

## АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА

**Анатомия человека** общепринято называется нормальной анатомией. *Норма* — отражение здорового, реального состояния человека. *Нормальное строение*, или состояние, органа, организма — отсутствие нарушений в их функциях. Допустимы *варианты нормы* как наличие индивидуальной изменчивости. Отклонения от общей закономерности, выходящие за границы нормы, — *аномалия*.

Все люди обладают одинаковым планом строения и принадлежат к одному виду, хотя каждый человек неповторим и отличается от других своими особенностями. *Главные принципы строения тела человека* — двусторонняя симметрия (сходство сторон, но не абсолютное), полярность (различное строение и функция полюсов), корреляция (соотношение между отдельными частями), сегментарность (у человека только в области туловища).

Анатомия рассматривает понятие о типах телосложения. Квалифицируют три типа телосложения человека: долихоморфный, брахиморфный и мезоморфный.

Человек *долихоморфного телосложения* (греч. *dolichos* — длинный, *morphe* — вид, форма), или *астеник*, — стройный, с относительно более тонкими костями и длинными конечностями, более слабым развитием мышц и жира, с преобладанием продольных размеров над поперечными. Внутренние органы опущены, диафрагма расположена ниже, сердце расположено почти вертикально, легкие длиннее. Человек *брахиморфного телосложения* (греч. *brachys* — короткий), или *гиперстеник*, — упитанный, с преобладанием поперечных размеров. Петли тонкого кишечника ориентированы преимущественно горизонтально, диафрагма расположена высоко, легкие укорочены, относительно большое сердце расположено поперечно. Человек *мезоморфного телосложения* (греч. *mesos* — средний), или *нормостеник*, — человек, у которого анатомические особенности приближаются к усредненным параметрам нормы (с учетом пола, возраста, и др.).

## УСТРОЙСТВО ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Организм человека един, он способен существовать только благодаря своей целостности. Организм человека включает *сому* (греч. *soma* — тело), которая охватывает кожу, кости, соединения костей, мышцы и образованные ими вместилища (полости), и *внутренности*, расположенные внутри полостей. К соме и внутренностям подходят и разветвляются в них сосуды и нервы. В организме определяют несколько иерархических уровней: организменный, системный, органнй, тканевый, клеточный.

Первый иерархический уровень строения человека — *целостный организм*.

Второй иерархический уровень — *системы и аппараты органов*. *Система* — совокупность органов с общим планом строения, единства, происхождения, выполняющих одну большую функцию (например, дыхания, пищеварения и др.). В организме человека выделяют следующие системы органов: *дыхания (дыхательная)*, *пищеварения (пищеварительная)*, *сердечно-сосудистая, кровеносная, мочевая, половая, нервная, органы чувств (сенсорные системы)*, *лимфатическая и лимфоидная (органы кроветворения и иммунной системы)*. По функциональному признаку органы объединены

в аппараты: либо органы с различным строением и происхождением, возможно не связанные между собой анатомически, но выполняющие общую функцию (например, *опорно-двигательный аппарат*), либо органы, выполняющие разные функции, но связанные единым происхождением (например, *мочеполовой аппарат*).

Третий иерархический уровень — *органы*. *Орган* — структурная единица организма со специфической функцией (или функциями). Каждому органу (например, *сердце, глаз, кишечник*) свойственны определенные форма и строение, которые приспособлены к выполнению специальной функции.

Четвертый иерархический уровень организации — *образующие органы ткани*. Ткань — совокупность клеток и межклеточного вещества, которые объединены единством происхождения, строения и функции. В организме человека установлено четыре типа тканей: эпителиальные, соединительные, мышечные и нервная.

Пятый иерархический уровень организации — *клетка*. Невозможно понять строение и функции тканей без знаний основных принципов строения клеток.

## КЛЕТКА

Клетка — структурная элементарная единица всего живого. Основные положения клеточной теории (немецкий ученый Т. Шванн): клетки растений и животных принципиально сходны между собой, все они возникают одинаково; все ткани и органы состоят из клеток; деятельность организмов — сумма жизнедеятельности отдельных клеток. Немецкий ученый Р. Вирхов доказал, что клетки — постоянная структура, возникающие только путем размножения.

**Клетке присущи все свойства живых организмов:** размножение, рост, развитие и передача биологической информации потомкам, регенерация, активная реакция на раздражения, обмен веществ, получение энергии извне и использование этой энергии для выполнения работы и поддержания постоянства состава и строения, адаптация к окружающей среде. Клетка имеет высокоупорядоченное строение.

Современное научное представление включает **основные положения клеточной теории:**

- клетка — универсальная элементарная единица всего живого;
- размножение клеток происходит только путем деления исходной клетки;
- строение, химический состав, функции клеток всех живых организмов сходны между собой;
- многоклеточные организмы — это сложные клеточные комплексы, которые образуют целостные системы.

Существуют два типа клеток: **эукариотические клетки** (простейшие, водоросли, грибы, лишайники, растения, животные) и **прокариотические клетки** (бактерии, микоплазмы, спирохеты, хламидии, риккетсии, актиномицеты, синезеленые водоросли). Прокариотическая клетка имеет менее сложную организацию, а высоко дифференцированная, более сложно организованная эукариотическая клетка обладает ядром, ограниченным двойной ядерной мембраной, большим количеством мембранных органелл.

Клетка — главная структурная и функциональная единица любого живого организма, которая осуществляет рост, развитие, обмен веществ и энергии, хранит, перерабатывает, реализует генетическую информацию. Морфология рассматривает клетку как сложную систему биополимеров, состоящую из центра (ядра) и окружающей его цито-

плазмы, где располагаются органеллы и включения (гранулы). Клетка обязательно отделена от внешней среды плазматической мембраной (цитолеммой, плазмалеммой). Клетки разнообразны по строению, химическому составу, форме, способу обмена веществ.

