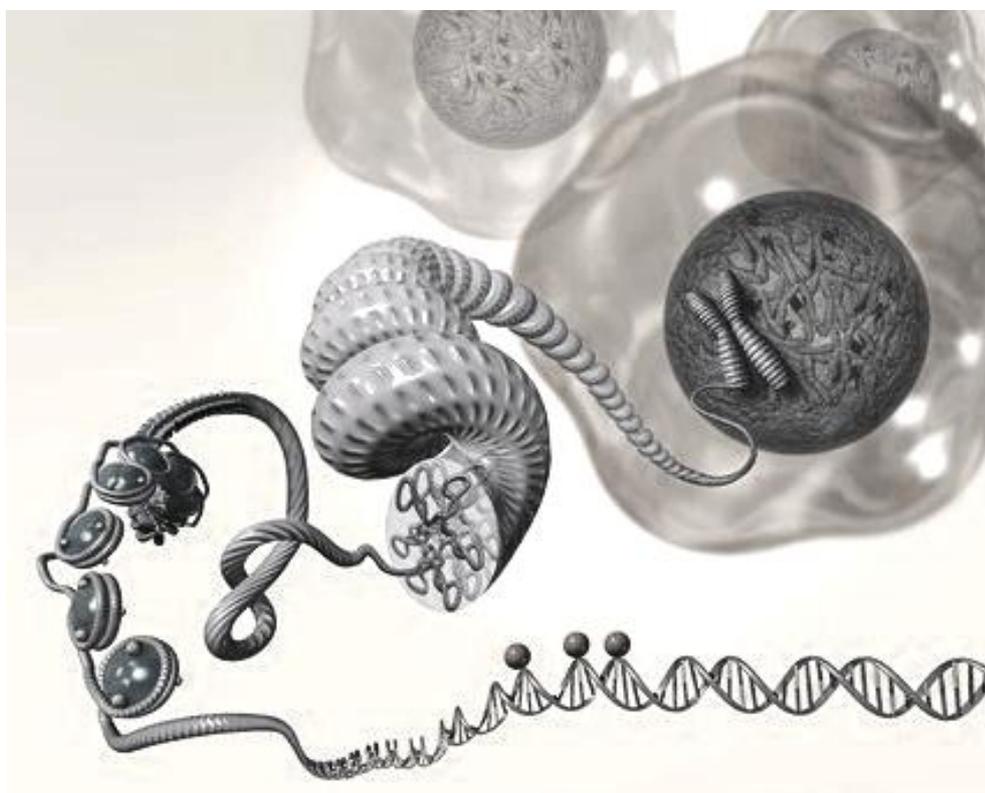


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Дрождина Е.П., Курносова Н.А., Михеева Н.А.

ЦИТОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие



Ульяновск, 2015г

УДК
ББК

Печатается по решению Ученого совета
Института медицины, экологии и физической культуры
Ульяновского государственного университета

Рецензенты:

доктор медицинских наук, заведующая кафедрой морфологии
Института медицины, экологии и физической культуры
Ульяновского государственного университета *Е.В. Слесарева*;
кандидат биологических наук,
доцент кафедры педагогики Ульяновского государственного
педагогического университета им. И.Н. Ульянова *Л.А. Казакова*

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Цитология» и предназначено для студентов экологического факультета специальности и направления подготовки бакалавриата «Биология». В пособии представлена характеристика структурно-функциональных особенностей клеток на основе данных световой и электронной микроскопии, приведены рекомендации по проведению лабораторных занятий, описание микропрепаратов и электронограмм клеток.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....
1.	Клетка как элементарная единица жизни.....
	<i>Лабораторное занятие №1.....</i>
	Задания.....
2.	Биологическая мембрана. Транспорт через мембрану.....
	<i>Лабораторное занятие №2.....</i>
	Задания.....
3.	Плазматическая мембрана.....
	<i>Лабораторное занятие №3.....</i>
	Задания.....
4.	Органоиды энергетического обмена.....
	<i>Лабораторное занятие №4.....</i>
	Задания.....
5.	Немембранные органоиды клетки. Включения.....
	<i>Лабораторное занятие №5.....</i>
	Задания.....
6.	Ядро.....
	<i>Лабораторное занятие №6.....</i>
	Задания.....
7.	Жизненный цикл клетки.....
	<i>Лабораторное занятие №7.....</i>
	Задания.....
	Рекомендуемая литература.....

Введение

Цель дисциплины – сформировать знания по основным разделам биологии клетки, строения, функциях и жизнедеятельности живых систем на молекулярном, субклеточном и клеточном уровнях, а также овладеть навыками исследовательской работы с биологическими объектами.

Задачами изучения дисциплины являются:

- систематизация теоретических знаний о современном состоянии учения о клетке;

- овладение понятиями современной цитологии;

- изучение организации регуляторных механизмов целостной клетки;

- овладение системным и историческим подходами к изучению многоуровневых живых систем как результата эволюционного процесса, формирование биологического стиля мышления;

- приобретение знаний о взаимозависимости и единстве структуры и функции, их изменчивости в процессе фило- и онтогенеза;

- овладение навыками исследовательской работы с биологическими объектами, ознакомление с методами и подходами к их изучению;

- выработка умений использовать полученные знания при изучении последующих биологических дисциплин.

Тема 1. Клетка как элементарная единица жизни.

1. Клеточная теория.
2. Прокариотические клетки.
3. Растительные и животные клетки.

1. Современная клеточная теория включает следующие положения:

1. Все растительные и животные организмы состоят из клеток.
2. Все клетки сходны по строению, основным свойствами происхождения.
3. Клеточное строение характеризует рост и развитие организмов.
4. Новые клетки образуются только путем деления клеток-предшественниц.
5. Многоклеточный организм представляет собой сложную систему взаимодействующих клеток, объединенных в ткани и органы и связанных друг с другом с помощью гуморальных и нервных факторов.

2. Прокариотические клетки

Надцарство Прокариот объединяет доядерные организмы, характеризующиеся отсутствием оформленного клеточного ядра. Система прокариот может быть представлена в следующем виде:

Надцарство Прокариоты (доядерные)

царство Дробянок

подцарство Архебактерии

Эубактерии

Цианобактерии

Структурная организация бактериальной клетки

Прокариоты имеют микроскопическую величину. В большинстве случаев размер клетки составляет 1 – 3 мкм. Для бактерий характерны три основные формы клеток: шаровидная или кокковидная, цилиндрическая (палочковидная) и извитая.

Бактериальная клетка состоит из следующих основных компонентов:

- поверхностные клеточные структуры и внеклеточные образования (клеточная стенка, капсула, жгутики, фимбрии);
- цитоплазматическая мембрана;
- цитоплазма с включениями;
- нуклеоид.

Клеточная стенка –поверхностный слой, расположенный снаружи от цитоплазматической мембраны, придающий бактерии определенную форму и сдерживающий высокое осмотическое давление в клетке.

Клеточная стенка *грамположительных бактерий* плотно прилегает к цитоплазматической мембране. Основную массу вещества клеточной стенки (40-90%) составляет муреин. Муреин - это органическое соединение сложного

строения, в состав которого входят аминсахара и 4-5 аминокислот. Клеточная стенка *грамотрицательных бактерий* многослойная. Внутренний электронно-плотный слой (2-3 нм) состоит из муреина. Снаружи к нему прилегает волнистый слой (8-10 нм), имеющий строение, характерное для элементарных мембран – это наружная мембрана. Снаружи клеточная стенка прокариот часто бывает окружена слизистым веществом. Такие образования в зависимости от структурных особенностей получили название капсул, микрокапсул, слизистых слоев или чехлов. Все они являются результатом биосинтеза клеткой органических полимеров.

Жгутики определяют подвижность бактерий. Представляют собой тонкие нити, длина которых превосходит длину клетки. Количество жгутиков может быть различным, от одного до нескольких десятков. Бактериальные жгутики состоят из белка флагеллина, субъединицы которого образуют полый цилиндр диаметром около 10 – 20 нм. Подвижные бактерии обладают способностью к таксису.

Фимбрии или пили короче и тоньше жгутиков, представляют собой полые нити диаметром около 10 нм. Фимбрии состоят из белка пилина. Выделяют 1) фимбрии, ответственные за адгезию, т.е. прикрепление к поражаемой клетке (пили общего типа); 2) фимбрии, ответственные за питание, водно-солевой обмен; 3) половые или конъюгационные (F-пили) принимают участие в половом процессе бактерий, необходимы в качестве тоннеля, по которому происходит передача ДНК. Являются необязательной клеточной структурой.

Цитоплазматическая мембрана прокариот по структуре и функциям не отличается от цитолеммы эукариот. Однако, есть отличия в химическом составе, например, в мембранах бактерий отсутствует холестерол. У некоторых архей мембранные липиды формируют монослойную мембрану, по толщине равную бислойной. Монослойная липидная мембрана обладает большей жесткостью по сравнению с бислойной. У прокариот цитоплазматическая мембрана является единственной мембраной.

Цитоплазма - содержимое клетки, окруженное цитоплазматической мембраной. Представляет собой коллоидную систему, неподвижна. В цитоплазме содержатся различные макромолекулы (тРНК, аминокислоты, нуклеотиды), могут быть включения. Рибосомы бактерий имеют коэффициент седиментации 70S (состоят из 50S и 30S субъединиц) в отличие от рибосом, характерных для эукариотических клеток, у которых коэффициент седиментации 80S (60S и 40S).

Характерная черта организации прокариот – отсутствие типичных мембранных органелл, т.е. структур, полностью отграниченных от цитоплазмы элементарными мембранами. При избыточном росте по сравнению с ростом клеточной стенки цитоплазматическая мембрана образует впячивания в виде сложно закрученных мембранных структур, называемых *мезосомами*. Хорошо

развитые и сложноорганизованные мезосомы характерны для грамположительных бактерий. У грамотрицательных бактерий мезосомы встречаются реже и устроены относительно просто организованы. Менее сложно закрученные структуры называют внутрицитоплазматическими мембранами.

Генетический аппарат прокариот – нуклеоид - представляет собой компактное образование, занимающее центральную область в цитоплазме и не отделенное от нее мембраной.

Вся генетическая информация прокариот содержится в кольцевой молекуле ДНК. В центре нуклеоида ДНК суперспирализована. В обеспечении такой организации ДНК участвуют молекулы РНК, белки гистоны у большинства прокариот отсутствуют. Суперспирализованные петли соответствуют неактивным в данное время участкам ДНК. По периферии нуклеоида располагаются деспирализованные участки, на которых происходит синтез иРНК. При этом процессы транскрипции и трансляции не разделены ни пространственно, ни временно, а идут одновременно, одна и та же молекула иРНК может быть связана и с ДНК и рибосомами.

Кроме нуклеоида, в бактериальной клетке содержатся «внехромосомные» факторы наследственности – *плазмиды*. Они представляют собой спирализованные кольцевые молекулы двухцепочечной ДНК. По размерам плазмиды составляют 0,1 – 5% от ДНК нуклеоида. Плазмиды способны автономно реплицироваться, также могут включаться в «хромосомную» ДНК и удваиваться вместе с ней. Плазмиды придают бактериям дополнительные свойства. Например, R-плазмиды несут гены, ответственные за устойчивость к лекарственным препаратам, F-плазмиды (факторы фертильности) определяют способность бактерий к конъюгации, плазмиды деградации контролируют способность бактерий расщеплять некоторые вещества.

Размножение большинства прокариот осуществляется путем бинарного деления. Перед делением клетки происходит репликация ДНК по полуконсервативному типу.

Обмен генетическим материалом у бактерий. Кроме основного механизма передачи генов - по наследству (по вертикали), у бактерий существуют формы обмена генетическим материалом по горизонтали, т.е. между отдельными особями в популяции клеток: конъюгация, трансформация, трансдукция.

