (ИНС, нейронная сеть) - это набор нейронов, соединенных между собой. Как правило, передаточные функции всех нейронов в нейронной сети фиксированы, а веса являются параметрами нейронной сети и могут изменяться. Некоторые входы нейронов помечены как внешние входы нейронной сети, а некоторые выходы - как внешние выходы нейронной сети.

Подавая любые числа на входы нейронной сети, можно получить какой-то набор чисел на выходах нейронной сети. Таким образом, работа нейронной сети состоит в преобразовании входного вектора в выходной вектор, причем это преобразование задается весами нейронной сети.

Практически любую задачу можно свести к задаче, решаемой нейронной сетью. Посредством такой модели можно организовать поиск заданных «смысловых текстовых конструкций» в боль-

шом объеме информационного источника, размещенного на Сервере. Задавая определенные значения весовых коэффициентов на модели нейронной сети можно сопоставить искомый результат анализа информационного ресурса с творческой деятельностью человека, поскольку исходные предпосылки построения процесса поиска решения брались очень близкими, а следовательно полученные результаты могут сопоставляться с мнением профессионального исследователя информационного ресурса.

ЧАСТЬ 4 Анатомия человека

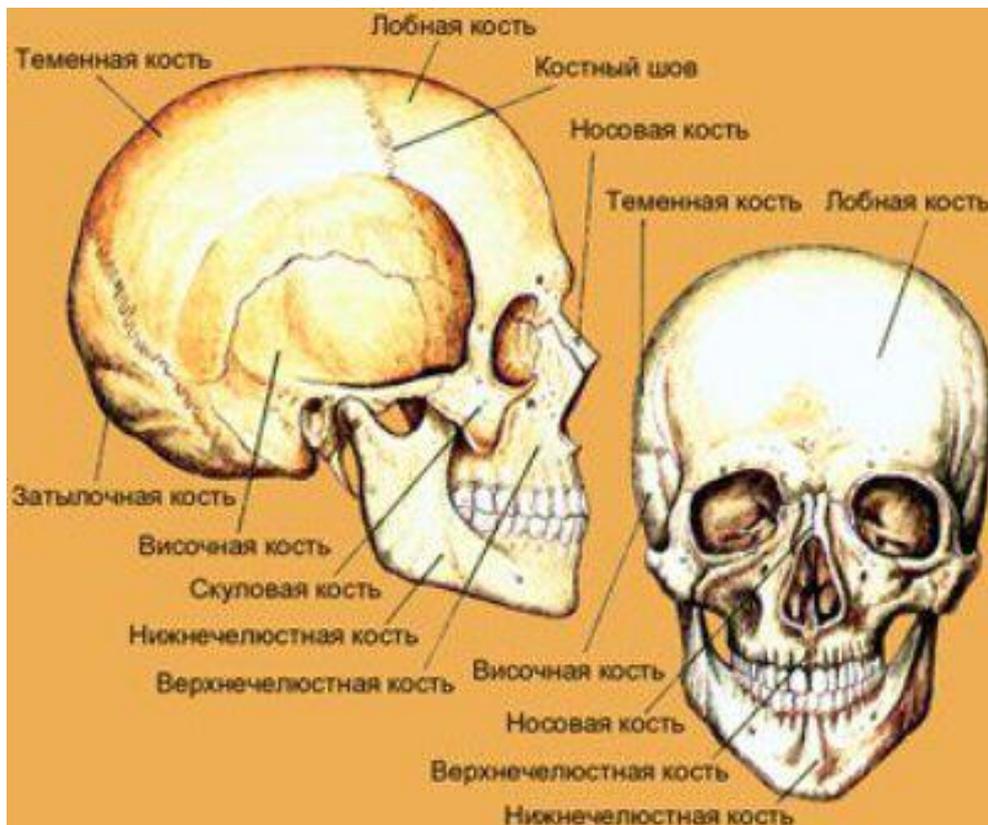
Кости туловища



- Вид спереди.

череп;
позвоночный столб;
ключица;
лопатка;
грудина;
плечевая кость;
лучевая кость;
локтевая кость;
кости запястья;
кости пясти;
фаланги пальцев кисти;
тазовая кость;
крестец;
лобковый симфиз;
бедренная кость;
надколенник;
большеберцовая кость;
малоберцовая кость;
кости предплюсны;
кости плюсны;
фаланги пальцев стопы;
ребра (грудная клетка).

Кости головы



Череп, состоящий из костей и их соединений. Череп защищает головной мозг и органы чувств. К нему фиксируются начальные отделы органов пищеварения и дыхания, а так же некоторые мышцы. Выделяют мозговой череп и лицевой череп.

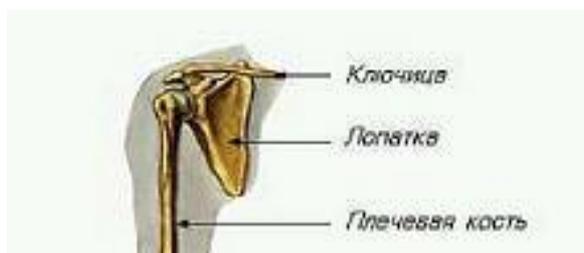
Вид спереди.
лобная кость;
теменная кость;
глазница;
скуловая кость;
верхняя челюсть;
нижняя челюсть;
подбородочная буфистость;
зубы нижней челюсти;
носовая кость;

Скелет верхних конечностей

Верхние конечности образуются костями плечевого пояса и костями свободной верхней конечности.

К костям плечевого пояса относятся: 2 лопатки и 2 ключицы.

Костям верхней конечности относятся: плечевая кость, кости предплечья (лучевая и локтевая) и кости кисти рук (запястье, пясти и фаланги пальцев).



Плечевой сустав образован головкой плечевой кости и суставной впадины лопатки. В этом суставе возможны сгибания и разгибание, приведение и отведение, вращение наружу и вращение во внутрь.

Вид спереди.
ключица;
лопатка;
плечевая кость;
локтевая кость;
кости запястья;
I-V пястные кости;
фаланги пальцев;



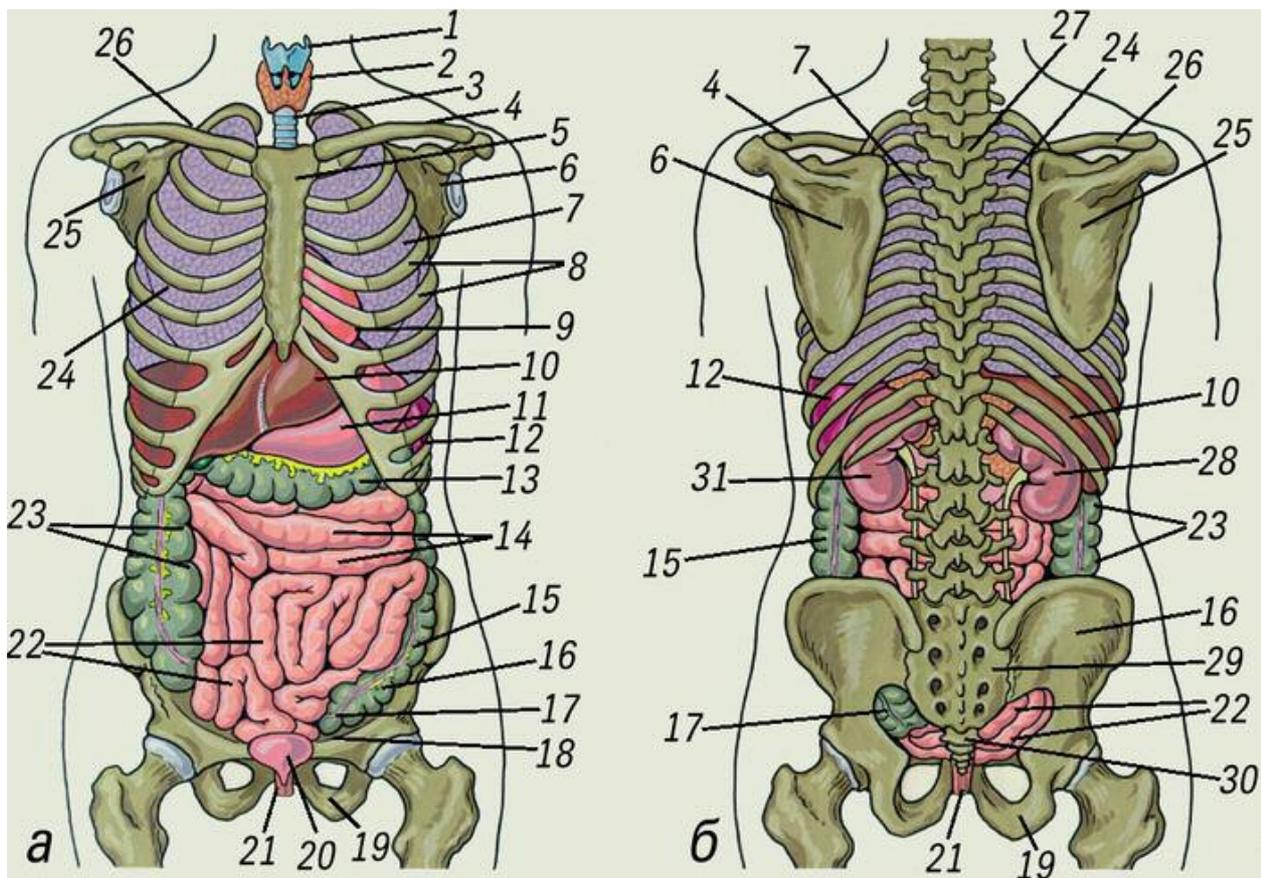
Скелет нижних конечностей

Скелет нижних конечностей образован костями таза и костями свободной нижней конечности.

Вид спереди.

Кости таза;
бедренная кость;
Коленный сустав
Большая берцовая кость
Малая берцовая кость
Кости стопы

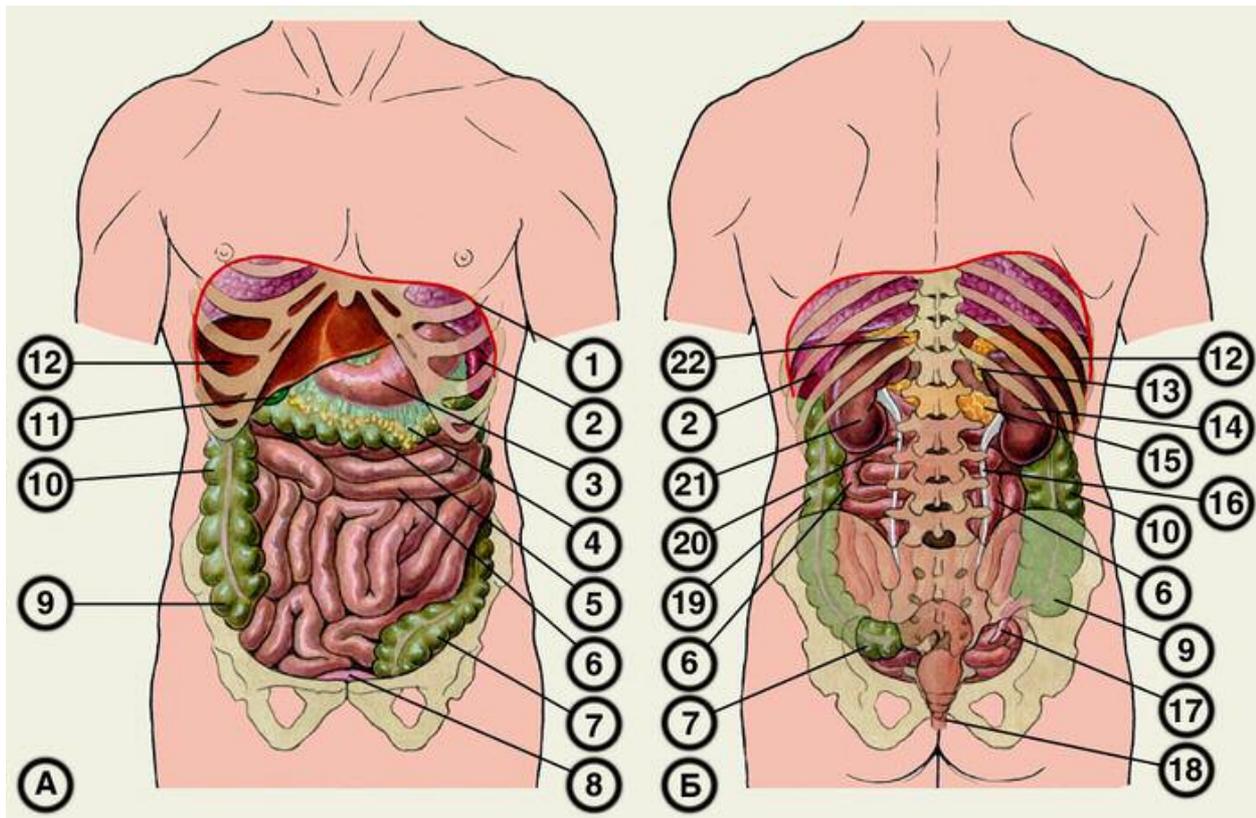
Общее анатомическое расположение внутренних органов



Взаиморасположение внутренних органов и скелета человека (а — вид спереди, б — вид сзади):
1 — щитовидный хрящ; 2 — щитовидная железа; 3 — дыхательное горло (трахея);
4 — левая ключица; 5 — грудина; 6 — левая лопатка;
7 — левое легкое; 8 — ребра; 9 — сердце;
10 — печень; 11 — желудок; 12 — селезенка;
13 — поперечная ободочная кишка; 14 — петли тощей кишки;

15 — нисходящая ободочная кишка; 16 — подвздошная кость; 17 — сигмовидная ободочная кишка; 18 — лобковая кость; 19 — седалищная кость; 20 — мочевой пузырь; 21 — прямая кишка; 22 — петли подвздошной кишки; 23 — восходящая ободочная кишка; 24 — правое легкое; 25 — правая лопатка; 26 — правая ключица; 27 — позвонок; 28 — правая почка; 29 — крестец; 30 — копчик; 31 — левая почка.

Топография внутренних органов



Топография органов живота: А — вид спереди; Б — вид сзади;

1 — проекция диафрагмы,
2 — селезенка, 3 — желудок,
4 — большой сальник, 5 — поперечная ободочная кишка,
6 — тонкая кишка, 7 — сигмовидная ободочная кишка,
8 — мочевой пузырь, 9 — слепая кишка, 10 — восходящая ободочная кишка,
11 — желчный пузырь, 12 — печень, 13 — правый надпочечник, 14 — правая почка,
15 — поджелудочная железа, 16 — правый мочеточник, 17 — червеобразный отросток,
18 — прямая кишка, 19 — нисходящая ободочная кишка, 20 — левый мочеточник,
21 — левая почка, 22 — левый надпочечник.

Позвоночник



Позвоночник состоит из 33-34 позвонков и пяти отделов: шейного - 7 позвонков, грудного - 12, поясничного - 5, крестцового - 5 и копчикового - 4-5 позвонков. Крестцовые и копчиковые позвонки у взрослого человека срослись и представляют крестцовую и копчиковую кости. Позвонок состоит из тела и дуги, от которой отходит 7 отростков: остистый, 2 поперечных и 4 суставных. Тело позвонка обращено вперед, а остистый отросток - назад, в середине находится позвоночное отверстие; отверстия всех позвонков образуют канал, в котором находится спинной мозг. На дугах позвонков имеются углубления, образующие в совокупности межпозвоночные отверстия, через которые проходят спинномозговые нервы.

Типы позвонков и их число у разных млекопитающих

ТИПЫ ПОЗВОНКОВ	ОБЛАСТЬ	ЧИСЛО ПОЗВОНКОВ				
		крыса	кролик	крыса	кошка	человек
шейные	шея	7	7	7	7	7
грудные	грудная клетка	13	12-13	13	13	12
поясничные	брюшная полость	6	6-7	7	6	5
крестцовые	область таза	4	4	3	5	5
хвостовые	хвост	16	18-25	18-20	4	0

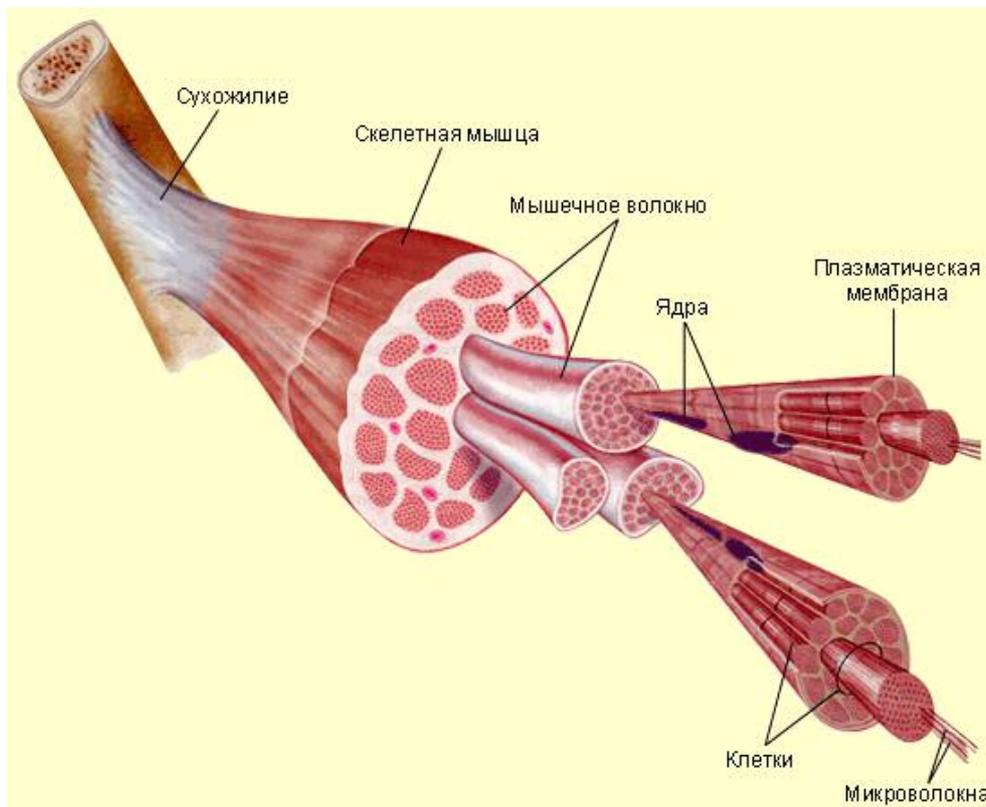
Мышцы

Мышечная ткань - это особенная ткань тела человека, выполняющая двигательную функцию. Клетки мышечной ткани (миоциты) обладают способностью к сокращению, обеспечивая тем самым движение тела человека. Мышечная ткань у эмбриона начинает формироваться примерно на 17 день после оплодотворения, таким образом, ребенок рождается, имея все мышцы. Мышцы состоят из мышечных тканей и составляют около 40% всей массы тела человека.

По своему строению все мышечные ткани делятся на поперечнополосатые и гладкие. Кроме того, существует и промежуточный вариант - это сердечная поперечнополосатая мышечная ткань. Она состоит из клеток, связанных между собой в сеть посредством крупных ветвлений, составляющих подобия мышечных волокон.

Большую часть мышц тела человека составляют поперечнополосатые мышцы - к этой группе принадлежат все скелетные мышцы. Они состоят из продолговатых мышечных волокон

диаметром 0,01-0,06 мм. Волокна имеют разную длину (самые длинные - 10 см). Соединительная ткань объединяет их в более крупные пучки. Мышцы соединительнотканной оболочки (фасции) образуют влагалища для мышц, которые защищают эти пучки от внешнего воздействия.



