

# БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ.

Структурно-функциональная  
организация эукариотической  
клетки



**Заведующий кафедрой  
биологии с генетикой  
доцент А.Г.Диунов**

# Что должен знать врач о клетке

Почему выбрана профессия врача?

Стандартный ответ: Хочу помогать людям, лечить больных.



«Целлюлярная патология», 1855

Вся патология организма есть патология клетки, она осязаемый субстрат патологической физиологии, краеугольный камень в твердыне научной медицины.

Рудольф Вирхов (1821-1902)

В организме человека различают более 200 морфологических типов клеток

В биологической литературе имеются различные варианты определения

- структурная
- функциональная
- генетическая
- и т.д. **ЕДИНИЦА МНОГОКЛЕТОЧНОГО ОРГАНИЗМА**

«Клетка – это живая открытая биологическая система, способная к саморегуляции, самообновлению и самовоспроизведению».

Клетка – уникальное творение (эволюционное или божественное).

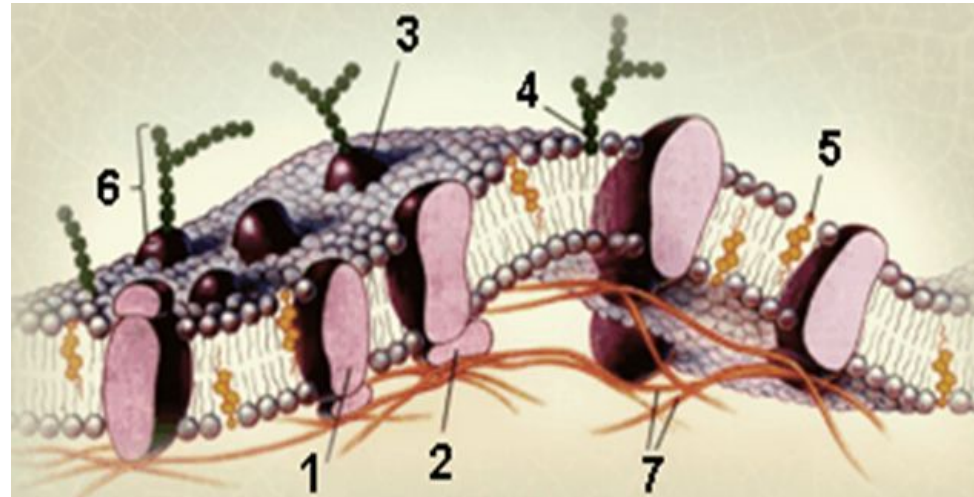
# Особенности структуры эукариотической клетки

<i>Признак</i>	<i>Строение и организация</i>
<b>ДНК</b>	<p>ДНК ядра имеет линейную структуру и связана в различными белками, в интерфазу входит в состав хроматина, во время митоза – хромосом (ядерная наследственность).</p> <p>ДНК митохондрий имеет кольцевую форму, не связана с белками, кодирует часть белков и ферментов митохондрий (митохондриальная наследственность)</p>
<b>Мембраны</b>	<p>Плазмолемма и мембраны органоидов имеют сходное строение: бислоем фосфолипидов и встроенные в него белки, которые выполняют различные функции.</p>
<b>Дыхание</b>	<p>Аэробное дыхание происходит в митохондриях.</p>
<b>Органоиды</b>	<p>Являются динамическими структурами: могут изменять свои размер, может изменяться количество органоидов в клетке, каждый органоид занимает определенное место в клетке для выполнения специализированной функции.</p>

# Цитоплазматическая мембрана (плазмолемма)

В состав плазмолеммы входят:

- мембранный комплекс (бислой фосфолипидов и встроенных в него белков)
- надмембранный комплекс (гликопротеины и гликолипиды)
- субмембранный комплекс (микротрубочки, микрофиламенты и миофиламенты)



Мембрана каждой клетки сходную структуру, но отличается по специфическим белкам.



# Белки цитоплазматической мембраны

По расположению в мембране:

Интегральные

Полуинтегральные

Периферические

По функции:

- белки-рецепторы (гормоны, нейромедиаторы, цитокины)
- белки-переносчики (активный транспорт веществ)
- белки ферменты (пристеночное пищеварение)
- белки гистосовместимости (переливание крови, трансплантация)

# Функции плазмолеммы

- **ограничение и обособление клеток** (внешняя граница клетки – каждая клетка «квартира» в большом доме, но в этом доме есть единая система «коммуникаций»; **защита клетки от механических и химических воздействий**. Но эта защита достаточно условна! Поглаживание по руке или использование губной помады не смертельно для клеток. **Формирует контакты с соседними клетками**).
- **восприятие внеклеточных сигналов** - рецепторная функция
- **контактное взаимодействие** с межклеточным веществом и взаимодействие с другими клетками при образовании тканей и органов. **Как прекрасно человеческое тело!**
- **соединение с элементами цитоскелета** обеспечивает поддержание формы клеток и движение гиалоплазмы внутри клетки.
- **барьерная** – защита от проникновения определенных веществ (гистогематический барьер)
- **контролируемый транспорт веществ** – обмен веществ в клетке основа жизни

# Способы транспорта веществ через мембрану

Транспорт веществ			
<p>Пассивный транспорт (по градиенту концентрации без затрат энергии АТФ)</p>	<p>Опосредованный (белок- переносчик)</p>		<p>С изменением конформации мембраны</p>
<p>O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, неполярные вещества (этанол!)</p>	<p>Облегченная диффузия (без затрат АТФ)</p>	<p>Активный (с затратами АТФ)</p>	<p>Эндоцитоз Экзоцитоз</p>
	<p>- ионные каналы (K, Ca, Cl) - водные каналы липиды мембраны + вода</p>	<p>Белки-переносчики (Na-K-насос) – Поддержание мембранного потенциала клетки</p>	