- 1) *Трансформация* – процесс передачи генетической информации от донора к реципиенту в виде изолированной внеклеточной ДНК.
- 2) При *трансдукции* генетическая информация от одной клетки к другой переносится с помощью бактериофагов.
- 3) *Конъюгация* – процесс переноса ДНК осуществляется в результате прямого контакта между клетками бактерий.

3. Сравнительная характеристика растительных и животных клеток

Общие признаки

1. Общий план строения (ядро, цитоплазма, клеточная оболочка)
2. Универсальное строение мембран
3. Сходство процессов жизнедеятельности
4. Единство химического состава
5. Сходство процесса деления клетки

Отличительные признаки

Характеристика	Растительная клетка	Животная клетка
Форма клеток	Постоянная	Разнообразная, может изменяться
Пластиды	Лейкопласты, хлоропласты, хромопласты	Отсутствуют
Клеточный центр	У высших растений отсутствует	Есть во всех клетках
Вакуоли	Есть крупные вакуоли, заполненные клеточным соком	Крупные вакуоли отсутствуют, могут встречаться мелкие вакуоли (сократительные, секреторные)
Клеточная стенка	Есть, состоит из целлюлозы	Нет
Цитоплазматическая мембрана, гликокаликс	Гликокаликс отсутствует	На наружной поверхности мембраны есть гликокаликс
Эндоцитоз, экзоцитоз	Отсутствуют	Есть
Промежуточные филаменты	Отсутствуют	Есть
Основное запасное вещество	Крахмал	Гликоген

Лабораторное занятие №1

1. Бактериальная клетка (окраска по Граму), $\times 280$

При большом увеличении микроскопа рассмотрите скопления бактерий палочковидной формы. Цитоплазма бактериальной клетки окрашена с сине-фиолетовый цвет. Отдельные бактерии соединены друг с другом в цепочки большей или меньшей протяженности. Клеточные оболочки бактериальных клеток не выявляются и выглядят в виде прозрачного пространства между клетками, образующими цепочку.

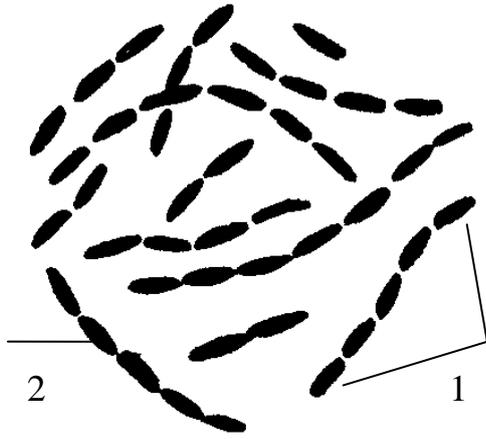


Рис 1. Бактериальная клетка

Зарисуйте участок цепочки, включающий несколько бактериальных клеток. Обозначьте на рисунке: 1) цепочка бактериальных клеток 2) бактерия палочковидной формы

2. Электронная микрофотография. Бактериальная клетка, $\times 12000$

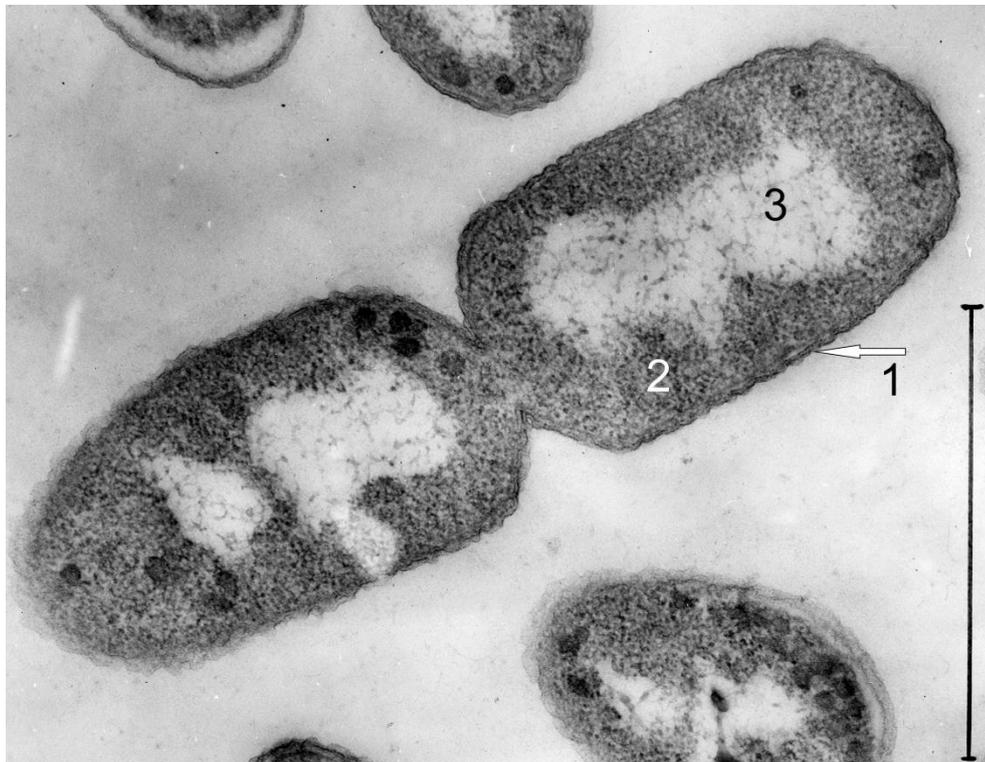


Рис.2. *Escherichia coli* в процессе деления

Рассмотрите электронную микрофотографию делящейся *Escherichia coli* (продольный срез клетки). Обратите внимание на клетки вытянутой формы, покрытые тонковолокнистой оболочкой (клеточная стенка). Под клеточной стенкой видна плазматическая мембрана. Цитоплазма имеет большую электронную плотность, имеет тонкую гранулярную структуру. В центральной зоне цитоплазмы видны более светлые участки. Это зона расположения бактериальной ДНК – нуклеоид.

Обозначьте на рисунке: 1)клеточная стенка2) цитоплазма3)нуклеоид.

3. Электронная микрофотография изолированного нуклеоида *E. coli*

Рассмотрите электронную микрофотографию нуклеоида, выделенного из клетки *E. coli*. Хорошо различимы расправленные петли ДНК. Некоторые петлевые домены суперскручены.

Обозначьте на рисунке:

1. Суперспирализованные центральные петли ДНК
2. Деспирализованные петли ДНК (показаны стрелками)

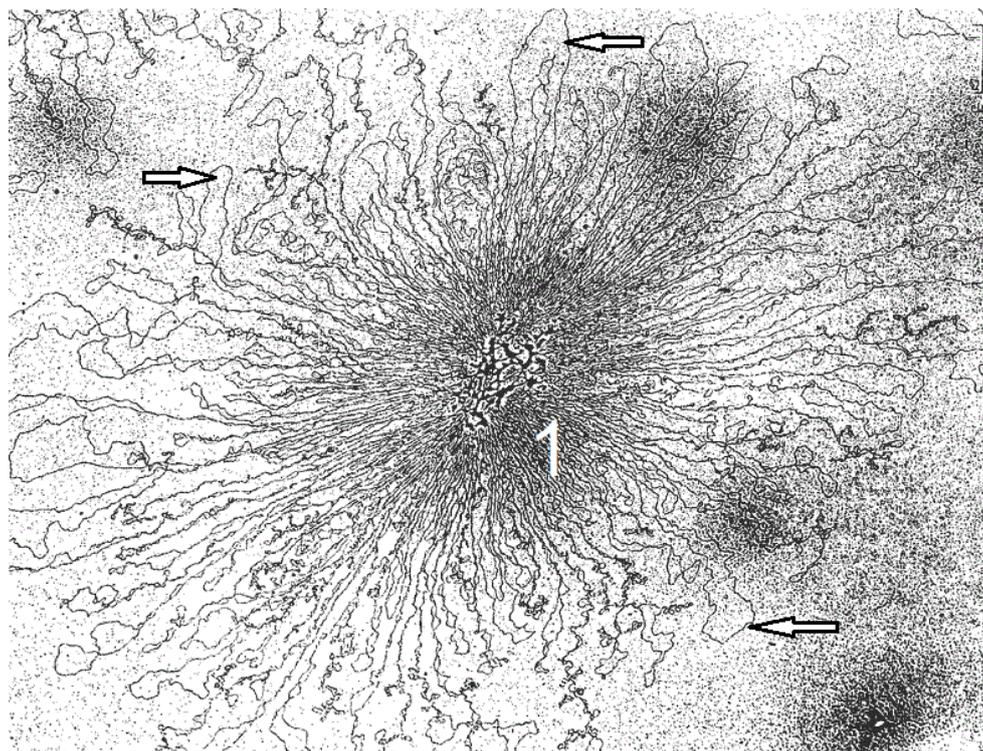


Рис.3. Изолированный нуклеоид *E. coli*

4. Растительная клетка (кожица лука), × 280 (временный препарат)

Для ознакомления со строением растительной клетки используют кожицу, покрывающую внутренние чешуи лука. Слегка надрезанная скальпелем или препаровальной иглой кожица легко снимается.

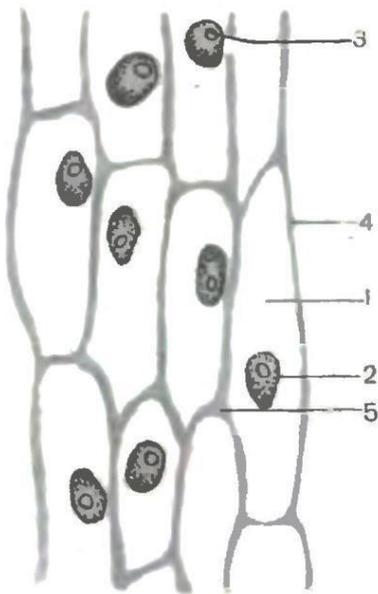


Рис. 4. Растительная клетка (кожица лука)

Рассмотрите клетки кожицы лука при малом и большом увеличении микроскопа. Клетки кожицы разных размеров, многоугольные, с тонкими, плотно сомкнутыми стенками (рис.4).

В некоторых участках стенки пересечены узкими каналами – порами, которые посередине перегородки невидимой в световой микроскоп мембраной. В клетке хорошо заметно ядро с ядрышком. Ядро окружено цитоплазмой, составляющей так называемый ядерный кармашек, соединенный тяжами с постенным слоем цитоплазмы.

Обозначьте на рисунке: 1 – цитоплазма, 2, 3 – ядро, 4, 5 – клеточная стенка.

5. Общая морфология животной клетки. Печень аксолотля (окраска гематоксилин-эозином), × 280

Рассмотрите препарат при малом увеличении микроскопа. Основу препарата составляют крупные многоугольные печеночные клетки. Они резко отграничены друг от друга и содержат относительно маленькие круглые ядра.

