

Введение в молекулярную
биологию и генную инженерию

*Лекция 2. Живые организмы и
их клетки*

Содержание лекции 2:

Введение

2.1. Разнообразие живых организмов

2.2. Клетка как элементарная единица жизни

2.3. Классификация клеток и их субклеточная структура

2.4. Прокариотические архебактерии

2.5. Прокариотические истинные бактерии

2.6. Эукариотические клетки

2.7. Внутренняя структура эукариотических клеток

Заключение

2.1. Разнообразие живых организмов

- Живые организмы очень разнообразны, обладают разной формой и размерами, разнообразны физиологические и биохимические процессы, протекающие в них. На рис. 2.1.1 для сравнения приведены размеры живых организмов, представляющих некоторые виды, а также размеры их клеток, внутриклеточных частиц и молекул, находящихся в клетках.

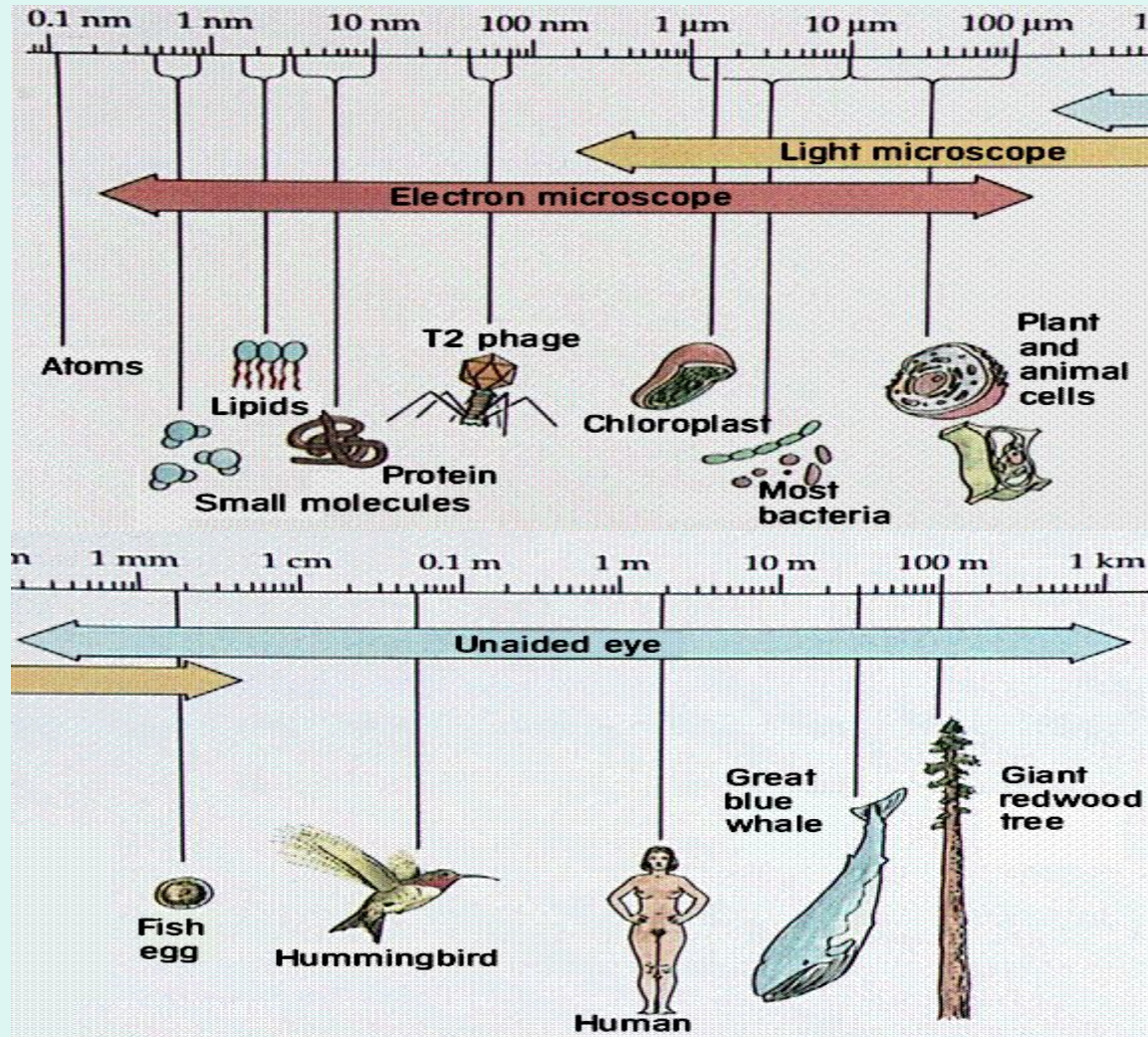


Рис. 2.1.1. Сравнительные размеры живых организмов и их элементов

2.2. Клетка как элементарная единица жизни

- Несмотря на все разнообразие живых организмов, они имеют много общего.
- Прежде всего, необходимо подчеркнуть, что все живые организмы имеют клеточную структуру и могут состоять из одной клетки, из небольшого количества клеток и, наконец, из их огромного количества. Все живые организмы имеют клеточную структуру, и жизнедеятельность организма есть результат жизнедеятельности отдельных клеток или их групп. В биосфере наблюдается огромное разнообразие живых клеток. В высокоорганизованных многоклеточных организмах животных различаются клетки печени, почек, нейроны, эритроциты и многие другие клетки. У растений клетки коренным образом отличаются от животных клеток. Это связано со способностью растений жить за счет фотосинтеза. В мире микробов также имеется множество типов клеток.

- Сама живая клетка – это структура, ограниченная от внешней среды и других клеток специальной оболочкой, обязательно содержащей клеточную мембрану. Именно клетка является той структурной единицей, в которой протекает большинство химических реакций и других молекулярных процессов. Конечно, ряд реакций протекает и вне клеток, однако они катализируются ферментами, вырабатываемыми клетками. Да и сами внеклеточные реакционные субстраты в большинстве случаев транспортируются с помощью живых клеток или синтезируются первоначально в них. Продукты внеклеточных химических реакций также утилизируются клетками.

- Живая клетка – это не какая-то однородная смесь, напротив, это высокоорганизованное образование, состоящее из отдельных, отчетливо различающихся частей, каждая из которых выполняет определенную функцию в процессе жизнедеятельности. Другими словами, клетка подобна механизму, функционирование которого обеспечивается согласованной совместной работой отдельных частей. Для изучения структуры этого механизма и его частей используются специальные методы.

2.3. Классификация клеток и их субклеточная структура

- Существует много разных классификаций живых клеток. Различают животные, растительные и бактериальные клетки. В многоклеточных организмах клетки различаются по их функциональной специализации. Очень сложная классификация существует среди микроорганизмов.
- Наиболее важной с биохимической точки зрения является разделение клеток по строению на два типа: прокариоты и эукариоты. Эта классификация основана на наличии или отсутствии наиболее заметного из-за своих больших размеров компартмента – ядра: клетки, имеющие ядро, называются эукариотами (то есть имеющими «настоящее ядро»), а клетки, не имеющие его, – прокариотами. Название «прокариоты» (то есть «до ядра») основано на предполагаемом эволюционном развитии от прокариотов к эукариотам.

- В 70-х годах XX века были открыты бактерии, которые, обладая типичными признаками прокариотных организмов, существенно отличаются от них по различным биохимическим признакам. Предполагается, что вновь открытые бактерии (названные архебактериями, так как они древние бактериальные клетки) являются третьей формой жизни с совершенно особым положением в истории эволюции и иерархической лестнице живых организмов.

Согласно современной классификации, живые клетки разделяются на три типа:

- **Прокариотические архебактерии.**
- **Прокариотические истинные бактерии (или эубактерии).**
- **Эукариоты.**

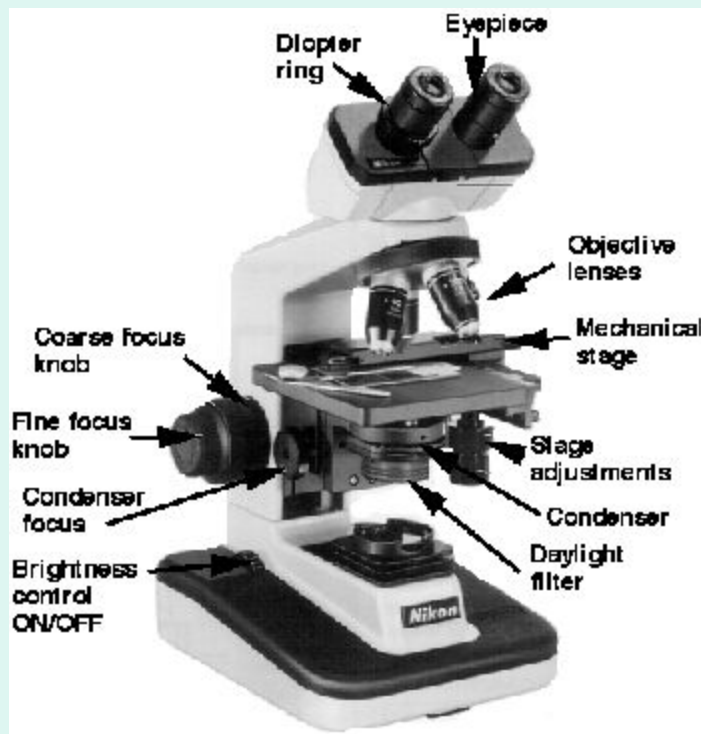


Рис. 2.3.1. Основные инструменты для изучения клеток и их внутренней структуры

2.4. Прокариотические археобактерии

- Наиболее распространенными представителями археобактерий являются анаэробные бактерии, образующие метан путём восстановления диоксида углерода. Эти бактерии называются метаногенами. Другие группы – это галофилы и термоацидофилы.
- Галофилы – бактерии, для жизнедеятельности которых необходимы высокие концентрации солей.
- Термоацидофилы – бактерии, для роста которых необходима высокая температура $+80 \div +90$ °C и очень кислая среда (pH=2).
- Археобактерии обладают кольцевой ДНК. Главное отличие археобактерий от истинных бактерий заключается в наличии прерывистых генов.