# Эндоцитоз – процесс транспорта в клетку макромолекул, капелек жидкости или фрагментов разрушенных клеток

## Механизмы эндоцитоза:

1. Пиноцитоз (школьные примеры !!!!)
2. Фагоцитоз (организм здоров, нет бактерий, процесс происходит?)
3. Опосредованный рецепторами эндоцитоз
  - осуществляется в области эндоцитозных ямок, где располагаются рецепторы к специфическому веществу или объекту
  - после транспорта вещества через мембрану образуются окаймленные пузырьки (в состав мембраны входит специфических белок кластрин), которые перемещаются по гиалоплазме

**Таким способом в клетку проникают иммуноглобулины, факторы роста клеток, липопротеины низкой плотности (ЛНП), вирусы !!**

# Экзоцитоз – процесс выведение из клетки синтезированных биологически активных веществ или продуктов метаболизма

1. Выведенные вещества включатся в состав надмембранного комплекса (специфические поверхностные белки или антигены клеток).
2. Входят в состав межклеточного вещества (коллаген).
3. Поступают в кровеносную системы и играют роль сигнальных молекул (гормоны, нейромедиаторы, цитокины).
4. Участвуют в процессах внеклеточного пищеварения.

# Медицинские аспекты функций плазмолеммы

1. Белки гистосовместимости (переливание крови, трансплантация органов).
2. Нарушение структуры белков-рецепторов.
3. Контактное торможение роста клеток (опухолевые клетки).
4. Нарушение транспорта ЛНП в клетки (развитие атеросклероза)

# ЦИТОПЛАЗМА

## Гиалоплазма:

внутренняя среда клетки  
коллоидная система (гель-золь)

Функции:

- объединяет органоиды клетки;
- происходят реакции обмена веществ (гликолиз, разрушение белков цитозольными протеазами)
- образование включений

## Органоиды:

постоянные и обязательные  
структуры клетки,  
выполняющие  
определенные функции

## Включения

Временные  
структуры  
клетки,  
возникающие  
в процессе ее  
функционирования

# Органоиды клетки (используется также термин органеллы)



Рисунок из Интернета.  
Найдите ошибки!

# 1. Классификация органоидов по строению

Мембранные		Немембранные		
Одно-	Двух-			
Гр- ЭПС Гл-ЭПС Комплекс Гольджи Лизосомы Пероксисомы	Митохондрии	Рибосомы	Микротрубочки (тубулин) - центриоли - веретено деления - реснички и жгутики	Филаменты - актин - миозин

# 2. Классификация органоидов по функции



Общего значения



Специального значения



# Цитоскелет

- трехмерная (объемная) внутриклеточная сеть, состоящая из микротрубочек (белок тубулин), микрофиламентов (белок актин), миофиламентов (белок миозин) и микротрабекул (сеть тонких нитей)

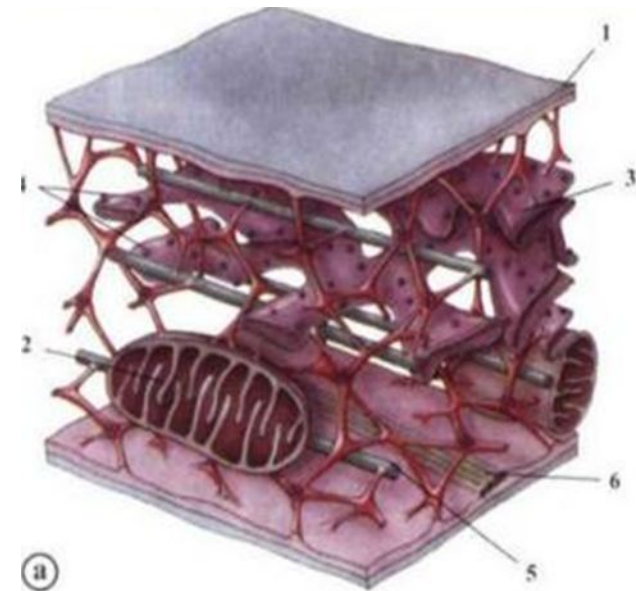
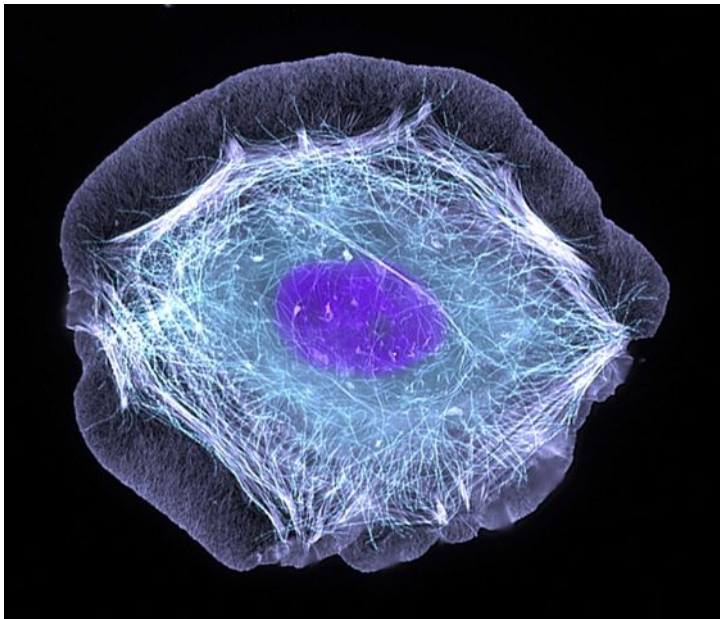


