

КЛЕТКИ И ТКАНИ

КЛЕТКИ

Тело человека состоит из клеток, тканей и органов. **Клетка** (*cellula*) является элементарной единицей всех живых организмов. Клетки обеспечивают функции размножения, роста, обмена веществ и энергии, регенерации, приспособления к изменяющимся условиям внешней среды. Клетки имеют различную форму и строение (плоские, кубические, шарообразные и др.), химический состав. Их размеры варьируют от нескольких микрометров (лимфоцит) до 200 микрометров (яйцеклетка). У клетки есть цитолемма, цитоплазма, содержащая органоиды (органеллы) и ядро (рис. 5).

Цитолемма, или **плазмолемма** (*cytolemma, s. plasmolemma*), — оболочка клетки, толщиной 9–10 нм; она отделяет содержимое клетки от внеклеточной (внешней) среды. Цитолемма выполняет разделительную, защитную, транспортную функции, воспринимает воздействия внешней среды. Рецепторная функция цитолеммы заключается в распознавании действующих на клетку химических веществ и физических факторов. Через цитолемму осуществляется перенос различных молекул (частиц) в клетку и из нее. Перенос молекул внутрь клетки называется эндоцитоз. *Эндоцитоз* подразделяют на фагоцитоз (перенос частиц погибших клеток, микроорганизмов) и *пиноцитоз* (перенос жидкости). Выведение молекул (вещества) из клетки, или *экзоцитоз*, происходит с помощью пузырьков, вакуолей, в которых вещества выводятся из клетки.

Цитолемма является полупроницаемой биологической мембраной, у которой различают наружный, промежуточный и внутренний слой (пластинки). Наружный и внутренний слой цитолеммы представляют собой электронноплотные липидные пластинки (бислои), а между ними — гидрофобная зона липидных молекул толщиной 3 нм (рис. 6). В наружном слое цитолеммы расположены цитохром, гликолипиды, их углеводные цепи направлены наружу. Внутренний слой, направленный к цитоплазме клетки, содержит молекулы холестерина, фермента АТФ-синтетазы. В цитолемме также присутствуют белки. Некоторые из них выполняют рецепторную функцию, другие участвуют в экзо- и эндоцитозе, являются ферментами. Снаружи цитолемма покрыта *гликокаликсом* толщиной 7,5–200 нм, образованным гликолипидами и другими углеводами.

Цитолемма образует межклеточные соединения, микроворсинки, реснички, инвагинации, отростки. Выделяют *простые*, *зубчатые* и *специальные межклеточные* (клеточные) *соединения* (*junctiones intercellulares*). У простых межклеточ-