2.5. Прокариотические истинные бактерии

- Структурную организацию прокариотических клеток обычно рассматривают на примере кишечной палочки (*Escherichia coli*), любимого микроорганизма микробиологов и биохимиков (рис. 2.5.1). Клетки кишечной палочки имеют вытянутую форму, длина их составляет 1-2 мкм, диаметр – 0,5-1 мкм. Клетки кишечной палочки имеют сложную жёсткую оболочку, состоящую из полисахаридов, белков и липидов. Полисахариды и белки, соединённые ковалентными связями, образуют сетчатый мешок, который и обеспечивает прочность клеточной оболочки. Внутренняя часть оболочки состоит из специфической плёнки – цитоплазматической мембраны, толщина которой около 8 нм. Часто мембраны образуют складчатые участки, имеющие в разрезе вид слоёного пирога. Эти структуры называются мезосомы. Предполагается, что в мезосомах протекают специфические биохимические реакции. С мембранами связано большое количество ферментов, прежде всего ферменты, катализирующие процессы окисления.

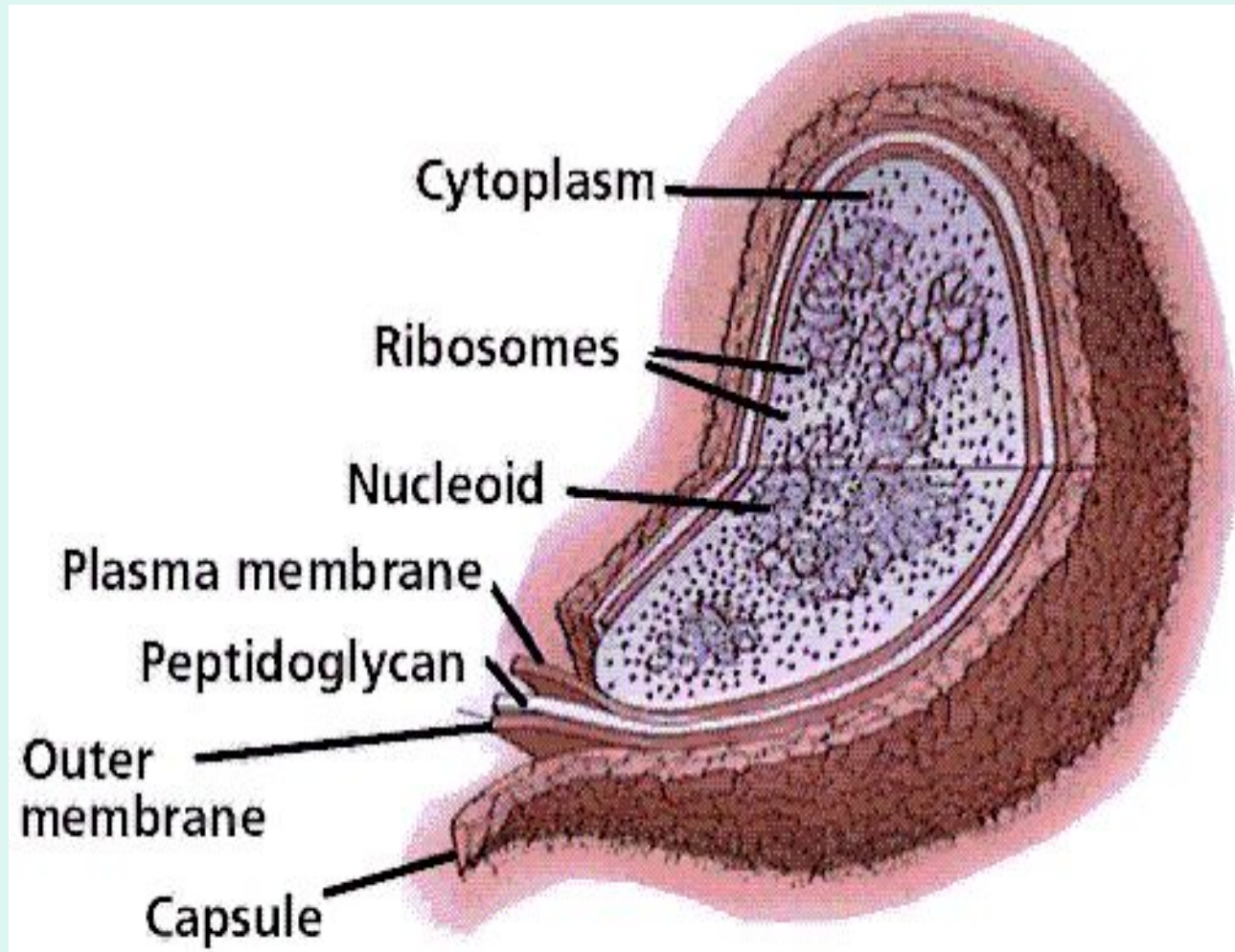


Рис. 2.5.1. Бактериальная клетка *Escherichia coli*

- Во внутриклеточном пространстве, цитоплазме, отсутствуют какие-либо отсеки, ограниченные мембранами. В цитоплазме можно обнаружить сгустки из слаборазличимых переплетающихся нитей. В зависимости от условий роста клетка кишечной палочки может содержать более одной молекулы ДНК. Место, в котором сосредоточены молекулы ДНК, называют ядерным районом (такой термин используется из-за отсутствия мембраны, которая бы отделяла этот район от остальной части цитоплазмы).
- Истинные бактерии имеют кольцевую ДНК, длина которой практически полностью занята генами и служебными фрагментами. Прерывистые гены отсутствуют.
- В цитоплазме обнаруживаются специальные частицы, на которых происходит синтез белка, – рибосомы. Активно метаболизирующая клетка кишечной палочки содержит 10 000 – 15 000 рибосом, распределённых по цитоплазме.

- Помимо растворённой кольцевой ДНК и рибосом цитоплазма содержит тысячи других растворённых веществ, в том числе белков, которые невидимы под электронным микроскопом.
- Часто в клетках находятся довольно крупные включения, в которых запасаются питательные вещества.
- Мельчайшими и простейшими прокариотическими клетками считаются микоплазмы. Они представляют собой сферу диаметром около 300 нм. Клеточная оболочка их состоит из одной цитоплазматической мембраны. В цитоплазме находится плотно упакованная ДНК и около 400 рибосом. В отношении питания микоплазмы очень капризны и почти всегда являются паразитами в клетках эукариот.
- Среди учёных идут споры, какое минимальное количество ДНК, белков и других макромолекулярных структур достаточно для обеспечения жизнедеятельности клетки. Это до сих пор неизвестно, но, видимо, в клетке микоплазмы их достаточно.

2.6. Эукариотические клетки

- Эукариотическая клетка, в отличие от прокариотической, характеризуется наличием определённого количества органелл, отделённых от цитоплазмы мембранами (рис. 2.6.1; 2.6.2; 2.6.3). Для большинства эукариотических клеток характерно наличие ядра, содержащего клеточную ДНК, митохондрий, эндоплазматической сети, аппарата Гольджи, микротелец, цитоскелета, вакуоли и лизосом. Растительные клетки содержат также хлоропласты. В клетке обязательно присутствуют рибосомы. Рассмотрим более подробно некоторые из этих субклеточных частиц.