С обоих концов поперечнополосатые мышцы переходят либо в короткие сухожилия, прикрепленные к близлежащим костям, либо - в длинные цилиндрические, направляющиеся к дальше расположенным костям. Каждое мышечное волокно состоит из мельчайших волокон — миофибрилл, отдельные части миофибрилл - нитевидные протеиновые молекулы актина и миозина - всегда занимают одинаковое положение по отношению друг к другу и при исследовании миофибрилл через микроскоп видны поперечные полосы, поэтому мышцы и называют поперечнополосатыми.

На поперечнополосатые мышцы можно оказать воздействие усилием воли, за исключением сердечной мышцы (хотя ее волокна и поперечнополосатые, их деятельность от воли человека не зависит). Строение сердечной мышцы и скелетных мышц сильно различается.

Гладкие мышцы

Гладкие мышцы имеются во всех полых органах человека - в желудке, кишечнике, мочевом пузыре, кровеносных сосудах и др. Мышечные волокна гладких мышц состоят из веретенообразных клеток. Чаще всего волокна располагаются тонкими слоями.

Каждому знакомо ощущение, появляющееся после большой физической нагрузки, когда любое движение дается с трудом - это болезненная усталость мышц. Ее причина - накопление в мышцах продуктов обмена веществ, прежде всего, молочной кислоты. Это ощущение возникает также вследствие разрыва мышечных волокон. Эффективное средство профилактики - горячая ванна после физической нагрузки или специальные упражнения на растяжение мышц.

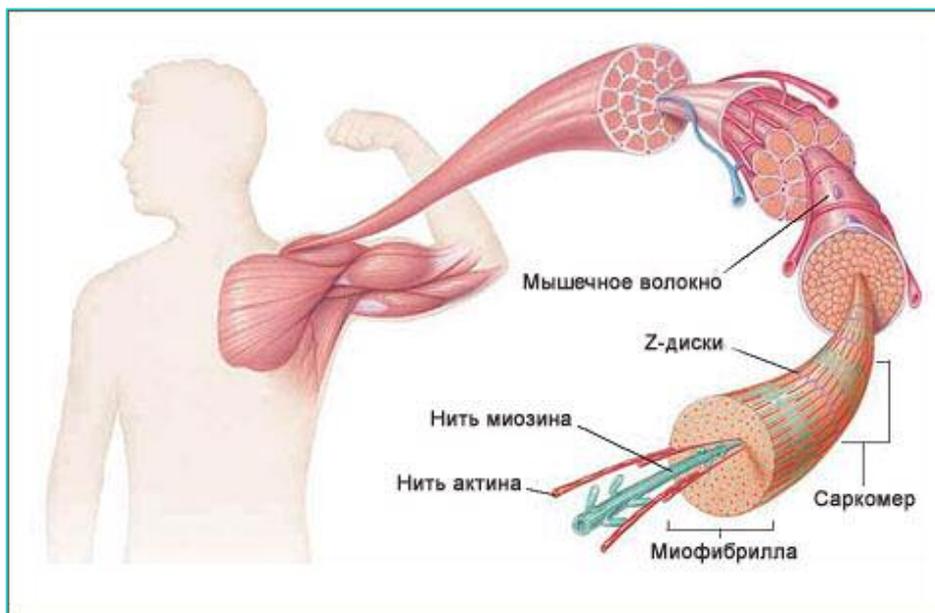
Функции мышц

Мышцы - это активные органы опорно-двигательного аппарата, которые, сокращаясь, приводят в движение кости и части тела. Сокращение поперечнополосатых мышц вызывают моторные (двигательные) нервы, на функцию которых человек усилием воли может оказывать воздействие. Поэтому поперечнополосатые мышцы еще называют «зависимыми от воли человека». Между тем, сокращение гладких мышц вызывают импульсы, исходящие из вегетативной (автономной) нервной системы, и человек не может контролировать сокращение этих мышц.

Поперечнополосатые мышцы, которые можно укрепить с помощью тренировок, обеспечивают регулируемые телодвижения человека. Название этих мышц может отражать функцию, которую они выполняют: отводящие мышцы (абдукторы), приводящие мышцы (аддукторы), мышцы-вращатели (ротаторы), сгибатели (флексоры), разгибающие мышцы (экстензоры). Задача гладких мышц - сокращаясь, выталкивать из полого органа его содержимое, изменять просвет (напр., кровеносных сосудов).

У человека имеется три вида мышечной ткани:

- исчерченная (поперечнополосатая),
- сердечная исчерченная,
- неисчерченная (гладкая).



Если говорить об общем количестве мышц, то можно сказать, что в теле человека насчитывается около 600 мышц. Большинство из них парные и расположены симметрично по обеим сторонам тела.

Общая масса мышц составляет:

- у мужчин - 42% веса тела,
- у женщин - 35%,
- у спортсменов - 45-52%.

Более 50% веса всех мышц расположено на нижних конечностях, 25-30% - на верхних конечностях, 20-25% - в области туловища и головы. Под влиянием систематической тренировки происходят структурная перестройка мышц, увеличение их веса и объема. Этот процесс получил название функциональной гипертрофии.

Основной структурной единицей мышцы является мышечное волокно. Отдельное мышечное волокно имеет длину от 0,1 до 2-3 см (в портняжной мышце до 12 см) и толщину от 0,01 до 0,2 мм. Мышечное волокно окружено оболочкой - сарколеммой, на поверхности которой располагаются окончания двигательных нервов. К одному волокну может подходить несколько нервных окончаний.

Нервные окончания, находящиеся в мышцах, называются рецепторами и эффекторами. Рецепторы воспринимают степень сокращения и растяжения мышцы, скорость и силу движения. От рецепторов, информация поступает в центральную нервную систему, сигнализируя о состоянии мышц. По эффекторам импульсы из центральной нервной системы поступают к мышцам, вызывая их возбуждение. Сила сокращения возбужденных мышц изменяется в зависимости от частоты нервных импульсов. Чем больше частота нервных импульсов - тем больше интенсивность сокращения.

Сарколемма, (оболочка, окружающая мышечное волокно) отгораживает внутреннее содержимое мышечного волокна от омывающей его межклеточной жидкости. Все внутреннее пространство мышечного волокна занято саркоплазмой, представляющей собой коллоидную белковую структуру, в которую вкраплены глыбки гликогена, жировые капли и некоторые другие включения. В саркоплазме имеются различные субклеточные частицы: ядра, митохондрии, миофибриллы, рибосомы и др. Их функция заключается в регуляции обмена веществ в мышечном волокне путем воздействия на синтез специфических мышечных белков.

Миофибриллы - это длинные специализированные органеллы мышечной клетки, осуществляющие функцию сокращения. Внутри каждого волокна их находится более 2000. В нетренированных мышцах миофибриллы располагаются рассеяно, а в тренированных - они сгруппированы в пучки Конгейма. Процесс группировки миофибрилл в пучки называется внутримышечной координацией. Благодаря этому процессу на начальных этапах тренировки происходит увеличение силы мышц без существенного увеличения мышечного поперечника.

Митохондрии, располагающиеся между миофибриллами, представляют собой частицы, имеющие двухслойные мембраны. В мембранах митохондрий располагаются ферменты биологического окисления. Митохондрии являются энергетическими центрами, в них вырабатывается 80-90% всей необходимой мышце энергии (в виде аденозинтрифосфорной кислоты или, сокращенно, - АТФ).

Внутри саркоплазмы находится система продольных и поперечных трубочек, мембран, пузырьков, носящая название саркоплазматической сети или саркоплазматического ретикулума, который делит саркоплазму на отдельные отсеки, где протекают различные биохимические процессы. Пузырьки и трубочки саркоплазматического ретикулума оплетают каждую миофибриллу. Через трубочки, связанные с наружной клеточной мембраной (Т - система), возможен прямой обмен веществами между клеточными органеллами и межклеточной жидкостью. Трубочки могут служить и для распространения волны возбуждения от наружной мембраны к внутренним зонам.

Если рассмотреть химический состав мышечных волокон, то можно заметить, что в мышечной ткани содержится от 70 до 80% воды. Функции воды в клетке многообразны:

- вода служит растворителем для многих веществ;
- в составе коллоидных частиц вода входит в клеточные структуры;
- вода является неперенным участником многих химических реакций.

Из сухого остатка 80-85% приходится на долю белков. Около 40% всех мышечных белков находится в миофибриллах, около 30%- в саркоплазме, около 14% - в митохондриях, около 15% - в сарколемме, остальные в ядрах и других клеточных органеллах.

ЧАСТЬ 5 Подсистемы организма

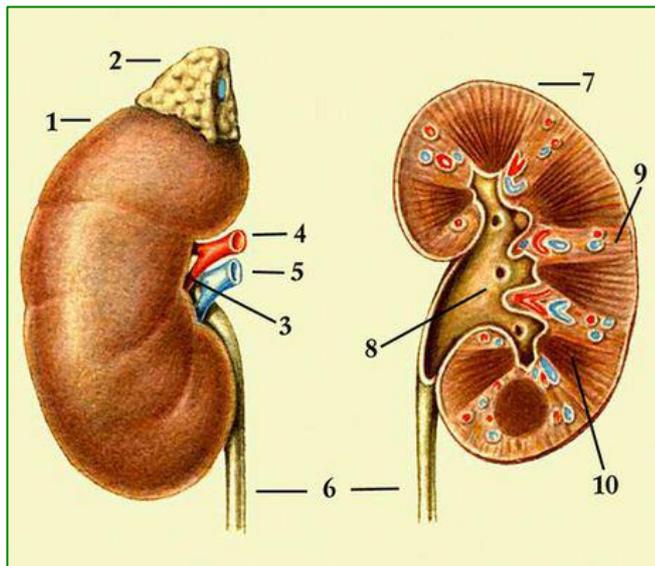
Пищеварительная система



глотка;
язык;
пищевод;
желудок;
поджелудочная железа;
тощая кишка;
поперечная ободочная кишка;
сигмовидная кишка;
прямая кишка;
подвздошная кишка;
червеобразный отросток (аппендикс);
слепая кишка;
двенадцатиперстная кишка;
желчный пузырь;
печень;
сфинктер привратника желудка (желчный проток);

Почки

Мочепускательная система



Общий вид и строение почки: 1 — общий вид левой почки человека; 2 — надпочечник; 3 — ворота почки; 4 — почечная артерия; 5 — почечная вена; 6 — мочеточник; 7 — разрез через почку; 8 — почечная лоханка; 9 — корковое вещество почки; 10 — мозговое вещество почки.

Расположены почки по бокам позвоночного столба на уровне последнего грудного и двух верхних поясничных позвонков. Правая почка лежит немного ниже левой, в среднем на 1-1,5 см (в зависимости от давления правой доли печени). Верхним концом почки доходят до уровня XI ребра, нижний конец отстоит от подвздошного гребня на 3-5 см. Указанные границы положения

почек подвержены индивидуальным вариациям; нередко верхняя граница поднимается до уровня верхнего края XI грудного позвонка, нижняя граница может опускаться на 1-1/2 позвонка. Области соприкосновения почек со смежными органами, представлены на рисунке ниже.

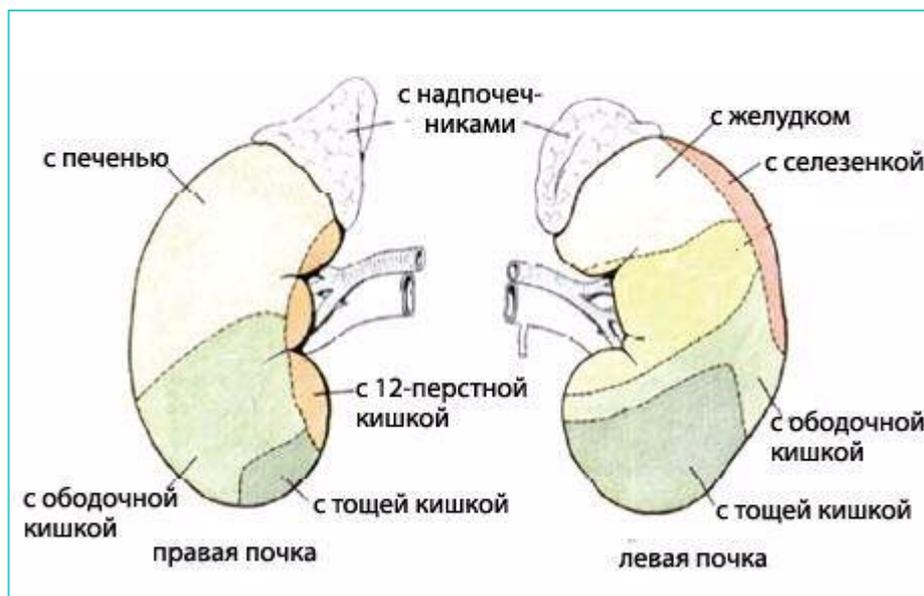


Схема взаимодействия почек со смежными системами организма

Почки (renes) — парный экскреторный и инкреторный орган, выполняющий посредством функции мочеобразования регуляцию химического гомеостаза организма.

Почки расположены в забрюшинном пространстве на уровне XI грудного — III поясничного позвонков. Правая почка более подвижна и располагается несколько ниже левой почки имеют бобовидную форму. Масса каждой почки в норме составляет 120—200 г, длина 10—12 см, ширина — 5—6 см, толщина — 3—4 см. Каждая почка состоит из наружного (коркового) и внутреннего (мозгового) слоев; мозговое вещество представлено пирамидами, основания которых обращены в сторону коры, а верхушки открываются в почечную лоханку. Кровоснабжение почки обеспечивают почечные артерии, отходящие от брюшной аорты и разделяющиеся в воротах каждой почки на две главные артерии — переднюю и заднюю. Отток крови от каждой почки происходит по почечной вене, впадающей в нижнюю полую вену. Иннервируются почки волокнами почечного нервно-

го сплетения, образованного ветвями чревного сплетения, блуждающего нерва, конечными ветвями чревных нервов, ганглиозными клетками.

Основной структурно-функциональной единицей почки является нефрон, состоящий из нескольких отделов, выполняющих различные функции. Нефрон включает почечный клубочек капиллярных петель, расположенных между приносящей и выносящей артериолами. В каждой почке содержится 1—1,2 млн. нефронов, из которых приблизительно 85% являются кортикальными, а 15% расположены на границе с мозговым веществом почки. Последние, юкстамедуллярные нефроны, принимают непосредственное участие в процессах осмотического⁴ концентрирования мочи.

Важнейшая физиологическая роль почки — гомеостатическая: почки участвуют в поддержании постоянства концентрации осмотически активных веществ в плазме и межклеточной жидкости (осморегуляция), их объема (волюморегуляция), электролитного и кислотно-основного баланса, экскретируют продукты азотистого обмена, принимают участие в процессах метаболизма белков, углеводов, липидов, в превращении и выделении из организма токсических веществ, в регуляции системной гемодинамики. Большинство перечисленных функций почки обеспечиваются процессами образования мочи: клубочковой фильтрацией (ультрафильтрацией), реабсорбцией части ультрафильтрата (пассивной и активной), секрецией в канальцах различных веществ и синтезом новых соединений. Почки осуществляют также инкреторную функцию, синтезируя ряд биологически активных субстанций (эритропоэтин, ренин, активный витамин D₃, простагландины и пр.).

Процесс образования мочи начинается с клубочковой фильтрации, величина которой зависит от ряда гемодинамических факторов, прежде всего от объема почечного кровотока, который регулируется главным образом вазоактивными субстанциями (адреналин, ангиотензин, простагландины, брадикинин и др.), симпатическими нервами, гормонами. Почки содержат большое количество кровеносных сосудов, общее сопротивление которых невелико, поэтому в почки ежеминутно поступает около 25% сердечного выброса.

Тотальный почечный кровоток у взрослого человека составляет примерно 1200 мл в 1 мин в пересчете на стандартную поверхность тела (1,73 м²). Из этого объема крови 91—93% протекает по сосудам коркового вещества почек (эффективный почечный кровоток). В наружное мозговое вещество поступает около 6—8%, а во внутреннее — менее 1% объема крови. Основное сопротивление кровотоку оказывают капилляры почечного клубочка, динамика сопротивления определяется тонусом приносящих и выносящих артериол. Изменение давления в почечной артерии сопровождается реактивным изменением тонуса приносящей артериолы клубочка, за счет чего поддерживаются постоянный почечный кровоток и капиллярное давление в клубочке (саморегуляция).

Процесс образования мочи начинается с ультрафильтрации через клубочковый фильтр в просвет капсулы клубочка плазменной воды и растворенных в ней различных веществ с малой молекулярной массой (электролитов, органических соединений). Скорость клубочковой фильтрации в обеих почках составляет в среднем 120 мл в 1 мин — примерно 100 л в сутки на 1 м² поверхности тела. Фильтрация в клубочках обеспечивается фильтрационным давлением — разностью между гидростатическим давлением в капиллярах гломерул (45—52 мм рт. ст.) с одной стороны, и онкотическим давлением плазмы крови (18—26 мм рт. ст.) и гидростатическим давлением⁵ (8—15 мм рт. ст.) — с другой.

⁴ Осмотическое давление (обозначается π) — избыточное гидростатическое давление на раствор, отделённый от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, при котором прекращается диффузия растворителя через мембрану. Это давление стремится уравнивать концентрации обоих растворов вследствие встречной диффузии молекул растворённого вещества и растворителя.

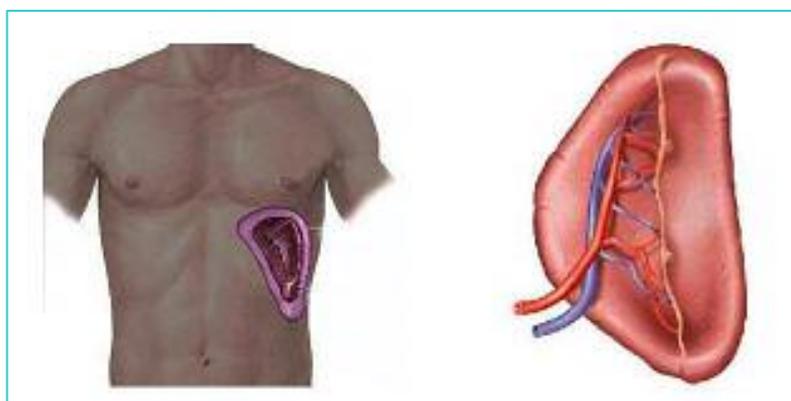
⁵ Гидростатическое давление — Благодаря полной малоподвижности своих частиц капельные и газообразные жидкости, находясь в покое, передают давление одинаково во все стороны; давление это действует на всякую часть плоскости, ограничивающей жидкость, с силой P , пропорциональной величине w этой поверхности, и направленной по нормали к ней. Отношение P/w , то есть давление p на поверхность равную единице, называется гидростатическим давлением.

В норме фильтрационное давление колеблется в пределах 10—20 мм рт. ст. Клубочковая фильтрация снижается при уменьшении системного артериального давления⁶ (АД) (она прекращается при значениях АД ниже 50 мм рт. ст.), при повышении давления в канальцах и, соответственно, в капсуле клубочка (вследствие затруднения оттока мочи, при повышении давления в интерстиции почки). Регуляция скорости клубочковой фильтрации в каждом нефроне осуществляется объемом протекающей крови и скоростью реабсорбции натрия в данном нефроне.