Рассмотрите препарат при большом увеличении. Цитоплазма клетки имеет зернистую или сетчатую структуру и окрашена эозином в розовый цвет,

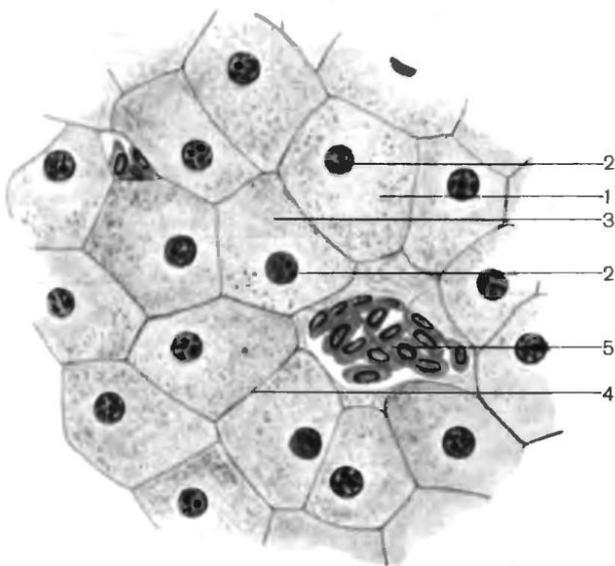


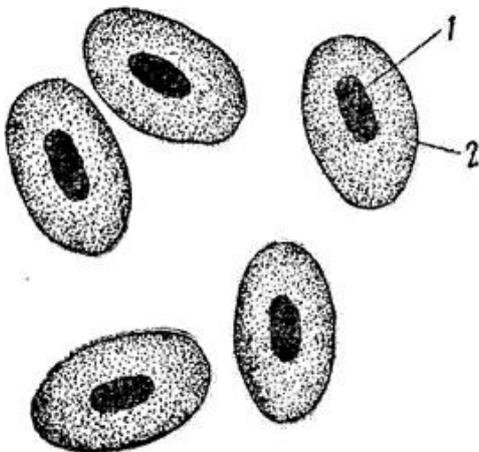
Рис. 5. Печень аксолотля

в ней видны бесцветные вакуоли, которые получаются в результате растворения фиксатором жира, находящегося в клетках печени в большом количестве. Почти в центре клетки лежит округлое ядро. Внутри ядра можно различить зерна и глыбки хроматина, интенсивно окрашивающегося гематоксилином в фиолетовый цвет. Среди зерен хроматина расположены одно или, реже, два круглых ядрышка, окрашенные эозином в розовый цвет. Нередко встречаются клетки с двумя ядрами.

На препарате, кроме клеток печени, могут встречаться еще скопления темно-коричневых отростчатых пигментных клеток. Иногда можно увидеть эритроциты - желтовато-красные клетки овальной формы с темно-фиолетовым ядром. Если срез прошел через край печени, то на препарате будут видны другие кровяные клетки, главным образом округлые лейкоциты, находящиеся на разных стадиях развития. У взрослых земноводных кроветворение происходит в краевой зоне печени.

Обозначьте на рисунке: 1 –печеночная клетка многоугольной формы, 2 – ядро, 3 – цитоплазма, 4 – граница клетки, 5 – капилляр с эритроцитами.

6. Эритроциты лягушки (окраска гематоксилин-эозином), × 280



Большинство клеток мазка являются эритроцитами. Они имеют овальную форму и плотное овальное ядро. Ядро интенсивно окрашивается гематоксилином в сине-фиолетовый цвет. Цитоплазма эритроцитов окрашивается эозином в оранжево-красный цвет за счет гемоглобина, растворенного в цитоплазме. Кроме эритроцитов в мазке крови встречаются лейкоциты тромбоциты.

Обозначьте на рисунке: 1 – ядро, 2 - цитоплазма

6. Отростчатые клетки в спинном мозге собаки, × 280(импрегнация серебром)

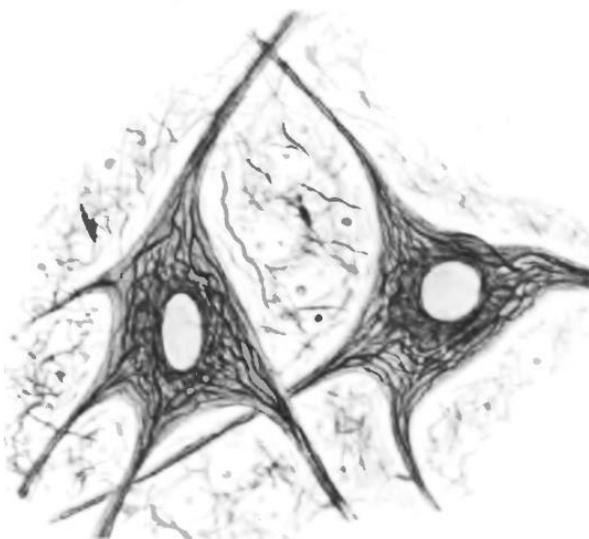


Рис. 7. Нервные клетки в спинном мозге собаки

На поперечном срезе спинного мозга серое вещество располагается в центре в виде бабочки, белое - по периферии. В середине находится отверстие - центральный канал. Более узкие выступы "бабочки"- задние рога, более широкие - передние. Наиболее крупные нервные клетки расположены в передних рогах серого вещества - это двигательные нейроны. На большом увеличении микроскопа рассмотрите форму двигательных нейронов.

Обратите внимание на наличие нескольких отростков. В связи с тем, что

отростки обычно перерезаны на очень близком расстоянии от тела нервной клетки, на срезе невозможно отличить дендриты от аксона. Ядро содержит одно круглое ядрышко и очень мало зернистого хроматина, имеет вид светлого пузырька.

Обозначьте на рисунке: 1 – ядро, 2 – цитоплазма, 3 – отростки нейрона.

Задания

1. Заполните таблицу «Сравнительная характеристика прокариот и эукариот»

Характеристика	Прокариоты	Эукариоты
Наличие ядра		
ДНК		
Мембранные органоиды		
Немембранные органоиды		
Цитоплазматическая мембрана		
Клеточная стенка		
Жгутики		
Движение цитоплазмы		
Дыхание		
Фотосинтез		
Размножение		

2. Закончите предложения

1. Клеточная теория сформулирована ... и ... в году.
2. Доядерные организмы, характеризующиеся отсутствием оформленного клеточного ядра, объединяют в надцарство
3. Основную массу вещества клеточной стенки бактерий составляет
4. Бактериальные жгутики состоят из белка ..., субъединицы которого образуют полый цилиндр диаметром около 10 – 20 нм.
5. Рибосомы бактерий имеют коэффициент седиментации
6. У прокариот отсутствуют типичные ... органеллы.
7. Впячивания цитоплазматической мембраны имеют вид сложно закрученных структур и называются
8. Генетический аппарат прокариот называется
9. «Внехромосомные» факторы наследственности бактериальной клетки называются

10. У бактерий существуют такие формы обмена генетическим материалом по горизонтали, как ... , и

3. Ситуационная задача. На препарате видны клетки кубической, призматической, округлой, веретеновидной и отростчатой форм. Какая из них выполняет сократительную функцию?

Основные понятия

нуклеоид

муреин

мезосомы

фимбрии (пили)

плазмиды

конъюгация

трансформация

трансдукция

Тема 2. Плазматическая мембрана.

1. Строение и функции плазматической мембраны.
2. Транспорт веществ через мембрану.

1. Строение и функции плазматической мембраны. Все клеточные мембраны построены по одному принципу и состоят из двойного слоя липидных молекул, в который включены молекулы белка. Такая модель строения мембраны называется жидкостно-мозаичной моделью (предложена Сингером и Николсоном в 1972г).

Липиды мембран.

Мембранные липиды относятся к амфифильным соединениям, имеющим в своем составе и гидрофильные и гидрофобные части. Амфифильный характер липидов мембраны способствует самопроизвольному образованию липидного бислоя, в котором гидрофобные «хвосты» обращены внутрь, а гидрофильные «головки» – наружу.

Двойной липидный слой (бислой) представлен преимущественно 3 основными группами липидов:

- 1) Фосфолипиды. Подразделяются на 2 группы: *глицерофосфолипиды* и *сфингофосфолипиды*.
- 2) Гликолипиды.
- 3) Стероиды (холестерол).

Фосфолипиды относят к дестабилизирующим мембрану липидам. Они делают бислой более лабильным, текучим. Увеличивается диффузия через мембрану, повышается вероятность ее разрыва. Гликолипиды с длинными углеводородными цепями, практически лишенными двойных связей, препятствуют перемещению липидов и оказывают тем самым стабилизирующее действие.

В зависимости от температуры холестерол оказывает неодинаковое влияние на свойства мембраны. При высоких температурах он служит препятствием для движения остатков жирных кислот фосфолипидов, стабилизирует мембрану. При низких температурах холестерин имеет обратный эффект – не позволяет мембранам разрушаться при замораживании и определяет жидкостность мембраны. Таким образом, холестерол играет роль регулятора, обеспечивающего оптимальную упаковку липидной части мембраны, необходимую для ее нормальной работы.

Подвижность липидов в бислое:

- 1) латеральная диффузия – перемещение липидов в пределах одного монослоя параллельно поверхности мембраны;
- 2) колебания углеводородных цепей;
- 3) вращение вокруг длинной оси;

4) трансмембранный переход по типу флип-флоп – перемещение липида из одного монослоя в другой. Такой переход осуществляется значительно медленнее и, как правило, с участием белков-переносчиков.

Мембранные белки

В среднем по молекулярной массе белки в мембранах составляют около 50%. Но так как липидные молекулы имеют небольшой размер (около 0,5 нм) и молекулярный вес, их количество по отношению к количеству белковых молекул выше в 50 раз. Поэтому белковые молекулы «вкраплены» в билипидный слой мембраны.

По положению в мембране белки подразделяются:

1. Интегральные белки полностью погружены в мембрану.
2. Полуинтегральные белки частично полностью погружены в мембрану.
3. Периферические (поверхностные) расположены на поверхности мембраны (большая часть со стороны цитоплазмы).

Белки связываются с мембраной с помощью нековалентных взаимодействий двух типов:

- *ионные* (осуществляются на уровне полярных голов фосфолипидов, характерны для периферических белков, которые легко выделяются из мембраны).
- *гидрофобные* (в толще бислоя, характерны для интегральных белков; выделить из мембраны такие белки можно лишь разрушив мембрану).

Белки в бислое лабильны, при этом их подвижность в бислое контролируется липидами.

По биологической роли мембранные белки условно можно разделить на три группы:

- I – белки-ферменты, обладающие каталитической активностью,
- II – рецепторные белки,
- III – структурные белки.

Плазматическая мембрана выполняет функции:

- 1) барьерную, ограничивает внутреннее содержимое клетки;
- 2) транспортную, регулирует транспорт веществ в клетку и из нее.

Барьерно-транспортная функция плазмолеммы клеток животных связана с наличием дополнительного компонента – гликокаликса. Гликокаликс – внешний по отношению к плазматической мембране слой, состоящий из полисахаридных цепочек интегральных белков – гликопротеидов. Слой гликокаликса сильно обводнен, имеет желеподобную консистенцию, что значительно снижает скорость диффузии различных веществ. Здесь же могут находиться выделенные клеткой гидролитические ферменты, участвующие во внеклеточном расщеплении полимеров.

2. Транспорт веществ через мембрану.

Транспорт веществ через мембраны можно разделить на 2 типа: пассивный и активный транспорт.

1. *Пассивный транспорт* – транспорт по градиенту концентрации, без затраты энергии. Например, простая и облегченная диффузия.

Простая диффузия – самопроизвольное перемещение вещества через полупроницаемую мембрану из области высокой концентрации в область низкой концентрации. Таким способом переносятся через мембрану низкомолекулярные гидрофобные органические соединения (например, жирные кислоты), а также небольшие нейтральные молекулы (H_2O , O_2 , CO_2). При увеличении разности концентраций по обе стороны мембраны, прямо пропорционально будет увеличиваться и скорость диффузии. При выравнивании концентраций, диффузия прекратится.

Облегченная диффузия – перемещения вещества по градиенту концентрации, без затраты энергии, но с участием белков-переносчиков – транслоказ. Транслоказы – интегральные белки мембраны, обладающие специфичностью в отношении переносимых веществ. Примеры – анионные каналы в плазмолемме эритроцитов, Ca^+ -каналы в мембранах ЭПС мышечных волокон.

2. *Активный транспорт* – транспорт веществ против градиента концентрации, идет с затратой энергии. Осуществляется с помощью ионных насосов. Например, Na/K – насос.

Na/K – насос (Na/K – АТФ-аза) – интегральный белок мембраны, состоящий из 2 субъединиц (α, β). α -субъединица имеет участки связывания для Na^+ и АТФ на стороне цитоплазмы, и для K^+ – на наружной поверхности. Этот насос за один цикл выводит из клетки 3 иона Na^+ и закачивает в клетку 2 иона K^+ против градиента концентрации. При этом затрачивается одна молекула АТФ. С помощью мембранных насосов происходит также регуляция в клетке концентрации и двухвалентных катионов Mg^{2+} и Ca^{2+} .