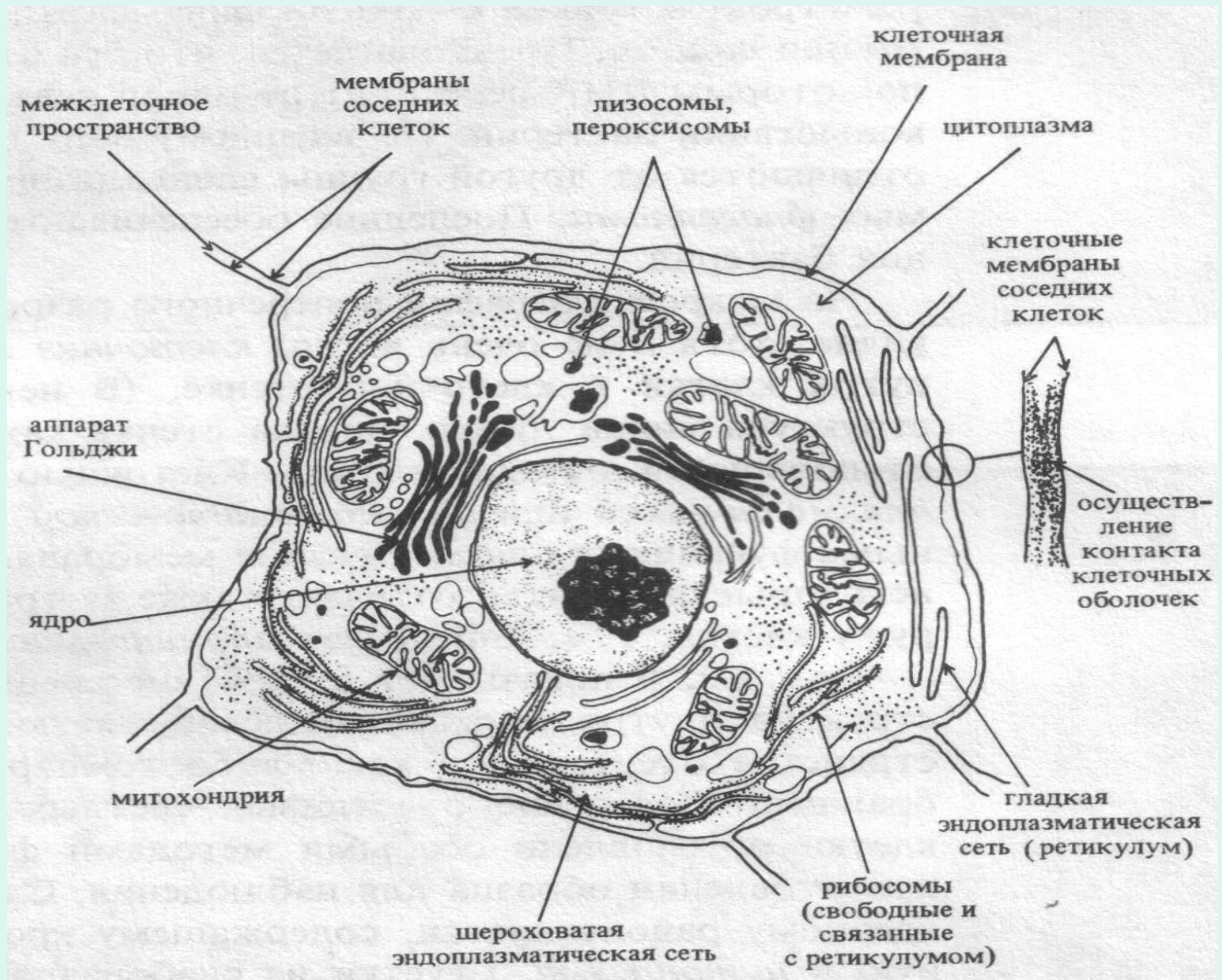


Рис. 2.6.1. Эукариотическая животная клетка

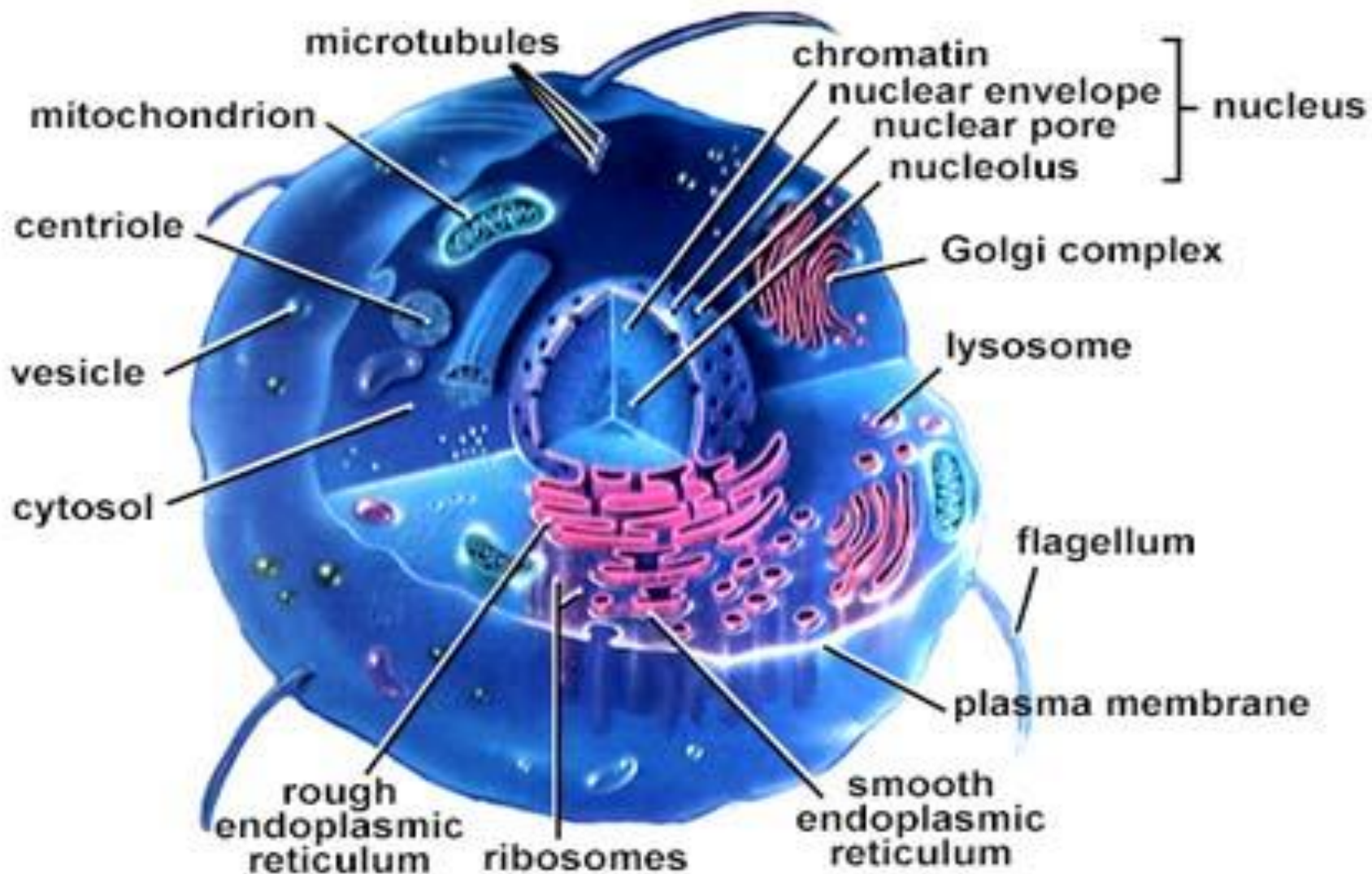


Рис. 2.6.2. Клетка одноклеточного эукариота

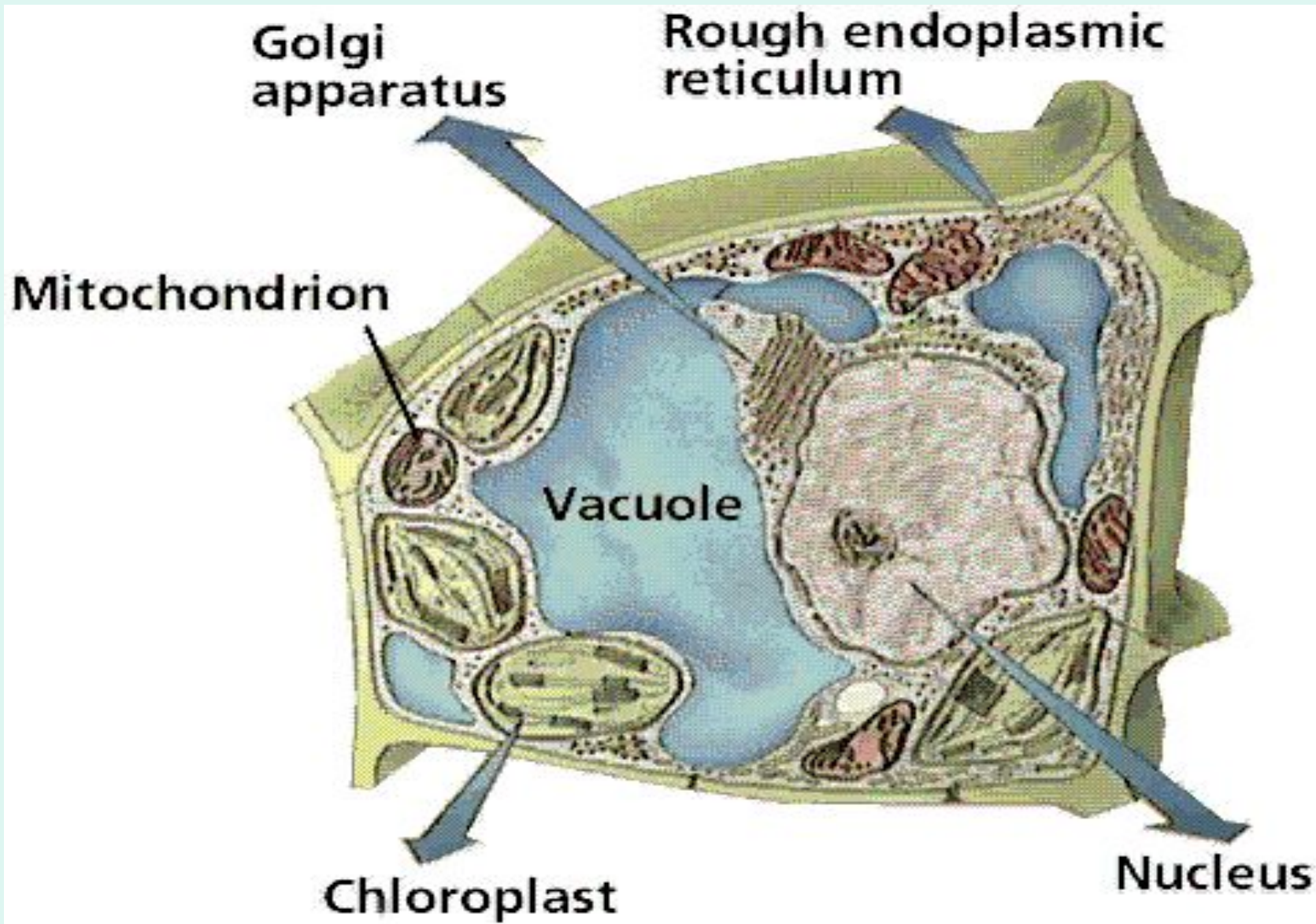


Рис. 2.6.3. Эукариотическая растительная клетка

2.7. Внутренняя структура эукариотических клеток

Ядро

- Главное отличие эукариотической клетки от прокариотической – наличие ядра. Ядро эукариотической клетки (в общем случае одно на клетку) является самой большой субклеточной органеллой (рис. 2.7.1). Ядро окружено мембраной, которая отличается от большинства остальных мембран тем, что она двойная и разделена межмембранным пространством. Другая особенность ядерной мембраны – это наличие мембранных пор, которые обеспечивают выход в цитоплазму больших молекул РНК, синтезируемых в ядре.
- Внутреннее пространство ядра, называемое нуклеоплазмой, также содержит элементы внутренней организации: в нём хорошо различается ядрышко – электронно-плотный район, богатый РНК. В ядрышке происходит синтез рибосомной РНК. В ядре можно различить также хроматин, в котором содержится более 95 % всей клеточной ДНК. В хроматине ДНК связана с гистоновыми и другими белками. Для неделящейся клетки характерно сравнительно равномерное распределение хроматина. С началом деления и в стадиях митоза области, содержащие хроматин, становятся высокоорганизованными, а затем происходит репликация хромосом с образованием двух идентичных наборов.

- Ядро – это то место в клетке, где хранится генетическая информация, определяемая структурой ДНК. Эта информация переписывается на РНК, которая затем поступает в цитоплазму, где происходит синтез белка в соответствии с генетической информацией. Кроме того, в ядре генетическая информация реплицируется, обеспечивая размножение эукариотической клетки.
- Ядерная ДНК сосредоточена в хромосомах, которые представляют собой комплекс ДНК с белками, главным образом с гистонами. Ядерная ДНК имеет линейную структуру, многие гены прерывисты. Кроме того, гены занимают только часть длины хромосомной ДНК, у высших животных очень маленькую часть. У человека, например, гены занимают около 3 % всей ДНК.