Селезенка

В селезенке кровеносная система входит в тесное соотношение с лимфоидной тканью, благодаря чему кровь здесь обогащается свежим запасом развивающихся в селезенке лейкоцитов. Кроме того, проходящая через селезенку кровь освобождается благодаря фагоцитарной деятельности макрофагов селезенки от отживших красных кровяных телец («кладбище» эритроцитов) и от попавших в кровяное русло болезнетворных микробов, взвешенных инородных частиц и т. п.

В лимфоидной ткани селезенки содержатся лимфоциты, участвующие в иммунологических реакциях. В пульпе осуществляется гибель части форменных элементов крови, срок деятельности которых истек. Железо гемоглобина из разрушенных эритроцитов направляется по венам в печень, где служит материалом для синтеза желчных пигментов.



Селезенка (splen) представляет собой непарный орган темнокрасного цвета, весом 180 г. Она располагается слева от желудка, в левом подреберье, прилегая своей выпуклой стороной к нижней поверхности диафрагмы.

Ворота селезенки расположены на выгнутой стороне, в них проходит артерия и вена. Снаружи орган защищен капсулой и покрыт брюшиной. В ткань селезенки от капсулы отходят перегородки, между которыми располагается селезеночная пульпа — красная и белая. Первая образована ретикулярной тканью, а вторая — развившейся из нее лимфоидной тканью. Из последней состоят селезеночные тельца, в которых развиваются и созревают лимфоциты, поступающие затем в вены селезенки. Белая пульпа пронизана капиллярами, которые располагаются в синусах, составляющих значительную часть красной пульпы, что обуславливает окраску. Этот орган служит резервуаром крови (до 16 %). Селезенка участвует в общей регуляции кровяного давления. В селезенке происходит разрушение эритроцитов, закончивших жизненный цикл, а также дифференциация Т- и В-лимфоцитов.

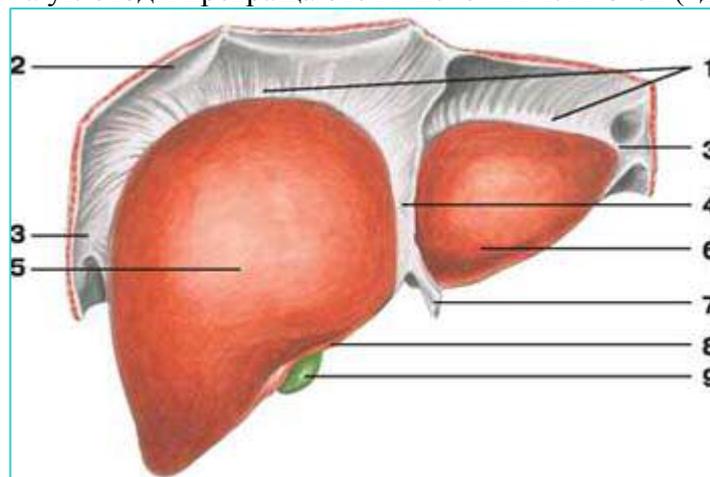
⁶ Кровяное давление — давление, которое кровь оказывает на стенки кровеносных сосудов, или, по-другому говоря, превышение давления жидкости в кровеносной системе над атмосферным, один из важных признаков жизни.

Печень

Печень, *hepar*, представляет собой объемистый железистый орган (масса около 1500 г). Функции печени многообразны. Она является прежде всего крупной пищеварительной железой, вырабатывающей желчь, которая по выводному протоку поступает в двенадцатиперстную кишку. (Такая связь железы с кишкой объясняется развитием ее из эпителия передней кишки, из которой развивается часть *duodenum*.)

Ей свойственна барьерная функция: ядовитые продукты белкового обмена, доставляемые в печень с кровью, в печени нейтрализуются; кроме того, эндотелий печеночных капилляров и звездчатые ретикулоэндотелиоциты обладают фагоцитарными свойствами (лимфоретикулогистиоцитарная система), что важно для обезвреживания всасывающихся в кишечнике веществ.

Печень участвует во всех видах обмена; в частности, всасываемые слизистой оболочкой кишечника углеводы превращаются в печени в гликоген («депо» гликогена).

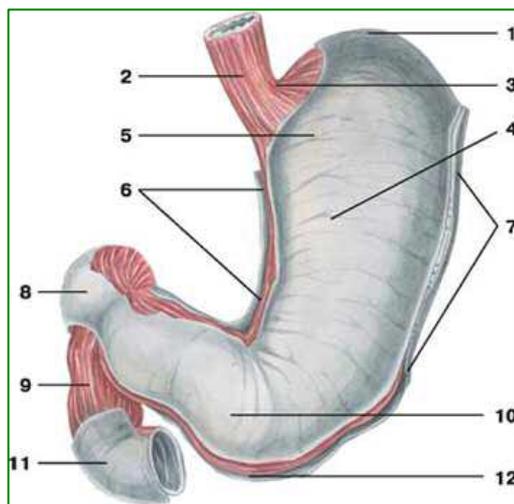


Печень диафрагмальная поверхность

- 1 — венечная связка печени;
- 2 — диафрагма;
- 3 — треугольная связка печени;
- 4 — серповидная связка печени;
- 5 — правая доля печени;
- 6 — левая доля печени;
- 7 — круглая связка печени;
- 8 — острый нижний край;
- 9 — желчный пузырь

Желудок

Желудок человека, *gaster (ventriculus)*, располагается в верхней левой (5/6) и в правой (1/6) частях брюшной полости; длинная ось его идет слева сверху и сзади вправо вниз и вперед и находится почти во фронтальной плоскости. Форма и размеры желудка изменчивы и зависят от степени его наполнения, функционального состояния мускулатуры его стенок (сокращение, расслабление). Форма желудка изменяется также в зависимости от возраста. Принято различать 3 формы желудка: форму рога, форму чулка и форму крючка.



Левая часть желудка располагается слева под диафрагмой, а узкая правая — под печенью. Длина желудка по длинной его оси в среднем равна 21—25 см. Вместимость желудка — 3 л.

Части желудка

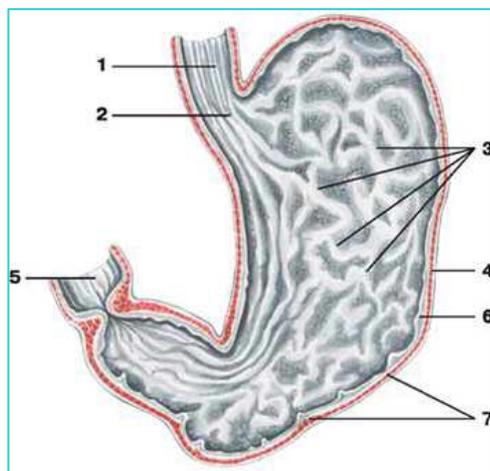
- 1 — входной отдел) желудка;
- 2 — малая кривизна желудка;
- 3 — большая кривизна желудка;
- 4 — верхняя часть двенадцатиперстной кишки;
- 5 — мышечная оболочка двенадцатиперстной кишки;

- 6 — привратниковая часть (выходной отдел) желудка;
- 7 — нисходящая часть двенадцатиперстной кишки;
- 8 — мышечная оболочка желудка

сфинктер/ привратника;

5 — мышечная оболочка двенадцатиперстной кишки;

6 — средний круговой слой мышечной оболочки желудка



Слизистая оболочка желудка

1 — слизистая оболочка пищевода;

2 — кардиальное отверстие;

3 — желудочные складки;

4 — подслизистая основа желудка;

5 — слизистая оболочка двенадцатиперстной кишки;

6 — слизистая оболочка желудка;

7 — мышечная оболочка желудка

Желудок состоит из нескольких частей: кардиальной, дна (свода), тела и привратниковой (пилорической). Входная, или кардиальная часть, *pars cardiaca*, начинается отверстием, через которое желудок сообщается с пищеводом, — кардиальным отверстием, *ostium cardiacum*. Непосредственно влево от кардиальной части находится выпуклое кверху дно (свод) желудка, *fundus (fornix) gastricus*.

Самая большая часть желудка — кверху без резких границ продолжается в дно, а вправо, постепенно сужаясь, переходит в пилорическую часть.

Привратниковая (пилорическая) часть, *pars pylorica*, непосредственно прилегает к отверстию привратника, *ostium pyloricum*, через которое просвет желудка сообщается с просветом двенадцатиперстной кишки.

Привратниковую часть подразделяют на пещеру привратника, *antrum pyloricum*, и канал привратника, *canalis pyloricus*, равный по диаметру прилегающей двенадцатиперстной кишке, и самого привратника, *pylorus*, — участка желудка, переходящего в двенадцатиперстную кишку, причем на этом уровне слой циркулярных мышечных пучков утолщается, образуя сфинктер привратника, *m. sphincter pyloricus*.

Кардиальная часть, дно и тело желудка направлены сверху вниз и направо: привратниковая часть располагается под углом к телу снизу вверх и направо. Тело на границе с пещерой привратника образует наиболее узкую часть полости.

Описанная форма желудка, наблюдаемая при рентгенологическом исследовании, по форме напоминает крючок, она встречается наиболее часто. Желудок может иметь форму рога, при этом положение тела желудка приближается к поперечному, а привратниковая часть составляет продолжение тела, не образуя с ним угла.

Третья форма желудка — форма чулка. Для желудка такой формы характерны вертикальное положение и большой длины тело, нижний край которого находится на уровне IV поясничного позвонка, а привратниковая часть — на уровне II поясничного позвонка по средней линии.

Обращенная кпереди поверхность желудка составляет его переднюю стенку, *paries anterior*, обращенная кзади — заднюю стенку, *paries posterior*. Верхний край желудка, образующий границу между передней и задней стенками, дугообразно вогнут, он более короткий и образует малую кривизну желудка, *curvatura gastrica (ventriculi) major*.

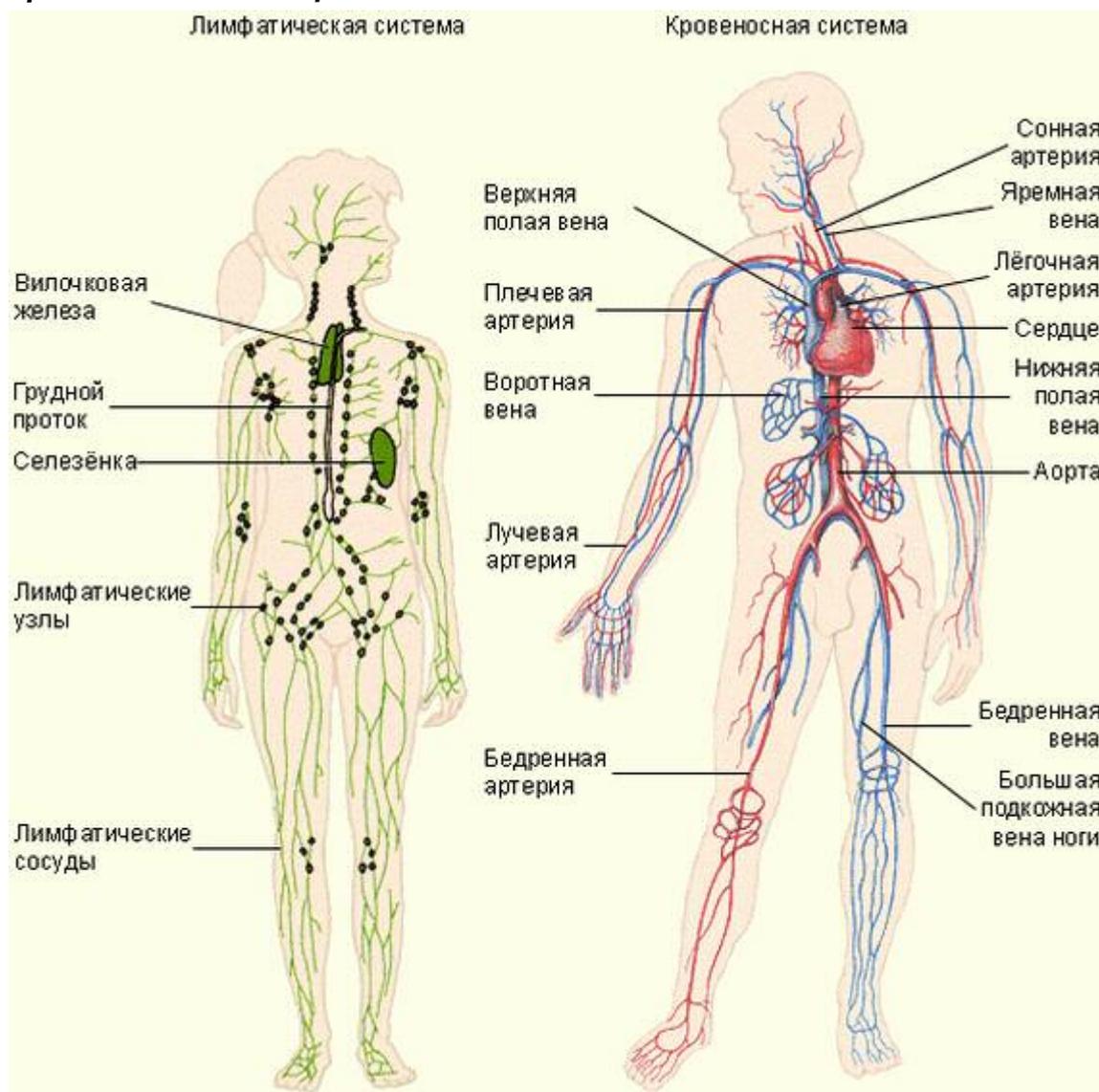
Малая кривизна на границе тела желудка и привратниковой части образует угловую вырезку, *incisura angularis*; по большой кривизне резкой границы между телом желудка и привратниковой частью нет. Лишь в период переваривания пищи тело отделяется от привратниковой части (пещеры) глубокой складкой, что можно видеть при рентгенологическом исследовании. Такая перетяжка видна обычно и на трупе. По большой кривизне имеется вырезка, отделяющая кардиальную часть от дна, — кардиальная вырезка, *incisura cardiaca*.

Оболочки желудка.

Стенка желудка состоит из трех оболочек: наружной — брюшины (серозная оболочка), средней — мышечной и внутренней — слизистой. Серозная оболочка, *tunica serosa*, представляет собой внутренностный листок брюшины и покрывает желудок со всех сторон; таким образом, желудок расположен внутрибрюшинно (интраперитонеально). Под брюшиной лежит топкая подсерозная основа, *tela subserosa*, благодаря которой серозная оболочка срастается с мышечной оболочкой, *tunica muscularis*. Непокрытыми серозной оболочкой остаются лишь узкие полоски по малой и большой кривизне, где листки брюшины, покрывающие переднюю и заднюю стенки, сходятся, образуя брюшинные связки желудка. Здесь, вдоль одной и другой кривизны, между листками брюшины залегают кровеносные и лимфатические сосуды, нервы желудка и регионарные лимфатические узлы. Не покрыт брюшиной также небольшой участок задней стенки желудка левее кардиальной части, где стенка желудка соприкасается с диафрагмой.

Брюшина, переходя с желудка на диафрагму и на соседние органы, образует ряд связок, которые рассматриваются в разделе «Брюшина». Мышечная оболочка желудка, *tunica muscularis*, состоит из двух слоев: продольного и кругового, а также из косых волокон.

Кровеносная и лимфатическая системы

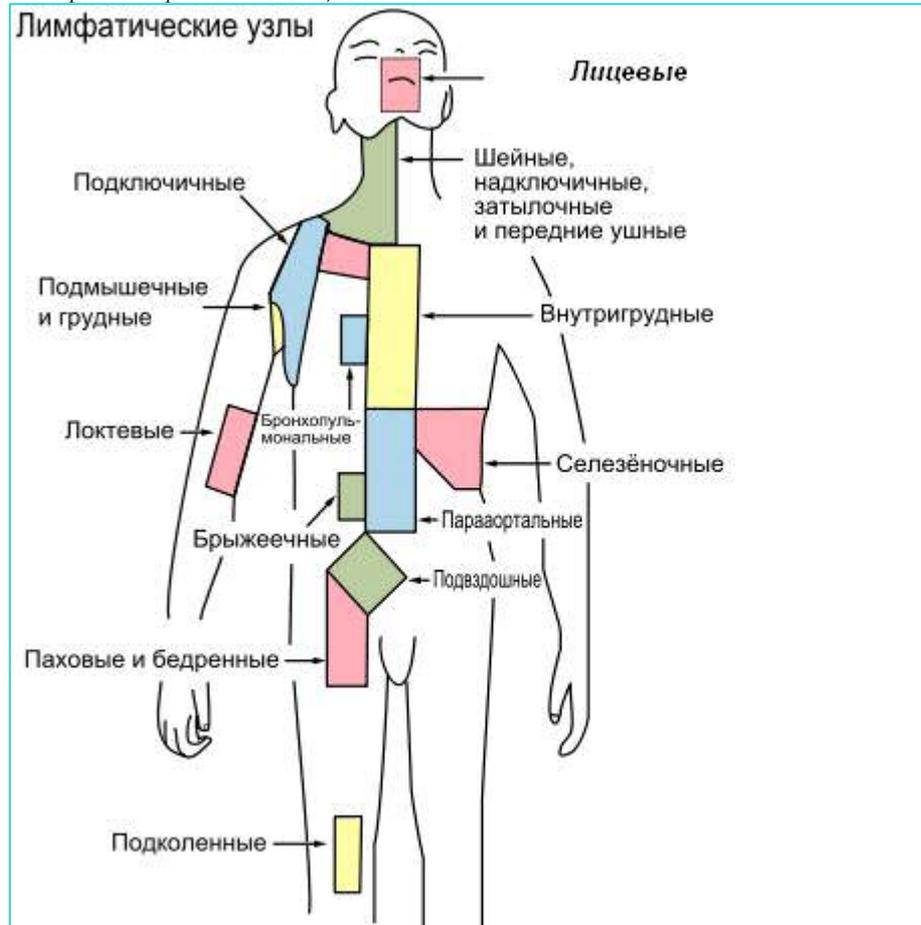


Лимфатическая система – еще одна транспортная система организма. В отличие от кровеносной системы у нее отсутствует «насос», а сосуды не образуют замкнутую систему. Лимфатическая система производит специальные иммунные тела – лимфоциты – и доставляет их в кровеносные сосуды. Кровеносная и лимфатическая системы образуют вместе иммунную систему человека.

