

§ 13. Мембранные органоиды

Мембранные органоиды имеются только в клетках эукариот. Внутреннее содержимое одномембранных органоидов отделено от гиалоплазмы одной мембраной, а двумембранных — двумя. Эти мембраны имеют сходное с плазмалеммой строение.

К *одномембранным органоидам* клетки относятся: эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы и вакуоли.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) — это замкнутая система, которая состоит из соединенных между собой уплощенных полостей — цистерн и разветвленных каналов. Цистерны и каналы ЭПС пронизывают гиалоплазму клетки. Они ограничены мембраной, переходящей в наружную мембрану ядра (рис. 39).

Различают два типа ЭПС — *шероховатую* и *гладкую*. Шероховатая ЭПС представлена преимущественно цистернами, а гладкая — каналами. Мембраны шероховатой и гладкой ЭПС непосредственно переходят друг в друга. С наружной поверхностью мембраны шероховатой ЭПС связаны многочисленные рибосомы, которые и придают ей характерную «шероховатость». На мембране гладкой ЭПС рибосомы отсутствуют.

В рибосомах шероховатой ЭПС синтезируются белки. Далее молекулы белков поступают внутрь цистерн, где приобретают определенную пространственную конфигурацию. На мембране гладкой ЭПС происходит синтез различных углеводов и липидов. Большинство веществ, синтезированных в шероховатой и гладкой ЭПС, накапливается в цистернах и каналах этого органоида. Затем молекулы синтезированных соединений заключаются в небольшие пузырьки, которые формируются из мембраны эндоплазматической сети. Мембранные пузырьки, которые отделились от ЭПС, доставляют содержащиеся в них вещества в комплекс Гольджи.

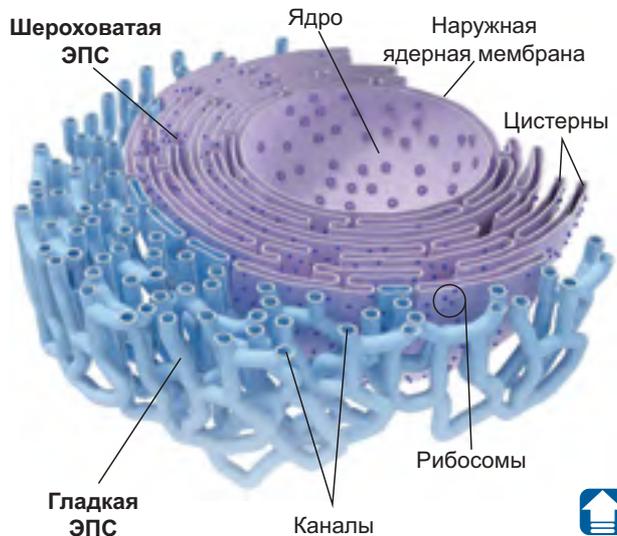


Рис. 39. Схема строения эндоплазматической сети



Рис. 40. Схема строения комплекса Гольджи

В цистернах полюса, обращенного к плазмалемме, происходит разделение и сортировка молекул по химическому составу и назначению. Далее вещества упаковываются в мембранные пузырьки, которые отделяются от цистерн аппарата Гольджи. Внутреннее содержимое этих пузырьков выводится из клетки путем экзоцитоза, а их мембраны включаются в состав плазмалеммы (рис. 41). Так происходит секреция клеткой различных веществ во внеклеточную среду и обновление цитоплазматической мембраны. Кроме того, из некоторых пузырьков комплекса Гольджи формируются лизосомы и вакуоли.

Лизосомы — это мембранные пузырьки, которые содержат ферменты, способные расщеплять различные органические соединения (белки, углеводы, липиды и др). Молекулы этих ферментов изначально синтезируются в рибосомах на мембранах шероховатой ЭПС и затем переносятся в комплекс Гольджи. От него отделяются так называемые *первичные лизосомы* — мембранные пузырьки, содержащие ферменты, которые подверглись необходимым превращениям.

Первичные лизосомы могут сливаться с эндоцитозными пузырьками. Так образуются *вторичные лизосомы*, или *пищеварительные вакуоли* (см. рис. 41). В них происходит переваривание молекул или частиц, поступивших в клетку путем эндоцитоза. Продукты расщепления поступают

Комплекс (аппарат) Гольджи представляет собой стопку плоских дисковидных цистерн и связанную с ними систему пузырьков (рис. 40). В комплексе Гольджи выделяют два полюса. Полюс, расположенный ближе к ядру клетки, принимает вещества, синтезированные в ЭПС. Сюда поступают мембранные пузырьки, которые отделились от ЭПС, и происходит их слияние с цистернами аппарата Гольджи. Вещества, поступившие в комплекс Гольджи, перемещаются по цистернам к противоположному полюсу, обращенному к цитоплазматической мембране. При этом они претерпевают различные биохимические превращения.