2.7. Внутренняя структура эукариотических клеток

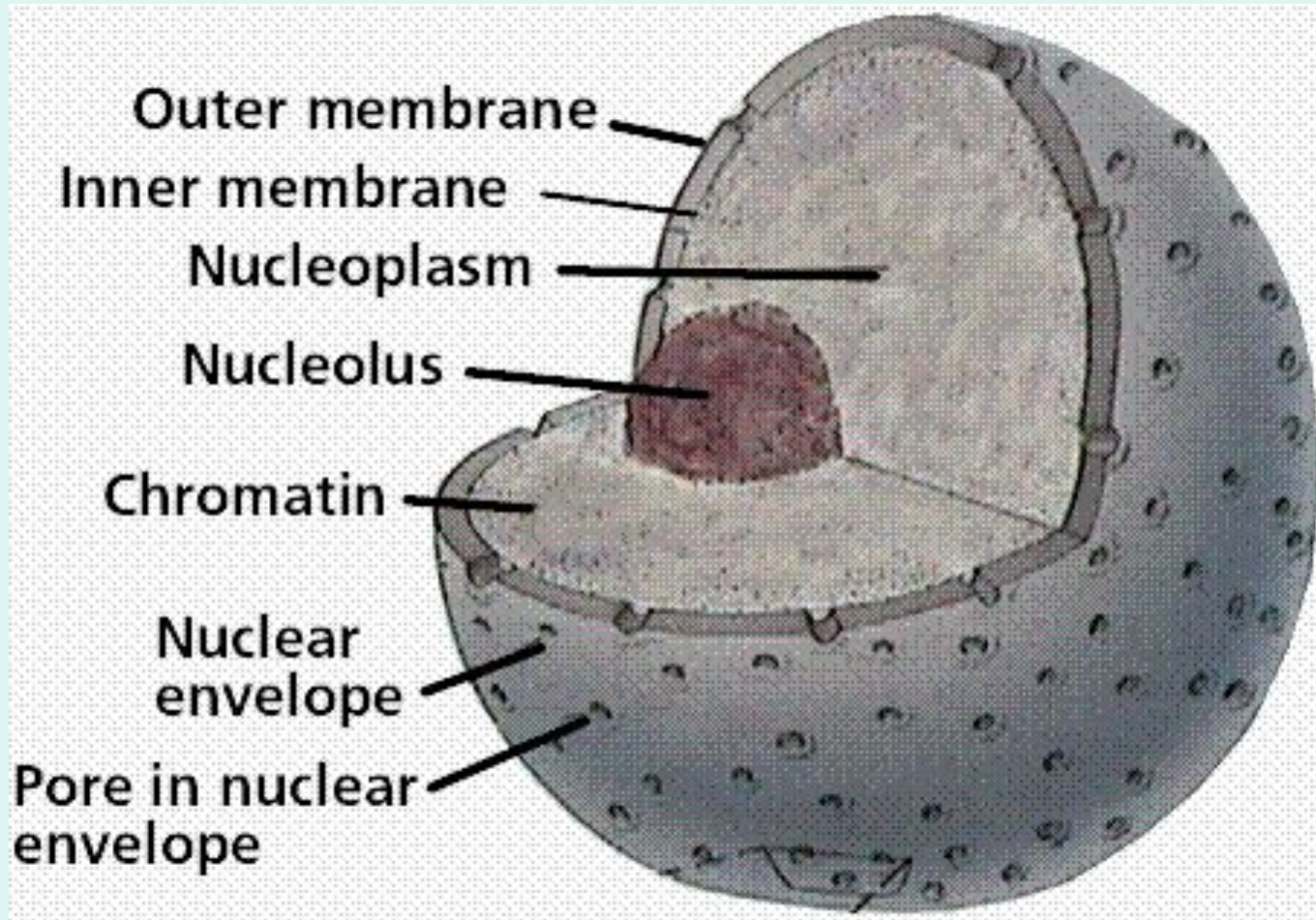


Рис. 2.7.1. Ядро эукариотической клетки

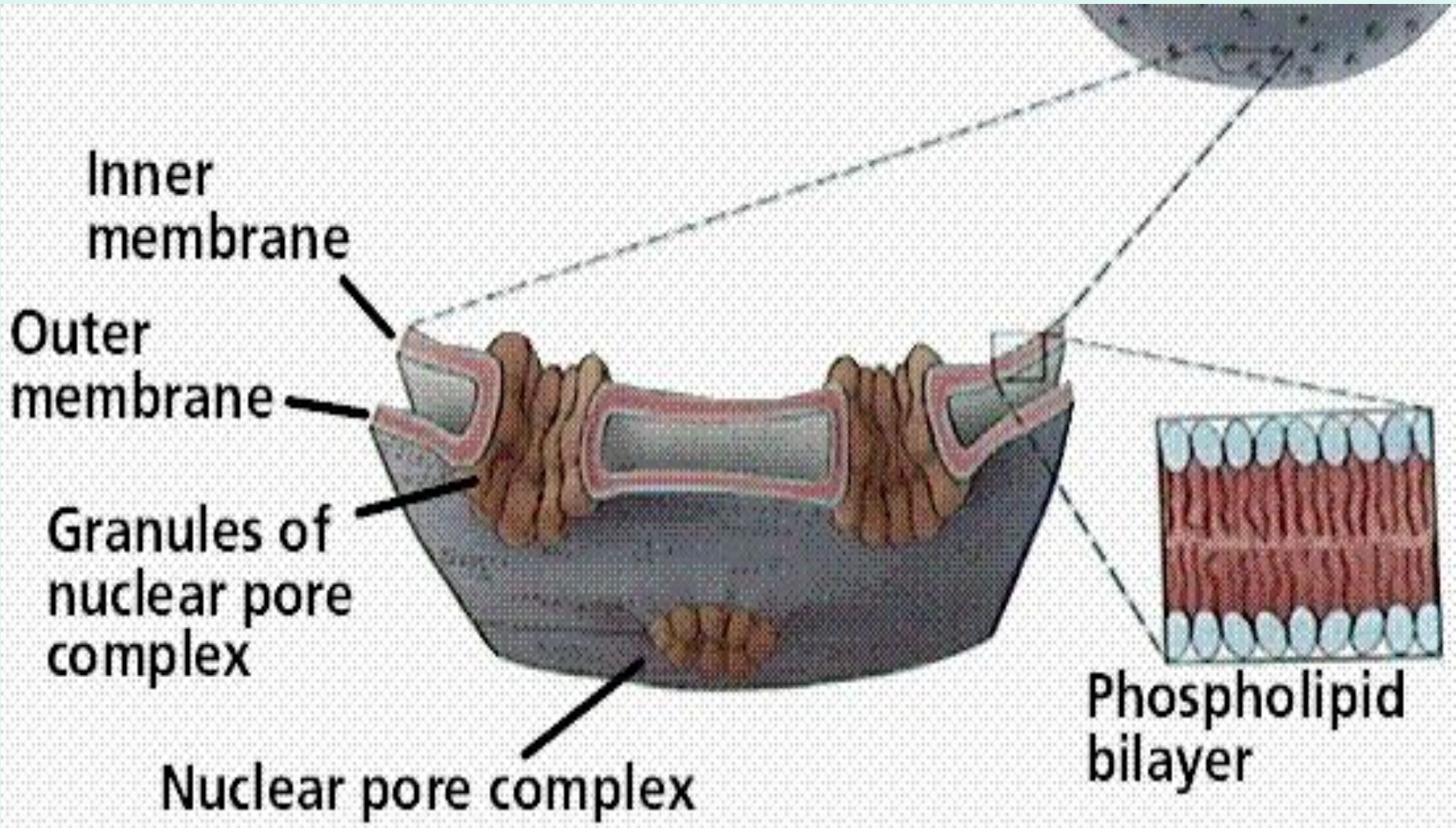


Рис.2.7.2. Ядерная оболочка

Митохондрии

- Митохондрии найдены во всех эукариотических клетках, за исключением некоторых высокоспециализированных, однако их размер, форма и число часто различны. В клетках животных митохондрии часто имеют палочкообразную форму, по размерам почти идентичную кишечной палочке. В клетках с высоким уровнем аэробного метаболизма митохондрий может быть много (например, клетки печени содержат до 1000 митохондрий).
- Внешняя мембрана митохондрий гладкая, а внутренняя имеет много нерегулярно расположенных складок. Такие складки называются кристами. Район вокруг крист заполнен митохондриальной жидкостью и называется митохондриальным матриксом.

- Митохондрии содержат кольцевую ДНК. Митохондриальная ДНК содержит генетическую информацию, необходимую для функционирования митохондрий. Сейчас накапливается всё больше данных о том, что митохондрии произошли от примитивных бактерий.
- Митохондрии производят АТФ и таким образом обеспечивают почти всю энергию, необходимую для роста и функционирования клетки.