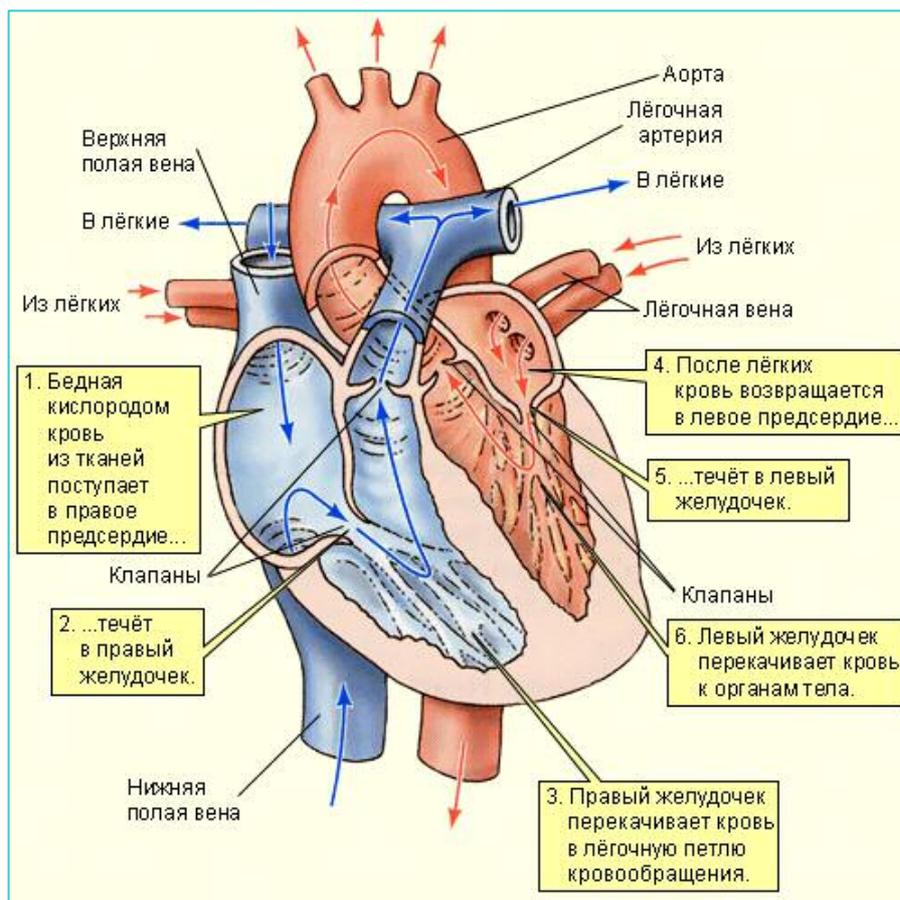
Лимфатические узлы

Лимфатические узлы представляют собой образования округлой, овальной, бобовидной, реже лентовидной формы размерами от 0,5 до 50 мм и более. Лимфоузлы окрашены в розовато-серый цвет. Лимфатические узлы располагаются по ходу лимфатических сосудов, как правило, гроздьями до десяти штук, возле кровеносных сосудов, чаще — возле крупных вен.

Поверхность лимфатического узла покрыта соединительнотканной капсулой, от которой внутрь узла отходят трабекулы — балки, также образованные соединительной тканью. Они представляют собой опорные структуры. Строма, структурная основа лимфатического узла, образована ретикулярной соединительной тканью, отростчатые клетки которой и образованные ими ретикулярные волокна формируют трехмерную сеть.



Кровь играет роль связующего элемента, который обеспечивает жизнедеятельность каждого органа, каждой клетки. Благодаря кровообращению ко всем тканям и органам поступают кислород и питательные вещества, а также гормоны, и выводятся продукты распада веществ. Кроме того, кровь поддерживает постоянную температуру тела и защищает организм от вредных микробов.



Кровь соединительная, состоящая из плазмы (примерно 54 % объема) и клеток (46 % объема). Плазма – это полужидкая, желтоватая зрачная жидкость, содержащая 90–92 % воды и 8–10 % белков, жиров, углеводов и других веществ.

– это жидкая ткань, кровяной (примерно 54 % объема) и клеток (46 % объема). Плазма – это полужидкая, желтоватая зрачная жидкость, содержащая 90–92 % воды и 8–10 % белков, жиров, углеводов и других веществ.

Схема строения сердца

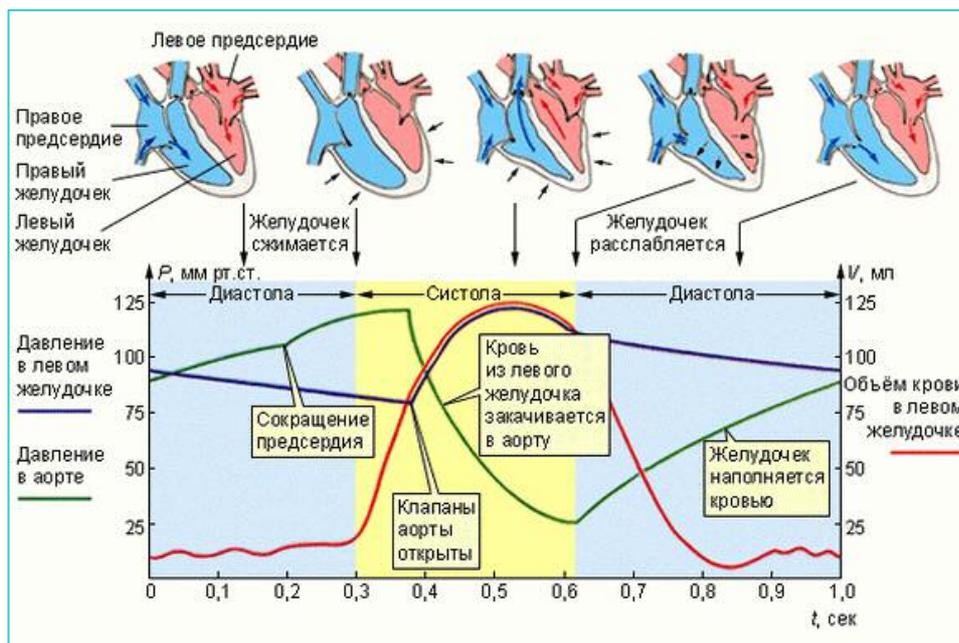
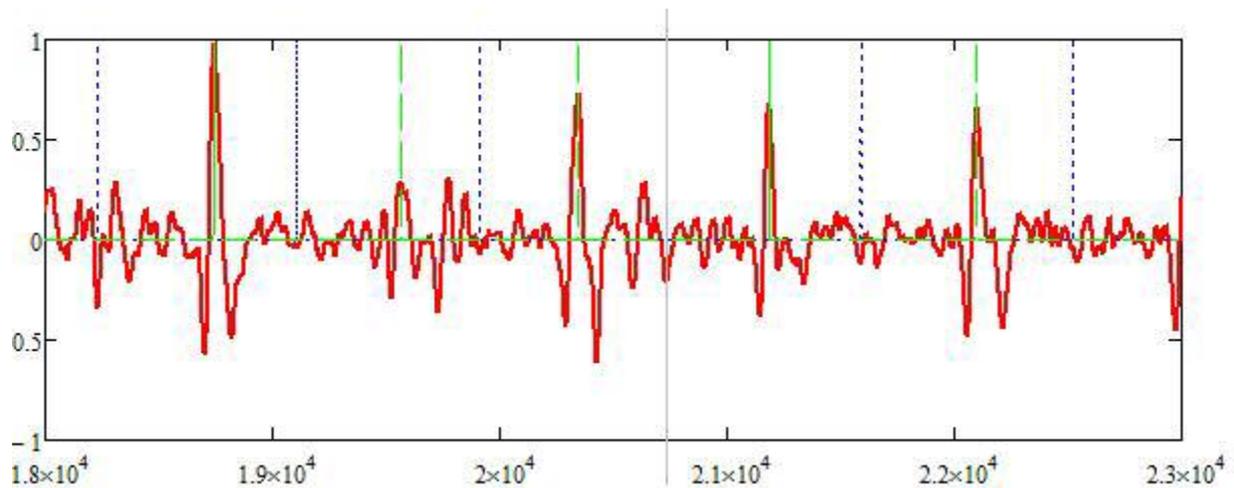


Схема сократительной деятельности сердца

Оценка состояния организма может проводиться посредством оценки деятельности сердца. Один из методов регистрации проявлений сердечной деятельности является пульсметрия.



Вид типичной пульсограммы

Из органов пищеварения в плазму крови поступают питательные вещества, которые разносятся ко всем органам. Несмотря на то, что с пищей в организм человека поступает большое количество воды и минеральных солей, в крови поддерживается постоянная концентрация минеральных веществ. Это достигается выделением избыточного количества химических соединений через почки, потовые железы, легкие.

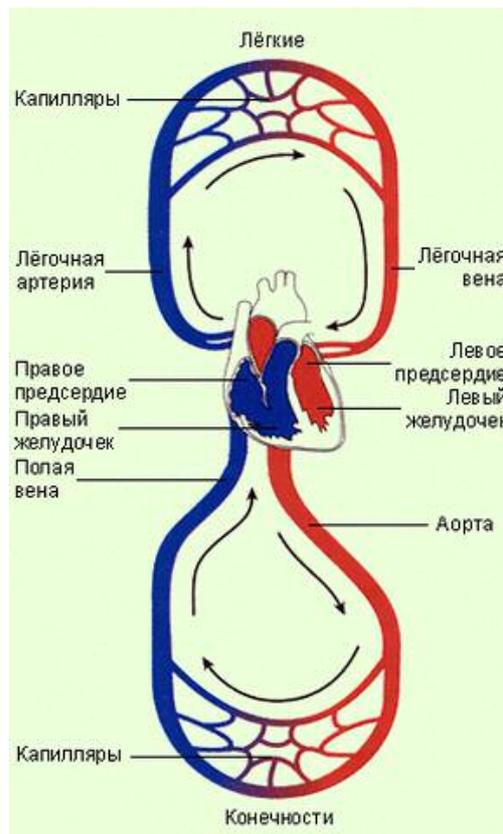


Схема организации кровообращения в организме человека (МАЛЫЙ И БОЛЬШОЙ КРУГ КРООБРАЩЕНИЯ)

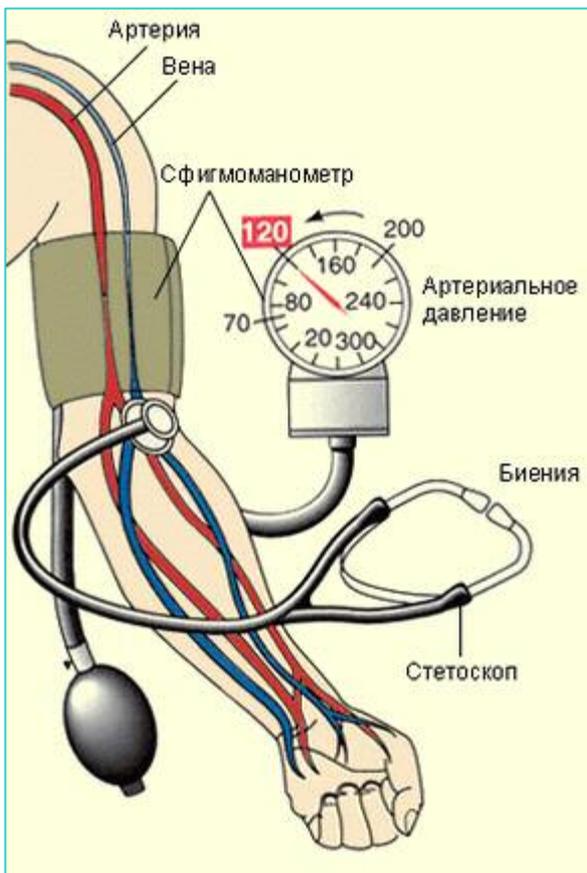
Схема измерения артериального давления. Давление крови измеряется сфигмоманометром.

Движение крови в организме человека называется кровообращением. Непрерывность тока крови обеспечивают органы кровообращения, к которым относятся сердце и кровеносные сосуды. Они составляют кровеносную систему.

Сердце человека представляет собой полый мышечный орган, состоящий из двух предсердий и двух желудочков. Оно располагается в грудной полости. Левая и правая стороны сердца разделены сплошной мышечной перегородкой. Вес сердца взрослого человека составляет примерно 300 г.

На границе между желудочками и предсердиями имеются отверстия, которые могут закрываться и открываться при помощи специальных клапанов. Клапаны состоят из створок, которые открываются только в полость желудочков, благодаря чему обеспечивается движение крови в одном направлении. В левой половине сердца клапан образован двумя створками и называется двустворчатым. Между правым предсердием и правым желудочком находится трехстворчатый клапан. Между желудочками и артериями находятся полулунные клапаны. Они также обеспечивают ток крови в одном направлении – из желудочков в артерии.

В работе сердца, состоящей в перекачивании крови, выделяют три фазы: сокращение предсердий, сокращение желудочков и пауза, когда желудочки и предсердия одновременно расслаблены. Сокращение сердца называется систолой, расслабление – диастолой. За одну минуту сердце сокращается примерно 60–70 раз.

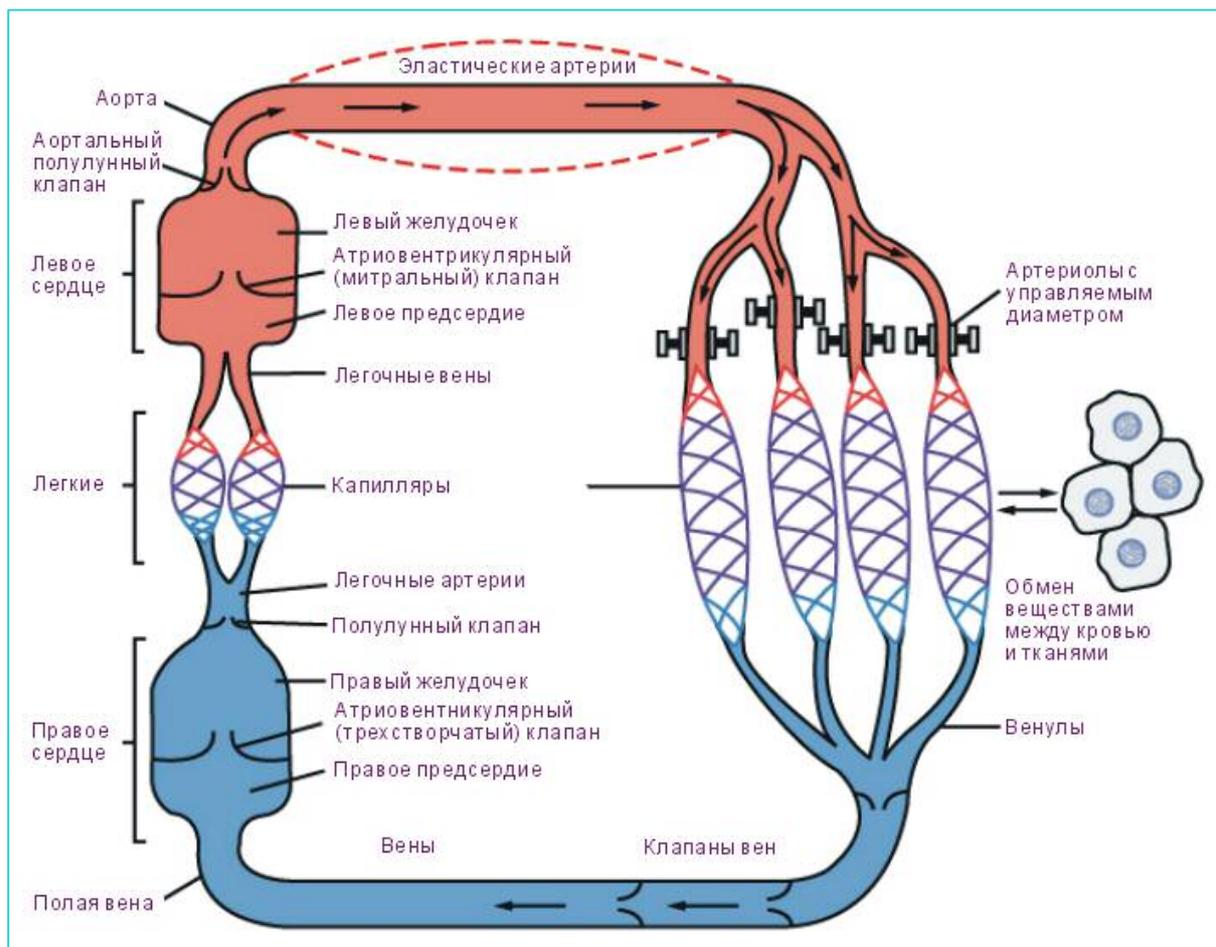


Кровь в организме человека движется непрерывным потоком по двум кругам кровообращения – большому и малому. Двигаясь по малому кругу кровообращения, кровь насыщается кислородом и освобождается от углекислого газа. **В большом же круге кровообращения** кровь разносит ко всем органам кислород и питательные вещества и забирает от них углекислый газ и продукты выделения. Непосредственно движение крови происходит по сосудам: артериям, капиллярам, венам.

Повреждение кровеносных сосудов приводит к кровотечению. В случае внешнего кровотечения необходимо освободить раненый участок тела от одежды, аккуратно удалить инородные тела (если это возможно), остановить кровотечение, обработать края раны дезинфицирующим раствором и наложить стерильную повязку. При крупных ранах остановка кровотечения производится наложением жгута (ремня, веревки, ткани); после этого необходимо доставить пострадавшего к врачу. Нельзя оставлять жгут на конечности более 40 минут без восстановления кровообращения (хотя бы временного).

Малый круг кровообращения, или легочный круг кровообращения - это совокупность взаимодействующих структур сердечно-сосудистой системы, главной целью (назначением) которой является взаимодействие с системой дыхания для осуществления газообмена организма со средой.

Малый круг кровообращения дважды последовательно соединен с большим кругом кровообращения. Главной целью (назначением) большого круга кровообращения является снабжение кровью всех органов и тканей в соответствии с их потенциальными и актуальными потребностями.

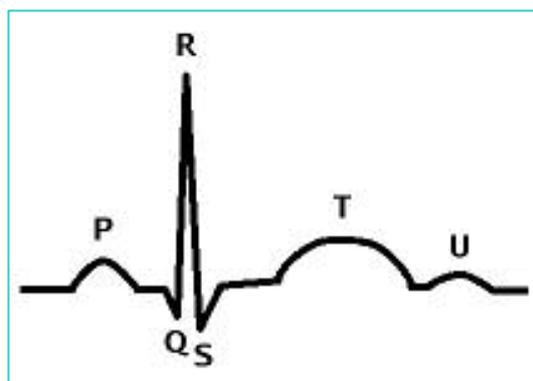


Малый круг кровообращения начинается в правом желудочке, выходящим из него легочным сосудистым стволом. По нему от сердца к легким поступает венозная кровь. Малый круг заканчивается в левом предсердии, куда впадают легочные вены, несущие артериальную кровь.

Таблица. Сравнение некоторых характеристик системного и легочного кровообращения.		
Характеристики	Большой (системный) круг кровообращения	Малый (легочный) круг кровообращения
Строение кровеносного русла	Левое предсердие	Правое предсердие
	Левый желудочек	Правый желудочек
	Артерии большого круга кровообращения (системные артерии)	Артерии малого круга кровообращения (легочные артерии)
	Системные капилляры	Легочные капилляры
	Системные вены	Легочные вены
	Правое предсердие	Левое предсердие
Назначение, функция	Правый желудочек	Левый желудочек
	Транспорт по системным артериям оксигенированной крови от левой половины сердца ко всем органам и тканям	Транспорт по легочным артериям дезоксигенированной крови от правой половины сердца к легким
	В системных капиллярах осуществляются сопряженные процессы от-	В легочных капиллярах осуществляются сопряженные процессы полу-

	дачи кровью кислорода тканям и получения из тканей двуокиси углерода.	чения кровью кислорода из альвеолярного воздуха и отдачи кровью двуокиси углерода в альвеолярный воздух.
	Обратный (к сердцу) транспорт дезоксигенированной крови по системным венам к правому желудочку.	Обратный (к сердцу) транспорт оксигенированной крови по легочным венам к левому предсердию.
	Правый желудочек - место первого последовательного соединения большого (системного) круга кровообращения с малым (легочным) кругом кровообращения.	Левое предсердие - место второго последовательного соединения малого (легочного) круга кровообращения с большим (системным) кругом кровообращения.
Давление крови	Большой круг кровообращения - структура с относительно высоким давлением крови. Нормальные вероятностные пределы среднего давления крови $70 \div 105 \text{ мм рт ст.}$	Малый круг кровообращения - структура с относительно низким давлением крови. Нормальные вероятностные пределы среднего давления крови $10 \div 22 \text{ мм рт ст.}$
	Возможно измерение давления крови в периферических артериях неинвазивными методами, например, с помощью сфигмоманометра.	Измерение давления крови в артериях возможно только инвазивными методами, в частности с помощью катетеризации легочной артерии.