**Химический состав клетки** включает более 100 химических элементов, из которых около 98% составляют кислород, углерод, водород, азот. Остальные элементы — *макроэлементы* (кальций, магний, железо, калий, натрий, фосфор, сера) и *микроэлементы* (йод, цинк, фтор, медь, марганец и др.), играющие важную роль в обмене веществ в клетке.

Клетка состоит из органических и неорганических веществ. *Органические вещества* — белки, углеводы, жиры (липиды), нуклеиновые кислоты.

**Молекула белка** — полимер, состоящий из повторяющихся единиц мономеров. Мономеры белка — 20 аминокислот, соединенных между собой пептидными связями. Образованная из мономеров полипептидная цепь (*первичная структура белка*) закручивается в спираль и, таким образом, возникает *вторичная структура белка*. Определенная пространственная ориентация полипептидных цепей дает *третичную структуру белка*, а объединение нескольких третичных структур составляет *четвертичную структуру белка*.

Белки являются биологическими катализаторами, увеличивающими скорость химических реакций в клетке в миллионы раз, выполняют строительную (пластическую), двигательную, защитную, энергетическую функции, а также обеспечивают транспорт веществ внутри клетки, из клетки и в нее.

**Углеводы** — это основные источники энергии. Углеводы подразделяются на моносахариды и полисахариды, построенные из моносахаридов. Полисахарид гликоген находится в животных клетках, полисахариды крахмал и целлюлоза — в растительных. Сложные углеводы (соединенные с белками, жирами) участвуют в образовании клеточных поверхностей и взаимодействии клеток.

**Липиды** — жиры и жироподобные вещества (холестерин, лецитин, некоторые гормоны). В строении молекулы жиров основные компоненты — глицерин и жирные кислоты. Липиды выполняют строительную и энергетическую функции.

**Нуклеиновые кислоты** — полимерные молекулы, образованные мономерами (нуклеотидами). Нуклеотид состоит из пуринового или пиримидинового основания, сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты. Все клетки имеют два типа нуклеиновых кислот, отличающиеся по составу оснований

и сахаров: дезоксирибонуклеиновую (ДНК) и рибонуклеиновую (РНК).

*Молекула ДНК* состоит из двух полинуклеотидных цепей, закрученных одна вокруг другой в виде двойной спирали. Азотистые основания обеих цепей соединены между собой комплементарно (взаимодополняя) водородными связями, **когда аденин соединяется только с тиминном, а цитозин с гуанином (А=Т, Г=Ц)**. В азотистых основаниях ДНК записана генетическая информация, определяющая специфичность белков клетки, т.е. последовательность аминокислот в белковой цепи. ДНК передает по наследству все свойства.

**Ген** — участок молекулы ДНК, элементарная структурная и функциональная единица наследственности, материальный носитель наследственности, который характеризуется строго определенной последовательностью нуклеотидов и отвечает за синтез одного белка или признака. **Геном** — весь генетический материал организма, включая гены в хромосомах. **Генотип** — совокупность генов, находящихся в хромосомах организма.

*Молекула РНК* состоит из одной полинуклеотидной цепи и находится в ядре и цитоплазме. Существуют три типа РНК: 1) **mРНК — информационная**, или **мессенджер РНК** (англ. messenger — посланник, вестник), переносит информацию о нуклеотидной последовательности ДНК в рибосомы; 2) **tРНК — транспортная РНК** переносит аминокислоты в рибосомы; 3) **pРНК — рибосомальная РНК** участвует в образовании рибосом.

## СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

В организме человека имеются клетки самых разных форм: шаровидные, отростчатые, овоидные, кубические, веретеновидные, пирамидальные, чешуйчатые, амёбовидные, призматические, полигональные, звездчатые, плоские. Размеры клеток варьируют от нескольких микрометров до 200 мкм (яйцеклетка).

Каждая клетка имеет цитоплазму и ядро. **Цитоплазма** состоит из гиалоплазмы, органелл общего назначения, которые есть во всех клетках, и органелл специального назначения, имеющих только в определенных клетках и выполняющих специальные функции. Еще в клетках бывают временные клеточные включения.

**Плазматическая мембрана (цитолемма, плазмалемма)**, толщиной 9–10 нм, покрывает клетку снаружи и ограничивает ее от внеклеточной среды. *Функции* цитолеммы: обеспечение поверхностных свойств клетки, разграничительная, транс-

портная, защитная, участия в иммунных процессах, рецепции (восприятия сигналов внешней для клетки среды). Плазмалемма имеет трехслойную структуру, у которой внешняя поверхность покрыта тонкофибрилярным гликокаликсом, состоящим из комплексов углеводов с жирами (гликолипидов), гликопротеидов (комплексов углеводов с белками), боковых углеводных цепей. Цитолемма образует ряд специфических структур: *межклеточные соединения, микроворсинки* (лишенные органелл пальцевидные выросты клетки), *реснички, клеточные инвагинации и отростки*.

Цитолемма имеет два слоя молекул (гидрофильных и гидрофобных) липидов (билипидный слой). В билипидный слой погружены молекулы белка, некоторые из которых проходят через всю толщу мембраны, другие находятся в наружном или внутреннем слоях мембраны. Многие белки связаны с белками цитоплазмы. Белковые молекулы также являются гидрофобными и гидрофильными: их гидрофобные участки окружены аналогичными «хвостами» липидов, а гидрофильные обращены или внутрь, или наружу клетки. Белки делятся по своим мембранным функциям: рецепторы (воспринимают сигналы), ферменты, переносчики; есть белки, образующие каналы для прохождения определенных ионов или молекул.