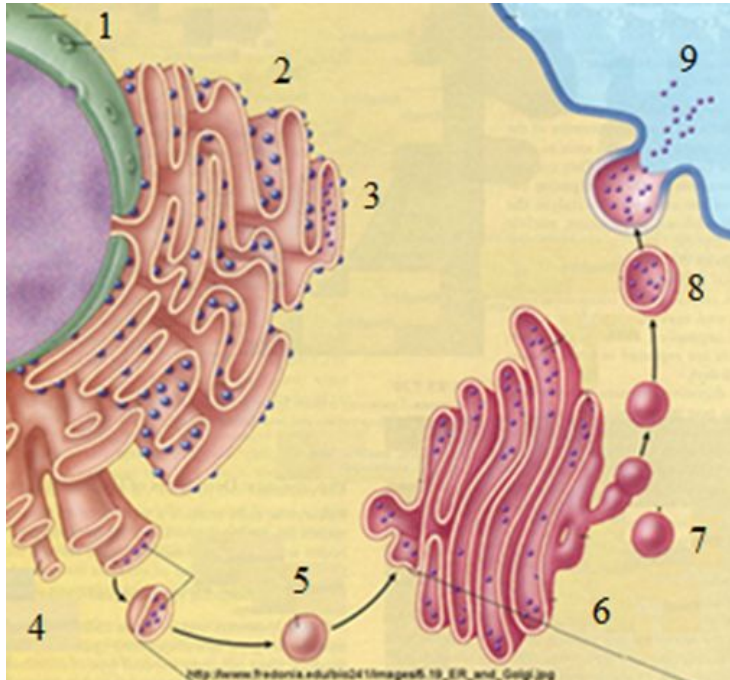
Фото и рисунок из Интернета

# Функции цитоскелета

1. Поддерживает форму клетки и обеспечивает упругость (внутренний каркас)
2. Разделяет клетку на отдельные компоненты. Явление **компартаментации** объема клетки – разделение единого пространства клетки на «ячейки», отличающиеся по химическому составу и локализации органоидов.
3. Обеспечивает движение гиалоплазмы
4. Участвует во внутриклеточном транспорте веществ и органоидов клетки
5. Участвует в образовании межклеточных контактов

# Вакуолярная система клетки

– совокупность одномембранных органоидов цитоплазмы, в которых происходит биосинтез органических веществ необходимых как самой клетке, как и для экспорта; осуществляются постсинтетические модификации биологических соединений, их сортировка и распределение по функциям в различные структурные образования клетки, включая образование мембран самой системы и плазматической мембраны.



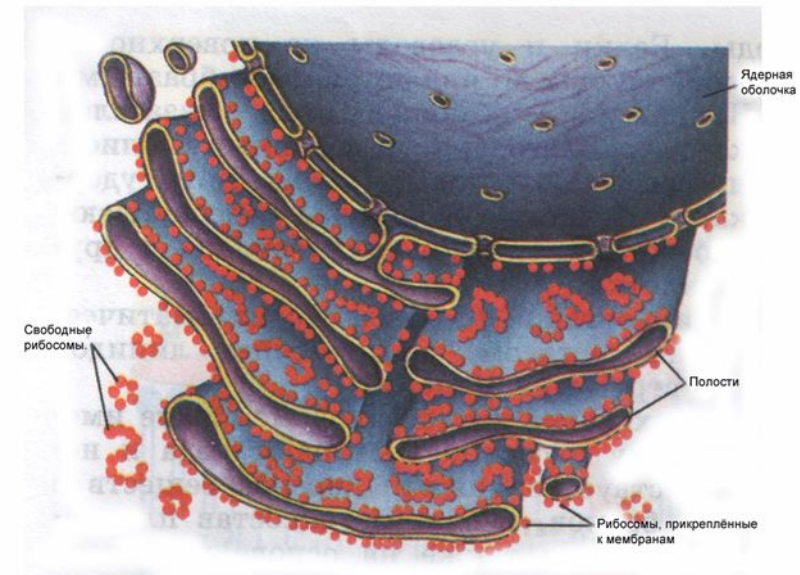
- 1 – ядро; 2 – **гранулярная ЭПС**;
- 3 – рибосомы; 4 – **агранулярная ЭПС**;
- 5 – **транспортная везикула**;
- 6 – **комплекс Гольджи**;
- 7 – **первичная лизосома**;
- 8 – **секреторная везикула**;
- 9 – **экскреторные белки**

## Гранулярная (шероховатая) эндоплазматическая сеть

- уплощенные мембранные цистерны (?) и трубочки, на наружной (!) поверхности которых располагаются рибосомы и полисомы; формируется от наружной ядерной мембраны. Присутствует в разной степени во всех клетках, кроме сперматозоидов.

### Функции:

- синтез на рибосомах полипептидных цепей мембранных, экспортных, лизосомных и пероксисомных белков;
- фолдинг и химическая модификация белков;
- транспорт белков (внутри каналов ЭПС или с помощью образования мембранных пузырьков).