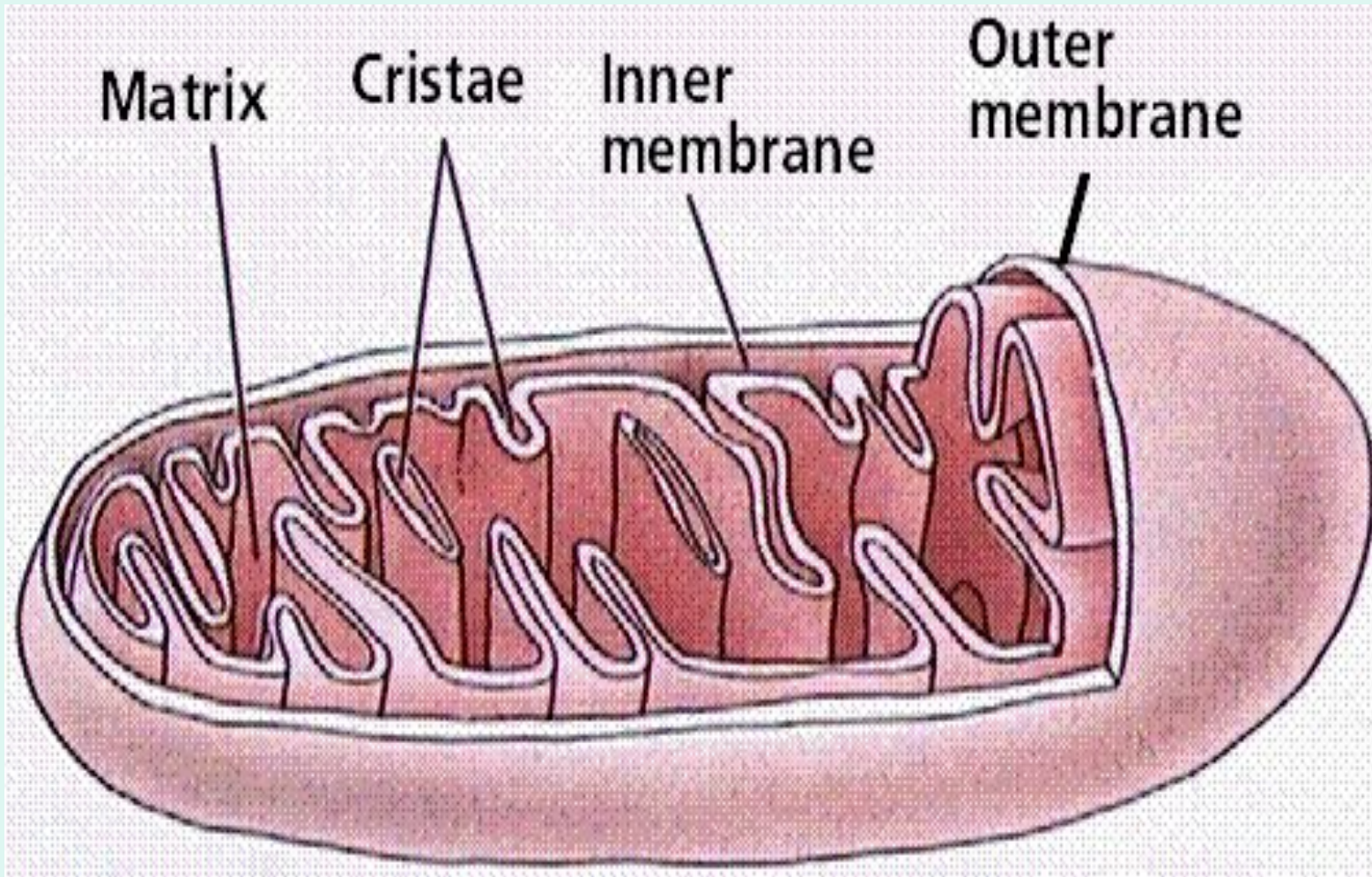


Рис. 2.7.3. Митохондрия

Хлоропласт

- Фотосинтезирующие клетки содержат уникальную органеллу – хлоропласт (от греческого «хлорис» – зелёный и «пласт» – имеющий определённую форму). Хлоропласты содержат хлорофилл и участвуют в жизненно важном для существования всей биосферы процессе поглощения и превращения световой энергии в химическую форму, которая может использоваться живыми организмами. Форма и размеры хлоропластов сильно различаются. Обычно размеры хлоропластов больше размеров митохондрий. На электронных снимках в хлоропластах можно наблюдать несколько электронно-плотных стопочных структур. Эти структуры называются гранами и представляют собой уплощённые системы мембран. Внутри хлоропластов часто наблюдаются вакуоли, в которых хранятся конечные продукты фотосинтеза – углеводы. Хлоропласты так же, как и митохондрии имеют кольцевую ДНК.

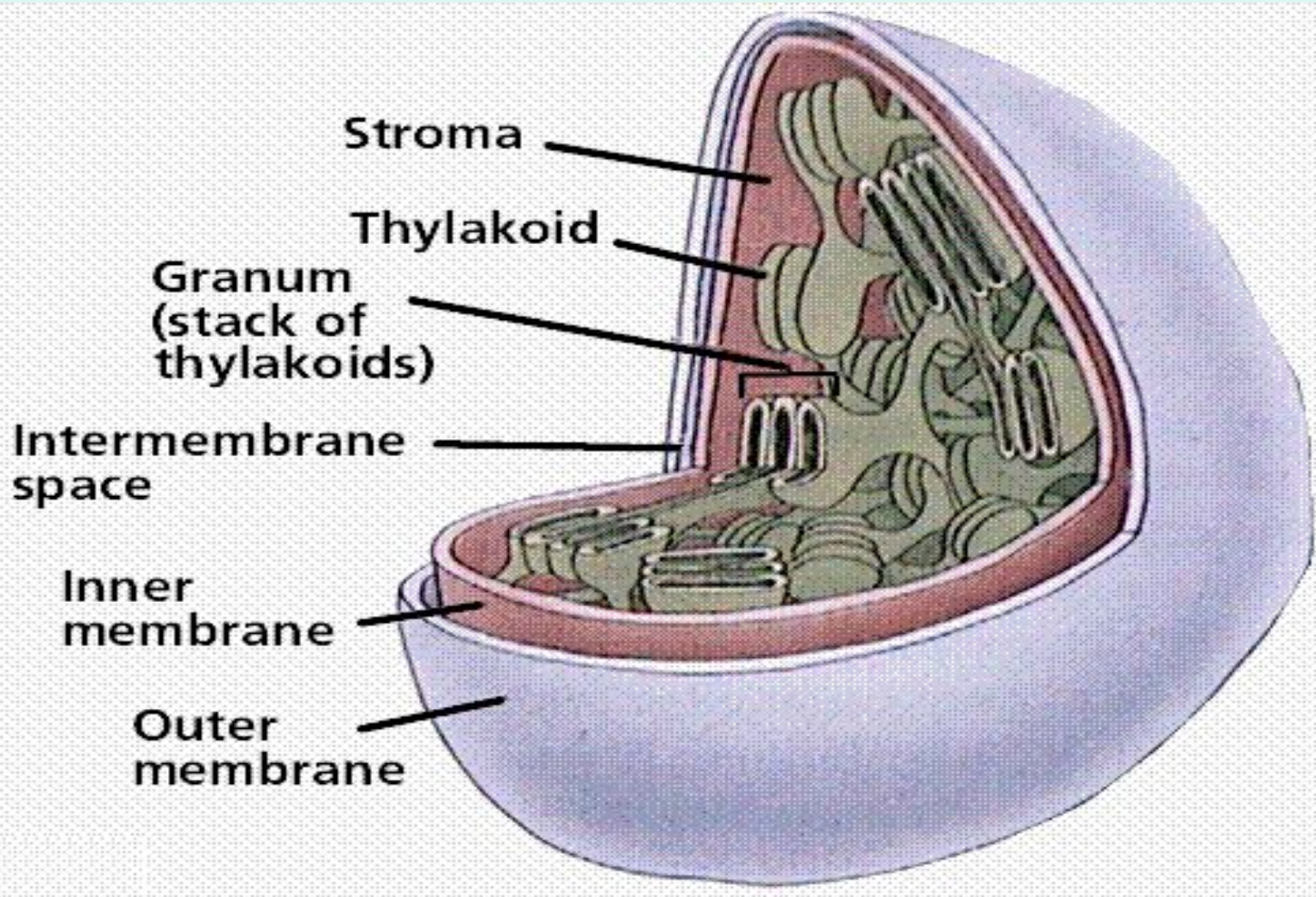


Рис. 2.7.4. Хлоропласт

Рибосомы

- Рибосомы эукариотов очень сходны с прокариотическими рибосомами, хотя несколько отличаются. В клетке они находятся в виде двух не связанных друг с другом частиц. В присутствии информационной РНК (мРНК) большая и малая частицы образуют рибосому, на которой происходит синтез белка в соответствии с программой, записанной на мРНК (рис. 2.7.5).