**Транспорт веществ** — одна из необходимых функций плазматической мембраны. Различают два вида транспорта: пассивный (не нужна энергия) и активный (нужна энергия). **Активный транспорт** осуществляют белки-переносчики с помощью энергии молекул АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) или за счет протонного потенциала.

В клетку вода поступает путем осмоса. *Осмос* (греч. osmos — толчок, давление) — медленное проникновение растворителя (воды) через полупроницаемую мембрану, которая разделяет два раствора, в результате их концентрации становятся одинаковыми. *Диффузия* (лат. diffusio — распространение, растекание) — обусловленный броуновским движением переход ионов или молекул через мембраны из зоны, где эти вещества находятся в более высокой концентрации, в зону с более низкой концентрацией до тех пор, пока концентрации по обе стороны мембраны не станут идентичными. Встроенные в мембрану специфические транспортные белки переносят через нее небольшие полярные молекулы, но каждый белок осуществляет транспорт строго одного класса молекул или только одного соединения.



Выделение макромолекул и частиц клеткой происходит путем *экзоцитоза* (греч. *exo* — вне, *kytos* — клетка), поглощение — путем *эндоцитоза* (греч. *endon* — внутри, *kytos* — клетка). Есть две разновидности эндоцитоза: фагоцитоз — поглощение частиц (греч. *phagos* — пожирающий, *kytos* — клетка), и пиноцитоз — поглощение растворенных веществ (греч. *pinō* — пью). Транспортируемые вещества в процессе экзо- и эндоцитоза заключены в мембранные пузырьки и при попадании в клетку направляются к соответствующим органеллам.

**Мембранные органеллы** — огромное количество внутриклеточных мембран клеток человека (ядро, эндоплазматический ретикулум, комплекс Гольджи, митохондрии, лизосомы, пероксисомы), которые составляют несколько изолированных отсеков, или **компарментов** (англ. *compartment* — отделение, купе), с различными функциями и строением. Мембранные органеллы обеспечивают большое количество разнообразных, разделенных в пространстве биохимических реакций. Мембранные органеллы построены из элементарных мембран, принцип строения которых аналогичен строению цитолеммы.

**Эндоплазматическая сеть (ЭПС)** — единая система внутриклеточных мембран с множеством инвагинаций и складок, в виде множества трубочек, плоских или округлых цистерн, мембранных пузырьков. Функции ЭПС — синтез и транспорт веществ в клетке. Определяют два типа ЭПС: *шероховатая*, или *гранулярная*, наружная сторона которой покрыта рибосомами, и *гладкая*, или *агранулярная*, без рибосом. Функции шероховатой ЭПС — синтез белков рибосомами и транспорт белков. Функции гладкой ЭПС — синтез и обмен углеводов и липидов (в том числе холестерина, стероидных гормонов, гликогена), синтез хлоридов, из которых в желудке образуется соляная кислота (клетки желудочных желез), разрушение токсинов (печеночные клетки), мышечное сокращение, отщепление будущих тромбоцитов от их предшественников мегакариоцитов.

**Комплекс, или аппарат Гольджи** (внутриклеточный сетчатый аппарат, КГ), — совокупность цистерн, пузырьков, трубочек, пластинок, мешочков, ограниченных мембраной, в которых накапливаются, сортируются и упаковываются синтезированные продукты. Функции комплекса Гольджи — синтез полисахаридов, образование белково-углеводных комплексов и выведение из клетки с помощью элементов КГ модифицированных переносимых макромолекул. Транспортные пузырьки отпочковываются от ЭПС и сливаются с КГ, от

которого постоянно отпочковываются секреторные пузырьки.

**Лизосомы** — мембранные органеллы диаметром 0,4—0,5 мкм, содержащие около 50 видов различных гидролитических ферментов. Функции лизосом — внутриклеточное расщепление различных веществ.

**Митохондрии** — органеллы с двойными мембранами, между которыми расположено межмембранное пространство. Площадь митохондрии многократно увеличивается за счет внутренней мембраны с многочисленными складками (критами). К обращенной к матриксу (внутренней) поверхности крист прикреплено множество частиц (до 4000 на 1 мкм<sup>2</sup> мембраны), напоминающих форму гриба. Митохондрии обладают собственной ДНК, обеспечивающей, как и ДНК ядра, хранение, передачу и воспроизведение наследственной информации. Доказано, что митохондрии являются самовоспроизводящимися органеллами (митохондрии возникают только из митохондрий). Функция митохондрий — участие в процессах клеточного дыхания. От количества имеющихся митохондрий зависит дыхание каждой клетки: чем их больше, тем интенсивнее дыхание. Так, в одной печеночной клетке их около 2500.

Митохондрии являются «энергетическими станциями клетки». Энергия запасается в химических связях аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). **АТФ — универсальный переносчик и основной аккумулятор энергии, которая заключена в высокоэнергетических связях между тремя остатками фосфорной кислоты.** Они преобразуют энергию химических веществ в доступную для использования клеткой форму: мышечного сокращения, синтеза различных веществ и другие работы. Количество, размеры и расположение митохондрий связано с функцией клетки, ее потребностями в энергии.

В клетке постоянно происходит обмен веществ, или **метаболизм**, — совокупность процессов *ассимиляции* (реакции синтеза сложных биологических молекул из более простых) и *диссимиляции* (реакции расщепления). В результате диссимиляции освобождается энергия, заключенная в химических связях пищевых веществ, и используется клеткой для осуществления различной работы, в том числе и ассимиляции. Энергия, заключенная в химических связях аминокислот, простых сахаров и жирных кислот, которые образуются в результате пищеварения из белков, углеводов, жиров, поступает в клетку и используются клеткой.