Ссылка. Рис. gooigr.net

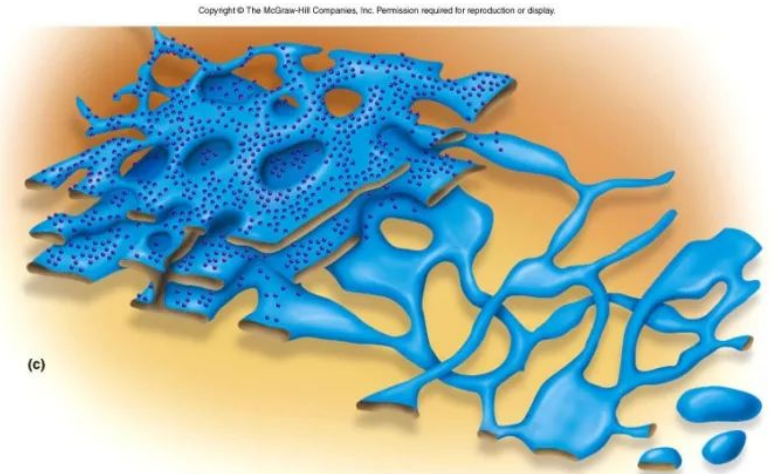


## Агранулярная (гладкая) эндоплазматическая сеть

- система мембранных канальцев и пузырьков, связана с гранулярной ЭПС в месте формирования аппарата Гольджи. В переходной зоне образуются транспортные везикулы, которые переносят синтезированные в ЭПС вещества в пластинчатый комплекс.

### Функции:

- синтез липидов (в том числе и мембранных), гликогена, холестерина;
- синтез стероидных гормонов;
- детоксикация эндогенных и экзогенных веществ (клетки печени);
- накопление ионов  $\text{Ca}^{2+}$  (характерно для мышечных волокон – саркоплазматическая сеть).



Ссылка. Рис. 900igr.net

# Комплекс Гольджи (пластинчатый комплекс)

Строение органоида – самостоятельная внеаудиторная работа

## Функции:

- химические модификации белков (включение углеводных компонентов, фосфорилирование, формирование из пробелков белков);
- синтез полисахаридов; последующая их взаимосвязь с белками приводит к образованию мукопротеинов, гликопротеинов;
- сортировка и включение белков в соответствующие структуры (лизосомы, пероксисомы или транспортные везикулы, мигрирующие к плазмолемме);
- формирование мембран секреторных и транспортных везикул;
- формирование первичных лизосом.



# Аппарат внутриклеточного пищеварения

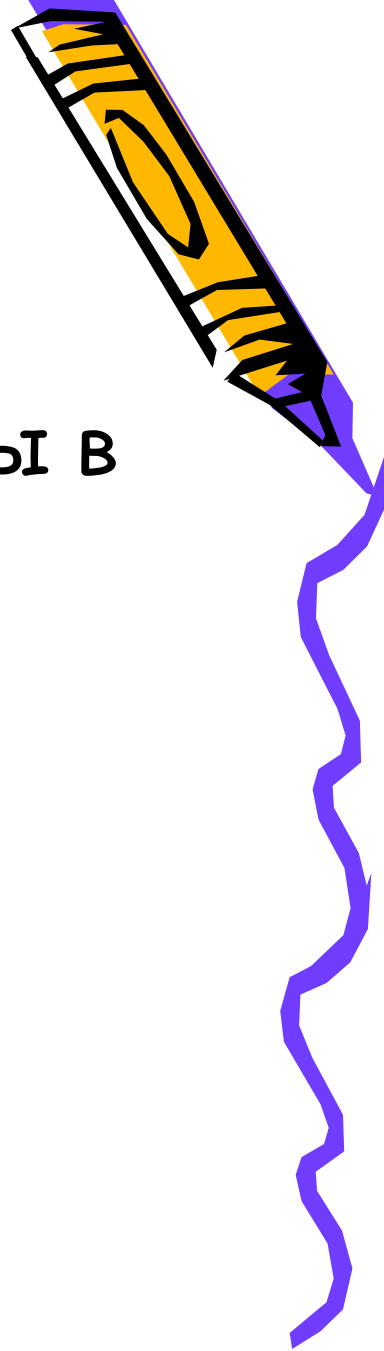
1. **Первичная лизосома** (гидролазные пузырьки) – округлый мембранный органоид, образуется путем отщепления от комплекса Гольджи. В мембране и матриксе содержатся более 60 неактивных литических ферментов (протеазы, нуклеазы, липазы, кислая фосфатаза и др).
2. **Вторичная лизосома** (фаголизосома, гетерофагосома) – образуется путем слияния первичной лизосомы и фагосомы. Процесс разрушения веществ или частиц поступивших в клетку извне носит название гетерофагия.
3. **Аутофаголизосома** – мембранный пузырек, содержащий органоид собственной клетки, утративший свой временной ресурс и подлежащий разрушению. Сам процесс называется аутофагия.
4. **Остаточное тельце** – лизосомы, содержащие непереваренный материал, могут длительное время находиться в клетке, либо выводятся за пределы клетки.

# Медицинские аспекты функций лизосом

1. Остаточные тельца могут содержать эндогенный пигмент – липофусцин.
2. Секреция лизосомальных ферментов за пределы клетки (остеокласты, нейтрофилы).
3. Нарушение нормальных функций лизосом является причиной лизосомальных болезней («Болезни накопления»).
4. В мембране лизосом находятся АТФ-зависимые протонные насосы вакуольного типа. Они обогащают лизосомы протонами, вследствие чего для внутренней среды лизосом рН 4,5-5,0 (в гиалоплазме рН 7,0-7,3). Лизосомальные ферменты имеют оптимум рН около 5,0. При рН, близких к нейтральным эти ферменты обладают низкой активностью. Это служит механизмом защиты клеток от самопереваривания в том случае, если лизосомальный фермент случайно попадет в гиалоплазму.