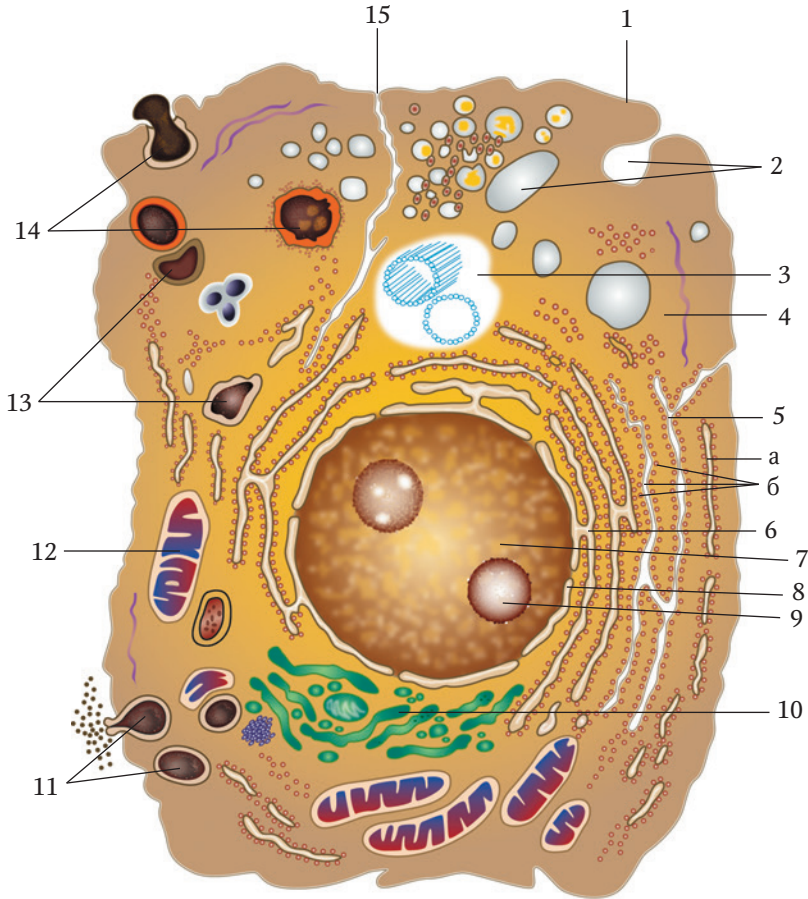


Рис. 5. Ультрамикроскопическое строение клетки. Схема: 1 — цитолемма (цитоплазматическая мембрана); 2 — пиноцитозные пузырьки; 3 — центросома (клеточный центр; цитоцентр); 4 — гиалоплазма; 5 — эндоплазматическая сеть: а — мембрана зернистой сети; 6 — рибосомы; 6 — связь перинуклеарного пространства с полостями эндоплазматической сети; 7 — ядро; 8 — ядерные поры; 9 — ядрышко; 10 — внутренний сетчатый аппарат (комплекс Гольджи); 11 — секреторные вакуоли; 12 — митохондрия; 13 — лизосомы; 14 — последовательные стадии фагоцитоза; 15 — связь клеточной оболочки (цитолеммы) с мембранами эндоплазматической сети

ных соединений расстояние между цитолеммой соседних клеток (межклеточное пространство) равно 15–20 нм. При образовании зубчатых межклеточных соединений выпячивания (зубцы) цитолеммы одной клетки вклиниваются (заходят) между зубцами другой клетки. У специальных (плотных) межклеточных соединений цитолемма соседних клеток сближается («сливается») между собой, образуя запирающую зону, не проницаемую для молекул. При образовании *запирающей зоны* на ограниченном участке образуется *зона (пятно) слипания*, или *десмосома* (между эпителиальными клетками).

Щелевидные межклеточные соединения (нексусы) имеют длину 2–3 мкм. У таких соединений цитолемма соседних клеток расположена на рас-

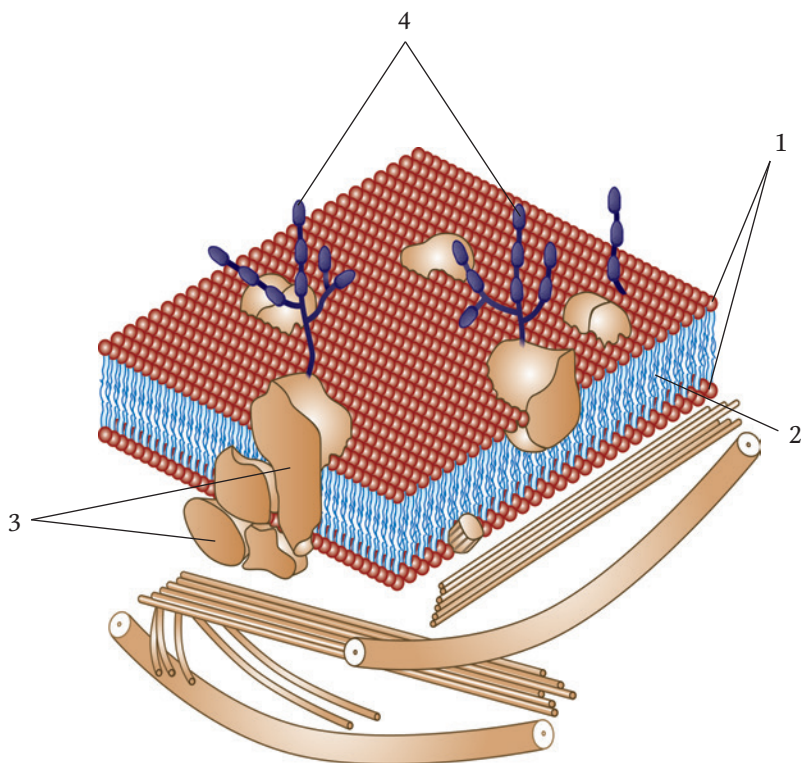


Рис. 6. Строение цитоплазматической мембраны (цитолеммы): 1 — липиды; 2 — гидрофобная зона липидных молекул; 3 — белковые молекулы; 4 — полисахариды гликокаликса

стоянии 2–3 нм. Ионы и мелкие молекулы легко проникают через такие соединения.