**Клеточный центр**, находящийся вблизи ядра, образован двумя центриолями. Каждая центриоль — цилиндр, стенка которого состоит из девяти триплетов микротрубочек длиной около 0,5 мкм и диаметром около 0,25 мкм. Каждый триплет образован тремя микротрубочками с мономерами белка тубулина. В процессе клеточного деления центриоли удваиваются. *Функция* центриолей — участие в образовании базальных телец ресничек и жгутиков и митотического веретена.

**Цитоскелет**, или **клеточный скелет**, — трехмерная сеть, в которой белковые нити соединены между собой поперечными сшивками. С цитоскелетом связаны различные органеллы и растворимые белки. Главную роль в образовании цитоскелета играют микротрубочки.

**Микротрубочки** — полые цилиндры различной длины диаметром 20—30 нм, имеющиеся в цитоплазме всех эукариотических клеток. Стенка каждой микротрубочки, толщиной 6—8 нм, состоит из 13 параллельных нитей, которые образованы мономерами белка тубулина. *Функции* микротрубочек — формирование клеточного скелета и участие в транспорте веществ внутри клетки.

**Реснички и жгутики** — выросты клетки, окруженные цитолеммой. В центре каждой реснички проходит осевая нить с девятью периферическими дуплетами (парами) микротрубочек, которые окружают одну центральную пару. Из базального тела образуются микротрубочки осевой нити. В базальном тельце, которое состоит из девяти триплетов (триплет — три структуры) микротрубочек, заканчиваются периферические пары. На уровне цитолеммы вершины клетки триплеты переходят в дуплеты, на этом же уровне начинается центральная пара микротрубочек. Полые микротрубочки образованы 13 параллельными нитями, состоящими из глобулярного белка тубулина (мономер). Благодаря взаимному скольжению дуплетов микротрубочек относительно друг друга, обусловленному белком динеином, реснички совершают координированные колебательные движения. Жгутики эукариотических клеток похожи на реснички, но они длиннее (например, жгутики сперматозоидов). *Функция* ресничек и жгутиков — движение.

**Ядро** — основная структура клетки, имеющаяся во всех клетках человека, кроме тромбоцитов и эритроцитов. Форма ядра в большинстве клеток шаровидная или овоидная. Размеры ядер различны, наиболее крупное ядро имеет яйцеклетка. В ядре в виде плотного интенсивно окрашивающегося округлого однородного тельца имеется

одно или несколько *ядрышек*. В **ядрышке образуются рибосомы**. Окружает ядро и отделяет содержимое ядра от цитоплазмы *ядерная оболочка*, имеющая *внутреннюю* и *наружную ядерные мембраны*, которые разделены *околоядерным (перинуклеарным) пространством*. Наружная мембрана с прикрепленными к ней рибосомами постепенно переходит в гранулярную ЭПС. Через множество расположенных упорядоченно *ядерных пор* округлой формы, пронизывающих ядерную оболочку, осуществляется обмен веществ между ядром и цитоплазмой и избирательный транспорт крупных частиц.

**Хроматин** находится в ядре. Он образован ДНК, которая связана с РНК и белками. Метафазная хромосома — это две хроматиды (две молекулы ДНК), соединенные между собой в области центромеры. В результате суперспирализации ДНК видны *хромосомы* (греч. chroma — краска, soma — тело) в делящемся ядре.

**Хромосомы** — *носители наследственной информации, записанной в определенной последовательности нуклеотидов*. Хромосомы — удлинённые палочковидные структуры с двумя «плечами», которые разделены центромерой. В организме существует два типа клеток: соматические (это большинство клеток) и половые. В *соматических клетках* имеются по две копии каждой хромосомы — *гомологичные хромосомы*: одинаковы по строению, форме, длине, расположению полос, несут одни и те же гены, которые локализованы одинаково. Каждая пара хромосом соматической клетки представляет собой одну «материнскую» (происходит из яйцеклетки, гомологична) и одну «отцовскую» (происходит из сперматозоида, гомологична) хромосомы. *Половые хромосомы* не являются гомологичными: женская (X) хромосома совершенно отличается от мужской (Y) хромосомы. Y-хромосома намного меньше X-хромосомы и других хромосом.

В человеческом организме в каждой хромосоме несколько тысяч генов, а во всех хромосомах около 70 000 генов!

**Нормальный кариотип** (греч. karyon — ядро ореха, typos — образец) **соматических клеток человека включает 23 пары хромосом (диплоидный набор), 22 пары аутосом и одну пару половых хромосом (XX — женщины или XY — мужчины); половые клетки содержат гаплоидный (одиночный) набор — 23 хромосомы: 22 аутосомы и одну половую (X — женщины или Y — мужчины).**

## Клеточный цикл

Главное правило современной биологии:



**Заключенная в ДНК наследственная информация передается по наследству благодаря ее самоудвоению (репликации). Генетическая информация, записанная в виде последовательности нуклеотидов ДНК, в процессе транскрипции переписывается в нуклеотидную последовательность РНК, которая, в свою очередь, определяет последовательность аминокислот соответствующей белковой молекулы.**

**Клеточный цикл** — вся совокупность процессов, которые происходят в клетке при ее подготовке к делению и во время собственно деления. Клеточный цикл состоит из митоза — деления клетки (5–10% времени цикла) и интерфазы (90–95% времени цикла) — промежутка времени между окончанием одного митоза и началом следующего.