# Вопрос:

Какие причины могут изменить рН цитоплазмы в кислую сторону и какие при этом возникнут последствия?



# Пероксисомы

- мембранные пузырьки, содержащие около 50 специфических ферментов, способные к самоудвоению. Мембрана пероксисом содержит специфические белки-рецепторы для импорта белков из гиалоплазмы. Затем следует увеличение объема пузырька и последующие деление на два более мелких. По версии других ученых, пероксисомы формируются комплексом Гольджи; внутрь пузырьков поступают ферменты, синтезированные в гиалоплазме.

1. Окислительные ферменты (оксидаза-D-аминокислот), осуществляющие перенос двух атомов водорода на кислород; в результате образуется перекись водорода!

**Пероксисомы являются главным местом утилизации кислорода  
(в этом процессе участвуют также митохондрии)**

2. Ферменты, разрушающие перекись водорода (каталаза и пероксидаза), в том числе образованную в других местах клетки.

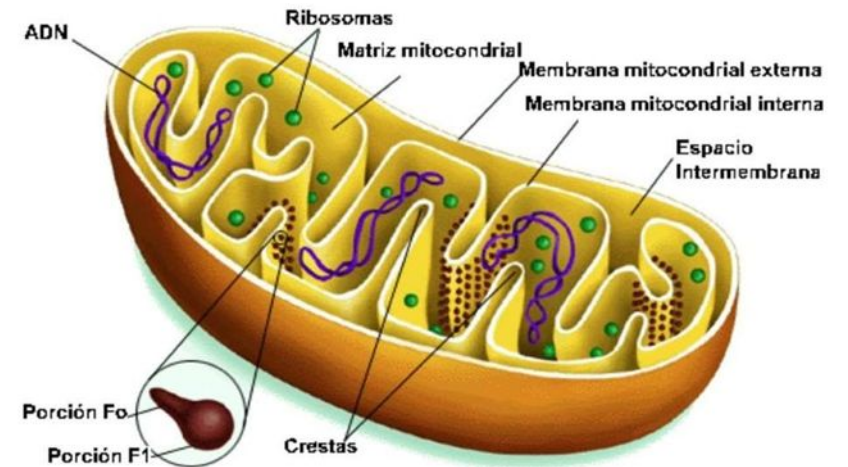
**Нейтрализация перекиси водорода важнейшая функция пероксисом**

3. Ферменты, окисляющие жирные кислоты, а также их перекисные формы

**Уменьшение количества эндогенных мутагенных факторов**

# Митохондрии

1. Число и размеры митохондрий, количество в них крист варьируется в разных клетках.
2. Строение:
  - наружная мембрана содержит различные каналы для проникновения многих веществ
  - внутренняя мембрана образует кристы, которые содержат ферменты дыхательной цепи и образования АТФ
3. Рибосомы способны к автономному синтезу белков
  - наличие большого количества кольцевой ДНК (генетический код отличается от ядерной ДНК)
  - наличие собственных рибосом
4. Продолжительность функционирования 10-14 дней. Одни митохондрии образуют дочерние, другие – разрушаются аутофаголизосомами.



# Медицинские аспекты функций митохондрий

Нарушения генома ДНК митохондрий являются причиной митохондриальных наследственных болезней человека. Эти болезни наследуются по материнской линии, поскольку в зиготе оказываются митохондрии из яйцеклетки (митохондрии сперматозоида не попадают в оплодотворенную яйцеклетку).

Митохондриальные болезни могут проявиться на разных стадиях индивидуального развития. Одним из опасных заболеваний, которое проявляется сразу после рождения, является метаболический ацидоз (рН в клетках изменяется в кислую сторону), связанный с накоплением молочной кислоты. Дефектные митохондрии могут только ограниченно использовать продукт гликолиза (пировиноградную кислоту) в цикле Кребса, а значительная часть которой в цитоплазме превращается в молочную кислоту.



# Рибосомы

## Типы рибосом:

### 1. Цитоплазматические

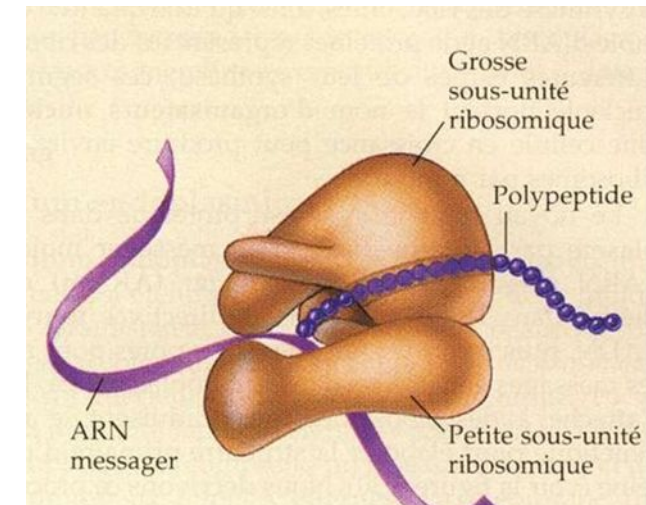
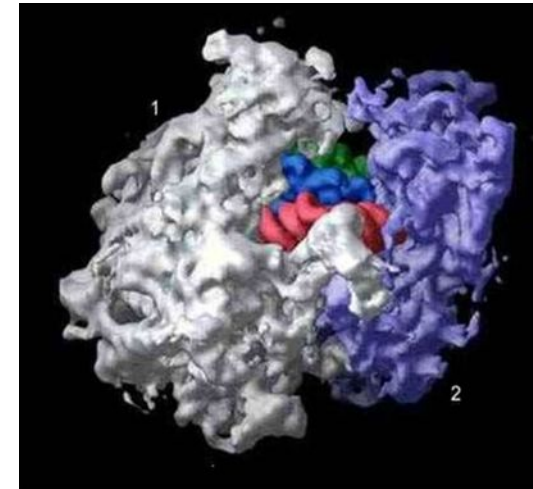
- свободные рибосомы
- рибосомы, связанные с гранулярной ЭПС (мембраносвязанные)
- полисомы (особенно много в быстро растущих клетках)