Микроворсинки находятся на поверхностях многих клеток и увеличивают их поверхности. Длина *микроворсинки* (*microvillus*) около 1–2 мкм, диаметр — до 0,1 мкм. У лейкоцитов, клеток соединительной ткани, эпителиоцитов тонкой кишки микроворсинки образуют так называемую *щеточную каемку*. Микроворсинки могут обладать подвижностью, что связано с наличием у них активных микрофиламентов. Каркас каждой микроворсинки образован пучком, содержащим около 40 микрофиламентов.

Реснички и **жгутики** (органеллы специального назначения) участвуют в процессах движения, представляют собой выросты цитоплазмы. *Реснички*, или *кинетоцилии* (*cilium*, *s. kinetocilium*), выполняют двигательные функции, движения имеют маятникообразный, волнообразный характер. Реснички почечного эпителия верхних дыхательных путей, семявыносящих канальцев, маточных труб имеют в длину до 5–15 мкм каждая, диаметр — 0,15–0,25 мкм. В центре реснички имеется *осевой филамент*, образованный периферическими двойными микротрубочками. *Жгутики* похожи по строению на реснички, они совершают согласованные колебательные движения.

Гиалоплазма (*hyaloplasma*) — гомогенная масса сложного состава, занимающая около 55% объема цитоплазмы клетки, содержит белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты, ферменты, органеллы и цитоплазматические включения.

Органеллы (*organelle*) — обязательные микрокомпоненты клеток, выполняющие важнейшие функции. Различают мембранные и немембранные органеллы. *Мембранные органеллы* отграничены от гиалоплазмы мембранами. Мембранными органеллами являются эндоплазматическая сеть, внутренний сетчатый аппарат, митохондрии, лизосомы, пероксисомы. *Эндоплазматическая сеть* (*reticulum endoplasmicum*) представляет собой многочисленные пластинки, трубочки, цистерны округлой или уплощенной формы, мешочки. Различают *зернистую* (*шероховатую, гранулярную*) и *незернистую* (*гладкую, агранулярную*) *эндоплазматическую сеть*. У зернистой эндоплазматической сети, в отличие от незернистой, внешняя сторона имеет многочисленные рибосомы. Зернистая эндоплазматическая сеть синтезирует (на рибосомах) и транспортирует белки. Незернистая эндоплазматическая сеть участвует в синтезе липидов, углеводов, в их обмене.

Внутренний сетчатый аппарат (*apparatus reticulatus internus*), или **комплекс Гольджи**, представляет собой совокупность пузырьков, пластинок, вакуолей, мешочков, ограниченных мембранами и соединенных между собой узкими каналами. В комплексе Гольджи синтезируются и накапливаются полисахариды, белково-углеводные комплексы, которые выводятся из клеток. Комплекс Гольджи обычно в цитоплазме находится около ядра клетки, в эпителиальных клетках экзокринных желез он располагается над ядром. Мембраны комплекса Гольджи также постоянно обновляются.

Лизосомы (*lysosoma*) — пузырьки диаметром 0,2–0,5 мкм, содержат протеолитические ферменты (протеазы, липазы, фосфолидазы, нуклеазы, гликозидазы, фосфатазы). Ферменты лизосом образуются путем синтеза на рибосомах зернистой эндоплазматической сети, откуда поступают в комплекс Гольджи (переносятся транспортными пузырьками). От пузырьков комплекса Гольджи отпочковываются первичные лизосомы. Мембраны лизосом устойчивы к действию их ферментов. Нарушение проницаемости мембраны лизосом активизирует ферменты, что приводит к тяжелым повреждениям клетки (ее гибели). Во вторичных (зрелых) лизосомах, или фаголизосомах, происходит переваривание биополимеров до мономеров, транспортирующихся через лизосомальную мембрану в гиалоплазму. Непереваренные вещества остаются в лизосоме, которая превращается в *остаточное тельце*, имеющее высокую электронную плотность.

Пероксисомы (*peroxysoma*) представляют собой пузырьки диаметром 0,3–1,5 мкм каждый. Они содержат окислительные ферменты. Пероксисомы участвуют в разрушении перекиси водорода, обезвреживании ряда токсичных веществ, расщеплении аминокислот, обмене липидов. Мембраны пероксисом образуются отпочкованием от незернистой эндоплазматической сети.