Транспорт в мембранной упаковке (везикулярный перенос)

Выделяют 2 вида везикулярного переноса: эндоцитоз и экзоцитоз.

1. Экзоцитоз – это выведение из клетки макромолекул.

2. Эндоцитоз – поглощение клеткой макромолекулярных веществ.

Эндоцитоз формально подразделяется на:

а) *фагоцитоз* - захват и поглощение клеткой крупных частиц (более 1 мкм, иногда клеток или их частей). Для фагоцитоза характерно появление на поверхности клетки выростов или складок, которые затем сливаются.

б) *пиноцитоз* – поглощение клеткой мелких частиц (0,3 мкм – 100 нм), как правило, жидкости и растворенных веществ. При этом образуются небольшие впячивания мембраны, инвагинации.

Эндоцитоз, включая пино- и фагоцитоз, может быть неспецифическим или постоянным и специфическим, опосредуемым рецепторами (рецепторным). *Неспецифический эндоцитоз* протекает автоматически и часто может приводить к захвату и поглощению совершенно чуждых или безразличных для клетки веществ. При специфическом эндоцитозе поглощаются молекулы, для которых на плазматической мембране есть специфические рецепторы, ассоциирующиеся только с данным типом молекул. Такие молекулы, связывающиеся с белками-рецепторами на поверхности клеток, называют *лигандами*. Пример специфического эндоцитоза - транспорт в клетку холестерина.

Эндоцитоз происходит в специализированных участках плазматической мембраны. Это так называемые *окаймленные ямки*. Эти ямки есть почти у всех клеток животных, они занимают около 2% клеточной поверхности. В этих участках мембрана со стороны цитоплазмы покрыта тонким слоем белка *клатрина*. Клатрин с рядом дополнительных белков образуют на внутренней поверхности ямок плазматической мембраны рыхлую сеть, которая «одевает» образующийся эндосомный пузырек. В отделении эндосомы участвуют также белки - динамины, которые полимеризуются вокруг шейки отделяющегося пузырька. После того как окаймленный пузырек отделится от плазмолеммы и начнет переноситься вглубь цитоплазмы клатриновый слой распадается, эндосомы начинают сливаться друг с другом.

Лабораторное занятие №2

1. Плазмолиз в клетках кожицы чешуи луковицы репчатого лука

Осмотические свойства растительных клеток можно продемонстрировать, поместив растительную ткань в концентрированный (гипертонический) раствор. Для ознакомления с особенностями плазмолиза используют кожицу, покрывающую внутренние чешуи лука.

Если клетка помещена в среду, осмотическое давление которой выше осмотического давления самой клетки, то вода из вакуоли будет выходить через цитоплазму и оболочку наружу. Плазмалемма и тонопласт, обладающие эластичностью, при этом сокращаются, плазмалемма отходит от стенок клетки - происходит плазмолиз. Цитоплазма в клетках кожицы лука вязкая, что подтверждает характер плазмолиза. Во многих клетках плазмолиз вогнутый. Отошедшие от стенок искривленные участки протопласта обращены к стенкам вогнутыми сторонами. В некоторых местах протопласт связан с клеточными

стенками тонкими цитоплазматическими тяжами – «нитеями Гехта», часть которых со временем разрывается.

Плазмолизированную клетку можно вернуть в первоначальное состояние, заменив гипертонический плазмолизирующий раствор водой. В этом случае клеточный сок, осмотическое давление которого окажется выше, чем в окружающей среде, будет активно всасывать воду, объем вакуоли увеличится, цитоплазма окажется оттесненной к стенкам клетки - произойдет деплазмолиз.

Лучше всего наблюдать плазмолиз в клетках лиловых чешуй лука. Окраска чешуй обусловлена наличием в клеточном соке водорастворимого пигмента – антоциана. По мере выхода из вакуоли воды концентрация пигмента увеличивается и окраска клеточного сока становится интенсивнее.

Материалы и оборудование: луковица синего лука, 1М раствор KNO_3 (можно заменить на слабые растворы $NaCl$, $Ca(NO_3)_2$, глюкозы, сахарозы, глицерина), скальпель или лезвие бритвы, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, микроскопы, стакан с водопроводной водой, фильтровальная бумага, стеклянные палочки.

Ход работы. Приготовить временный препарат чешуи лука. Снять кожу с выпуклой стороны сочной чешуи лука, содержащей антоциан.

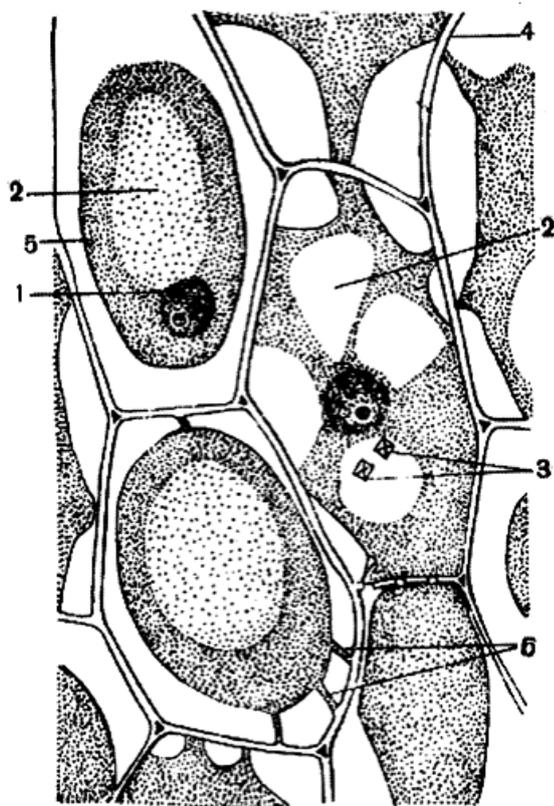


Рис. 8. Плазмолизованные клетки чешуи лука

Поместить препарат на предметное стекло в каплю воды и накрыть предметным стеклом. Рассмотреть препарат при малом и большом увеличении. Заменить воду на раствор KNO_3 . Следить в микроскоп за изменениями в клетках. Зарисовать клетки эпидермиса внутренней чешуи луковицы лука: общий вид и плазмализированные клетки. Описать последовательные стадии плазмолиза: уголковый, вогнутый, выпуклый (округлый). Заменить раствор под покровным стеклом на воду. Наблюдать за деплазмолизом клеток.

Обозначьте на рисунке: 1 – ядро; 2 – вакуоли; 3 – кристаллы оксалата кальция; 4 – оболочка клетки; 5 – плазмалемма; 6 – нити Гехта.

2. Электронная микрофотография. Микроворсинки клеток кишечного эпителия, × 61000

Рассмотрите апикальную поверхность клеток кишечного эпителия. Обратите внимание на густую сеть гликокаликса, покрывающую микроворсинки (показана стрелками).

Обозначьте на рисунке: 1 – микроворсинки, 2 –гликокаликс.

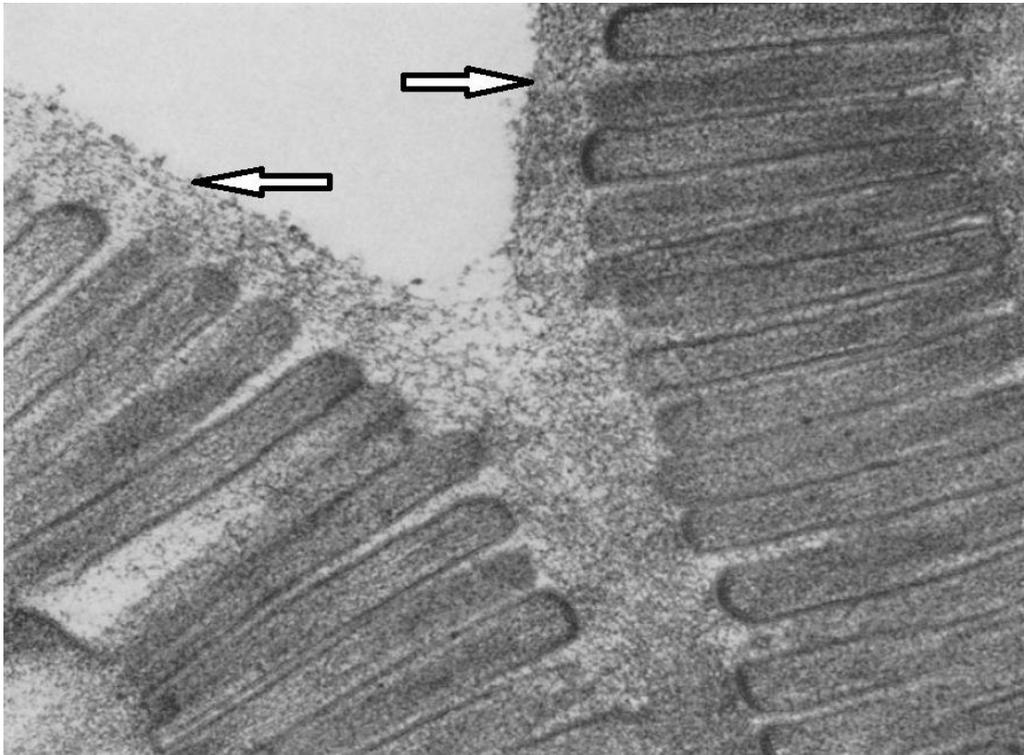


Рис. 9. Апикальная поверхность двух клеток подвздошной кишки кошки.

3. Электронная микрофотография. Эндоцитоз.

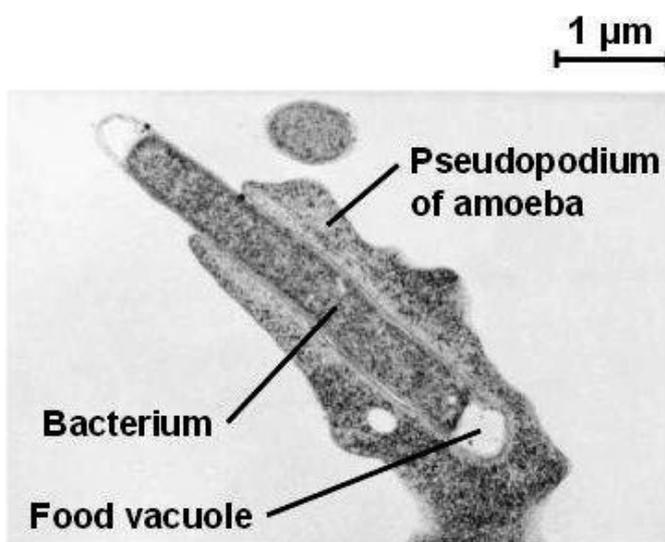


Рис. 10. Амеба, поглощающая бактериальную клетку путем фагоцитоза

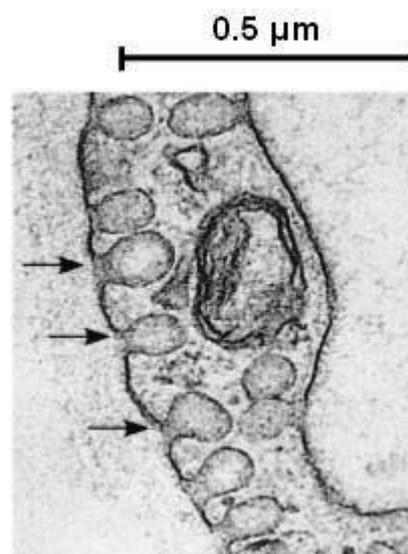


Рис. 11. Пиноцитоз в эндотелии капилляров

3. Электронная микрофотография. Экзоцитоз.