### 2. Митохондриальные

## Строение рибосом:

- малая субъединица
- большая субъединица

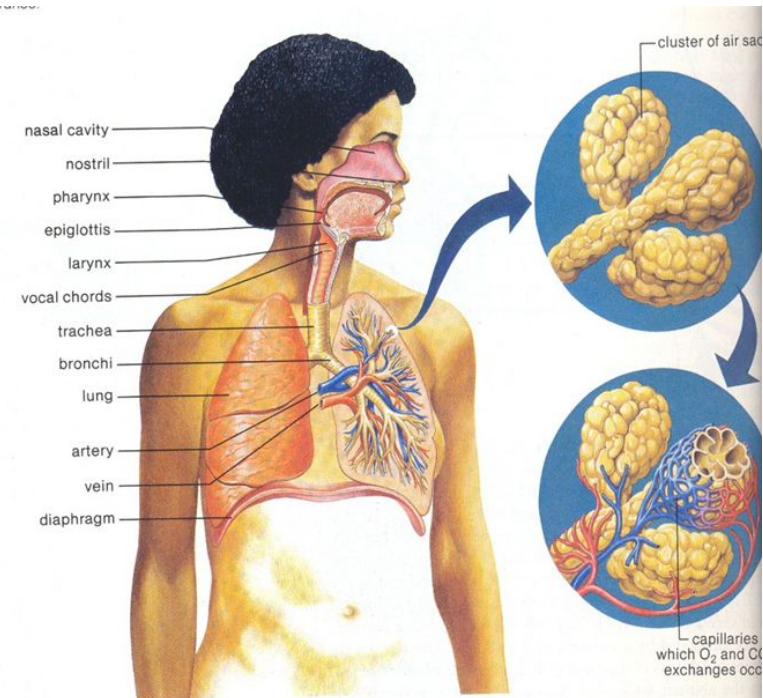
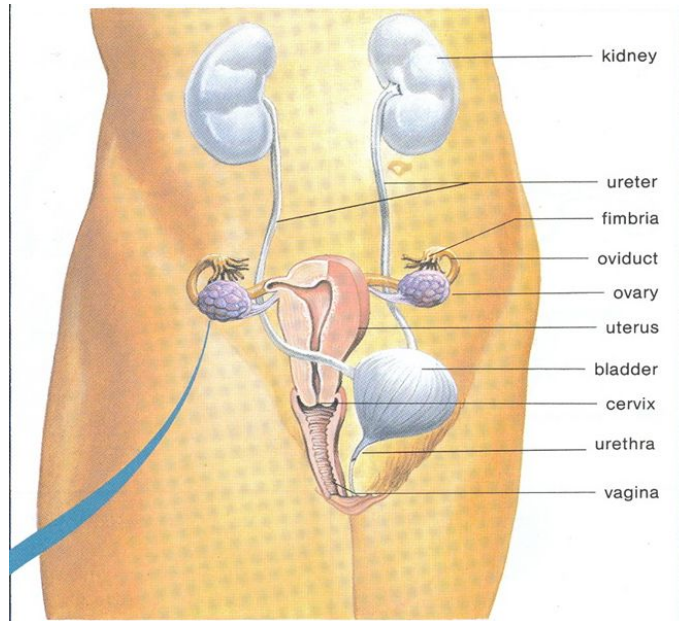
Субъединицы образуются в ядрышках, затем через ядерные поры перемещаются в гиалоплазму, объединяются в единую рибосому только после начала трансляции



# Органоиды специального значения

## 1. Реснички

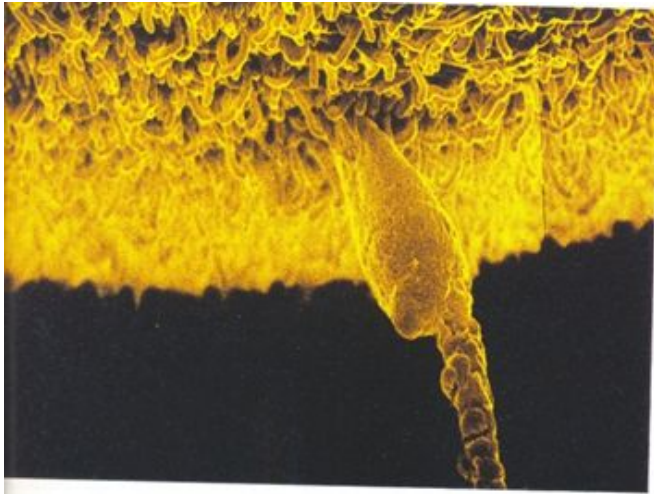
- выросты цитоплазмы клетки, внутренний каркас состоит из микротрубочек, которые формируют аксонему; способны к волнообразным движениям



Синдром Картагенера  
(неподвижных ресничек)

# Органоиды специального значения

## 2. Жгутики



# Включения

– временные и необязательные структуры клетки. Могут возникать в клетках как в норме, так и при патологических процессах. Появление включений в клетках может служить маркером (признаком), на основании которого можно предположить диагноз заболевания.