**Интерфаза** характеризуется увеличением массы клетки, всех ее компонентов, удвоением центриолей. Наиболее интенсивно синтезируются РНК, белки и удваиваются центриоли. **Самая важная часть интерфазы — удвоение (репликация) ДНК.** Удваивается вся ДНК, кроме ее центромерных участков. *Репликация* (лат. replicatio — повторение) — процесс передачи хранящейся генетической информации из родительской ДНК в дочернюю ДНК путем точного ее воспроизведения. При репликации каждая родительская цепь ДНК является матрицей для синтеза дочерней цепи. Репликация начинается раскручиванием и расхождением двух цепей ДНК. Вдоль каждой цепи строится новая цепь, при этом напротив тимина родительской цепи к синтезируемой дочерней цепи добавляется аденин, а напротив цитозина — гуанин, и оба основания соединяются между собой водородными связями. Процесс репликации заканчивается образованием двух одинаковых двухцепочечных молекул ДНК, обе они идентичны материнской. Каждая из двух дочерних

молекул ДНК состоит из одной старой (материнской) и одной новой цепи.

**Митоз** (греч. mitos — нить) создает условия для генетической стабильности, образования новых клеток, увеличения их числа в организме, процессов регенерации (восстановления). Митоз начинается в момент удвоения (в интерфазе) числа хромосом ( $46 \times 2$ ). В митозе различают профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

*Профаза:* к полюсам клетки начинают расходиться обе пары центриолей, одновременно возникает двухполюсное митотическое веретено, которое состоит из микротрубочек. *Метафаза:* ядерная оболочка разрушается, хромосомы выстраиваются в ряд по экватору веретена, центромеры хромосом прикрепляются к микротрубочкам веретена. Метафазная хромосома — две соединенные центромерой сестринские хроматиды, каждая из которых содержит одну уложенную в виде суперспирали молекулу ДНК. *Анафаза:* сестринские хроматиды разделяются и становятся отдельными s-хромосомами, расходясь к полюсам с одинаковой скоростью. *Телофаза:* к полюсам подходят разделившиеся группы хромосом, разрыхляются, деконденсируются, переходя в хроматин, становятся активными. В середине телофазы начинается образование ядрышка. В конце телофазы ядерная оболочка каждой дочерней клетки восстанавливается, плазматическая мембрана образует борозду деления, которая углубляется. Дочерние клетки расходятся.

**Мейоз** (греч. meiosis — уменьшение) — способ деления ядер и клеток, который приводит к образованию из одной материнской клетки четырех дочерних клеток с уменьшением в каждой в два раза количества хромосом. В результате мейоза образуются четыре гаплоидные клетки, имеющие одиночный набор хромосом (23). **Мейоз — одна репликация ДНК, за которой следуют два митотических деления ядер и клеток** (мейоз I и II). В мейозе выделяют такие же фазы, что и в митозе.

В *интерфазе* мейоза увеличивается масса клетки и количество ее органелл, удваивается ДНК материнской клетки, при этом хромосомы остаются связанными своими центромерами, так что в ядре имеется по четыре набора каждой хромосомы.

**Мейоз I:** в наиболее продолжительную профазу происходит *кроссинговер* (англ. crossing-over — перекрест) — перекрест гомологичных участков гомологичных хромосом с их последующим разрывом и присоединением участков хроматид к другой гомологичной хромосоме. **Именно кроссинго-**

**вер обеспечивает разнообразные генетические комбинации.** До кроссинговера каждая хромосома была либо материнской, либо отцовской, после кроссинговера каждая хромосома содержит гены и от отцовской, и от материнской хромосомы, т.е. происходит генетическая рекомбинация.

*Метафаза I:* аналогично стадии митоза, хромосомы устанавливаются в экваториальной плоскости. В *анафазе I* гомологичные хромосомы отделяются друг от друга и расходятся к полюсам. В *телофазе I* наборы гомологичных хромосом находятся у полюсов, их число уменьшилось вдвое, но каждая из них состоит уже из двух генетически различных хроматид. Формируются ядерная оболочка и ядрышко, образуется борозда деления, которая быстро углубляется, клетка разделяется на две клетки, каждая из которых содержит гаплоидный набор удвоенных хромосом.

*Интерфаза II:* очень короткая, и **в ней не происходит удвоения ДНК.** Фазы *мейоза II* аналогичны стадиям митоза. В быстрой *профазе II* клетка содержит одиночный (гаплоидный) набор удвоенных хромосом, т.е. в каждой дочерней клетке имеется по 46 хромосом. В результате мейоза II образуются четыре клетки, каждая из которых несет одиночный (гаплоидный) набор хромосом (23).

**В половых клетках при мейозе из клетки у женщин образуются одна яйцеклетка и три полярных тельца, которые рассасываются; у мужчин — четыре сперматозоида.** Благодаря кроссинговеру во время образования половых клеток создается множество разнообразных сочетаний генов. При оплодотворении яйцеклетки сперматозоидом в зиготе восстанавливается диплоидный на-

бор хромосом. Во время образования яйцеклетки и сперматозоида в зависимости от распределения генетического материала число возможных сочетаний генов в оплодотворенной яйцеклетке огромно. В результате оплодотворения каждый ген в зиготе представлен двумя экземплярами (аллелями) — от отца и от матери.

**Рибосомы** — округлые тельца размерами  $20 \times 30$  нм, которые образованы РНК и белком. Рибосомы имеются во всех клетках человека, кроме зрелых эритроцитов, расположены поодиночке или группами в форме спиралей, розеток, завитков (полирибосомы, или полисомы). Рибосомы или свободно расположены в цитоплазме, или прикреплены к мембранам гранулярной ЭПС. *Функция* рибосом — синтез белка: свободные рибосомы синтезируют необходимый для жизнедеятельности самой клетки белок, прикрепленные — подлежащий выведению из клетки белок.