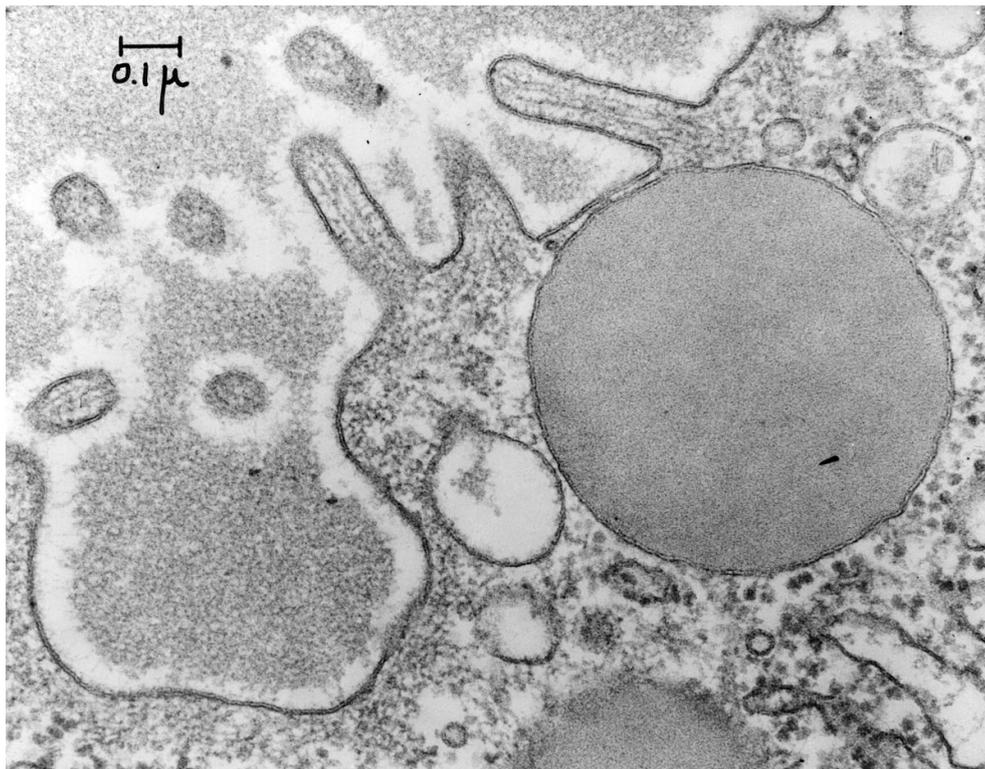


Рис. 12. Экзоцитоз в клетках поджелудочной железы крысы, $\times 48000$

Задания

1. Закончите предложения

1. Концепция липидного бислоя предложена в... году.
2. В настоящее время общепринятой является... модель, предложенная ... и ... в ... году.
3. В молекулах мембранных липидов различают две части: хвосты, состоящие из; и ... головки.
4. Мембранные липиды относятся к соединениям
5. Бислой представлен преимущественно 3 основными группами липидов: ... , ... и
6. К дестабилизирующим мембрану липидам относят ... и
7. Стабилизирующее действие на мембрану оказывают
8. В среднем по молекулярной массе белки в мембранах составляют около ... %.
9. По положению в мембране белки подразделяются на ,.... и
10. Белки связываются с мембраной с помощью нековалентных взаимодействий двух типов: ... и

11. Мембранные белки по биологической роли условно можно разделить на три группы: ... , ... и
12. С помощью простой диффузии через мембрану переносятся и
13. Транспорт по градиенту концентрации, без затраты энергии называется
14. Транспорт против градиента концентрации, происходящий с затратой энергии называется
15. Простая и облегченная диффузия – это примеры транспорта.
16. Ионные насосы – это пример транспорта.
17. Na/K – насос за один цикл выводит из клетки иона Na^+ и закачивает в клетку....иона K^+ против градиента концентрации. При этом затрачивается молекул(а) АТФ.
18. В образовании и отделении эндосомы участвуют белки ... и

2. Ситуационные задачи.

1. Предложена микрофотография клетки. На ее апикальной поверхности имеются многочисленные пальцевидные выросты цитоплазмы, покрытые снаружи цитолеммой. Внутри выроста расположены структуры, состоящие из микротрубочек. Назовите эти структуры и их функциональное значение.

2. Предложены электронные микрофотографии двух клеток. Поверхность одной из них образует многочисленные выросты цитоплазмы. Поверхность другой - гладкая. У какой из этих клеток будет активнее эндоцитоз?

3. Под плазмолеммой клетки видны многочисленные мелкие светлые пузырьки. Назовите эти структуры и с каким процессом они связаны?

4. Представлены две активные биологические мембраны. На одной из них имеется слой гликокаликса, состоящий из полисахаридов. На другой этого слоя нет. Какая из этих мембран является цитолеммой?

5. В кабинет дерматовенеролога обратился больной. Из гнойного мазка уретры этого пациента врач приготовил мазки, окрасил их за Граммом. Во время микроскопии обнаружил большое количество грамнегативных диплококков бобовидной формы, которые располагались в цитоплазме лейкоцитов. Результаты какого процесса наблюдаются в препарате?

6. За пределами цитолеммы и в цитоплазме клетки находятся ионы, концентрация которых в клетке больше, чем снаружи. Возможен ли транспорт этих ионов в клетку? Если это возможно, то каков механизм?

7. Клетку обработали веществами, нарушающими конформацию белков, входящих в состав цитолеммы. Какие функции клеточной мембраны будут нарушены?

Основные понятия

рафты

трансмембранная асимметрия

пассивный транспорт через

мембрану

активный транспорт через

мембрану

транслоказа

эндоцитоз

экзоцитоз

фагоцитоз

пиноцитоз

диффузия

осмос

цитоплазма

гиалоплазма

Тема 3. Вакуолярная система клетки.

1. Эндоплазматическая сеть.
2. Аппарат Гольджи.
3. Лизосомы.

Вакуолярная система клетки состоит из одномембранных органоидов (эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, секреторные вакуоли), которые выполняют общую функцию синтеза, модификации и выведения из клетки биополимеров, а также функцию синтеза мембран.

1. Эндоплазматическая сеть (ЭПС).

Встречается у всех эукариот. На срезах клетки мембраны ЭПС имеют вид узких каналов. Ширина их полостей может варьировать в зависимости от функциональной активности клетки.

Выделяют два типа ЭПС: гранулярную (шероховатую) и агранулярную (гладкую).

1. На мембранах *гранулярной ЭПС* расположены рибосомы в виде полисом (множество рибосом, объединенных одной иРНК). Эти рибосомы прикрепляются к мембранам своей большой субъединицей. Гранулярная ЭПС в клетках может быть представлена или в виде редких разрозненных мембран или же в виде локальных скоплений таких мембран - эргастоплазмы. Редкие одиночные мембраны гранулярной ЭПС характерны для недифференцированных клеток или клеток с низкой метаболической активностью. Эргастоплазма характерна для клеток, активно синтезирующих белки. Так, в клетках печени гранулярная ЭПС собрана в отдельные зоны (тельца Берга), так же как в некоторых нервных клетках (тигроид).

Функции. Рибосомы, связанные с мембранами ЭПС, участвуют в синтезе белков, выводимых из данной клетки, т.н. "экспортируемых" белков. Гранулярная ЭПС также выполняет функции накопления, обособления и транспорта синтезированных белков.

2. *Агранулярная (гладкая) ЭПС.* На мембранах гладкой ЭПС рибосомы отсутствуют. Выполняет функции:

- Синтез липидов. Гладкой ЭПС богаты клетки коркового вещества надпочечников, интерстициальные клетки семенников, участвующие в синтезе стероидных гормонов, а также клетки сальных желез в самом начале накопления жира.
- Принимает участие в метаболизме углеводов. В клетках печени, в мышечных волокнах гликоген откладывается в зонах богатых каналами гладкой ЭПС.

- Осуществляет реакции детоксикации, в результате которых обезвреживаются как лекарственные препараты, так и вредные соединения, образующиеся в процессе метаболизма.
- В поперечнополосатых мышцах гладкая ЭПС (саркоплазматическая сеть) выполняет функцию депонирования ионов кальция.

2. Аппарат Гольджи.

Аппарат Гольджи обычно расположен около клеточного ядра, а в животных клетках находится вблизи клеточного центра. Отдельная зона скопления мембран аппарата Гольджи называется *диктиосомой*. В диктиосоме плотно друг к другу расположены плоские мембранные мешки, или цистерны, между которыми располагаются тонкие прослойки гиалоплазмы. Каждая отдельная цистерна имеет переменную толщину; в центре ее мембраны могут быть сближены, а на периферии иметь расширения, ампулы. Количество таких цистерн в стопке обычно не превышает 5-10. Кроме плотно расположенных плоских цистерн в зоне аппарата Гольджи наблюдается множество вакуолей. Они группируются на стороне, примыкающей к ЭПС, а также по периферии стопки вблизи расширенных краев каждой цистерны. Эти пузырьки переносят белки и липиды в аппарат Гольджи, транспортируют их из него и между остальными цистернами.

В зоне диктиосомы различают:

- проксимальный или формирующийся, цис-участок,
- дистальный или зрелый, транс-участок.

Между ними располагается средний или промежуточный участок аппарата Гольджи. Аппарат Гольджи развит в секреторных клетках, при этом обычно поляризован: его проксимальная часть обращена к цитоплазме и ядру, а дистальная - к поверхности клетки. В клетках отдельные диктосомы могут быть связаны друг с другом системой вакуолей и цистерн. Таким образом, образуется рыхлая трехмерная сеть.

Функции:

- участвует в накоплении и отделении продуктов, синтезированных в ЭПС;
- участвует в химических перестройках органических веществ, главным образом в перестройке олигосахаридных компонентов гликопротеинов;
- с помощью аппарата Гольджи происходит процесс выведения готовых секретов за пределы клетки;
- является источником клеточных лизосом.

3. Лизосомы

Лизосомы образуются за счет активности ЭПС и аппарата Гольджи, основная их функция заключается в участии в процессах внутриклеточного

расщепления экзогенных и эндогенных биополимеров. Содержат около 40 гидролитических ферментов, оптимум действия которых осуществляется при рН 5. Одной из характерных гидролаз является кислая фосфатаза.

Можно выделить 3 типа лизосом: первичные лизосомы, вторичные лизосомы и остаточные тельца.

1) *Первичные* лизосомы - мелкие мембранные везикулы размером около 100 нм, заполненные бесструктурным веществом. Содержат набор гидролаз, в том числе и кислую фосфатазу. Ферменты первичных лизосом не активны.

2) *Вторичные лизосомы* образуются при слиянии первичных лизосом с фаго- или пиносомами. Поглощенные биогенные вещества расщепляются гидролазами лизосомы до мономеров, которые транспортируются в гиалоплазму и включаются в обменные процессы.

а) Разновидность вторичных лизосом – *аутолизосомы*, «переваривающие» собственные компоненты клетки (митохондрии, пластиды, элементы ЭПС, рибосомы, гранулы гликогена).

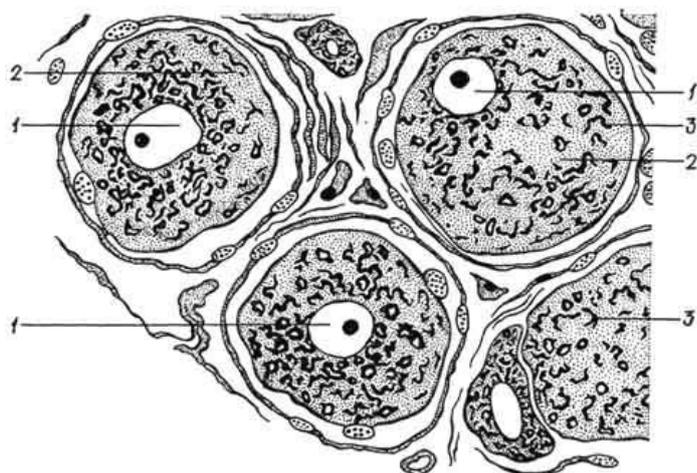
3) *Телолизосомы*, или *остаточные тельца* образуются, если расщепление макромолекул внутри лизосом происходит не до конца. В этом случае в полостях лизосом происходит накопление непереваренных продуктов. Остаточные тельца уже содержат меньше гидролитических ферментов, в них происходит уплотнение содержимого, его перестройка. Часто в остаточных тельцах наблюдается вторичная структуризация непереваренных липидов, которые образуют слоистые структуры. Там же происходит отложение пигментных веществ. У человека при старении организма в клетках мозга, печени и в мышечных волокнах в телолизосомах происходит отложение “пигменте старения” - липофусцина.