Классификация включение:

## 1. По происхождению

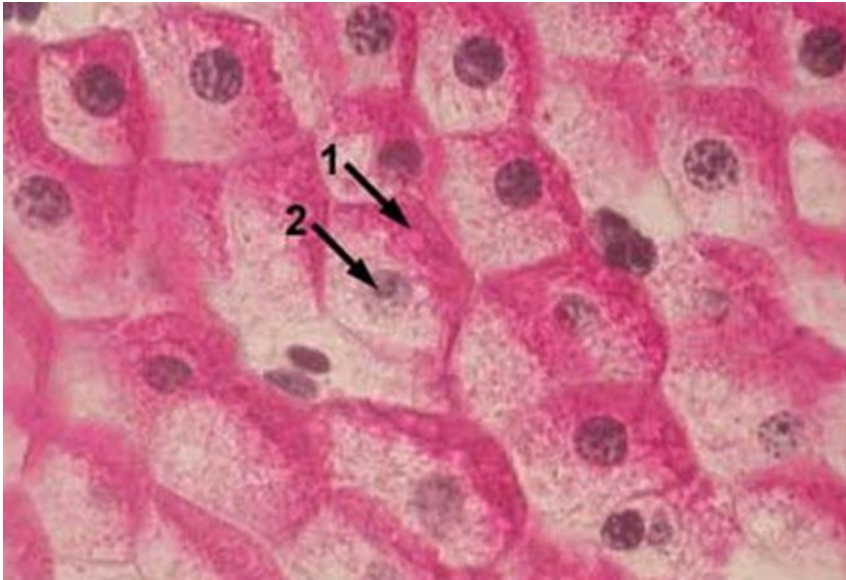
- экзогенные (красители, частицы пыли)
- эндогенные (образуются в результате жизнедеятельности клетки)

## 2. По функциональному значению

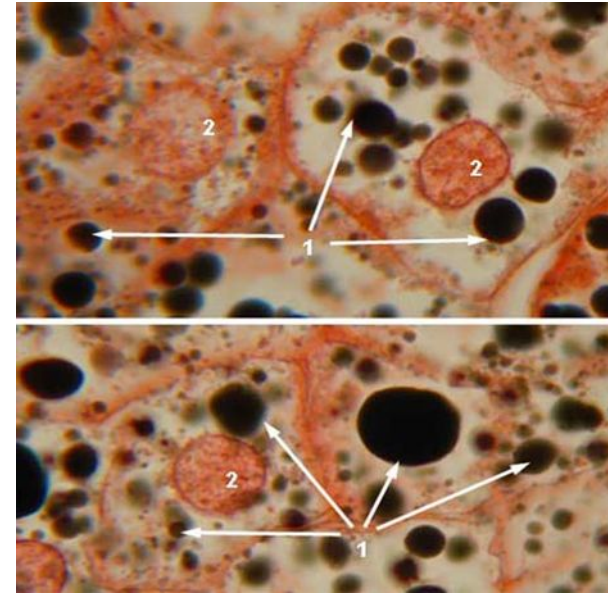
- трофические (гликоген и гемосидерин в клетках печени, жировые)
- секреторные – мембранные пузырьки, содержащие ферменты, гормоны, слизь
- пигментные (транспортные - **гемоглобин**, светозащитные - **меланин**, метаболические – **билирубин**, патологические - **липофусцин**)



# Медицинское значение включений



Гликоген




Жировые включения

## Ядро эукариотической клетки

- обязательный органоид клетки (есть исключение), гибель ядра – первый шаг к ее смерти
- количество ядер в клетке (одно, два или много)
- форма ядра (округлая, овальная, бобовидная, палочковидная, сегментированная)
- размеры ядра могут изменяться в зависимости от функциональной активности

**Функции ядра** определяются основным структурным компонентом – **ДНК**

- хранение
- сохранение (репарация)
- реализация
- воспроизведение
- передача
- разрушение внутриядерными эндонуклеазами



**Наследственной  
информации**

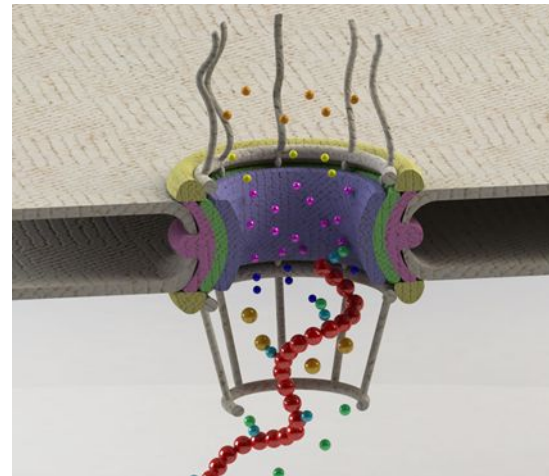
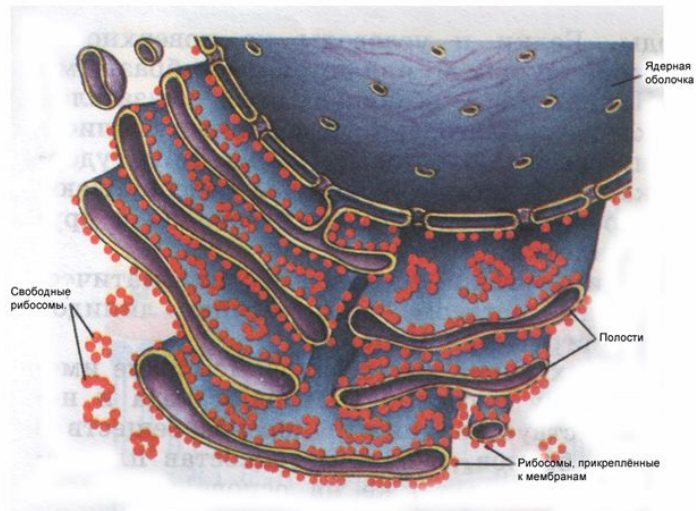