Исследование сердечной деятельности проводят посредством кардиографа. Типичный вид фрагмента кардиограммы представлен на рисунке ниже.



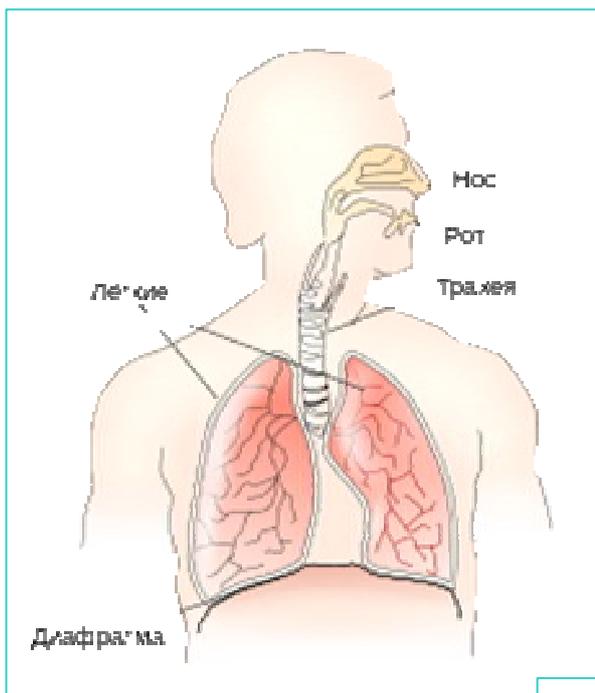
Сердечный цикл — понятие, отражающее последовательность процессов, происходящих за одно сокращение сердца и его последующее расслабление. Каждый цикл включает в себя три большие стадии: систола предсердий, систола желудочков и диастола. **Термин систола означает сокращение мышцы.** Выделяют электрическую систолу — электрическую активность, которая стимулирует миокард и вызывает механическую систолу — сокращение сердечной мышцы и уменьшение сердечных камер в объеме. **Термин диастола означает расслабление мышцы.** Во время сердечного цикла происходит повышение и снижение давления крови, соответственно высокое давление в момент систолы желудочков называется систолическим, а низкое во время их диастолы — диастолическим. Частота повторения сердечного цикла называется частотой сердечных сокращений,

В состоянии спокойствия желудочек сердца взрослого человека за каждую систолу выбрасывает от 60 мл крови (ударный объем). Сердечный цикл длится до 1 с, соответственно, сердце делает от 60 сокращений в минуту (частота сердечных сокращений, ЧСС). Нетрудно подсчитать, что даже в состоянии покоя сердце перегоняет 4 л крови в минуту (минутный объем сердца, МОС). Во время максимальной нагрузки ударный объем сердца тренированного человека может превышать 200 мл, пульс — превышать 200 ударов в минуту, а циркуляция крови может достигать 40 л в минуту.

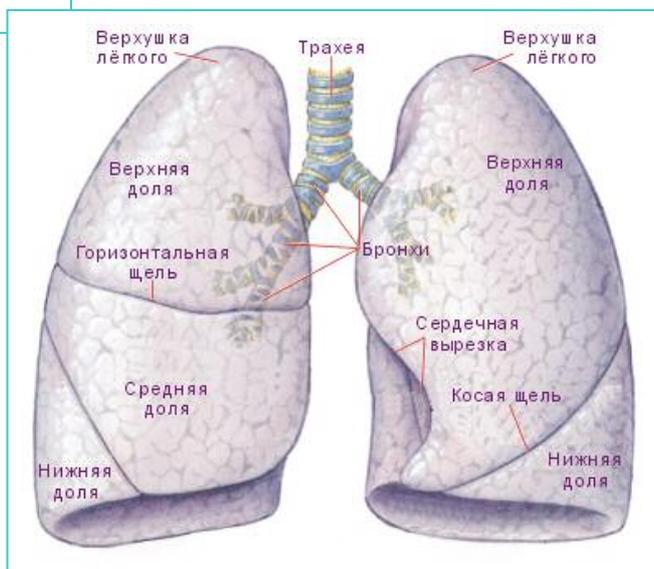
Дыхательная система

Дыхательный аппарат состоит из верхних дыхательных путей (полость носа, носоглотка, гортань), трахеи, бронхов, легких, плевры, грудной клетки с дыхательными мышцами, нервной, сосудистой и лимфатической систем.

Легкие состоят из мельчайших пузырьков (альвеол), окружающих бронхиолы. Насчитывается приблизительно 700 млн. этих пузырьков, их общая дыхательная поверхность составляет более 100 м². Легкие



Строение органов дыхания человека
Основная дыхательная мускулатура состоит из межреберных, лестничных мышц и диафрагмы. При вдохе дыхательная мускулатура поднимает грудную клетку, диафрагма сокращается и уплотняется. Вследствие этого процесс объем легких увеличивается и воздух как через насос проникает в легкие. Максимальный объем воздуха в легких человека в состоянии покоя равен 9 л, включая запас. Выдох является пассивным процессом, при котором дыхательные мышцы расслабляются, диафрагма поднимается вверх и воздух свободно выводится из организма.



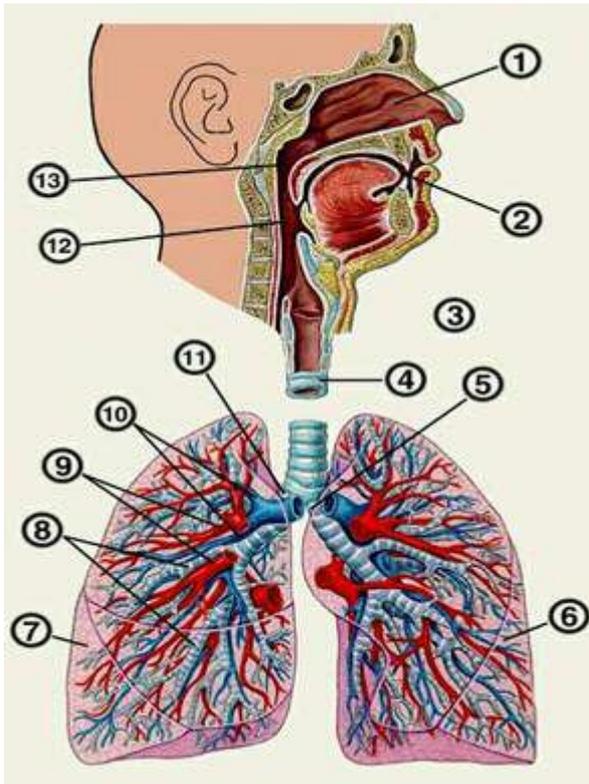
Основная функция легких - газообмен (обогащение крови кислородом и выделение из нее углекислоты). Поступление в легкие насыщенного кислородом воздуха и выведение выдыхаемого, насыщенного углекислотой воздуха наружу обеспечиваются активными дыхательными движениями грудной стенки и диафрагмы и сократительной способностью самого легкого в сочетании с деятельностью дыхательных путей. При этом на сократительную деятельность и вентиляцию нижних долей большое влияние оказывают диафрагма и нижние отделы грудной клетки, в то время как вентиляция и изменение объема верхних долей осуществляются главным образом с помощью движений верхнего отдела грудной клетки.

Кровообращение в легких. В связи с функцией газообмена легкие получают не только артериальную, но и венозную кровь. Последняя притекает через ветви легочной артерии, каждая из

которых входит в ворота соответствующего легкого и затем делится соответственно ветвлению бронхов. Самые мелкие ветви легочной артерии образуют сеть капилляров, оплетающую альвеолы (дыхательные капилляры).

Венозная кровь, притекающая к легочным капиллярам через ветви легочной артерии, вступает в осмотический обмен (газообмен) с содержащимся в альвеоле воздухом: она выделяет в альвеолы свою углекислоту и получает взамен кислород. Из капилляров складываются вены, несущие кровь, обогащенную кислородом (артериальную), и образующие затем более крупные венозные стволы. Последние сливаются в дальнейшем в *vv. pulmonales*.

Артериальная кровь приносится в легкие по *rr. bronchiales* (из аорты, *aa. intercostales posteriores* и *a. subclavia*). Они питают стенку бронхов и легочную ткань. Из капиллярной сети, которая образуется разветвлениями этих артерий, складываются *vv. bronchiales*, впадающие отчасти в *vv. azygos et hemiazygos*, а отчасти - в *vv. pulmonales*. Таким образом, системы легочных и бронхиальных вен анастомозируют между собой.



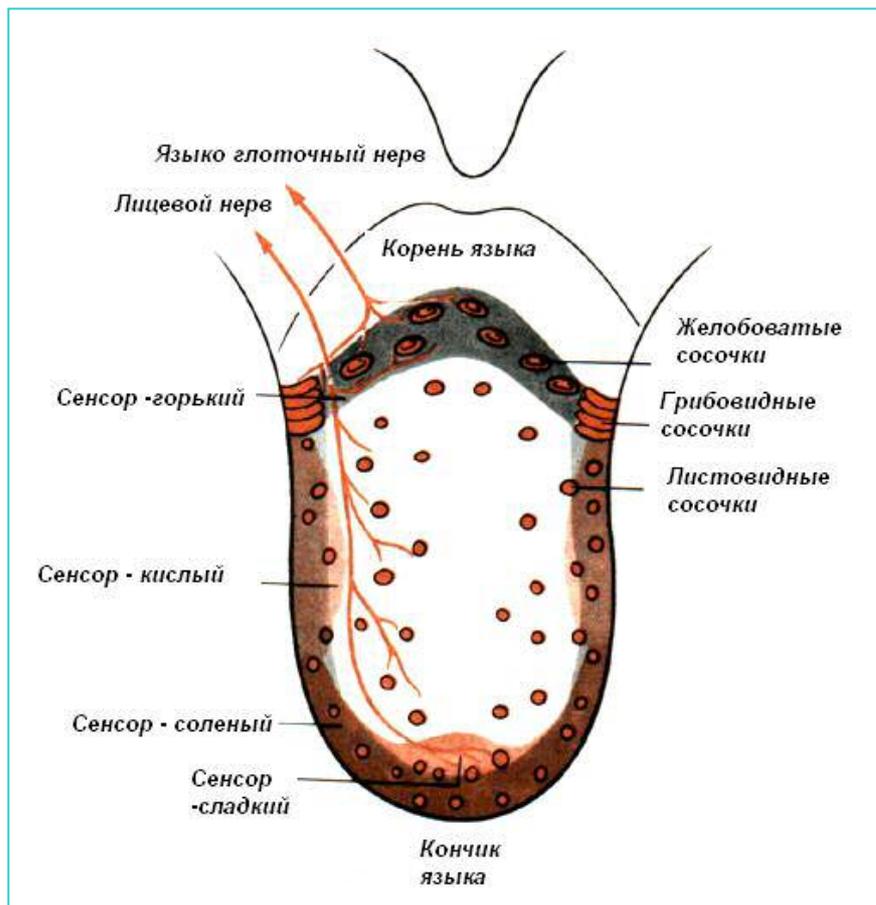
Дыхательная система человека (вверху — сагиттальный разрез полости носа, рта и гортани):

- 1 - носовая полость;
- 2 - ротовая полость;
- 3 - гортань;
- 4 - трахея;
- 5 - левый главный бронх;
- 6 - левое легкое;
- 7 - правое легкое;
- 8 - сегментарные бронхи;
- 9 - правые легочные артерии;
- 10 - правые легочные вены;
- 11 - правый главный бронх;
- 12 - глотка;
- 13 - носоглоточный ход.

Сенсорные системы

Вкусовая система

Язык у человека покрыт слизистой оболочкой, складки которой во многих местах образуют маленькие выпуклости в форме колышков, называемые *сосочками*. На рисунке ниже показано распределение трех типов сосочков-желобоватых, листовидных и грибовидных-по поверхности языка.



Продолжительность жизни сенсорных клеток во вкусовых почках невелика; происходит их непрерывная смена. В среднем одна сенсорная клетка замещается новой уже через 10 дней. За сменой клеток можно проследить, помечая их ядра 3Н-тимидином и определяя число меченых ядер, сохранившихся через некоторое время. Утраченные сенсорные клетки замещаются новыми, которые образуются из базальных клеток. При этой смене должны прерываться синапсы между афферентными волокнами и старыми клетками и возникнуть новые синапсы.

Эти три типа распределены по-разному. Только *грибовидные* сосочки рассеяны по всей поверхности. *Желобоватые* сосочки, которых у человека всего 7-12, сверху имеют вид круглых образований 1-3 мм в диаметре; они находятся в ограниченной зоне поперек спинки языка у его корня. Третий тип, *листовидные* сосочки, образуют тесно расположенные складки вдоль задних краев языка. Они хорошо развиты у детей, но гораздо менее выражены и менее многочисленны у взрослых.

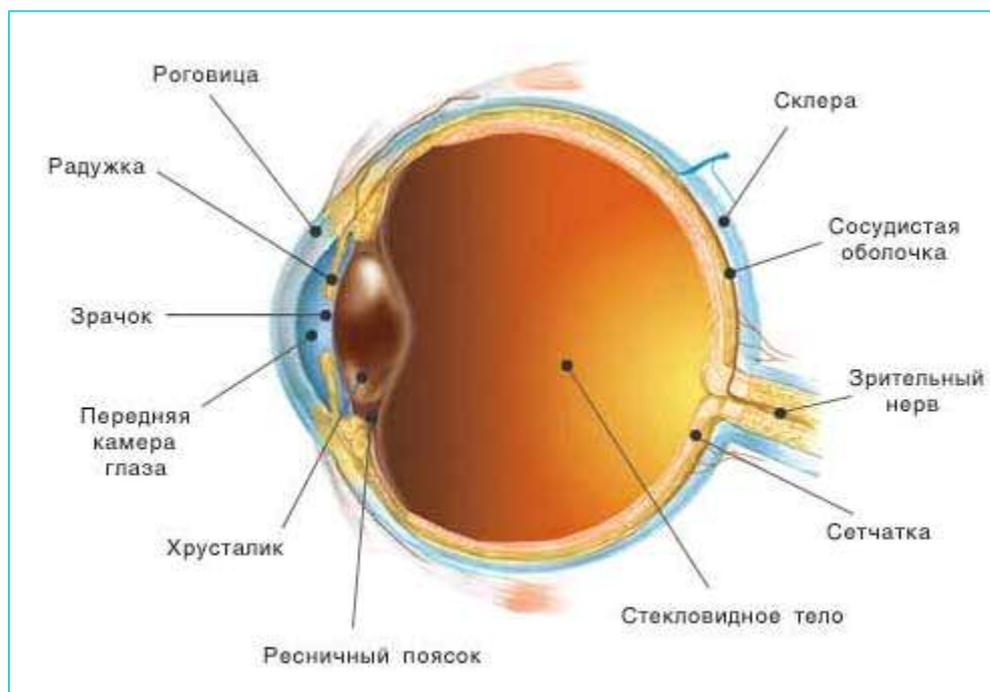
Нитевидные сосочки, занимающие остальную поверхность языка, не показаны на рисунке, потому что в них нет вкусовых почек. Название "сосочек" характеризует рецептор в форме "шляпки гриба", поверхность которого может достигать 1 мм в диаметре.

Отдельная вкусовая почка имеет около 70 мкм в высоту и около 40 мкм в диаметре. Всего у человека около 2000 вкусовых почек, из них около половины на желобоватых сосочках. Каждая вкусовая почка содержит 40-60 отдельных клеток.

В соединительную ткань под желобоватыми и листовидными сосочками погружены серозные железы, протоки которых открываются в углубления у основания сосочка, их секрет служит для смывания частиц пищи и микроорганизмов. Кроме того, он понижает концентрацию стимулирующего вещества вблизи вкусовых почек.

Внутри вкусовых почек различают три типа клеток: *сенсорные*, *опорные* и *базальные*. Растворимые в воде вещества, попадающие на поверхность языка, диффундируют через пору в наполненное жидкостью пространство над вкусовой почкой; здесь они соприкасаются с мембранами микровиллей, которые образуют наружные концы сенсорных клеток. Вкусовые рецепторы представляют собой вторичные сенсорные клетки без аксонов, которые проводят импульсы в центральном направлении. Их ответы передаются афферентными волокнами, которые образуют синапсы близ оснований сенсорных клеток. На рис.19.2. показаны только два волокна, но в действительности в каждую вкусовую почку входят и разветвляются в ней около 50 волокон.

Зрительная система



Глаз имеет неправильную шаровидную форму примерно 2,5 см в диаметре.

Два глазных яблока надежно укрыты в глазницах черепа. Орган зрения состоит из вспомогательного аппарата глаза, который включает веки, конъюнктиву, слезные органы, глазодвигательные мышцы и фасции глазницы, и оптического аппарата – роговицы, водянистой влаги передней и задней камер глаза, хрусталика и стекловидного тела.

Сетчатка, зрительный нерв и зрительные пути передают информацию в головной мозг, где происходит анализ полученного изображения.

Глаз прикрыт спереди верхним и нижним веками. Снаружи веки покрыты кожей, а изнутри тонкой оболочкой – конъюнктивой. В толще век располагаются слезные железы. Жидкость, которую они вырабатывают, увлажняет слизистую оболочку глаза, поэтому поверхность глазного яблока всегда влажная. Веки свободно скользят по слизистой, защищая глаз от неблагоприятных факторов окружающей среды.

Под кожей век расположены мышцы глаза: круговая мышца и подниматель верхнего века. С помощью этих мышц глазная щель открывается и закрывается. По краям век растут ресницы, выполняющие защитную функцию.

Глазное яблоко движется с помощью шести мышц. Все они работают согласованно, поэтому движение глаз – их перемещение и поворот в разные стороны – происходит свободно и безболезненно.

В верхней части глазницы расположена слезная железа. В ней образуется слезная жидкость, которая через слезные каналы и слезный мешок попадает в полость носа.

Глазное яблоко состоит из трех оболочек: *наружной, средней, и внутренней.*

Наружная оболочка глаза состоит из склеры и роговицы. Склера (белок глаза) – прочная наружная капсула глазного яблока – выполняет роль кожуха. Ее передняя часть видна через прозрачную конъюнктиву в виде треугольников по бокам глазной щели. Склера составляет 5/6 площади наружной оболочки и осуществляет защитную функцию, обеспечивая постоянство формы, объема и тонуса глаза. Сзади в склере определяется «слабое» место – решетчатая пластинка, через которую проходит зрительный нерв и сосуды сетчатки. При повышении давления в глазу или в полости черепа эта пластинка меняет свое положение (отходит назад или выдвигается вперед в полость глаза).

Склера переходит в роговицу не сразу по всей толщине. Сначала переходят ее глубокие слои, затем поверхностные, поэтому в месте перехода образуется желоб, называемый лимбом.

Роговица – наиболее выпуклая часть переднего отдела глаза. Это прозрачная, гладкая, блестящая, сферичная, чувствительная оболочка. Она вставлена в прочную склеру, как часовое стекло, в оправу матово-белого цвета. Роговица – это, образно говоря, объектив, окно в мир. Она имеет силу преломления, равную 40 дптр (диоптрий). Позади роговицы находится передняя камера глаза – водная среда с показателем преломления 1,33.

Средняя оболочка глаза состоит из радужки, ресничного тела и сосудистой оболочки. Эти три отдела составляют сосудистый тракт глаза, который располагается под склерой и роговицей.