Лабораторное занятие №3

1. Комплекс Гольджи, ×280 (импрегнация солями серебра)

На продольном срезе ганглия при малом увеличении видны большие округлые нервные клетки со светлым ядром, окруженные соединительнотканными прослойками. Они расположены группами, между которыми проходят нервные волокна.

Рассмотрите нервную клетку при большом увеличении микроскопа. Аппарат Гольджи имеет вид узкопетливой сети, расположенной в цитоплазме вокруг ядра клетки. Иногда эта сеточка непосредственно прилегает к ядру, в других случаях располагается между ядром и оболочкой клетки. В некоторых нервных клетках элементы аппарата Гольджи не собраны вокруг ядра, а разбросаны по всей цитоплазме.



Обозначьте на рисунке:

1 - ядро с ядрышком,

2 - цитоплазма,

3 - комплекс Гольджи

Рис. 13. Комплекс Гольджи в нервных клетках спинального ганглия

2. Электронная микрофотография. Шероховатая ЭПС в клетках Пуркинье коры мозжечка (отрезок – 1 мкм)

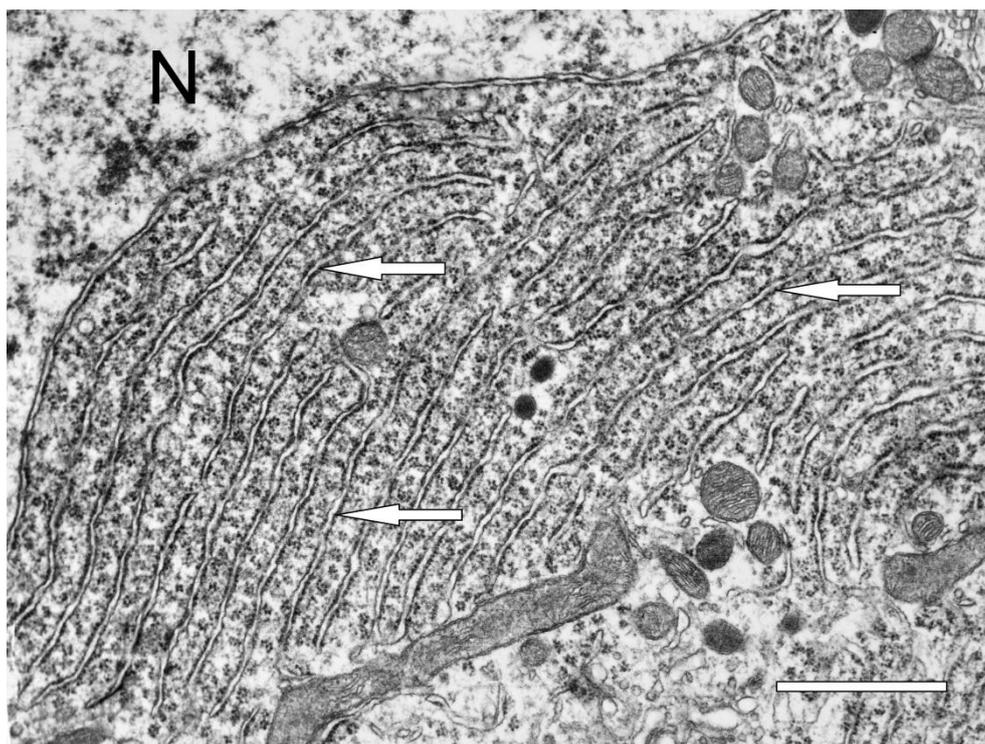


Рис. 14. Шероховатая ЭПС в клетках Пуркинье коры мозжечка, образующие тигроид (вещество Ниссля)

Обозначьте на рисунке: 1 – ядро клетки Пуркинье (N), 2 – каналы шероховатой ЭПС (показаны стрелками).

3. Электронная микрофотография. Гладкая ЭПС в клетках коркового вещества надпочечников, $\times 80000$

Обозначения: 1 – каналы гладкой ЭПС (показаны стрелками)

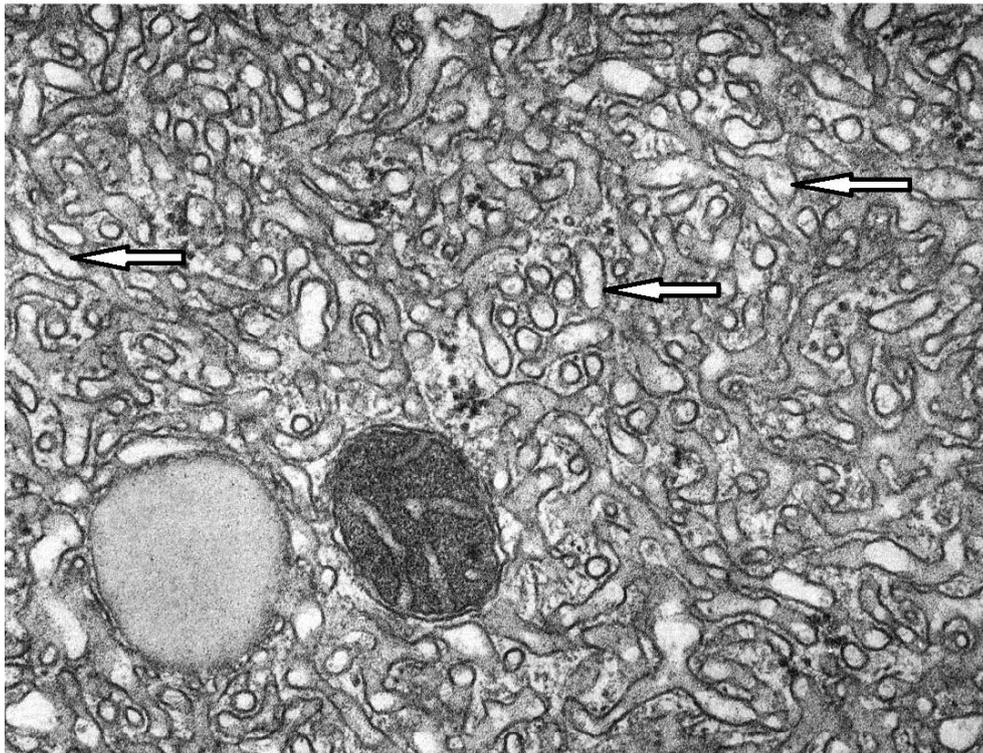


Рис. 15. Гладкая ЭПС в клетках коркового вещества надпочечников.

4. Электронная микрофотография. Аппарат Гольджи в нервной клетке (отрезок – 300 нм)

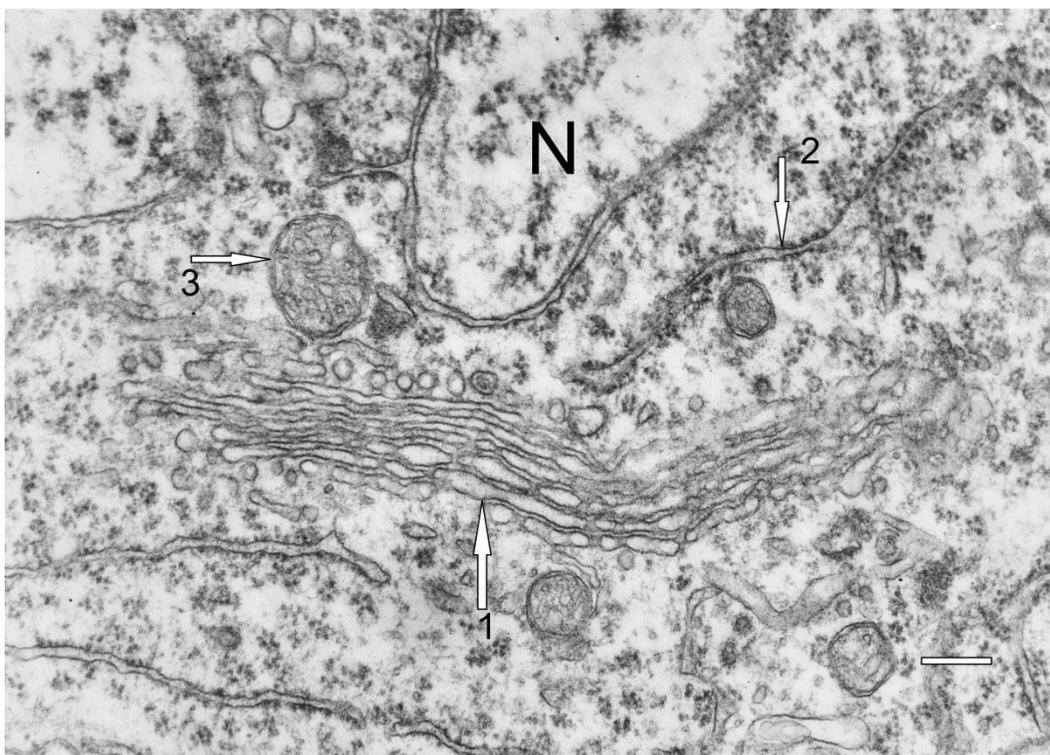


Рис. 16. Аппарат Гольджи в нервной клетке.

Обозначьте на рисунке: 1 – цистерны аппарата Гольджи, 2 - каналы гранулярной ЭПС, 3 – митохондрии, 4 - ядро (N)

5. Электронная микрофотография. Лизосомы в клетках печени, ×50000

Обозначьте на рисунке: 1 – вторичные лизосомы, 2 – митохондрии, 3 – шероховатая ЭПС, 4 – граница двух клеток

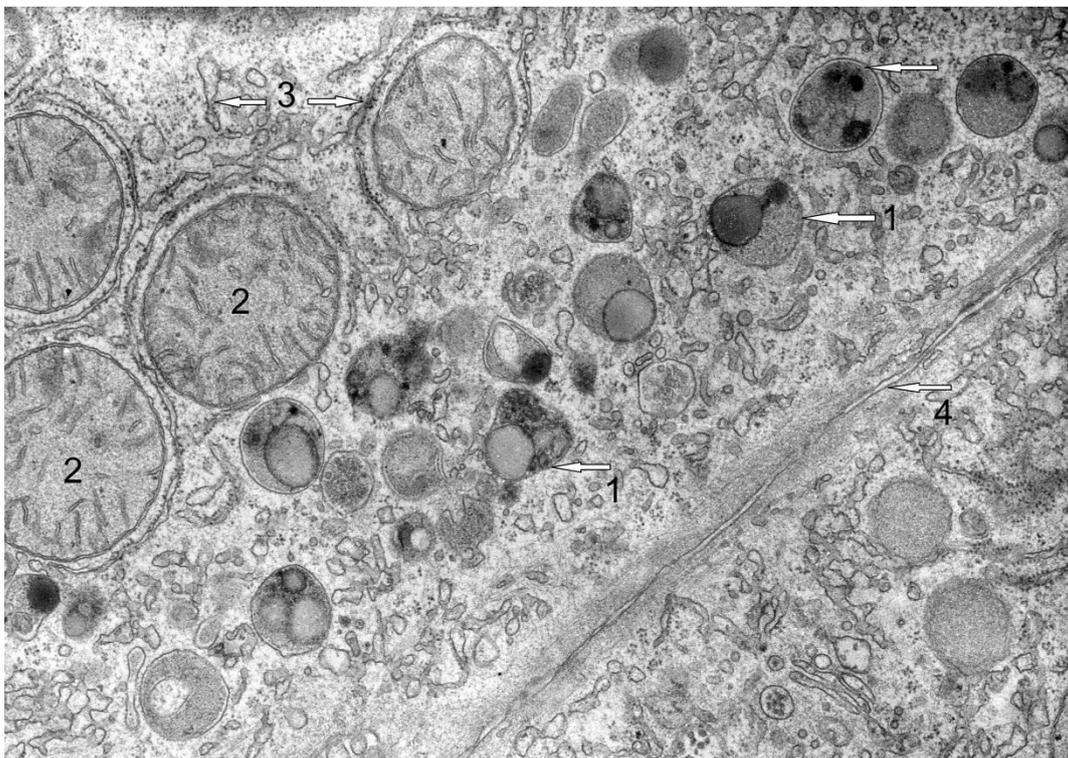


Рис. 17. Лизосомы в клетках печени

Задания

1. Закончите предложения.