Митохондрии (*mitochondrion, s. mitochondrium*) участвуют в процессах клеточного дыхания, преобразования энергии в формы, доступные для использования, в окислении органических соединений, синтезе аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Форма митохондрии округлая, удлинённая или палочковидная,

длина — 0,5–1,0 мкм, ширина — 0,2–1,0 мкм. Размеры, количество и расположение митохондрий зависят от функции клетки. Много крупных митохондрий имеется у кардиомиоцитов и мышечных волокон диафрагмы. Мембрана митохондрий состоит из двух слоев (митохондриальных мембран), между которыми находится межмембранный промежуток толщиной 10–20 нм. Внутренняя митохондриальная мембрана образует многочисленные *кристы* (складки), расположенные, как правило, поперек длинной оси митохондрии (рис. 7). Благодаря кристам площадь внутренней митохондриальной мембраны значительно увеличивается. Между кристами находится митохондриальный *матрикс*, содержащий гранулы диаметром около 15 нм каждая (митохондриальные рибосомы). В матриксе присутствуют молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), обеспечивающие синтез молекул информационных, транспортных и рибосомальных РНК.

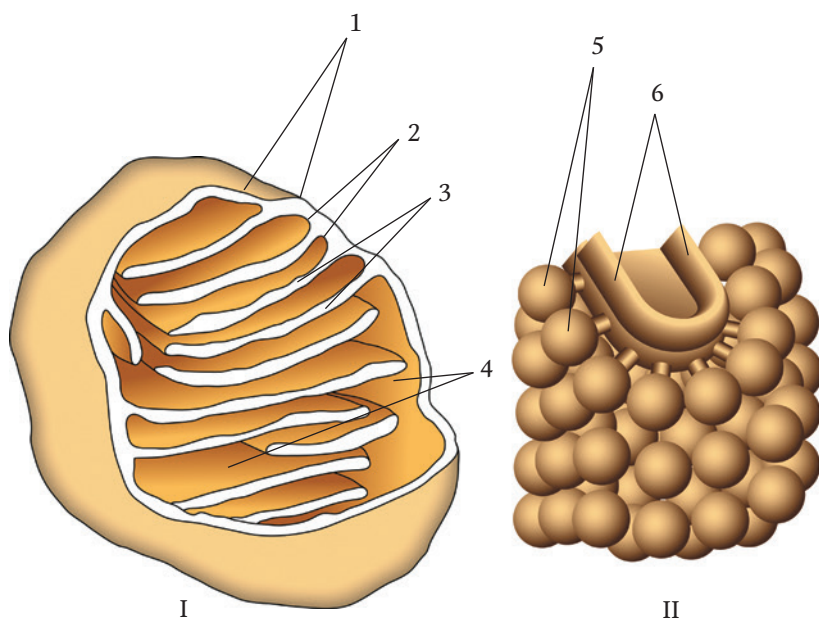


Рис. 7. Митохондрия: I — общая схема строения: 1 — наружная мембрана; 2 — внутренняя мембрана; 3 — кристы; 4 — матрикс; II — схема строения кристы: 5 — грибовидные тельца (АТФ-синтетаза); 6 — складка внутренней мембраны

Немембранные органеллы клетки. К немембранным органеллам клетки относятся цитоскелет, рибосомы и полисомы. *Цитоскелет* — сложная система микротрубочек, микрофиламентов, промежуточных филаментов и микротрабекул. Он участвует в поддержании и изменении формы клетки, распределении и перемещении ее компонентов, экзо- и эндоцитозе, обеспечении подвижности клетки, участии в межклеточных соединениях.

Микротрубочки (*microtubulus*) — это полые цилиндрические образования, длиной до нескольких микрометров, диаметром около 25 нм и толщиной стенки 5 нм. Микротрубочки имеют многочисленные боковые выросты. Связь

микротрубочек с другими структурами клетки и между собой осуществляется с помощью специальных белков.

Цитоцентр (*cytocyentrum*), или **клеточный центр**, образован двумя полыми цилиндрами длиной 0,3–0,5 мкм, диаметром 0,2 мкм (центриоли). *Центриоли* располагаются в перпендикулярных плоскостях. Центриоль состоит из 9 *триплетов* — частично слившихся микротрубочек (А, В, С), связанных поперечными белковыми мостиками («ручками»). В центральной части центриоли микротрубочки отсутствуют. В неделящейся клетке имеется одна пара центриолей (диплосома), находящаяся вблизи ядра. Перед делением клетки в ней образуется новая (дочерняя) центриоль, располагающаяся под прямым углом к имеющейся центриоли (материнской, зрелой). Пары центриолей затем расходятся к полюсам клетки. Во время митоза они являются центрами образования микротрубочек ахроматинового веретена деления.