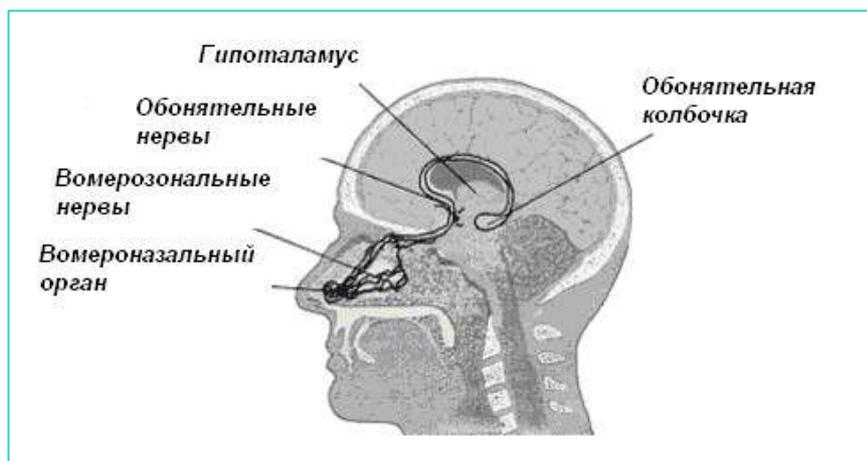
Радужка (передний отдел сосудистого тракта) – выполняет роль диафрагмы глаза и располагается позади прозрачной роговицы. Она представляет собой тонкую пленку, окрашенную в определенный цвет (серый, голубой, коричневый, зеленый) в зависимости от пигмента (меланина), содержащегося в ткани радужки и определяющего цвет глаз. У людей, живущих на Севере и Юге, как правило, разный цвет глаз. У северян в основном глаза голубые, у южан – карие. Это объясняется тем, что в процессе эволюции у людей, проживающих в Южном полушарии, образуется больше темного пигмента в радужке, так как он защищает глаза от неблагоприятного действия ультрафиолетовой части спектра солнечного света.

В центре радужки имеется черное круглое отверстие – зрачок. Через него и оптическую систему глаза (роговицу, переднюю и заднюю камеры, хрусталик и стекловидное тело) проходят лучи, достигающие сетчатки.

Зрачок с помощью мышц регулирует количество поступающего света, что способствует ясности изображения. Диаметр зрачка может изменяться от 2 до 8 мм в зависимости от освещения и состояния центральной нервной системы. При ярком свете зрачок сужается, а при слабом свете – расширяется

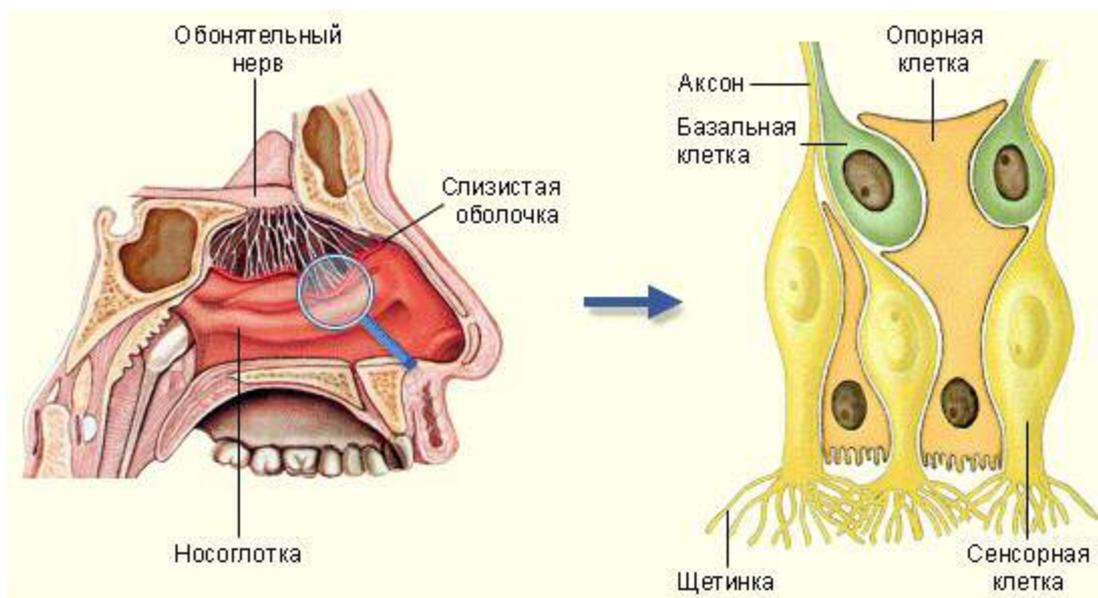
Обонятельная система

Обоняние — ощущение запаха, способность определять запах веществ



У позвоночных органом обоняния является обонятельный эпителий, расположенный в носовой полости на верхней носовой раковине. Вещества, перешедших из паровой фазы в секрет на поверхности специализированных рецепторов — клеток обонятельного эпителия, вызывают их возбуждение. Нервные импульсы по обонятельным нервам поступают в обонятельные луковицы, а затем в подкорковые центры (миндалину и др.) и, наконец, в корковый центр обоняния мозга и там обрабатываются. Обонятельный эпителий, нервы и центры обоняния мозга объединяют в обонятельный анализатор.

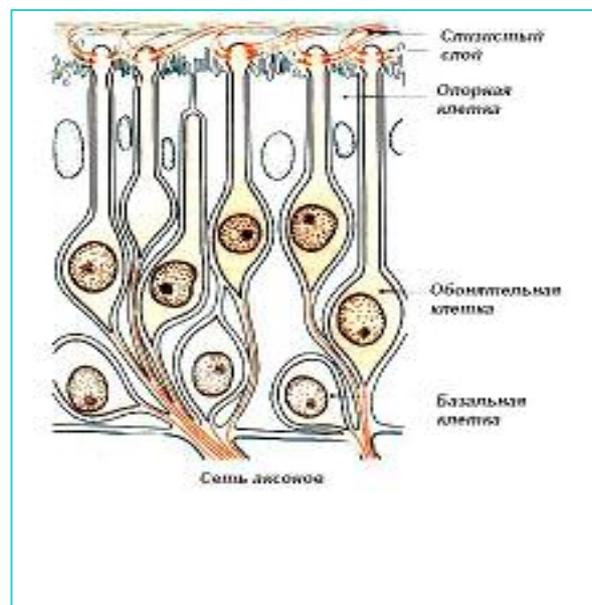
Количественные характеристики обоняния человека исследует наука ольфактометрия. Восприятие запахов нельзя измерить непосредственно. Вместо этого используют непрямые методы, такие как оценка интенсивности (как сильно ощущается запах?), определение порога восприятия (то есть при какой силе запах начинает ощущаться) и сравнение с другими запахами (на что похож данный запах?). Обычно наблюдается прямая зависимость между порогом восприятия и чувствительностью.



Носовая полость разделена на две части, левую и правую, стенкой, называемой носовой перегородкой. Поверхность обеих частей увеличена тем, что образует складки, раковины, которые вдаются внутрь из наружных стенок. У взрослого человека с каждой стороны одна над другой лежат три раковины. Вся носовая полость выстлана слизистой оболочкой, но обонятельные сенсор-

ные клетки расположены лишь на небольшом ее участке, в обонятельной области. Эта область занимает всю верхнюю раковину и образует островки на средней раковине. Обонятельный эпителий имеется также на прилежащих частях перегородки. Дыхательная область-та часть слизистой носа, в которой нет обонятельных клеток,-представляет собой ресничный эпителий, состоящий из двух слоев клеток, в том числе бокаловидных, которые продуцируют слизь.

У плода человека слизистая на перегородке содержит замкнутые трубочки, которые, по-видимому, никуда не ведут. Это рудименты якобсонова органа, обонятельного органа, который играет вспомогательную, а в некоторых случаях - важную роль у многих амфибий, рептилий и млекопитающих. У человека его нет. Обонятельная слизистая- это многослойный эпителий с двумя преобладающими типами клеток-обонятельными и опорными. Как и во вкусовых почках , здесь имеются также базальные клетки; они могут развиваться в обонятельные и, таким образом, представляют собой незрелые сенсорные клетки. Обонятельные клетки (в отличие от вкусовых) являются первичными сенсорными клетками, посылающими аксоны от своего базального полюса. Эти волокна образуют толстые пучки под сенсорным эпителием (называемые также обонятельными волокнами, *fila olfactoria*), которые идут к обонятельной луковице.

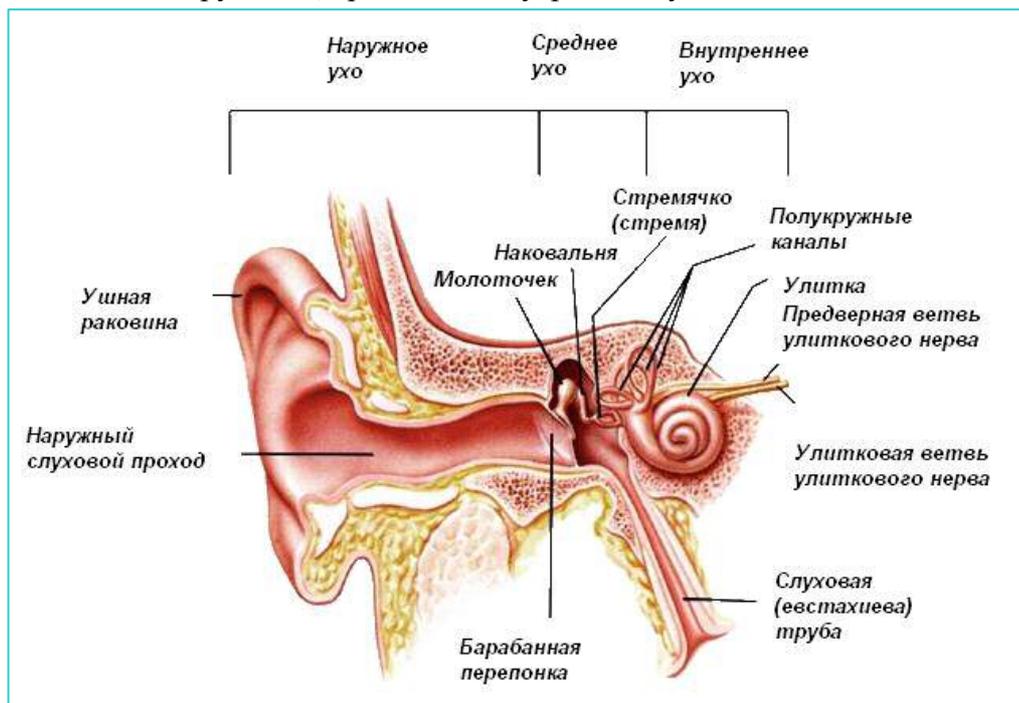


С эволюционной точки зрения обоняние одно из самых древних и важнейших чувств, при помощи которого животные ориентируются в окружающей их среде. Этот анализатор является одним из главных у многих животных. «Он предшествовал всем другим чувствам, с помощью которых животное могло на расстоянии ощущать присутствие пищи, особей противоположного пола или приближение опасности»

У новорожденных младенцев обоняние развито сильно, но за один год жизни оно теряется на 40-50 %. Исследование проведенное на основе опроса 10.7 млн человек показало уменьшение чувствительности обоняния с возрастом по всем 6 исследованным запахам. Способность к различению запахов также уменьшалась. Влияние возраста было более значимо, чем влияние пола, причем женщины сохраняли обоняние до более старшего возраста, чем мужчины. С возрастом происходит атрофия обонятельных волокон и их количество в обонятельном нерве неуклонно уменьшается

Слуховая система

Орган слуха состоит из наружного, среднего и внутреннего уха



Наружное ухо. Выступающая часть наружного уха называется ушной раковиной, ее основу составляет полужесткая опорная ткань - хрящ. Отверстие наружного слухового прохода расположено в передней части ушной раковины, а сам проход направлен внутрь и слегка вперед. Ушная раковина концентрирует звуковые колебания и направляет их в наружное слуховое отверстие. Ушная сера - воскообразный секрет сальных и серных желез наружного слухового прохода. В ее функции входит защита кожи этого прохода от бактериальной инфекции и инородных частиц, например насекомых, которые могут попасть в ухо. У разных людей количество серы различно. Плотный комок ушной серы (серная пробка) может привести к нарушению проведения звука и тугоухости.

Среднее ухо, включающее барабанную полость и слуховую (евстахиеву) трубу, относится к звукопроводящему аппарату. Тонкая плоская мембрана, называемая барабанной перепонкой, отделяет внутренний конец наружного слухового канала от барабанной полости - уплощенного, прямоугольной формы пространства, заполненного воздухом. В этой полости среднего уха находится цепочка из трех подвижно сочлененных миниатюрных косточек (слуховых косточек), которая передает колебания от барабанной перепонки во внутреннее ухо. В соответствии с формой, косточки называются молоточек, наковальня и стремя. Молоточек своей рукояткой прикреплен к центру барабанной перепонки при помощи связок, а его головка соединяется с наковальней, которая, в свою очередь, прикреплена к стремени. Основание стремени вставлено в овальное окно - отверстие в костной стенке внутреннего уха. Крошечные мышцы способствуют передаче звука, регулируя движение этих косточек. Оптимальным условием для колебаний барабанной перепонки является одинаковое давление воздуха с обеих сторон. Так и происходит благодаря тому, что барабанная полость сообщается с внешней средой через носоглотку и слуховую трубу, которая открывается в нижний передний угол полости. При глотании и зевании воздух проникает в трубу, а оттуда в барабанную полость, что позволяет поддерживать в ней давление, равное атмосферному. Лицевой нерв проходит через полость среднего уха по пути к мимическим мышцам лица. Он заключен в костный канал над внутренней стенкой барабанной полости, идет назад, вниз и выходит под ухом. Внутри уха он дает веточку, т.н. барабанную струну. Название ее связано с тем, что она проходит по внутренней поверхности барабанной перепонки. Дальше нерв идет вперед и вниз под нижнюю челюсть, где от него отходят ветви к вкусовым сосочкам языка. Сосцевидный отросток

располагается кзади от наружного слухового прохода и барабанной полости. Внутри отростка содержатся костные ячейки различной формы и величины, заполненные воздухом. Все ячейки сообщаются с центральным пространством, известным как пещера (антрум), которое, в свою очередь, сообщается с полостью среднего уха.

Внутреннее ухо. Костная полость внутреннего уха, содержащая большое число камер и проходов между ними, называется лабиринтом. Он состоит из двух частей: костного лабиринта и перепончатого лабиринта. Костный лабиринт - это ряд полостей, расположенных в плотной части височной кости; в нем различают три составляющие: полукружные каналы - один из источников нервных импульсов, отражающих положение тела в пространстве; преддверие; и улитку - орган слуха. Перепончатый лабиринт заключен внутри костного лабиринта. Он наполнен жидкостью, эндолимфой, и окружен другой жидкостью - перилимфой, которая отделяет его от костного лабиринта. Перепончатый лабиринт, как и костный, состоит из трех основных частей. Первая соответствует по конфигурации трем полукружным каналам. Вторая делит костное преддверие на два отдела: маточку и мешочек. Удлиненная третья часть образует среднюю (улиточную) лестницу (спиральный канал), повторяющую изгибы улитки (см. ниже раздел УЛИТКА). Полукружные каналы. Их всего шесть - по три в каждом ухе. Они имеют дугообразную форму и начинаются и кончаются в маточке. Три полукружных канала каждого уха расположены под прямыми углами друг к другу, один горизонтально, а два вертикально. Каждый канал имеет на одном конце расширение - ампулу. Шесть каналов расположены таким образом, что для каждого существует противолежащий ему канал в той же плоскости, но в другом ухе, однако их ампулы расположены на взаимнопротивоположных концах.

Улитка и кортиев орган. Название улитки определяется ее спирально извитой формой. Это костный канал, образующий два с половиной витка спирали и заполненный жидкостью. Внутри, на одной стенке спирального канала по всей его длине расположен костный выступ. Две плоские мембраны идут от этого выступа к противоположной стенке так, что улитка по всей длине делится на три параллельных канала. Два наружных называются лестницей преддверия и барабанной лестницей, они сообщаются между собой у верхушки улитки. Центральный, т.н. спиральный канал улитки, оканчивается слепо, а начало его сообщается с мешочком. Спиральный канал заполнен эндолимфой, лестница преддверия и барабанная лестница - перилимфой. Перилимфа имеет высокую концентрацию ионов натрия, тогда как эндолимфа - высокую концентрацию ионов калия. Важнейшей функцией эндолимфы, которая заряжена положительно по отношению к перилимфе, является создание на разделяющей их мембране электрического потенциала, обеспечивающего энергией процесс усиления входящих звуковых сигналов.



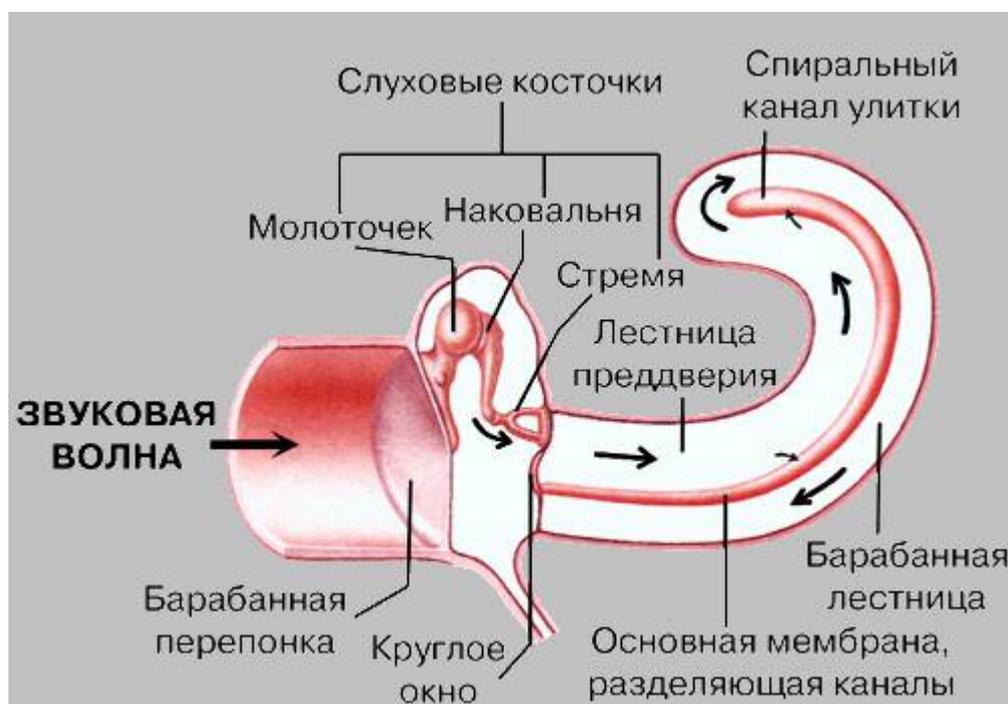
Схема строения улитки

Лестница преддверия начинается в сферической полости - преддверии, лежащем в основании улитки. Один конец лестницы через овальное окно (окно преддверия) соприкасается с внутренней стенкой заполненной воздухом полости среднего уха. Барабанная лестница сообщается со средним ухом с помощью круглого окна (окна улитки). Жидкость не может проходить через эти окна, так как овальное окно закрыто основанием стремени, а круглое - тонкой мембраной, отделяющей его от среднего уха. Спиральный канал улитки отделяется от барабанной лестницы т.н. основной (базиллярной) мембраной, которая напоминает струнный инструмент в миниатюре. Она содержит ряд параллельных волокон различной длины и толщины, натянутых поперек спирального канала, причем волокна у основания спирального канала короткие и тонкие. Они постепенно удлиняются и утолщаются к концу улитки, как струны арфы. Мембрана покрыта рядами чувствительных, снабженных волосками клеток, составляющих т.н. кортиева орган, который выполняет высокоспециализированную функцию - превращает колебания основной мембраны в нервные импульсы. Волосковые клетки связаны с окончаниями нервных волокон, по выходе из кортиева органа образующих слуховой нерв (улитковую ветвь преддверно-улиткового нерва).