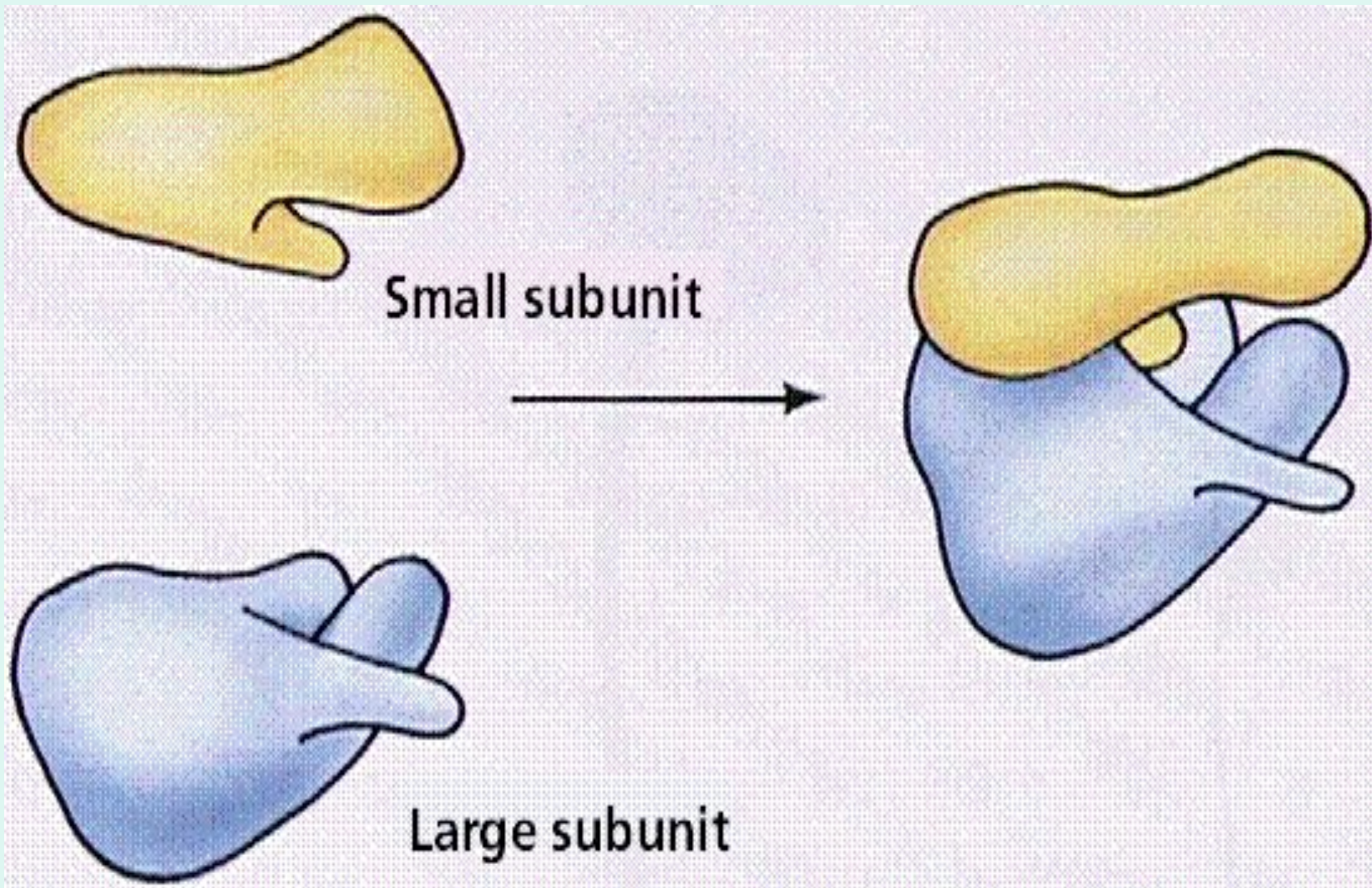


Рис. 2.7.5. Рибосома

Эндоплазматическая сеть

- Эндоплазматическая сеть – органелла, присутствующая почти во всех клетках животных и растений. Она представляет собой сетеподобную систему мембран (ретикулум), локализованную в цитоплазме клетки. Эта сетеподобная система выглядит как нерегулярный и переплетённый набор мембранных цистерн и может быть очень обширной. Известны два типа эндоплазматической сети (рис 2.7.6):
 1. Шероховатый эндоплазматический ретикулум – называется так из-за наличия маленьких плотных гранул, прикреплённых к внешней поверхности цистерн (гранулы эти являются рибосомами).
 2. Гладкий эндоплазматический ретикулум – он не имеет прикреплённых гранул.

- Эндоплазматическая сеть играет важную роль в биосинтезе белков, их хранении и транспорте. Сейчас считается, что с помощью эндоплазматической сети синтезируются белки, секретируемые наружу, а белки, используемые внутри клетки, синтезируются на кластерах рибосом, свободно плавающих в цитоплазме.
- При разрушении клеток с использованием практически любых методов ретикулум случайным образом рвётся и при этом выделяются его небольшие фрагменты. Такие кусочки ретикулума называются микросомами.

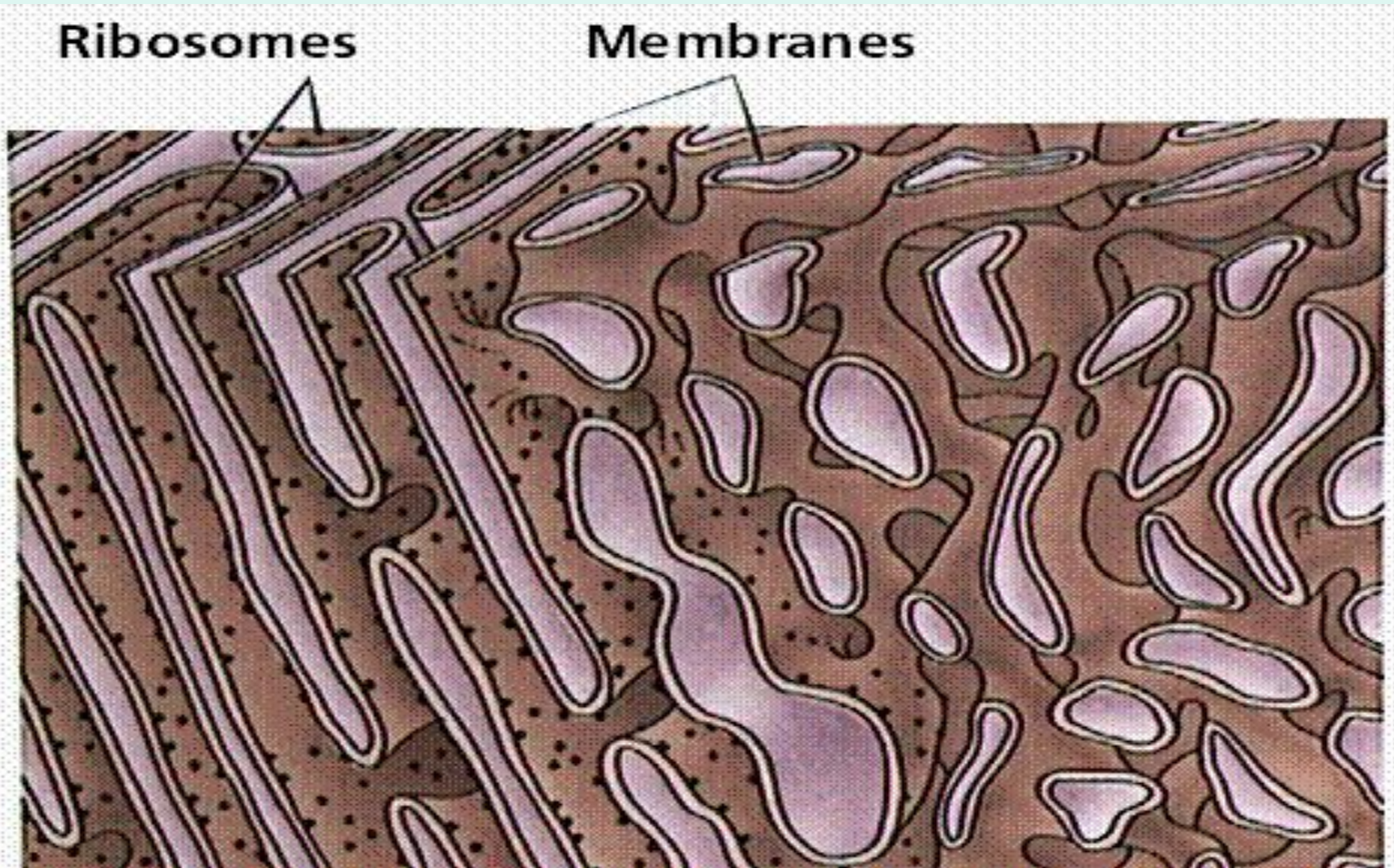


Рис. 2.7.6. Эндоплазматическая сеть

Аппарат Гольджи

- Аппарат Гольджи представляет собой сеть уплощённых пузырьков, ограниченных мембранами. Размеры аппарата Гольджи меньше, чем размеры обширной эндоплазматической сети.
- В аппарат Гольджи поступают белки из эндоплазматической сети, где к ним прикрепляются углеводы и другие вещества. Затем модифицированные белки упаковываются в плотные гранулы и выводятся из клетки. Другой функцией аппарата Гольджи является концентрирование и упаковка белков для лизосом, которые формируются и остаются в клетке. Предполагается наличие у данной органеллы и других функций, которые активно исследуются.

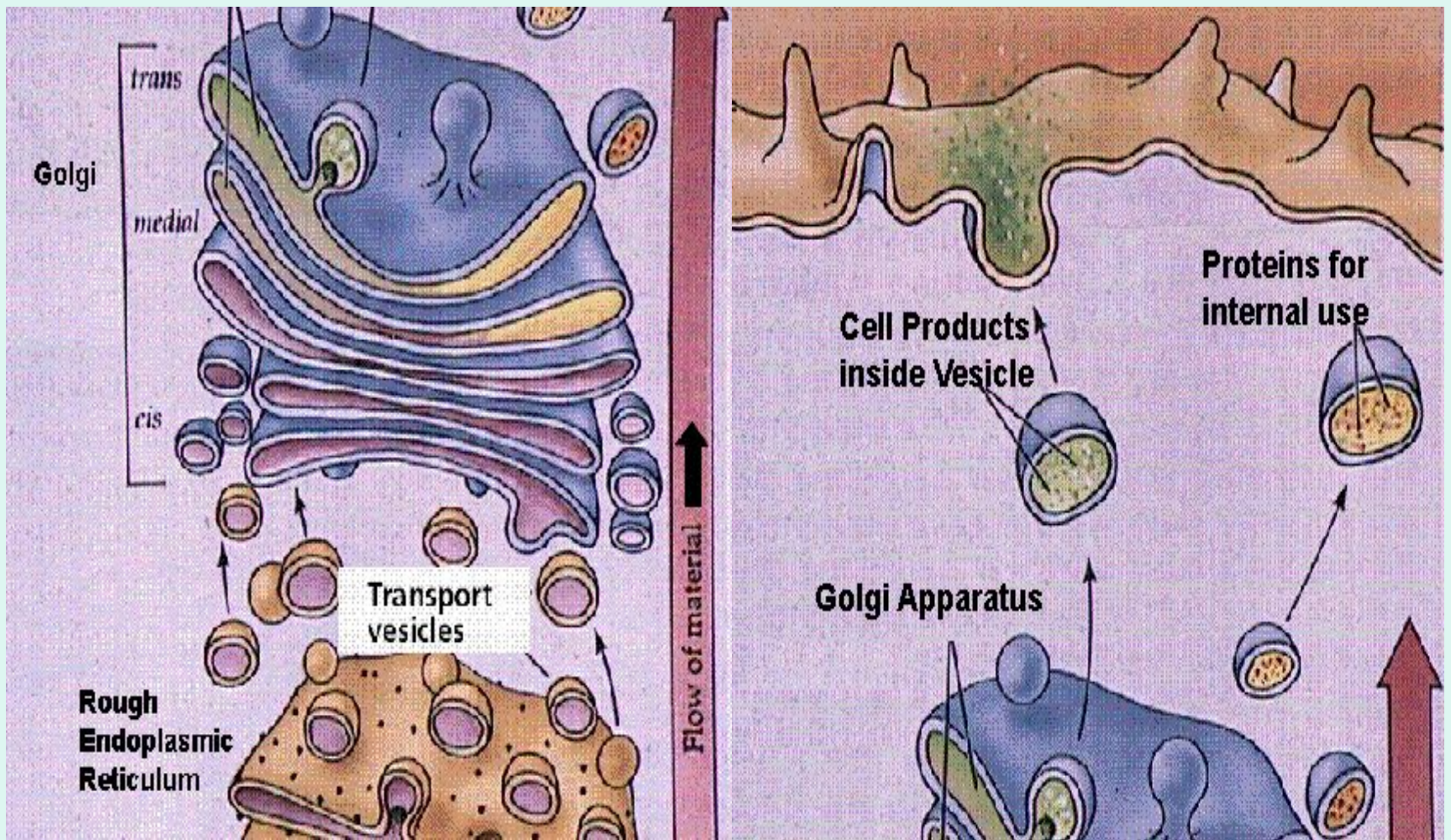


Рис. 2.7.7. Аппарат Гольджи

Микротельца: лизосомы, пероксисомы и глиоксомы

- Почти все эукариотические клетки содержат большее или меньшее количество микротелец, окруженных мембраной. В микротельцах содержатся в высокой концентрации некоторые белки – найдено более 100 типов белков, причем в разных микротельцах и клетках их набор не одинаков. Микротельца формируются, отрываясь от аппарата Гольджи или эндоплазматической сети. Различают три типа телец:
 1. Лизосомы – содержат разные виды ферментов, которые могут разрушать нуклеиновые кислоты, белки, углеводы, катализируя гидролиз этих высокомолекулярных соединений.