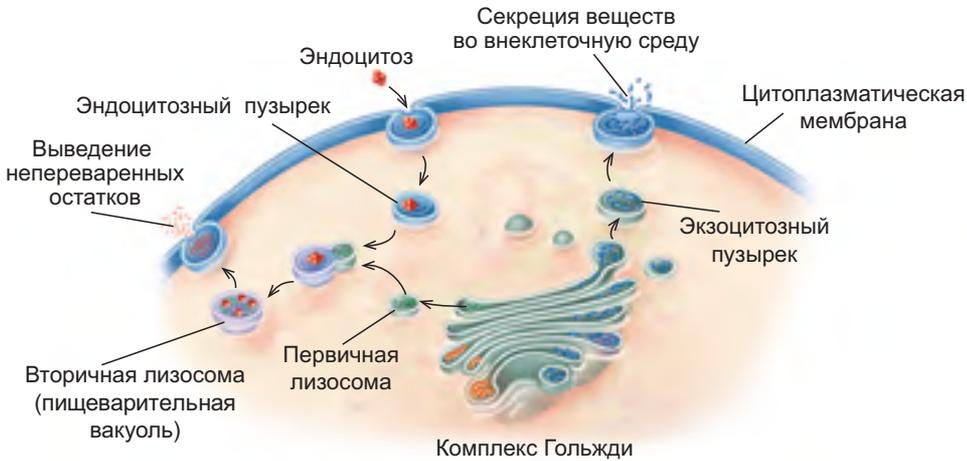


Рис. 41. Схема функционирования комплекса Гольджи и лизосом

в гиалоплазму и включаются в процессы обмена веществ. Непереваренные остатки обычно выводятся из клетки путем экзоцитоза. Лизосомы участвуют не только в расщеплении веществ, поступивших в результате эндоцитоза, но и в переваривании структурных компонентов клетки, и даже целых клеток. Благодаря лизосомам могут уничтожаться, например, дефектные или отслужившие свой срок органоиды, поврежденные или погибшие клетки.

Вакуоли представляют собой наполненные жидкостью и окруженные мембраной полости. Эти органоиды характерны для клеток растений, грибов и многих протистов.

Вакуоли растительных клеток образуются из небольших мембранных пузырьков, которые являются производными ЭПС или комплекса Гольджи. По мере роста клетки вакуоли увеличиваются и обычно сливаются в одну крупную центральную вакуоль.

Содержимое вакуоли — *клеточный сок* — представляет собой водный раствор различных веществ. Так, в состав клеточного сока могут входить запасные вещества, например углеводы, карбоновые кислоты, аминокислоты. При необходимости они выводятся из вакуоли в гиалоплазму и используются клеткой. Клеточный сок также может содержать пигменты, ферменты или конечные продукты метаболизма клетки.

Таким образом, вакуоли обеспечивают накопление, хранение и изоляцию различных веществ. За счет пигментов, содержащихся в клеточном соке, они способны придавать окраску разным частям растений, например плодам вишни и лепесткам василька. Клеточный сок является более

концентрированным раствором, чем гиалоплазма, поэтому в вакуоль путем осмоса поступает вода. За счет этого вакуоль оказывает давление на гиалоплазму и тем самым на клеточную стенку. Так в клетке поддерживается тургорное давление, которое обуславливает сохранение ее формы. Поглощение воды вакуолями играет важную роль в растяжении молодых клеток при их росте и в регуляции водного режима растения.

Сократительные (пульсирующие) вакуоли характерны, главным образом, для одноклеточных пресноводных протистов. Эти органоиды служат для выведения из клетки избытка воды. Содержание растворенных веществ внутри клетки выше, чем в окружающей ее водной среде. Поэтому за счет осмоса в клетку постоянно проникают молекулы воды. Из гиалоплазмы они перемещаются в сократительную вакуоль, и ее объем увеличивается. Далее, благодаря взаимодействию элементов цитоскелета, вакуоль сокращается, и наполняющая ее жидкость выталкивается в окружающую среду. Работа сократительных вакуолей способствует поддержанию определенного объема клетки, что препятствует ее разрыву. Кроме того, вместе с водой из клетки выводятся растворенные в ней продукты обмена веществ.