Микрофиламенты (*microfilamentum*) — это тонкие белковые нити диаметром 5–7 нм, расположенные в цитоплазме клетки одиночно, в виде сетей или пучками. Основным белком микрофиламентов является актин, взаимодействующий с актинсвязывающими белками (до нескольких десятков видов в микрофиламенте). Микрофиламенты образуют каркас микроворсинок, участвуют в образовании десмосом, обеспечивают определенную прочность клетки, а также перемещение внутри цитоплазмы органелл и транспортных пузырьков, участвуют в обеспечении сократимости мышечных клеток. Промежуточные филаменты — это белковые нити толщиной 10 нм. Промежуточные филаменты не влияют на движение и деление клетки, но имеют для нее опорное, поддерживающее значение, обеспечивают распределение органелл по определенным участкам цитоплазмы. Промежуточные филаменты поддерживают форму отростков нервных клеток, удерживают миофибриллы в мышечной ткани, способствуют прикреплению миофибрилл к цитолемме. Микротрабекулы имеют неравномерную толщину (от 2 до 10 нм), они связывают различные компоненты цитоскелета между собой.

Рибосомы (*ribosoma*) — немембранные органеллы (диаметром 15–30 нм), обеспечивающие синтез белка. У синтетически активной клетки насчитывается несколько миллионов рибосом. Рибосома состоит из двух асимметричных субъединиц (малой и большой), образованных рибосомальными РНК (рРНК) и особыми белками (до 80 различных видов). Рибосомы располагаются в цитоплазме поодиночке (тогда они функционально неактивны) или формируют скопления — полирибосомы (полисомы).

Включения цитоплазмы — это временные ее компоненты, существование которых в клетке обусловлено накоплением в ней продуктов метаболизма. Выделяют трофические, секреторные, экскреторные и пигментные включения. *Трофические включения* различают в зависимости от природы накапливаемого вещества. Среди них имеются липидные включения (в виде липидных капель в цитоплазме) и *углеводные включения* (гранулы гликогена). *Секреторные включения* имеют вид мембранных пузырьков, содержащих секреторируемый клеткой продукт. *Экскреторные включения* имеют вид мембранных пузырьков, где содержатся продукты метаболизма, подлежащие удалению из клетки. *Пигментные включения* — это скопления эндогенных и экзогенных пигментов. Эндогенны-

ми пигментами являются гемоглобин, меланин, липофусцин, экзогенными (поступившими в организм извне) — красители, пылевые частицы.

Транспорт веществ и мембран в клетке является важной ее функцией. Различают пассивный и активный транспорт веществ. *Пассивный транспорт* не требует энерготрат, он происходит путем диффузии молекул из среды с большим их содержанием в зону с их меньшим содержанием (перемещение по градиенту концентрации). Незаряженные частицы проходят между липидными молекулами или через белки цитолеммы, формирующие каналы.

Энергозависимый *активный транспорт* заряженных частиц зависит от разности потенциалов на поверхности цитолеммы. Обычно внутренняя поверхность цитолеммы имеет отрицательный заряд, что облегчает проникновение в клетку положительно заряженных ионов. Активный транспорт осуществляют специальные белки-переносчики.

Вопросы для повторения и самоконтроля

1. Назовите основные свойства клетки.
2. Какие форму и размеры может иметь клетка?
3. Назовите слои клеточной мембраны и виды межклеточных соединений.
4. Назовите мембранные и немембранные органеллы клетки.
5. Перечислите функции митохондрий, лизосом, рибосом, комплекса Гольджи.
6. Какие виды транспорта веществ через мембраны вы знаете? Чем эти виды транспорта отличаются между собой?

ЯДРО КЛЕТКИ

Ядро (*nucleus*, *s. caryon*) — важнейший ее компонент («мозговой центр»). Функциями ядра являются:

- хранение генетической информации (в молекулах ДНК, находящихся в хромосомах);
- реализация наследственной информации, контролирующей осуществление разнообразных процессов в клетке (от синтетических до запрограммированной гибели клетки — апоптоза);
- воспроизведение и передача наследственной (генетической) информации при делении клетки.