1. Лизосомы – содержат разные виды ферментов, которые могут разрушать нуклеиновые кислоты, белки, углеводы, катализируя гидролиз этих высокомолекулярных соединений. Пока лизосомные белки находятся в лизосомах, они не функционируют, но при определённых условиях (т.е. когда в клетку проникают определённые соединения) эти ферменты освобождаются и начинают функционировать. Лизосомы могут принимать участие и в лизисе самой клетки, то есть в её самоуничтожении. Сейчас у млекопитающих известно значительное число наследственных болезней, связанных с пониженной активностью ряда лизосомных ферментов.
2. Пероксисомы – содержат набор ферментов, участвующих в реакциях либо синтеза, либо разрушения пероксидов (например, пероксида водорода). В пероксисомах содержится главным образом фермент каталаза, но обнаружены и другие ферменты, участвующие в метаболизме липидов и углеводов.
3. Глиоксомы – содержат ферменты, превращающие липиды в углеводы с промежуточным образованием глиоксиловой кислоты. Они обнаружены только в растительных клетках.

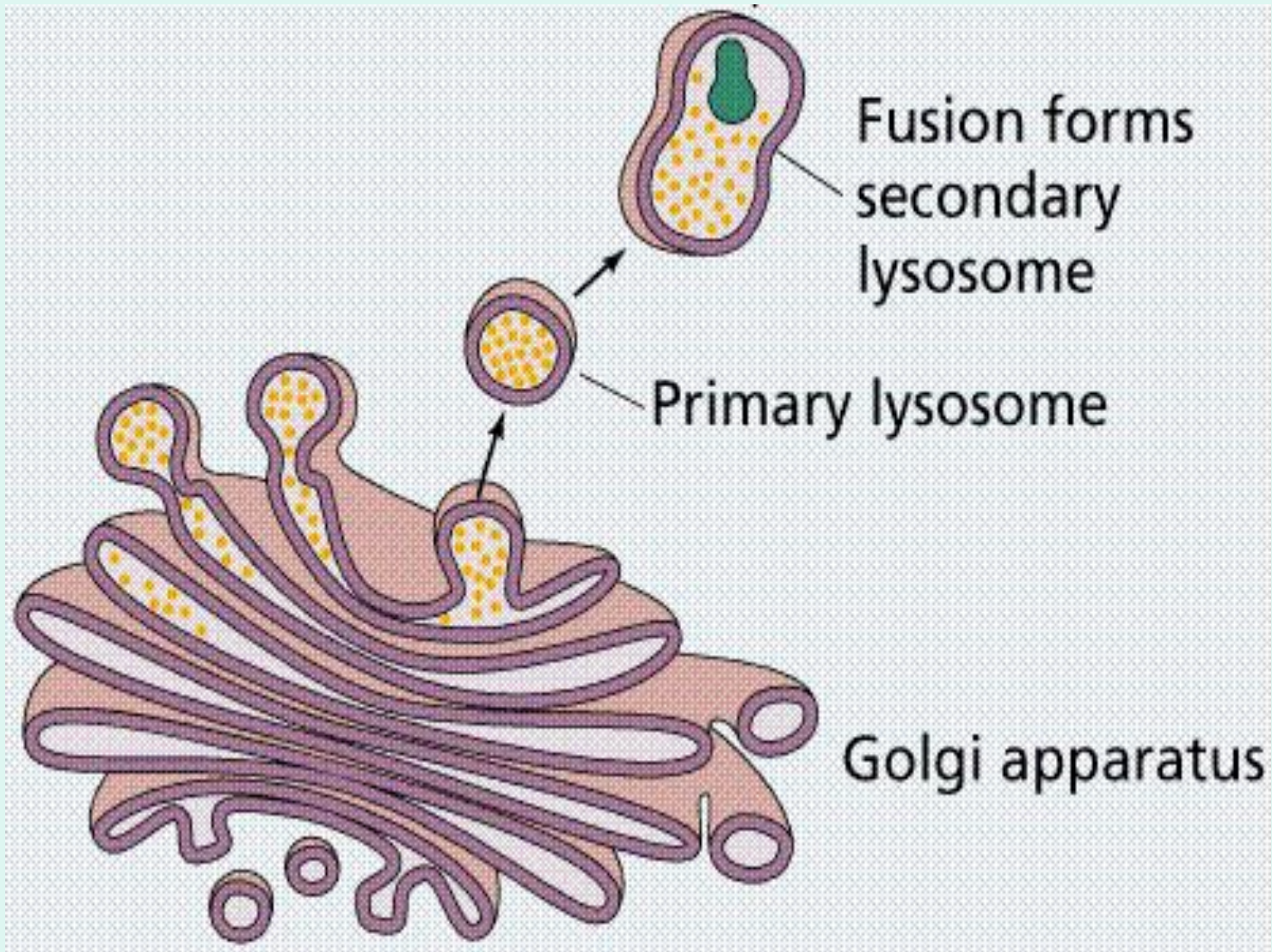


Рис. 2.7.8. Образование лизосом

Цитоскелет

- Долгое время считалась, что цитоплазма представляет собой неструктурированную, гелеподобную среду, в которой плавают органеллы и растворены различные соединения. Сравнительно недавно было обнаружено, что цитоплазма эукариотической клетки пронизана сложной системой микротрубочек (диаметр 24 нм), соединённых более тонкими микроворсинками (диаметр 2-3 нм). Вся система представляет собой ажурное образование из молекул белка.
- Таким образом, в клетке присутствует молекулярный каркас, определяющий форму и прочность клетки и фиксацию органелл в клетке. Эта система участвует в движении клеток, их делении, транспорте клеточных соединений из одного района клетки в другой и, видимо, в других процессах.

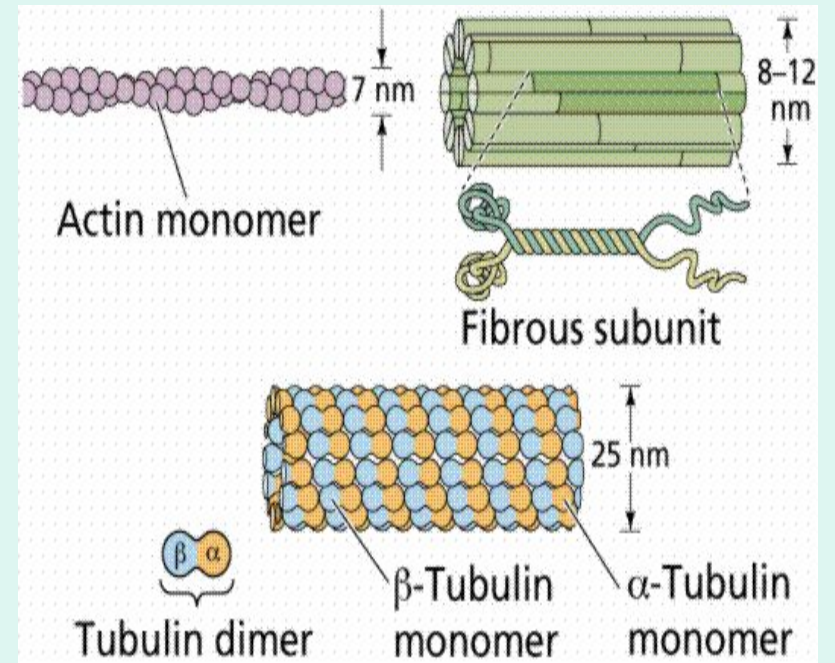
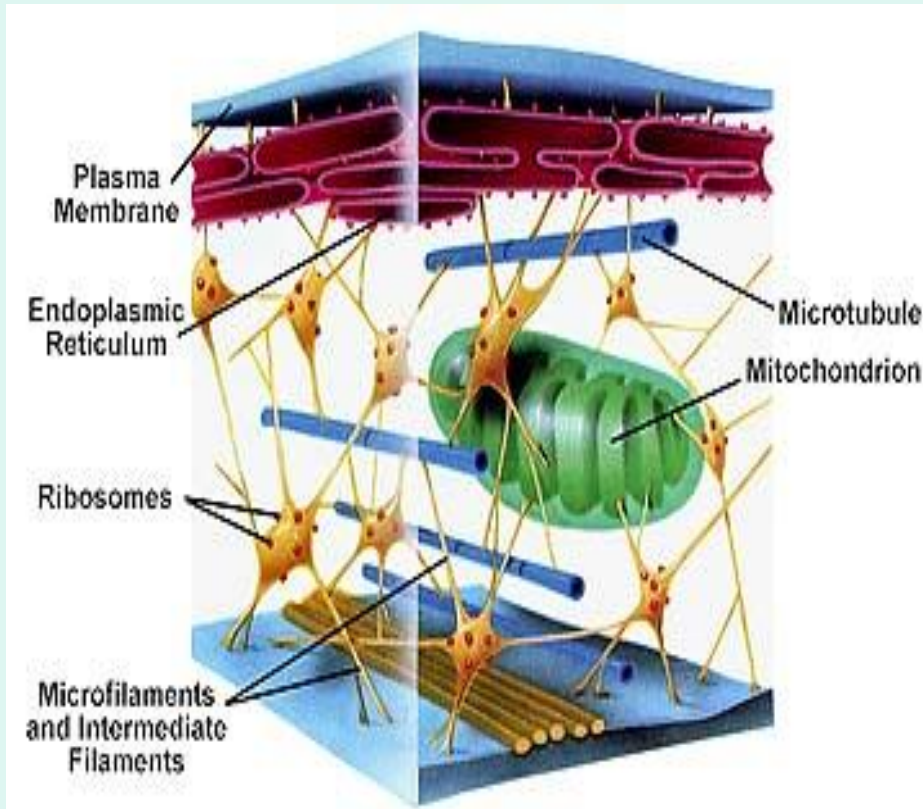