Двумембранными органоидами клеток являются митохондрии и пластиды. **Митохондрии** — органоиды, в которых протекает кислородный этап клеточного дыхания (этот процесс будет подробно рассмотрен в следующей главе). В ходе кислородного этапа с участием O_2 происходит расщепление и окисление органических соединений до неорганических веществ. При этом выделяется много энергии, которая используется для синтеза большого количества АТФ. Поэтому митохондрии иногда называют «энергетическими станциями» клетки.

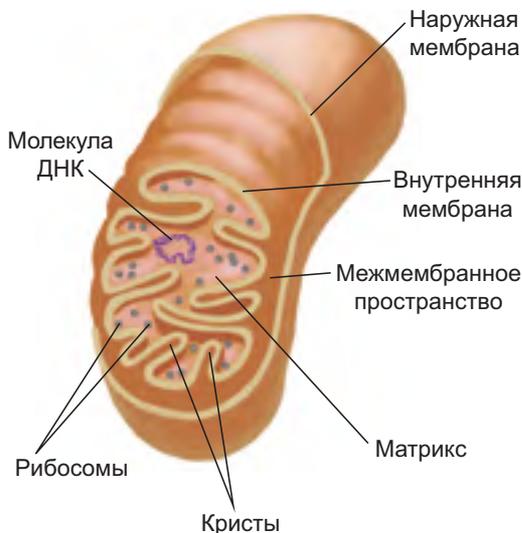


Рис. 42. Схема строения митохондрии

Каждая митохондрия ограничена двумя мембранами — *наружной* и *внутренней*, между которыми находится *межмембранное пространство* (рис. 42). Наружная мембрана митохондрии гладкая, не образует выпячиваний и складок. Она отделяет органоид от гиалоплазмы и обладает высокой проницаемостью для ионов и небольших молекул. Внутренняя мембрана характеризуется гораздо меньшей

проницаемостью. Она образует многочисленные складки — *кristы*, которые значительно увеличивают площадь ее поверхности. Внутренняя мембрана митохондрий содержит большое количество белков. В ее состав входят, например, ферменты, обеспечивающие синтез АТФ.

Содержимое митохондрии, ограниченное внутренней мембраной, называется *матриксом*. В матриксе содержатся различные неорганические и органические вещества, в том числе разнообразные ферменты, а также кольцевые молекулы ДНК и все виды РНК. Следовательно, митохондрии содержат собственную генетическую информацию. В их матриксе также находятся рибосомы, в которых осуществляется реализация этой информации, т. е. синтез белков. Митохондриальные рибосомы меньше по размерам, чем рибосомы, содержащиеся в гиалоплазме клетки. Главная функция митохондрий — обеспечение клетки энергией в виде АТФ.

Пластиды — это органоиды, свойственные клеткам фотосинтезирующих эукариот — растений и водорослей. В зависимости от особенностей строения, окраски и выполняемых функций у растений выделяют три основных типа пластид: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты. Внутреннее содержимое пластид называется *стромой*. Она окружена двумя мембранами. Между *наружной* и *внутренней* мембранами имеется *межмембранное пространство*. Как и у митохондрий, наружная мембрана пластид ровная, не имеет складок и обладает высокой проницаемостью для различных веществ. Внутренняя мембрана менее проницаема и способна образовывать впячивания. В строме содержатся кольцевые молекулы ДНК, все виды РНК, а в рибосомах, похожих на бактериальные, осуществляется синтез белков. Пластиды разных типов способны к взаимопревращениям.

Хлоропласты — это пластиды, главной функцией которых является осуществление процесса фотосинтеза. У растений хлоропласты окрашены в зеленый цвет благодаря высокому содержанию зеленых пигментов *хлорофиллов*. Кроме хлорофиллов, хлоропласты содержат желтые, оранжевые или красные пигменты — *каротиноиды*. В фотосинтезирующих клетках растений обычно находится по нескольку десятков хлоропластов, имеющих форму двояковыпуклой линзы. У разных видов водорослей хлоропласты могут значительно различаться по форме, размерам, окраске и количеству в клетке.

При развитии хлоропластов их внутренняя мембрана образует впячивания, направленные в строму. Далее они отделяются от внутренней мембраны, преобразуясь в *тилакоиды* — плоские одномембранные мешочки. Дисквидные тилакоиды, расположенные друг над другом, формируют



§13-1



Рис. 43. Схема строения хлоропласта

граны, напоминающие стопки монет (рис. 43). Отдельные граны соединяются между собой вытянутыми в длину тилакоидами. Мембраны тилакоидов содержат фотосинтетические пигменты, различные белки (в том числе ферменты, обеспечивающие синтез АТФ) и другие вещества.