1. Вакуолярная система клетки состоит из одномембранных органоидов: ..., ... и
2. Выделяют два типа ЭПС: ... и
3. На мембранах гранулярной ЭПС расположены
4. Скопления мембран гранулярной ЭПС в цитоплазме называются
5. Зоны скопления гранулярной ЭПС в клетках печени называются
6. Скопление мембран гранулярной ЭПС в некоторых нервных клетках называется
7. Функцию синтеза липидов выполняет ... ЭПС.
8. Реакции детоксикации осуществляет

9. В поперечнополосатых мышцах депонирования ионов кальция осуществляется
10. Отдельная зона скопления мембран аппарата Гольджи называется
11. Количество цистерн аппарата Гольджи в стопке обычно не превышает ...
12. Цис-участок аппарата Гольджи обращен к
13. Транс-участок аппарата Гольджи обращен к
14. Лизосомы образуются за счет активности ... и
15. Оптимум действия лизосомальных ферментов осуществляется при рН
16. Выделяют 3 типа лизосом: ... , ... и
17. ... - вторичные лизосомы, «переваривающие» собственные компоненты клетки.
18. Функция расщепления экзогенных и эндогенных биополимеров свойственна

2. Ситуационные задачи.

1. Клетки печени имеют депо гликогена. Какие органоиды развиты в этих клетках?

2. На электронограмме представлены две секреторные клетки: в одной хорошо развита шероховатая эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, в цитоплазме определяются многочисленные полисомы. Для другой характерна развитая гладкая эндоплазматическая сеть и аппарат Гольджи. Какой секрет вырабатывают эти клетки?

3. Экспериментальному животному в течение длительного времени давали снотворное вещество. Какая органелла в клетках печени будет активно функционировать?

4. Под электронным микроскопом в клетках обнаружено разрушение мембран лизосом и выход ферментов в цитоплазму. Что произойдет с этими клетками?

5. Под электронным микроскопом в клетках обнаружено большое количество аутосом. Какие процессы происходят в клетках?

6. Человек попал в атмосферу, насыщенную парами яда, произошло отравление организма. Одним из морфологических проявлений этого процесса явилось нарушение целостности мембран лизосом в клетках печени. Каков будет результат влияния на клетку, если уже разрушено большое количество лизосом?

7. В области раневой поверхности появляется большое количество клеток, содержащих первичные лизосомы, большое количество вторичных лизосом. Какова функция этих клеток?

8. В процессе жизнедеятельности клетки резко увеличивается число цистерн и канальцев гладкой эндоплазматической сети. Синтез каких веществ активирован в клетке?

9. С помощью манипулятора из клетки удалили комплекс Гольджи. Как это отразится на дальнейшей жизнедеятельности клетки?

10. Мукополисахаридоз относится к болезням накопления. Из-за отсутствия ферментов нарушается расщепление полисахаридов. У больных наблюдается повышение выделения их с мочой и накопление в одной из органелл клеток. В каких органеллах накапливаются мукополисахариды?

- а) в комплексе Гольджи
- б) в лизосомах
- в) в клеточном центре
- г) в эндоплазматическом ретикулуме
- д) в митохондриях

11. При электронномикроскопическом исследовании гиалинового хряща обнаруживаются клетки с хорошо развитой гранулярной эндоплазматической сетью, комплексом Гольджи. Какую функцию выполняют эти клетки?

- а) депонирование жира
- б) разрушение межклеточного вещества хряща
- в) депонирование гликогена
- г) образование межклеточного вещества
- д) трофика хрящевой ткани

Основные понятия:

вакуолярная система клетки

диктиосома

эргастоплазма

аутолизосома

саркоплазматический ретикулум

телолизосома

пластинчатый комплекс

пероксисома

Тема 4. Органоиды энергетического обмена

1. Митохондрии
2. Пластиды

1. **Митохондрии** – двумембранные органоиды, присутствующие почти во всех эукариотических клетках. Исключение составляют анаэробные паразитические организмы (например, кишечная амеба). Основная функция митохондрий - окисление органических веществ и синтез АТФ. Размеры и форма митохондрий непостоянны. Количество митохондрий в клетке также сильно варьирует (от 1 до нескольких тысяч). В гиалоплазме митохондрии распределены диффузно, или концентрируются в участках, где существует наибольшая потребность в АТФ.

Строение митохондрий. Митохондрии ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана ровная, не образует складок, замкнута сама на себя. Внутренняя мембрана ограничивает внутреннее содержимое митохондрии - матрикс. Характерной особенностью внутренней мембраны является наличие многочисленных складок, направленных внутрь митохондрий. Такие складки чаще имеют вид плоских гребней и называются кристы (от лат. *crista* — гребень). Кристы могут располагаться поперечно (клетки печени, почек) или продольно (сердечная мышца). Часто кристы ветвятся или образуют пальцевидные отростки. Количество и степень развития крист зависит от функциональной активности ткани. Например, митохондрии кардиомиоцитов содержат в 3 раза больше крист, чем митохондрии гепатоцитов.

Наружную мембрану от внутренней отделяет межмембранное пространство шириной около 10-20 нм. Наружная и внутренняя мембраны митохондрий различаются по составу, по физическим свойствам и по проницаемости: наружная мембрана более проницаема, чем внутренняя. Внутренняя мембрана содержит большое количество белков (до 70%), которые включают транспортные белки, регулирующие обмен с цитоплазмой; ферменты дыхательной цепи, АТФ-синтетазу.

В матриксе митохондрий находятся ферменты (в том числе ферменты цикла Кребса), кольцевая ДНК и рибосомы. Митохондриальные ДНК представлены множественными копиями, собранными в группы. ДНК митохондрий человека включает 37 генов, которые кодируют 2 рРНК, 22 тРНК и 13 различных полипептидных цепей. Большая часть белков митохондрий находится под генетическим контролем ядра и синтезируется вне митохондрий.

Рибосомы митохондрий растительных клеток принадлежат к 70S рибосомам (состоят из 30S и 50S субъединиц), а в митохондриях клеток животных обнаружены более мелкие рибосомы (около 50S). В матриксе

встречаются крупные (20-40 нм) плотные гранулы, это – места отложения солей магния и кальция.

Новые митохондрии образуются в клетке путем деления материнской митохондрии, или путем почкования. Делению митохондрий предшествует репликация митохондриальной ДНК, которая происходит независимо от ядерной. Совокупность всех митохондрий в одной клетке называется хондриом. Он может быть представлен отдельными митохондриями, равномерно распределенными в цитоплазме, группами митохондрий в местах интенсивной затраты АТФ, единичной сильно разветвлённой митохондрией (митохондриальный ретикулум).

2. Пластиды – это двумембранные органоиды растительных клеток. Присутствуют во всех живых клетках растения. Строение пластид сходно со строением митохондрий: они окружены двумя мембранами (внутренняя образует складки), содержат собственную ДНК и систему синтеза белка. ДНК пластид примерно в несколько раз больше митохондриальной ДНК млекопитающих. Она включает до 150 генов. Основная часть белков пластид находится под контролем ядерной ДНК. Это факты свидетельствуют об ограниченной автономии пластид, так же как и митохондрий.

Различают 3 вида пластид: хлоропласты, лейкопласты, хромопласты.

Хлоропласты. Внешняя и внутренняя мембраны отделены друг от друга межмембранным пространством около 20-30 нм. Внутренняя мембрана хлоропластов ограничивает содержимое пластиды, называемое стромой (аналогична матриксу митохондрий). В стромах различают два типа внутренних мембран. Это – ламеллы, образующие плоские, протяженные каналы, и тилакоиды гран, имеющие вид дисковидных вакуолей. Тилакоиды всегда замкнуты и не переходят в каналы ламелл. Функция хлоропластов – фотосинтез.

Хлоропласты, также как и лейкопласты и хромопласты, образуются из структур-предшественников, пропластид. Чаще всего они встречаются в делящихся тканях растений (меристемах).

Лейкопласты отличаются от хлоропластов отсутствием развитой мембранной системы. Встречаются они в клетках запасющих тканей. В некоторых тканях лейкопласты полностью заполняются гранулами крахмала и называются амилопластами.

Хромопласты представляют собой стареющие формы пластид, в которых внутренняя система мембран постепенно разрушается. При этом выделяются липидные капли, в которых хорошо растворяются различные пигменты (каротины и ксантофилы).

Лабораторное занятие №3

1. Хлоропласты в клетках листа элодеи, $\times 280$ (временный препарат)

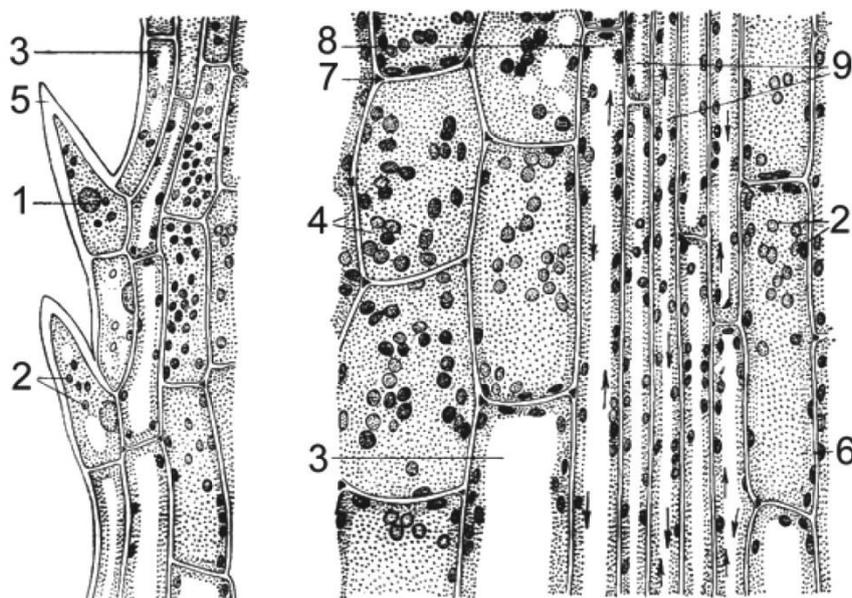


Рис. 18. Клетки листа элодеи

1 – ядро; 2 – хлоропласты; 3 – вакуоль; 4 – цитоплазма; 5 – зубчик листа;
6 – оболочка клетки; 7 – межклетник; 8, 9 – клетки «средней жилки»

Оторванный от стебля лист элодеи положите нижней стороной в каплю воды на предметное стекло, накройте покровным стеклом и рассмотрите при малом увеличении микроскопа (рис. 18). Обратите внимание на неравномерную окраску листовая пластинки, в середине которой вдоль листа располагается «средняя жилка», состоящая из более светлых клеток. Краевые клетки листа почти прозрачные. Некоторые клетки выступают наружу в виде острых зубцов.