**Синтез белка (трансляция)** связан с процессом **транскрипции** — «переписывания» информации, которая хранится в ДНК, на **информационную**, или **мессенджер, РНК** (мРНК), которая переносит информацию о нуклеотидной последовательности ДНК в рибосомы. Триплетный генетический код состоит из трех последовательно расположенных нуклеотидов (триплетов), которые кодируют присоединение одной аминокислоты к растущей белковой (полипептидной) цепи. Рибосомы переводят генетический код в молекулу белка. Генетический код должен быть постоянным, любое изменение в нем приведет к нарушению последовательности аминокислот в белковой цепи, вызывая мутацию.



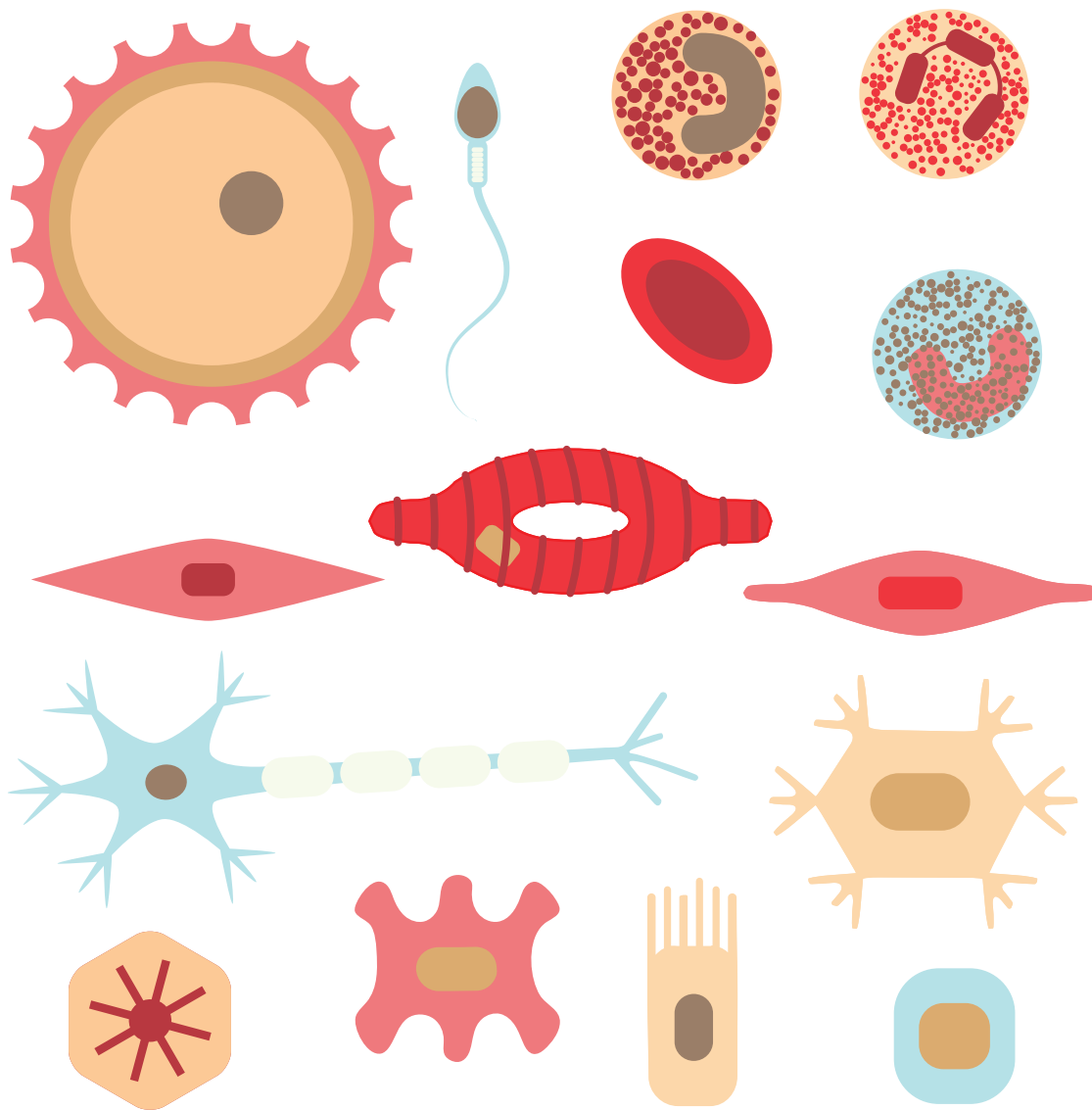
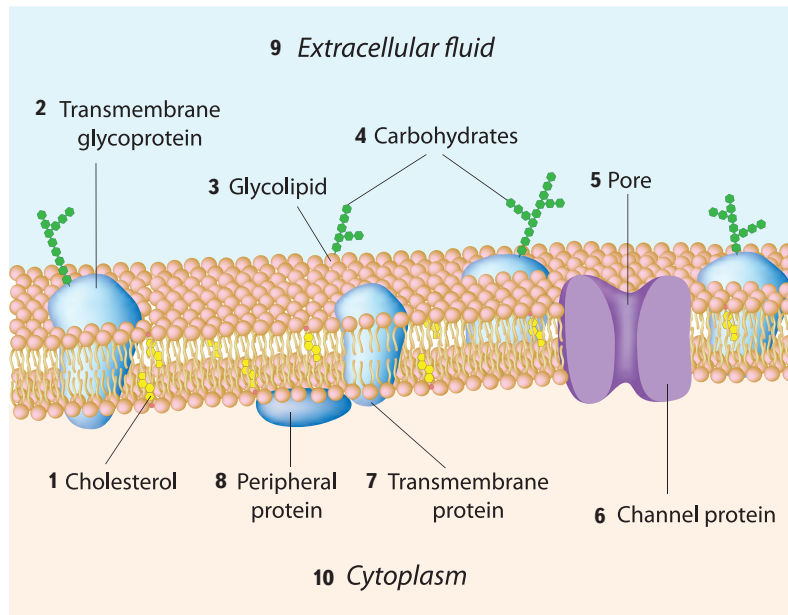
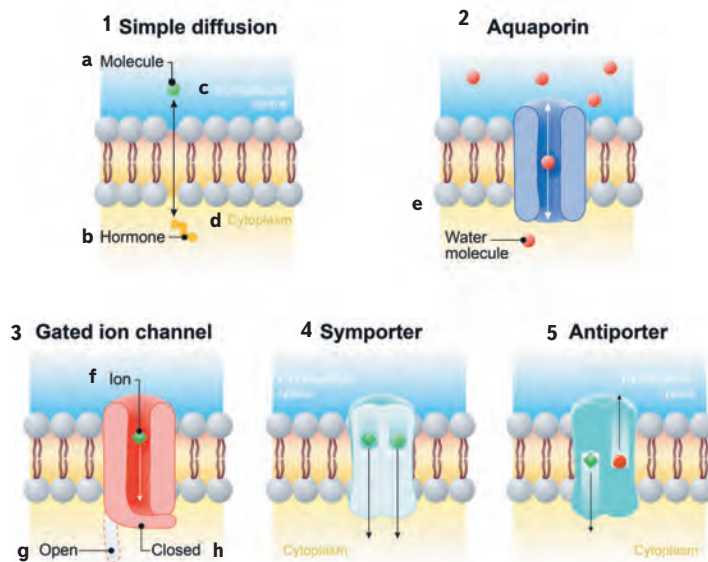