Лейкопласты представляют собой бесцветные пластиды, не содержащие пигментов. В них синтезируются и накапливаются запасные питательные вещества: крахмал, липиды, некоторые белки.

Поэтому особенно много лейкопластов содержится в клетках запасочной ткани.

Хромопласты — это желтые, оранжевые или красные пластиды. Их цвет обусловлен наличием пигментов *каротиноидов*. Эти пластиды обеспечивают окраску разных частей растений, например корнеплодов моркови, зрелых плодов шиповника, рябины, томата.



§13-1



Одномембранными органоидами являются эндоплазматическая сеть (ЭПС), комплекс Гольджи, лизосомы и вакуоли. ЭПС обеспечивает синтез белков, углеводов и липидов. Синтезированные в ЭПС вещества транспортируются в комплекс Гольджи, где происходят их биохимические превращения, сортировка и упаковка в мембранные пузырьки. Лизосомы содержат пищеварительные ферменты и участвуют в расщеплении различных молекул и частиц. Одной из важнейших функций вакуолей растительных клеток является регуляция водного режима клетки и поддержание тургорного давления. Сократительные вакуоли протистов выводят из клеток избыток воды и растворенные в ней продукты обмена веществ.

Митохондрии и пластиды — это двумембранные органоиды. Главная функция митохондрий — синтез АТФ. У растений выделяют три основных типа пластид: хлоропласты, лейкопласты и хромопласты. В хлоропластах осуществляется фотосинтез, лейкопласты накапливают запасные питательные вещества, а хромопласты обеспечивают окраску разных частей растений.



1. Что представляет собой эндоплазматическая сеть? Какие существуют виды ЭПС, каковы их функции?
2. Охарактеризуйте строение комплекса Гольджи. Какие функции он выполняет?
3. Как образуются и что содержат лизосомы? Вакуоли растительных клеток? Каковы функции этих органоидов?
4. Для каких организмов характерны сократительные вакуоли? В чем заключается их роль?
5. Как устроены митохондрии? Какую основную функцию они выполняют?
6. Какие типы пластид выделяют у растений? Чем они различаются? Охарактеризуйте строение и функции хлоропластов.
- 7*. Докажите справедливость утверждения: «Одномембранные органоиды клетки взаимосвязаны и образуют единую мембранную систему, каждый компонент которой специализирован на выполнении определенных функций».
- 8*. Биологические мембраны имеют общий план строения, но могут отличаться по составу и свойствам. Так, миелиновая оболочка аксона, образованная плазмалеммой клеток глии, содержит около 75 % липидов и только 25 % белков. В цитоплазматической мембране количество липидов и белков примерно равное, а во внутренней мембране хлоропластов и митохондрий содержание белков достигает 75 %. Как вы думаете, с чем это связано?



Изучение строения и разнообразия пластид



§ 14. Ядро клетки

Ядро — это обязательный компонент любой эукариотической клетки. В большинстве клеток имеется одно ядро, но существуют также двуядерные и многоядерные клетки. Например, у инфузории туфельки два ядра, а в клетках некоторых водорослей и грибов, в поперечнополосатых мышечных волокнах — несколько. Зрелые клетки ситовидных трубок покрытосеменных растений и эритроциты млекопитающих лишены ядер. Такие клетки утрачивают ядро в процессе развития, теряя способность к размножению.

Строение ядра. Обычно ядро имеет шаровидную или яйцевидную форму, однако в некоторых клетках форма ядра может быть иной: веретеновидной, линзовидной, подковообразной и др. Размеры клеточных ядер также отличаются. Тем не менее, несмотря на эти различия, все ядра устроены одинаково. Ядро клетки состоит из ядерной оболочки, ядерного сока, хроматина и одного или нескольких ядрышек (рис. 44, с. 78).

Ядерная оболочка отделяет содержимое ядра от гиалоплазмы. Она состоит из двух мембран — *наружной* и *внутренней*, между которыми находится *межмембранное пространство*. Наружная мембрана ядра непосредственно переходит в мембрану эндоплазматической сети, на ее поверхности располагаются рибосомы. На внутренней мембране рибосомы отсутствуют.

В некоторых местах ядерной оболочки имеются круглые сквозные отверстия — *ядерные поры* (см. рис. 44). Благодаря им происходит обмен различными материалами между ядром и гиалоплазмой. Через ядерные