Физиология слуха.

Слух. Звуковые волны вызывают колебания барабанной перепонки, которые передаются по цепи косточек среднего уха (слуховых косточек) и достигают внутреннего уха в виде колебательных движений основания стремени в овальном окне преддверия. Во внутреннем ухе эти колебания распространяются как волны давления жидкости через лестницу преддверия к барабанной лестнице и по спиральному каналу улитки.

Благодаря своей структуре, механически обеспечивающей настройку, основная мембрана вибрирует в соответствии с частотами поступающих звуков, и в каком-то ограниченном месте амплитуда ее колебаний оказывается достаточной для возбуждения прилежащих клеток кортиева органа и передачи ими импульсов на окончания тех нервных волокон, с которыми они связаны. Так, путем активации кортиева органом тех или иных волокон слухового нерва кодируется информация, используемая мозгом для различения отдельных тонов.



Звуковая волна проходит по наружному слуховому проходу, достигает барабанной перепонки и заставляет ее колебаться. Эти колебания через систему слуховых косточек передаются на улитку - собственно орган слуха (на схеме витки улитки не показаны). Содержащаяся в ее каналах жидкость приходит в движение - под действием поступающих механических колебаний

возникают бегущие волны, которые возбуждают чувствительные клетки, расположенные на основной мембране. Последние превращают давление волн жидкости в нервные импульсы, которые идут в мозг, где интерпретируются как звук.

Равновесие.

Равновесие при движении. Когда голова поворачивается в одной из трех плоскостей, соответствующих расположению полукружных каналов, жидкость в одном из каналов движется по направлению к ампуле, а в противоположном (в другом ухе) - от ампулы. Изменение давления жидкости в ампуле стимулирует группу чувствительных клеток, связанных с нервными волокнами, которые, в свою очередь, передают сигналы об изменении положения тела в мозг. Вертикальные каналы стимулируются прыжками или падением, а горизонтальные - поворотами или вращением.

Равновесие в покое. Полукружные каналы участвуют в поддержании равновесия тела при движении, а маточка и мешочек чувствительны к статическому положению головы относительно силы тяжести. Внутри мешочка и маточки находятся небольшие группы клеток с короткими выступающими волосками; над ними расположен студенистый слой, содержащий кристаллы углекислого кальция - отолиты. Студенистый слой (отолитовая мембрана) довольно тяжел и опирается только на волоски. При одном положении головы сгибаются одни волоски, при другом - другие. Информация от этих волосковых клеток поступает в мозг через преддверный нерв (преддверную ветвь преддверно-улиткового нерва).

Рефлекторное (автоматическое) поддержание равновесия. Каждодневный опыт показывает, что человек не задумывается ни о поддержании равновесия, ни о своем положении относительно силы тяжести. Это происходит потому, что соответствующие приспособительные реакции являются автоматическими. С полукружными каналами и маточкой связан целый ряд сложных рефлексов, управляющих тонусом скелетной мускулатуры. Рефлексы замыкаются на уровне стволовых структур головного мозга или в спинном мозге, т.е. без участия высших центров и сознания. Другой комплекс рефлексов связывает сигналы, идущие от полукружных каналов, с глазодвигательными реакциями, благодаря чему при движении глаза автоматически удерживают в поле зрения определенный участок пространства.

Запахowymi апеллянтами, аттрактантами, пахучими приманками именуется вещества, привлекающие животных своим запахом. Телергонами и феромонами — химические вещества, выделяемые животным в окружающую среду для воздействия, на другие организмы. Мускусами условно называли секреты специфических кожных желез, обычно имеющие сильный запах. Последние для краткости иногда именовали пахучими железами. К продуктам экскреции могут быть отнесены слюна, мускусы и т. д.; а также урина (моча) и экскременты. Под маркировочной активностью понимается поведение зверей, связанное с оставлением пахучих отметок продуктами экскреции, мускусами и т. д.

Как и для вкусовой чувствительности, лежащий в основе обоняния первичный процесс не разгадан, хотя и в этом случае считается, что молекулы пахучего вещества взаимодействуют с особыми молекулами в мембране обонятельной клетки с рецепторными молекулами. Наличие множества эффективных пахучих веществ не позволяет думать, что сенсорная мембрана содержит по отдельной рецепторной молекуле для каждого пахучего вещества. Вероятно, несколько *близких пахучих веществ* вступают в реакцию с *одной и той же рецепторной молекулой*.

Свидетельством существования рецепторных молекул, которые могут взаимодействовать с несколькими пахучими веществами, служит явление упомянутой выше частичной аносмии. Однако отдельные стимулы должны как-то кодироваться, поскольку, как известно, существует различие отдельных запахов. Каким образом кодируются параметры стимула, в частности природа и концентрация пахучего вещества, казалось бы, легче всего установить по регистрации ответов отдельных рецепторных клеток. Однако в действительности попытки выявить такие корреляции у позвоночных животных очень редко удавались. Пока что известно только, что обонятельные клетки обладают характерными *спектрами ответов*.

Возбуждение каждой отдельной клетки возможно в разной степени под влиянием многих веществ, но относительная чувствительность к разным активным веществам (при данных концентрациях) варьирует от клетки к клетке. Очевидно, стимулы, действующие на обонятельные клетки, так же как на вкусовые луковицы, кодируются таким образом, что при данной концентрации каждое пахучее вещество вызывает свой особый паттерн возбуждения, охватывающего много сенсорных клеток. Иными словами, информация о природе вещества содержится в относительном уровне возбуждения. При повышении концентрации в большинстве случаев частота импульсов растет, хотя некоторые пахучие вещества тормозят спонтанную активность сенсорных клеток.

Обонятельные сенсорные клетки у насекомых, обычно расположенные на щетинковидных выступах кутикулярного экзоскелета, значительно более доступны для электрофизиологических исследований. Оказалось, что в отличие от позвоночных функции рецепторов насекомых чрезвычайно специфичны по отношению к определенным пахучим веществам. Другой интересный результат, полученный в опытах на тутовом шелкопряде, состоит в том, что распространяющийся импульс может быть вызван действием на мембрану сенсорной клетки самца одной-единственной молекулы аттрактанта, выделяемого самкой. Нет никаких оснований полагать, что в отношении обонятельных клеток человека и других позвоночных ситуация в корне отличается от описанной.

Соматосенсорная система

Эта система объединяет нервные механизмы, собирающие сенсорную информацию от всего тела. Соматические ощущения противостоят специфическим чувствам, к которым относят зрение, слух, запах, вкус и равновесие.

Можно выделить **три физиологических типа соматических ощущений**: (1) механорецептивные, включающие тактильные ощущения и чувство положения; они стимулируются механическими смещениями некоторых тканей тела; (2) терморецептивные, возникающие под действием тепла и холода; (3) болевые, возникновение которых связано с действием любого фактора, повреждающего ткани.

Другие классификации соматических ощущений. Существуют также другие классификации соматических ощущений: (1) экстероцептивные ощущения, возникающие при раздражении рецепторов, расположенных на поверхности тела; (2) проприоцептивные ощущения, имеющие отношение к физическому состоянию тела, включая положение тела, состояние мышц и сухожилий, степень давления на подошвы стоп и даже ощущение равновесия (которое часто рассматривают как специфическое, а не соматическое ощущение).

Висцеральные ощущения связаны с состоянием внутренних органов. Глубокие ощущения исходят от глубоких тканей, например фасций, мышц и костей. К этим ощущениям относят главным образом «глубокое» давление, боль и вибрацию.

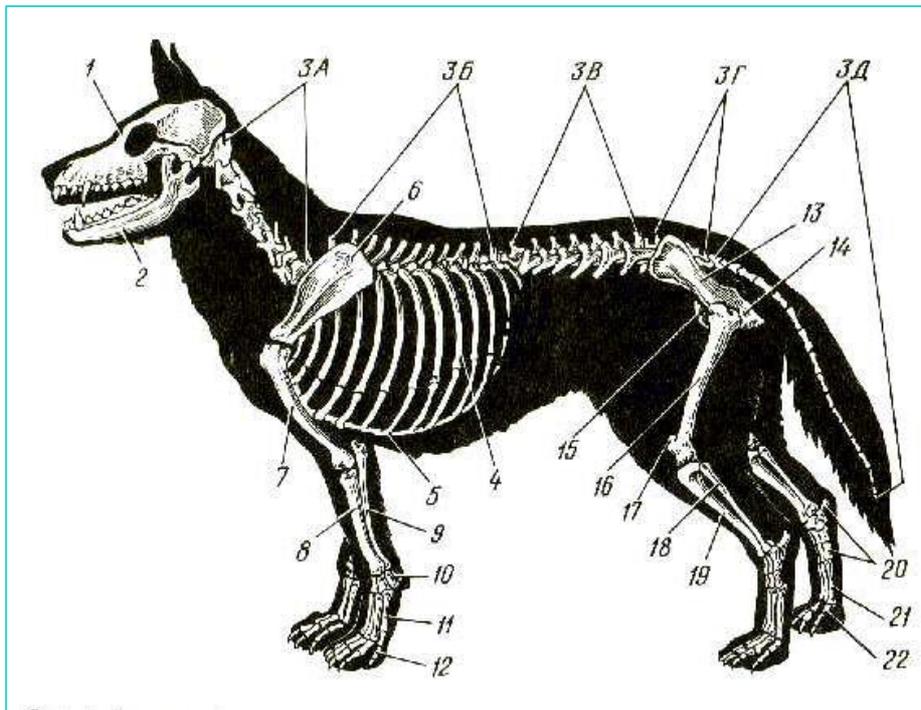
Взаимоотношение между ощущениями прикосновения, давления и вибрации. Хотя прикосновение, давление и вибрацию часто считают отдельными ощущениями, все они воспринимаются одними и теми же типами рецепторов. Существуют три основных различия между ними:

- ощущение прикосновения обычно возникает при стимуляции тактильных рецепторов в самой коже или в тканях, расположенных сразу под ней;
- ощущение давления вызывает деформация более глубоких тканей;
- вибрация ощущается при действии быстро повторяющихся сигналов в результате возбуждения некоторых из рецепторов, воспринимающих прикосновение и давление.

ЧАСТЬ 6 Сравнительная анатомия

Анатомия собаки

Скелет собаки



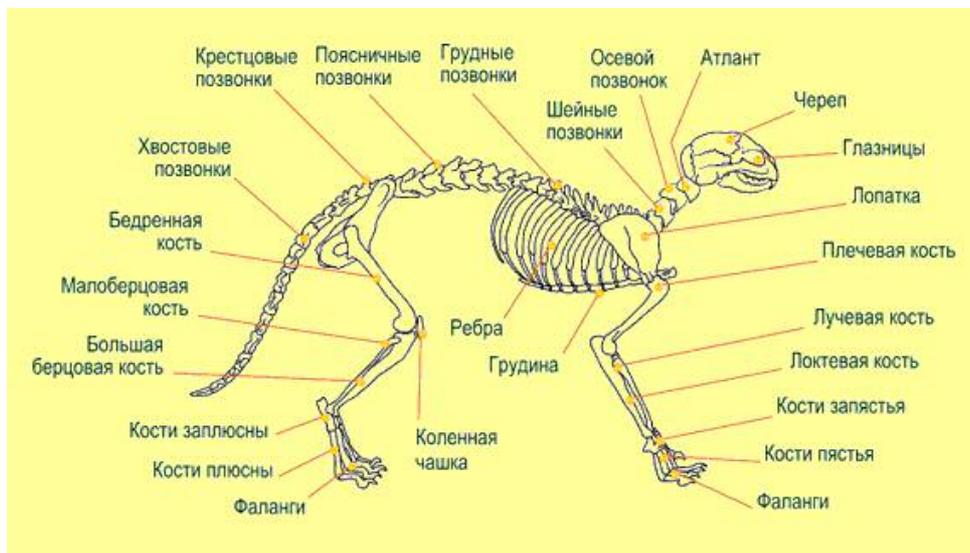
1. Череп, 2. Нижняя челюсть, 3. Позвоночный столб: - 3А - шейный; - 3Б - грудной; - 3В - поясничный; - 3Г - крестцовый; - 3Д - хвостовой. 4. Ребро. 5. Грудная кость. 6. Лопатка. 7. Плечевая кость. 8. Лучевая кость. 9. Локтевая кость. 10. Запястье. 11. Пястье. 12. Пальцы. 13. Подвздошная кость. 14. Седалищная кость. 15. Лобная кость. 16. Бедро. 17. Коленная чашечка. 18. Малая берцовая кость. 19. Большая берцовая кость. 20. Предплюсна. 21. Плюсна. 22. Пальцы.

Анатомия кошки

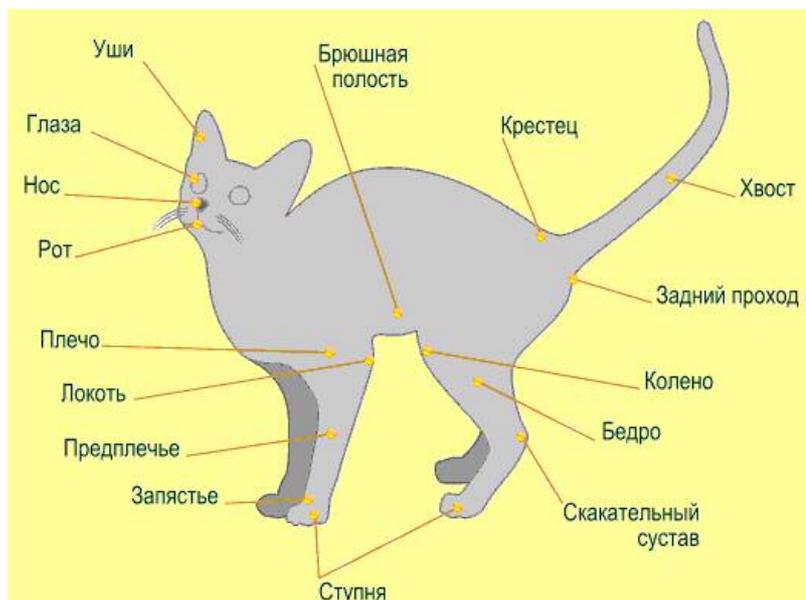
Кошка - совершенство природы. Кошкам нет равных в многообразии их физических возможностей. Они мастерски владеют такими приемами, как прыжки, лазанье, балансирование, ползание и спринт, акробатика, умение сжиматься, молниеносно реагировать и замедленно двигаться. Скелет образует остов кошачьего тела. Он состоит из **240 отдельных костей** и, в сущности, такой же, как у всех позвоночных животных: на одном конце позвоночника сидит череп, а другой конец переходит в хвост (у кошки он состоит из **26 позвонков**).

К позвоночнику в области плеча и таза присоединены по две конечности. Большинство костей соединены друг с другом при помощи хрящей или суставов. Более 500 мускулов, больших и маленьких, предназначены для того, чтобы тело кошки могло выполнять любые движения. Высокоразвитый мозг кошки реагирует молниеносно. Он анализирует, сравнивает, подсчитывает и оценивает полученную информацию, чтобы сразу же послать мускулам приказ рационально подготовиться или расслабиться.

Кошки ходят "на цыпочках". Это означает, что они ходят на пальчиках, а не так как мы - всей ступней. На задних лапах отчетливо видна пятка в виде "колена". Настоящее же колено расположено на высоте низа живота. На передней лапе у кошки пять пальцев, причем пятый палец настолько укорочен, что не касается пола при ходьбе. Задняя же лапа опирается на четыре пальца, здесь большой палец отсутствует. Толстые подошвы равномерно распределяют вес тела кошки на всю ступню. Поэтому кошки ходят так бесшумно.



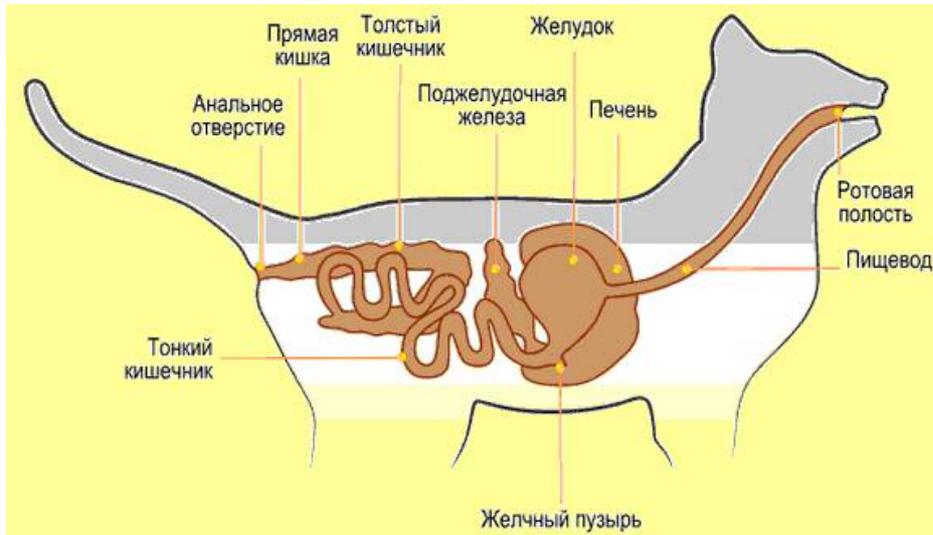
Отличнейшая взаимосвязь между высокоразвитой нервной системой и работоспособной мускулатурой делает кошку превосходным охотником.



Скелет кошки состоит из более чем 200 разнообразных по форме и величине костей. Вместе с мускулатурой и кожей скелет определяет общие очертания тела животного. На пальцах - втяжные когти. Кошка ступает на подушечки, на нижнюю поверхность пальцев. Пальцы вместе с подушечками называются "лапкой".

Мышцы тела, шеи, головы и конечностей создают единую, прикрепленную к скелету мышечную систему, которая вместе с сухожилиями руководит движениями кошки. Пищеварительная система включает печень, поджелудочную железу и некоторые другие железы внутренней секреции; она обеспечивает прием пищи и усвоение питательных веществ. В систему дыхания и кровообращения входят такие органы как: сердце, артерии, вены, капилляры и легкие с

бронхами. Кровь снабжает организм питательными веществами. В составе крови - сыворотка, красные и белые кровяные тельца, тромбоциты. Важным органом кровообращения является селезенка.



Нервная система образована из головного и спинного мозга, нервных стволов и их окончаний. Ее деятельность осуществляется с помощью органов чувств - зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса.

Мочевыводящие пути и почки выводят из организма животного продукты распада и лишнюю воду в виде мочи; мочевой пузырь, два мочеточника и мочеиспускательный канал (впадающий у кошки во влагалище, у кота - в пенис) также являются частью мочеполовой системы кошачьих.

Система половых органов предназначена для размножения. У кошки в нее входят яичники, трубы, матка и наружные органы около заднепроходного отверстия - влагалище, вульва; у кота - яички в мошонке, половые железы, семявыводящие протоки, впадающие в мочеиспускательный канал, короткий половой член. Шершавая поверхность члена имеет свое физиологическое назначение: у кошки происходит овуляция, спровоцированная спариванием. Важную роль в организме кошки играют железы внутренней секреции (гипоталамус, щитовидная железа, надпочечники и др.), лимфатические узлы и сосуды, обеспечивающие правильное отправление жизненно важных функций и защиту организма от заболеваний.