# Структурная организация ядра

1. **Ядерная оболочка** (кариолемма) состоит из двух мембран, разделенных перинуклеарным пространством.
  - наружная (внешняя) связана с рибосомами, как структура гр-ЭПС
  - внутренняя имеет ядерную пластинку, с которой определенными участками связываются хроматиновые нити

## 2. Ядерные поры

- количество 2000-4000 (3-5% от поверхности ядра)
- количество и диаметр пор зависит от интенсивности обмена веществ в клетке



## Функции ядерных пор:

- из ядра в гиалоплазму синтезированные РНК (информационные, транспортные, субъединицы рибосом
- из гиалоплазмы в ядро поступают нуклеотиды, ферменты и факторы регуляции процессов транскрипции и репликации; белки, входящие в состав хроматиновых нитей

**3. Ядерный сок** (кариоплазма) своеобразный аналог гиалоплазмы

# Структурная организация ядра

## 4. Ядрышки

- плотные округлой формы обязательные структуры ядра
- обнаруживаются в ядре клетки только в период интерфазы
- количество в ядре может варьировать от 1 до 10 (максимум)
- структурно связаны с определенными участками хроматиновых нитей, в которых локализируются гены, кодирующие рибосомные РНК. Эти участки называются ядрышковые организаторы и располагаются в области вторичной перетяжки пяти пар хромосом – 13, 14, 15, 21, 22.

## Функции:

- биосинтез рибосомных РНК
- сборка субъединиц рибосом

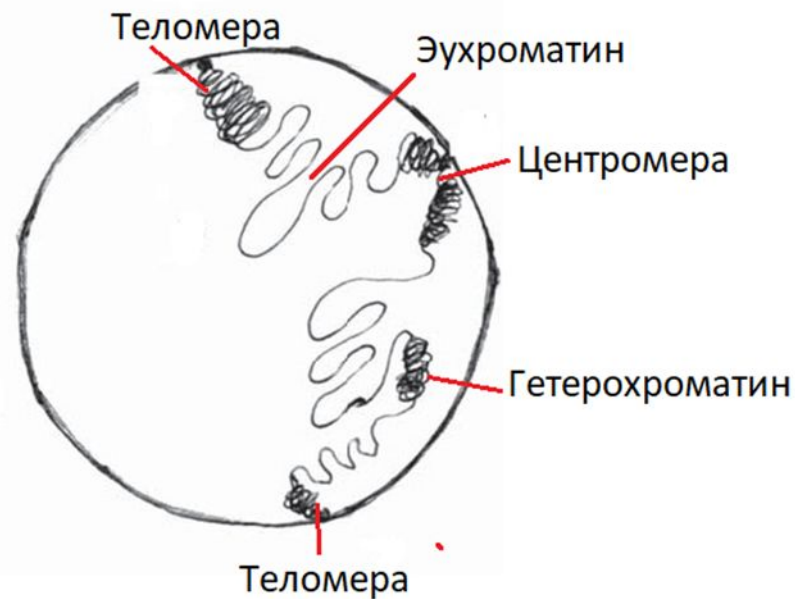
# Структурная организация ядра

## 5. Хроматиновые нити

- обнаруживаются в ядре клетки только в интерфазе
- во время митоза каждая хроматиновая нить формирует отдельную хромосому
- термин «хроматин» – совокупность всех хроматиновых нитей диплоидных клетки, термин «кариотип» – совокупность всех хромосом диплоидной клетки

## Структура хроматиновой нити

- содержит различные по степени спирализации чередующиеся участки – эухроматин и гетерохроматин
- **эухроматин** деспирализованный участок, не окрашивается красителями, не виден в световой микроскоп, транскрипционно активный. Локализация гена в области эухроматина является необходимым, но не главным условиям его экспрессии.
- **гетерохроматин** спирализованный (конденсированный) участок, хорошо окрашивается, обнаруживается в кариоплазме в виде гранул. Участки гетерохроматина могут связываться с ядерной пластинкой. Транскрипционно неактивен. Репликация происходит позднее, чем в участках эухроматина.



### Виды гетерохроматина:

1. Факультативный – способный переходить в эухроматин
2. Конститутивный – никогда и ни в одной клетке не переходит в состояние эухроматина. Подобные зоны располагаются в области центромерных областей хромосом. Полностью исключатся из функциональной активности клетки может и целая хромосома. X-хроматин (тельце Барра) – одна из двух X хромосом нормального женского кариотипа полностью спирализована и связана с внутренней ядерной мембраной.

**Биологический смысл эухроматина и гетерохроматина**

Один из механизмов регуляции активности генов в  
клетке.

Каждый тип клеток имеет не только свою уникальную  
морфологию, но и отличается по особенностям  
функционирования