Клетка обычно имеет одно ядро. Встречаются многоядерные клетки и клетки без ядра (эритроцит, тромбоцит). Встречаются клетки с округлым, овоидным, бобовидным, палочковидным ядром. Ядро у многих клеток располагается в центре цитоплазмы (в клетках округлой, плоской формы), у других — в их базальной части (в клетках призматической формы) или на периферии клетки (например, в жировых клетках). У ядра различают ядерную оболочку, хроматин, ядрышко и нуклеоплазму (рис. 8).

Ядерная оболочка (кариотека) отделяет содержимое ядра от цитоплазмы, состоит из внутренней и наружной ядерных мембран толщиной 8 нм каждая и перинуклеарного пространства между ними. *Перинуклеарное пространство* (шириной 20–50 нм) содержит мелкозернистый матрикс. *Наружная ядерная мембрана* переходит в зернистую эндоплазматическую сеть. *Внутренняя ядер-*

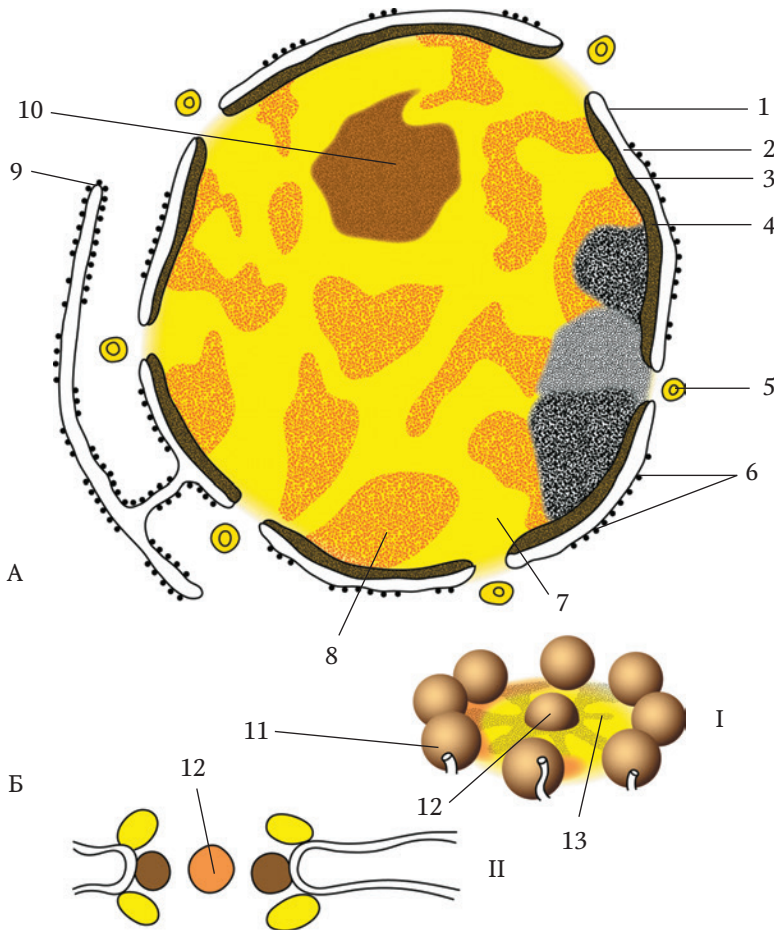


Рис. 8. Ядро клетки: А — ядро: 1 — наружная мембрана кариотеки (наружная ядерная мембрана); 2 — перинуклярное пространство; 3 — внутренняя мембрана кариотеки (внутренняя ядерная мембрана); 4 — ядерная пластинка; 5 — поровый комплекс; 6 — рибосомы; 7 — нуклеоплазма (ядерный сок); 8 — хроматин; 9 — цистерна зернистой эндоплазматической сети; 10 — ядрышко; Б — поровый комплекс: I — пространственная реконструкция; II — схема основных структур; 11 — периферическая гранула; 12 — центральная гранула; 13 — диафрагма поры

ная мембрана изнутри соединена с разветвленной сетью белковых фибрилл. В ядерной оболочке имеются многочисленные *ядерные поры* (отверстия) округлой формы, диаметром 50–70 нм каждая. У одного ядра имеется 3000–4000 пор, через которые содержимое ядра сообщается с цитоплазмой клетки. По краям пор наружная и внутренняя мембраны соединяются одна с другой и образуют *кольцо поры*. Каждая пора закрыта *диафрагмой* (комплексом поры). Диафрагмы пор образованы соединенными между собой белковыми гранулами. Через ядерные поры происходят избирательный транспорт крупных частиц, а также обмен веществ между ядром и цитозолем.