Рис. 1 Различные виды клеток организма человека



**Рис. 2 Клеточная мембрана**

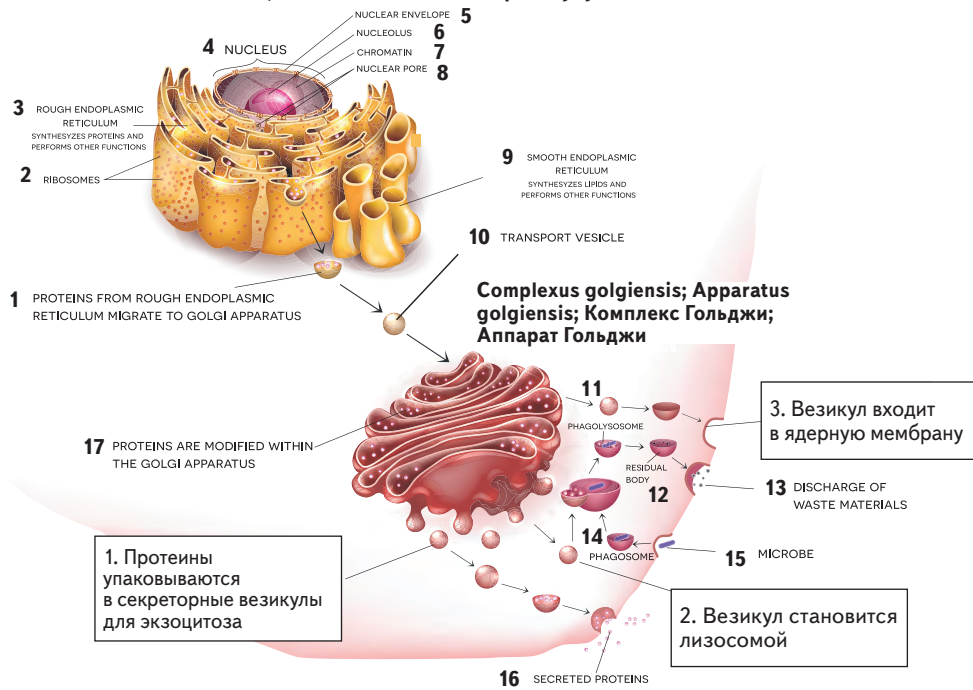
1. Cholesterolum; Холестерол; 2. Glycoproteinum transmembraneum; Трансмембранный гликопротеин; 3. Glycolipidum; Гликолипид; 4. Carbohydrates; Углеводы; 5. Porus nuclearis; Ядерная пора; 6. Transport proteini; Транспортный белок; 7. Proteinum transmembranum; Трансмембранный белок; 8. Proteinum peripherale; Периферический белок; 9. Fluidum extracellulare; Внеклеточная жидкость; 10. Cytoplasma; Цитоплазма



**Рис. 3 Мембранный транспорт**

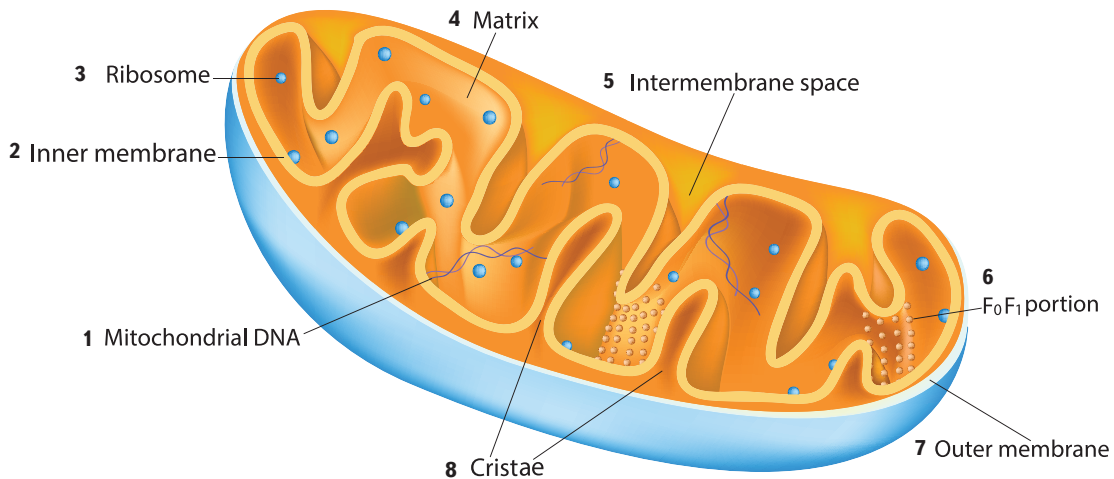
1. Простая диффузия: а. Molecule — молекула, б. Hormone — гормон, с. Extracellular space — внеклеточное пространство, d. Cytoplasm — цитоплазма; 2. Аквопорин: е. Water molecule — молекула воды; 3. Ионный канал: f. Ion — ион, g. Open — открытый канал, h. Closed — закрытый канал; 4. Симпорт; 5. Антипорт