Рис. 2.7.9. Цитоскелет

Цитоплазматическая мембрана эукариотических клеток

- Каждая клетка окружена тонкой липидной мембраной (толщиной 7,5-9,5 нм), в которую включены белки. Сейчас существуют данные, что внутренние мембраны непрерывным образом связаны с внешней мембраной. Возможно, большая часть клеточных мембран представляет собой единый комплекс вместе с внешней мембраной. Эта непрерывность не означает непрерывности химического состава, молекулярной структуры и функции отдельных участков мембранного комплекса.
- Кроме граничных функций, то есть отделения клеток друг от друга, а также защитных, внешняя мембрана имеет большое значение в транспорте веществ внутрь и наружу. Это общие функции для всех клеточных мембран и мембран органелл, но в последнее время обнаружены также и многие другие функции мембран. В выполнении этих функций участвуют высокоспециализированные белки, например, белки-рецепторы, через которые осуществляется регуляция функционирования определённых клеток.

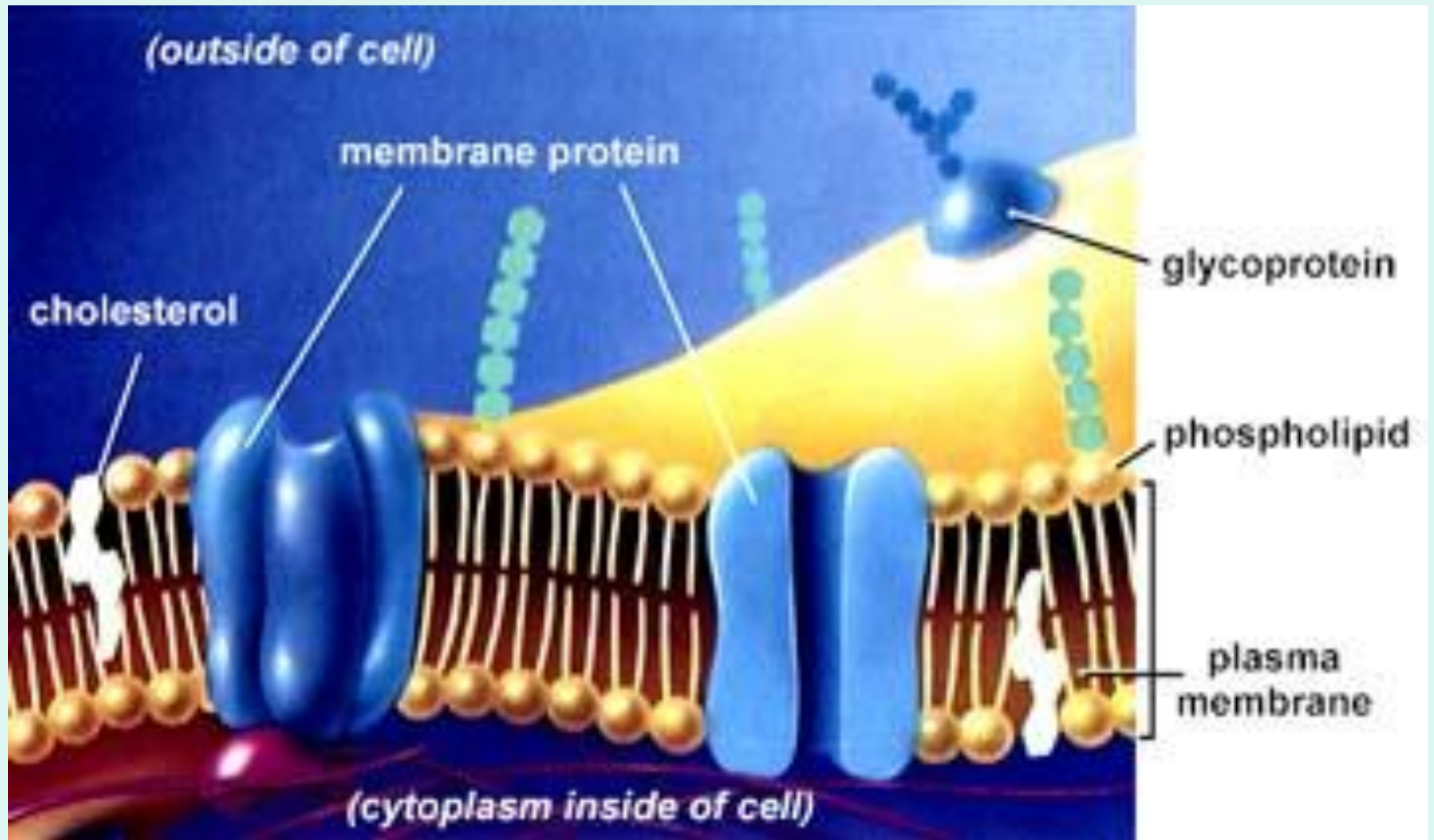


Рис. 2.7.10. Цитоплазматическая мембрана эукариотических клеток

Оболочка эукариотических клеток

- Помимо мембраны, многие эукариотические клетки, особенно растительные, имеют дополнительный защитный слой. В этом случае эукариотические клетки, как и прокариотические, имеют жёсткий сетчатый внешний каркас, сшитый ковалентными связями. Этот каркас состоит в основном из углеводов. Кроме этого каркаса многие виды клеток покрыты дополнительными слоями оболочки, которые состоят из углеводов, белков и жиров. В оболочке могут находиться специальные ферменты. В целом оболочки эукариотических клеток очень разнообразны и трудны для исследования их молекулярной структуры и различных функций.

Заключение

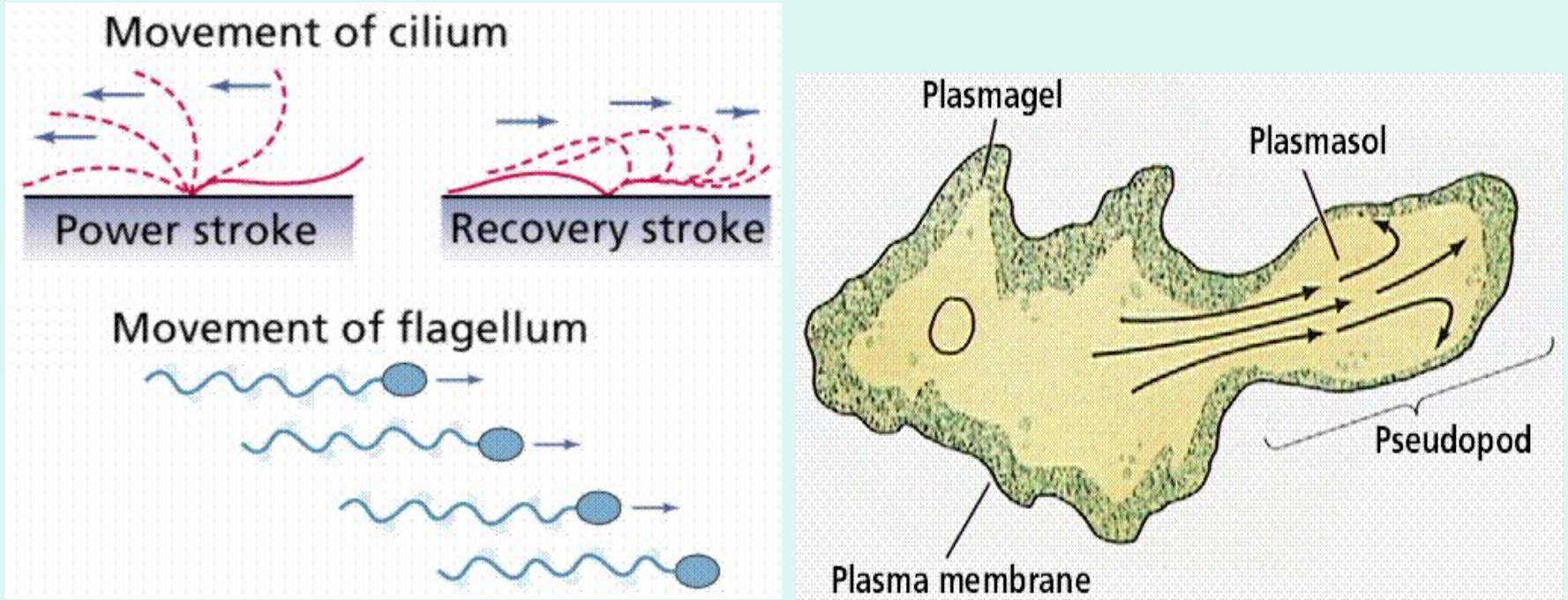


Рис. 2.7.11. Способы движения клеток

Проверочные вопросы к лекции 2:

1. Чем отличаются археобактерии и обычные бактерии?
2. Как передаются митохондрии от родителей к потомкам?
3. Чем отличаются грам-положительные бактерии от грам-отрицательных?

Дополнение:

- Единицы длины: $1\text{\AA} = 10^{-8}\text{ см} = 10^{-10}\text{ м}$;
- $1\text{ нм} = 10^{-7}\text{ см} = 10^{-9}\text{ м}$;
- $1\text{ мкм} = 10^{-4}\text{ см} = 10^{-6}\text{ м}$.