Туловище кошки покрыто кожей, в которой расположены кожные железы, а также волосным покровом. На животе и груди самок имеются от 4 до 8 молочных желез.

Органы чувств кошки прекрасно развиты, о чем, прежде всего, свидетельствуют глаза. Глаза кошки ночью способны светиться зеленым светом. Кошачий глаз в абсолютной темноте не видит, но в относительной темноте, когда глаз человека уже совсем не видит, кошка хорошо ориентируется. Во всех случаях ей помогают органы осязания.

Зрачки глаз кошки чутко реагируют на свет: при освещении они сужаются, а в темноте становятся круглыми. Защитным органом глаза является третье веко (мигательная перепонка). Поле зрения у кошки значительно шире, чем у человека или собаки; кошка различает цвета, но менее контрастно, чем человек.

У кошки отличный слух: она способна воспринимать и ультразвук. Слух помогает ей ориентироваться на местности, узнавать голос хозяина.

Обоняние у кошки значительно слабее, чем у собаки, но оно гораздо тоньше, чем у человека. Кошка реагирует на запах еды издали, она также хорошо чувствует собаку, грызунов и, разумеется, запах валерианы. Вкус пищи кошка ощущает при помощи вкусовых сосочков на языке.

Осязательным органом являются также и вибриссы - волоски, расположенные над верхней губой (усы), над глазами и на передних ногах. У кошки, лишенной вдруг вибриссов, может произойти нервное расстройство и пропадет способность ориентироваться ночью и обходить препятствия.

Сравнительная характеристика классов позвоночных животных.

Подтип Позвоночные объединяет животных, имеющих позвоночник и череп. Отсюда их второе название – Черепные. Это высокоорганизованные животные, имеющие дифференцированные системы органов.

Хорда закладывается у эмбриона и сохраняется у взрослых особей в большей или меньшей степени.

Центральная нервная система, включая головной мозг, хорошо развита. У различных групп организмов преимущественно развиваются различные органы чувств, достигая в развитии относительного совершенства. Хорошо выражен внутренний скелет. Передний конец осевого скелета преобразован в череп.

Пищеварительный тракт расчленяется на ротовую полость, глотку, переднюю кишку (пищевод и желудок), среднюю кишку (тонкий кишечник), заднюю кишку (толстый кишечник). Жаберные щели немногочисленные. Получают развитие сложные органы дыхания.

Органами выделения и саморегуляции являются почки.

Замкнутая кровеносная система, имеется мускулистый орган для перекачивания крови – сердце. Красные кровяные тельца – эритроциты содержат гемоглобин. Органом кроветворения и депо крови является селезенка.

Развиты две пары конечностей.

Все представители подтипа ведут активный образ жизни. К этой группе относят: **рыб, земноводных пресмыкающихся, птиц и млекопитающих.**

Костные рыбы

Покровы тела – ктеноидная или циклоидная чешуя.

Боковая линия – воспринимает направление и силу тока воды.

Орган зрения – глаза имеют шаровидный хрусталик и плоскую роговицу, различают форму и цвет, веки отсутствуют.

Орган слуха – имеется только внутреннее ухо, среднее и наружное отсутствуют.

Обоняние – слепые мешки отходят от ноздрей, обоняние очень тонкое.

Вкус – чувствительные клетки (во рту и по всему телу).

Размножение – раздельнополы, самка выметывает икру в воду, а самец покрывает ее семенем (молоками), т.е. оплодотворение наружное, имеются личиночные стадии.

Скелет – почти целиком костный, есть туловищный и хвостовой отделы, позвоночник образован костными позвонками с отростками, спинномозговой канал. Череп костный, состоит из мозговой коробки, челюстных костей, жаберных дуг и жаберных крышек.

Мышцы – сегментированы и представлены Z-образными туловищными мышцами, разделенными соединительно-ткаными перегородками.

Нервная система – состоит из головного и спинного мозга и отходящих от них нервов. Головной мозг из пяти отделов. В поведении рыб проявляются безусловные и условные рефлексы. Кровеносная система – замкнутая и состоит из двухкамерного сердца и сосудов. Один круг кровообращения.

Пищеварительная система – ротовая полость глотка пищевод желудок кишечник со слепыми отростками печень, желчный пузырь, поджелудочная железа, плавательный пузырь анальное отверстие.

Дыхательная система – четыре полные жабры и один ряд жаберных лепестков на внутренней стороне жаберной крышки.

Выделительная система – длинные лентовидные почки, по ним тянутся мочеточники, которые объединяются в непарный канал мочеполовой сосочек.

Земноводные

Покровы тела – кожа голая, участвует в дыхании, кожные железы постоянно выделяют увлажняющую слизь.

Боковая линия – у личинок и у хвостатых амфибий.

Орган зрения – глаза имеют веки, выпуклую роговицу, линзообразный хрусталик.

Орган слуха – внутреннее, среднее ухо с барабанной перепонкой, внутри слуховая косточка, стремечко.

Обоняние – наружные ноздри, ведущие в обонятельные капсулы.

Вкус – чувствительные клетки (во рту и по всему телу).

Размножение – раздельнополы, самки откладывают икру в воду, а самцы покрывают ее семенем, т.е. оплодотворение наружное, личинки напоминают мальков рыб.

Скелет – позвоночник, череп и скелет конечностей и их поясов. Грудная клетка отсутствует.

Мышцы – мощная и сложная мускулатура конечностей.

Нервная система – от головного мозга отходит 10 пар головных нервов.

Кровеносная система – замкнутая, сердце трехкамерное, состоит из двух предсердий и одного желудочка. Два круга кровообращения.

Пищеварительная система – ротовое отверстие ротоглоточная полость пищевод, в полости рта язык желудок кишечник, поджелудочная железа, крупная печень, желчный пузырь, кишечник подразделен на тонкий и толстый, не переваренные остатки – через клоаку.

Дыхательная система – дышат легкими и кожей, в стадии зародыша жаберное дыхание.

Выделительная система – почки выводные протоки мочеточники открываются в клоаку.

Птицы

Покровы тела – тело покрыто перьями, на ногах роговые щитки.

Боковая линия – нет.

Орган зрения – глаза снабжены веками, в т.ч. и третьим веком – мигательная перепонка, обладают исключительной зоркостью, хорошо различают цвета.

Орган слуха – внутреннее, среднее и наружное ухо, хорошо слышат.

Обоняние – носовая полость, обоняние развито слабо.

Вкус – развиты слабо (чувствительные клетки во рту).

Размножение – раздельнополые. Оплодотворение внутреннее. Яйцекладущие. Яйца содержат желток и покрыты известковой скорлупой. Личиночных стадий нет.

Скелет – тонкие кости с обширными воздушными полостями придают легкость скелету, прочность за счет срастания ряда костей, позвоночник, череп, скелет конечностей и поясов конечностей.

Мышцы – грудные мышцы мощные, поднимают и опускают крылья, сложная мускулатура задних конечностей.

Нервная система – сложнее, чем у земноводных и пресмыкающихся. Масса головного мозга равна массе спинного, полушария переднего мозга, связано с расширением двигательной активности и усложнением поведения. Мозжечок очень большой, это объясняется сложным движением птиц.

Кровеносная система – полное разделение большого и малого кругов кровообращения. Артериальная и венозная кровь не смешиваются, сердце четырехкамерное, большое по объему, состоит из двух предсердий и двух желудочков, сердце работает интенсивно.

Пищеварительная система – ротовая полость, язык, слюнные железы, длинный пищевод с зобом, тонкостенный двухкамерный желудок, железистый отдел тонкостенный мускульный отдел. Кишечник тонкий и толстый. В тонком лежит поджелудочная железа, толстый укорочен и заканчивается клоакой.

Дыхательная система – легочное дыхание, трахея разделяется на два бронха, нижняя гортань с голосовыми связками. Легкие имеют зубчатое строение, воздушные мешки.

Выделительная система – почки мочеточники клоака. Мочевого пузыря нет.

Млекопитающие

Покровы тела – тело покрыто шерстью – волосами, среди которых имеются осязательные волоски – вибриссы; два типа кожных желез: сальные и потовые.

Боковая линия – нет.

Орган зрения – глаза снабжены веками, но третье веко рудиментарное, острота зрения зависит от условий жизни. Цветовое зрение слабее, чем у птиц, либо отсутствует. Орган слуха – имеют внутреннее, среднее и наружное ухо, слух обычно хорошо развит, у некоторых есть звуковая локация.

Обоняние – носовая полость с носовыми раковинами, покрыты эпителием, обоняние тонкое. Вкус – вкусовые почки, чувствительные клетки, которые в виде сосочков погружены в поверхность языка.

Размножение – раздельнополые. Оплодотворение внутреннее. Зародыш, как правило, развивается в организме самки, живородящие.

Скелет – совершенный скелет, подотделы: туловище и голова (череп), скелет конечностей и поясов конечностей. У позвонков плоские поверхности между которыми расположены хрящевые диски. Крупная мозговая коробка.

Мышцы – дифференцирована и представлена множеством разнообразно расположенных мускулов, характерно наличие диафрагмы, развита подкожная мускулатура, мимическая на лице. Нервная система – головной мозг характеризуется крупными размерами. Разрастается кора головного мозга. У большинства видов она не гладкая, а образует борозды, увеличивающие ее площадь. Крупный мозжечок дифференцирован на отделы.

Кровеносная система – сложно устроена. Два круга кровообращения, совершенные сосуды, аорта, артерии, капилляры.

Пищеварительная система – сложная, пищеварительный тракт длинный. Предротовая полость (зубы, щеки, челюсти), ротовая полость, зубы, язык глотка пищевод желудок с железами кишечник толстый и тонкий. Система желез: печень, желчный пузырь, поджелудочная железа. Заканчивается анальным отверстием.

Дыхательная система – легкие, трахея и бронхи, которые хорошо развиты. В области легких бронхи делятся на большое число веточек. Самые мелкие заканчиваются альвеолами – пузырьками, в которых происходит газообмен.

Выделительная система – почки, состоящие из наружного (коркового) и внутреннего (мозгового) слоев мочеточники мочевой пузырь мочеиспускательный канал. Частично выделительную функцию выполняют потовые железы.

Глоссарий

Анатомия - группа научных отраслей, исследующих форму и строение отдельных органов, их систем и всего организма в целом.

Антропогенез - раздел антропологии, учение о происхождении человека.

Биология общая - биологическая область знания, рассматривающая универсальные для всего живого закономерности его строения и функционирования. Традиционно общая биология включает: учение о клетке, учение об индивидуальном развитии организмов, молекулярную биологию, генетику, эволюционное учение,

Биосфера - область существования и функционирования ныне живущих организмов, охватывающая нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу, поверхность суши и верхние слои литосферы. Учение о биосфере развито академиком В.И.Вернадским

Биотические факторы - факторы живой среды, влияющие на жизнедеятельность организмов. Действие биотических факторов выражается в форме взаимовлияний

Видами нервной системы являются: - центральная нервная система; - периферическая нервная система; - периферический отдел вегетативной нервной системы; - элемент системы - нейрон

Дыхание - процесс газообмена между организмом и окружающей средой. Дыхание направлено на разрушение органических веществ с целью получения энергии, необходимой для жизнедеятельности организмов.

Жизнь - самоподдержание, самовоспроизведение и саморазвитие больших систем, элементарно состоящих из сложных органических молекул, происходящее в результате обмена веществ внутри этих молекул и между ними, а одновременно с внешней средой на основе затраты получаемой извне энергии и информации

Иммунная система - система организма, которая распознает, перерабатывает и устраняет чужеродные тела и вещества. Иммунная система включает: красный костный мозг, селезенку, лимфатические узлы, скопления лимфоидной ткани по ходу пищеварительной и дыхательной систем и др.

Интеллект - в психологии - совокупность познавательных способностей человека, определяющих уровень его мышления и способность решать сложные задачи. Развитие интеллекта оценивается по глубине знаний и способности человека не только хранить их в памяти, но и продуктивно и эффективно использовать.

Интеллектуальная система - система или устройство с программным обеспечением, имеющие возможность с помощью встроенного процессора настраивать свои параметры в зависимости от состояния внешней среды.

Информатика - в узком смысле - отрасль знаний, изучающая законы и методы накопления, передачи и обработки информации с помощью компьютера. Информатика - в широком смысле - отрасль знаний, изучающая общие свойства и структуру научной информации, а также закономерности и принципы ее создания, преобразования, накопления, передачи и использования в различных областях человеческой деятельности.

Информационное пространство - совокупность (1) банков и баз данных, (2) технологий их сопровождения и использования, (3) информационных телекоммуникационных систем, функционирующих на основе общих принципов и обеспечивающих: информационное взаимодействие организаций и граждан; и удовлетворение их информационных потребностей. Основными компонентами информационного пространства являются: (1) информационные ресурсы, (2) средства информационного взаимодействия и (3) информационная инфраструктура.

Информационные ресурсы - в широком смысле - совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации. Информационные ресурсы - по законодательству РФ - отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах: библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других видах информационных систем.

Искусственный интеллект - способность прикладного процесса обнаруживать свойства, ассоциируемые с разумным поведением человека.

Клетка – состав две основные части: ядро и цитоплазму, в которой находятся органоиды и включения. Клетка - элементарная живая система, основа строения и жизнедеятельности всех животных и растений. Клетки существуют как самостоятельные организмы и в составе многоклеточных организмов.

Коммуникационная сеть является ядром информационной сети, обеспечивающим передачу и некоторые виды обработки данных.

Кровеносная система - совокупность циркулирующей жидкости (крови), сети кровеносных сосудов, сократимого органа (сердца) и органов кроветворения. Кровеносная система у человека замкнутая.

Кровь - жидкая ткань, циркулирующая в кровеносной системе позвоночных животных и человека. Кровь состоит из плазмы и клеточных элементов: эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов и др. Кровь - переносит кислород от органов дыхания к тканям и углекислый газ от тканей к органам дыхания; - доставляет питательные вещества из органов пищеварения к тканям, а продукты обмена к органам выделения; - участвует в регуляции водно-солевого обмена и кислотно-щелочного равновесия в организме, в поддержании постоянной температуры тела; - выполняет защитную функцию.

Лейкоциты - бесцветные, функционально разнообразные, подвижные клетки животных, способные захватывать и переваривать микроорганизмы и инородные частицы, а также вырабатывать антитела. Лейкоциты подразделяются на агранулоциты и гранулоциты. В 1 куб.мм крови здорового человека содержится 5-8 тысяч лейкоцитов различных форм.

Лимфатическая система - сеть лимфатических капилляров и сосудов, по которым в организме передвигается лимфа. Лимфатическая система способствует удалению избытка находящейся в органах тканевой жидкости. Лимфатическая система - сеть лимфатических капилляров и сосудов, по которым в организме передвигается лимфа. Лимфатическая система способствует удалению избытка находящейся в органах тканевой жидкости.

Медицина - область науки и практическая деятельность, направленные на сохранение и укрепление здоровья людей, предупреждение и лечение болезней.

Научное знание - система знаний о законах природы, общества, мышления. Научное знание составляет основу научной картины мира и отражает законы его развития.

Научное знание: является результатом постижения действительности и когнитивной основой человеческой деятельности; социально обусловлено; и обладает различной степенью достоверности

Нервная система - иерархическая структура нервных образований в организме человека и позвоночных животных, за счет работы которой обеспечиваются: контакты с внешним миром; - реализация целей; - координация работы внутренних органов; - целостная адаптация организма.

Ноосфера - высшая стадия развития биосферы, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного человечества, когда его разумная деятельность становится главным определяющим фактором целесообразного развития

Орган человека - конкретная структура тела, имеющая определенную форму, месторасположение и выполняющая одну или несколько функций.

Органоид - обязательные цитоплазматические структуры в клетках организмов, выполняющие определенные функции. К органоидам относят митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматическую сеть, центросомы, лизосомы, рибосомы, пластиды растительных клеток и др.

Пищеварительная система - совокупность органов пищеварения и связанных с ними пищеварительных желез, отдельных элементов кровеносной и нервной систем, участвующих в процессе механохимического разложения пищи, а также в усвоении питательных веществ и выделении ненужных метаболитов из организма.

Природная среда - природа, рассматриваемая по отношению к существующим в ней организмам, в том числе людям.

Природная среда - совокупность абиотических и биотических факторов, естественных и измененных в результате деятельности человеческого общества, оказывающих влияние на человека и другие организмы

Рефлекторная дуга - совокупность чувствительных и двигательных структур нервной системы, необходимых для осуществления рефлекса. Различают: моносинаптические двухнейронные рефлекторные дуги; и полисинаптические трех и более нейронные рефлекторные дуги. Рефлекторная дуга состоит: из рецептора; из афферентного, центрального и эфферентного звеньев; а также из эффлектора.

Система органов человека - сходные по своему строению, развитию и функциям органы, объединенные вместе в единую, согласованно работающую структуру. В организме человека выделяют: покровную, опорно-двигательную, пищеварительную, кровеносную, лимфатическую, дыхательную, выделительную, половую, эндокринную и нервную системы.

Соматическая клетка - клетка тела. Соматическими являются все клетки животного или растения за исключением половых клеток (гамет).

Социосфера - совокупность социальных факторов, характерных для данного этапа развития общества в его взаимодействии с природой. Социосфера включает в свой состав человечество с присущими ему на данном этапе развития производственными и общественными отношениями, а также освоенную человеком часть природной среды

Ткань - в биологии - система клеток, сходных по происхождению, строению и функциям. В состав тканей входят также тканевая жидкость и продукты жизнедеятельности клеток.

Фагоцит - клетка многоклеточных животных способная захватывать и переваривать посторонние тела, в частности микробов.

Фермент - биологический катализатор; по химической природе - белок или рибонуклеиновая кислота. Ферменты обязательно присутствуют во всех клетках живого организма. Ускоряя биохимические реакции, ферменты направляют и регулируют обмен веществ.

Человек - один из видов животного царства с высокоразвитым мозгом, сложной социальной организацией и трудовой деятельностью, формирующими сознание

Эндоплазматическая сеть - органоид эукариот; совокупность сообщающихся канальцев, вакуолей и "цистерн", ограниченных цитоплазматическими мембранами с расположенными на них рибосомами. Эндоплазматическая сеть служит регуляторной системой клетки, через которую осуществляются процессы обмена веществ. Различают гладкую и гранулярную эндоплазматические сети.

Эритроциты - безъядерные клетки крови животных с замкнутой кровеносной системой, содержащие гемоглобин. Эритроциты переносят кислород от легких к тканям тела, а от них к легким - углекислый газ. Эритроциты образуются в костном мозге.

Эффекторная система - система организма, включающая эфферентную систему и исполнительные органы и ткани: мышцы, железы

Литература

1. Талиев В. И. Основы ботаники в эволюционном изложении 2012 г.
2. Лысов П. К., Акифьев А. П., Добротина Н. А. Биология с основами экологии 2010 г.
3. Павлович С. А., Павлович Н. В. История биологии и медицины в лицах 2010 г.
4. Акуленко Л. В., Угаров И. В. Биология с основами медицинской генетики 2011 г.
5. Уэй Т. Физические основы молекулярной биологии 2010 г.
6. Либберт Э. Основы общей биологии 2012 г.
7. Акуленко Л. В., Угаров И. В. Биология с основами медицинской генетики 2012 г.
8. Рубан Э. Д. Генетика человека с основами медицинской генетики 2012 г.
9. Лусицина Н. Генная инженерия 2011 г.