**Nucleus et Reticulum endoplasmicum; Ядро; Эндоплазматическая сеть; Эндоплазматический ретикулум**



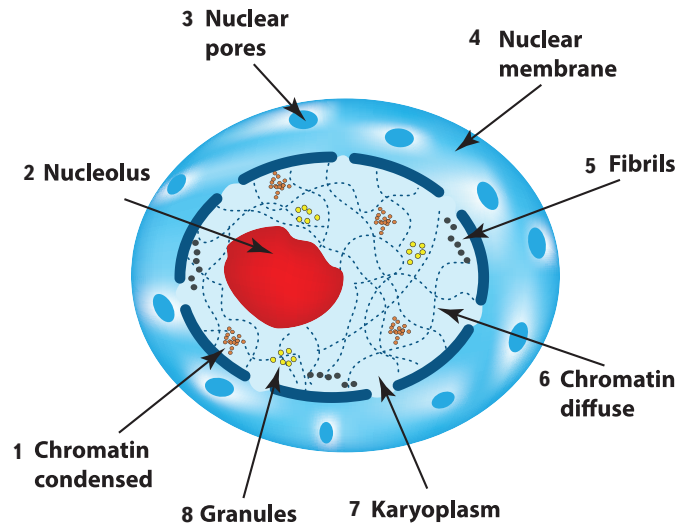
**Рис. 4 Эндоплазматический ретикулум и комплекс Гольджи**

1. Proteini; Протеины; Протеины мигрируют от гранулярной эндоплазматической сети к аппарату Гольджи; 2. Ribosomae; Рибосомы; 3. Reticulum endoplasmicum granulosum; Гранулярная эндоплазматическая сеть; Гранулярный эндоплазматический ретикулум; Синтезирует протеины и выполняет остальные функции; 4. Nucleus; Ядро; 5. Nuclear envelope; Tegumentum nucleare; Оболочка ядра; 6. Nucleolus; Ядрышко; 7. Chromatinum; Хроматин; 8. Porus nuclearis; Ядерная пора; 9. Reticulum endoplasmicum non granulosum; Агранулярная (гладкая) эндоплазматическая сеть; Агранулярный (гладкий) эндоплазматический ретикулум; Синтезирует липиды и выполняет остальные функции; 10. Vesiculus; Транспорт везикула; 11. Phagolysosoma; Фаголизосома; 12. Residual body Corpus relictum; Остаточное тело; 13. Exocitosis; Экзоцитоз; 14. Phagosoma; Фагосома; 15. Microbus; Микроб; 16. Секретируемые протеины; 17. Протеины изменяются в комплексе Гольджи



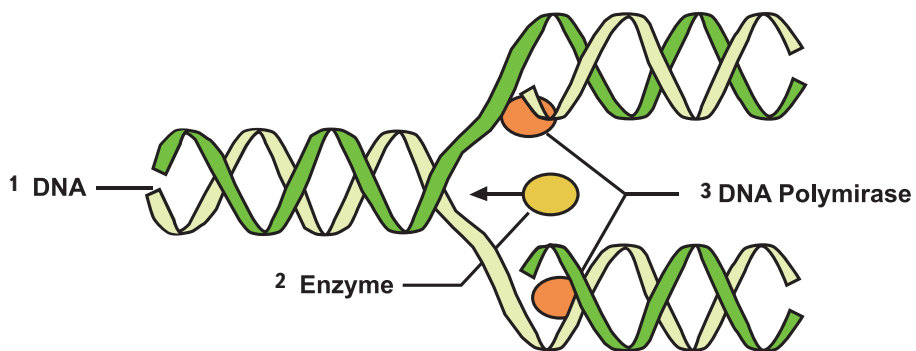
**Рис. 5 Митохондрия**

1. DNA mitochondrialis; Митохондриальная ДНК; 2. Membrana mitochondrialis interna; Внутренняя митохондриальная мембрана; 3. Ribosoma; Рибосома; 4. Matrix mitochondrialis; Митохондриальный матрикс; 5. Spatium intermembranosum; Межмембранное пространство; 6. Granulum mitochondriale; Митохондриальная гранула; Плотная гранула; 7. Membrana mitochondrialis externa; Наружная митохондриальная мембрана; 8. Crista mitochondrialis; Митохондриальная криста



**Рис. 6 Ядро**

1. Chromatinum condensatione; Конденсированный хроматин; 2. Nucleolus; Ядрышко; 3. Porus nuclearis; Ядерная пора;  
 4. Membrana nuclearis; Ядерная мембрана; 5. Fibrillae; Фибриллы; 6. Chromatinum diffuse; Диффузный хроматин;  
 7. Nucleoplasma; Нуклеоплазма; Кариоплазма; 8. Granules; Гранулы



**Рис. 7 Репликация ДНК**

1. DNA; Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК); 2. DNA, Polymerasa; Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), полимераса; 3. Enzymum; Энзим (фермент)