Рассмотрите особенности строения клеток при большом увеличении. Клетки имеют тонкие прозрачные стенки, плотно соединенные между собой. Размеры, форма клеток, а также число содержащихся в них хлоропластов варьирует. Клетки «средней жилки» узкие, сильно вытянутые по длине листа, пластид в них немного, большинство из них располагается вдоль боковых стенок. Очертания пластид овальные. Клетки, прилегающие к «средней жилке», более широкие, квадратные, многоугольные или продолговатые. В этих клетках много пластид. Ядро, цитоплазма и вакуоль в клетке не видны, так как показатели преломления света всех этих структур примерно одинаковы. Ядро становится заметным, если лист обработать раствором йода в водном растворе йодида калия, однако этот реактив убивает клетку.

2. Хондриосомы в эпителиальные в клетках кишечника аскариды(окраска железным гематоксилином), ×280

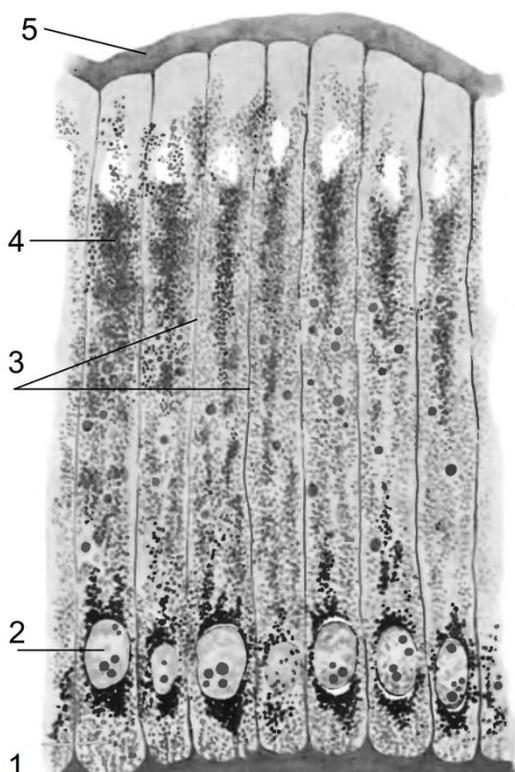


Рис. 19. Хондриосомы в эпителиальные в клетках кишечника аскариды

При малом увеличении микроскопа выберите участок эпителия кишечника с заметной зернистостью в цитоплазме клеток и разместите его в поле зрения.

При большом увеличении микроскопа виден участок кишки с одним рядом тесно расположенных вытянутых клеток прямоугольной формы. На стороне клеток, обращенной в полость кишечника, заметна темная полоска - щеточная каемка, образованная большим количеством тесно расположенных микроворсинок - пальцевидными выростами клетки. На другой стороне клеток, противоположной полости органа, видна плотная нитевидная базальная мембрана, на которой расположены эпителиальные клетки. В основании клеток видны овальные ядра с одним или двумя ядрышками. Над ними заметны небольшие экскреторные зерна зеленоватого цвета. Выше располагаются палочковидные митохондрии,

окрашенные в розовый цвет. Цитоплазма над ними сильно вакуолизирована и кажется более светлой.

Обозначьте на рисунке: 1 - базальная мембрана, 2 - ядро, 3 - плазмолемма, 4 - митохондрии, 5 - щеточная каемка (микроворсинки)

3. Электронные микрофотография. Ультраструктура митохондрий (отрезок 400 нм).

Обозначьте на рисунке: 1 - кристы, 2 - кальций-содержащие гранулы митохондрии.



Рис. 20. Ультраструктура митохондрий в клетках почки.

4. Электронная микрофотография. Ультраструктура хлоропласта, $\times 100000$

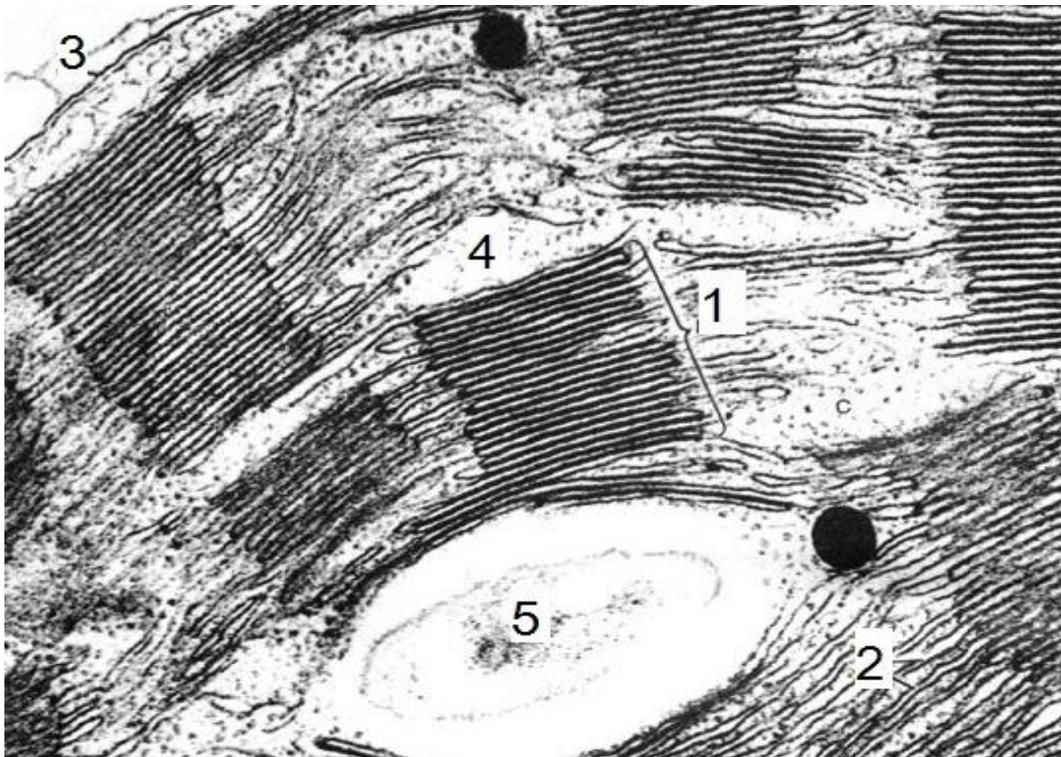


Рис. 21. Фрагмент хлоропласта из паренхимной клетки листа кукурузы.

Обозначьте на рисунке: 1 – граны, 2-ламеллы, 3 – оболочка хлоропласта, 4-stroma, 5 - крахмальное зерно.

Задания

1. Закончите предложения

1. К двумембранным органоидам эукариотической клетки относят ... и
2. Митохондрии отсутствуют в клетках
3. Органоиды, участвующие в энергетическом обмене -
4. Многочисленные складки внутренней мембраны митохондрий называются
5. Большой проницаемостью обладает ... мембрана митохондрии.
6. Ферменты дыхательной цепи, АТФ-синтетаза находятся во ... мембране митохондрий.
7. Внутреннее содержимое митохондрии называется
8. В матриксе митохондрий находятся ... , ... и
9. ДНК митохондрий человека включает ... генов.
10. Рибосомы митохондрий растительных клеток принадлежат к ...S рибосомам, а в митохондриях клеток животных обнаружены более мелкие рибосомы (около ...S).
11. Новые митохондрии образуются в клетке путем
12. Совокупность всех митохондрий в одной клетке называется
13. ДНК пластид включает до ... генов.
14. Различают 3 вида пластид: ..., ... и
15. Внутреннее содержимое пластиды называется
16. В строме различают два типа внутренних мембран: ... и

2. Ситуационная задача. Под электронным микроскопом в клетках обнаружена деструкция митохондрий. Какие процессы в клетках будут нарушены?

Основные понятия:

кристы

граны

матрикс

ламеллы

АТФ-синтетаза

тилакоиды

дыхательная цепь

строма

хондриом

Тема 5. Немембранные органоиды клетки. Включения

1. Рибосомы.
2. Клеточный центр.
3. Элементы цитоскелета.
4. Включения клетки.

1. Рибосомы – немембранные органоиды клетки, осуществляющие синтез белка. Рибосомы образованы рибосомной РНК и белками примерно в равных весовых отношениях. Рибосома состоит из большой и малой субъединиц. Различают единичные рибосомы и комплексы рибосом, объединенные с иРНК (полисомы).

Рибосомы, а также их отдельные субъединицы рибосом принято различать по константе седиментации *S*. Седиментация – это оседание частиц, взвешенных в жидкости, происходящее под действием сил тяжести. Метод седиментации (метод аналитического ультрацентрифугирования) впервые применен Т. Сведбергом в 20-х гг. 20 в. Рибосомы прокариот и эукариот обладают общими принципами организации и функционирования, но отличаются по своим размерам и молекулярным характеристикам.

Полная прокариотическая рибосома имеет коэффициент седиментации 70S и диссоциирует на две субъединицы: 50S и 30S. Полная эукариотическая 80S рибосома, диссоциирует на 60S и 40S субъединицы. В состав малых субъединиц входит по одной молекуле РНК, а в состав большой – несколько: у прокариот – две, а у эукариот – 3 молекулы.

У эукариот рибосомы образуются в ядрышке. Гены рибосомной РНК локализованы в области вторичных перетяжек (ядрышковых организаторов) определенных хромосом (у человека – 13, 14, 15, 21 и 22-й).

2. Клеточный центр (центросома). Располагается обычно в геометрическом центре клетки. Характерен для клеток животных, нет у высших растений, некоторых грибов и простейших. Клеточный центр состоит из 2 центриолей (диплосома) и связанных с ними микротрубочек — центросферы.

В диплосоме центриоли располагаются под прямым углом по отношению друг к другу. Из двух центриолей одна является материнской, другая – дочерней. С поверхностью материнской центриоли связаны структуры двух типов: перичентриольные сателлиты и белковые придатки, расположенные на конце каждого триплета. Перичентриольные сателлиты – структуры, характерные только для интерфазной центросомы. За несколько часов до митоза они исчезают, и их материал включается в состав так называемого митотического гало – аморфной фибриллярной структуры, окружающей

центросому в митозе. Придатки не исчезают при переходе клетки в митоз, и по их наличию всегда можно определить зрелую материнскую центриоль.

Центральная часть дочерней центриоли занята структурой, напоминающей тележное колесо; она имеет центральную «втулку» и 9 спиц, направленных к А-микротрубочке каждого из триплетов. Такие структуры расположены в проксимальном конце дочерней центриоли. Объем, занимаемый внутри центриоли втулкой со спицами, может составлять у разных клеток от $\frac{3}{4}$ до $\frac{1}{5}$ длины центриоли. У некоторых видов втулка отсутствует или заменена скоплением аморфного материала.

Центриоли — полярные структуры. Конец цилиндра, обращенный к поверхности клетки, назван дистальным, а противоположный конец, обращенный внутрь клетки, — проксимальным. В центриолях придатки и перицентриолярные сателлиты располагаются ближе к дистальному концу. В то же время вновь формирующаяся центриоль всегда образуется ближе к проксимальному концу. На проксимальном конце дочерних центриолей располагается «тележное колесо».

Основой строения центриолей являются расположенные по окружности 9 триплетов микротрубочек, образующих полый цилиндр. Систему микротрубочек центриоли можно описать формулой: $(9 \times 3) + 0$. В каждом триплете различают А, В и С микротрубочки. Первая микротрубочка триплета (А-микротрубочка) состоит из 13 глобулярных субъединиц. Вторая и третья (В и С) микротрубочки отличаются тем, что они являются неполными, содержат 11 субъединиц. Каждый триплет располагается к радиусу цилиндра под углом около 40° . От А-микротрубочки отходят выросты, один из которых (внешний) направлен к С-микротрубочке соседнего триплета, а другой (внутренний) — к центру цилиндра.

Функции клеточного центра.

1. Центросома является центром организации интерфазных микротрубочек, нитей веретена деления, образует процентриоли.

2. Центросома — регуляторный центр клетки. Центросома обычно располагается в геометрическом центре клетки, в непосредственной близости от аппарата Гольджи, от нее на периферию клетки радиально расходятся микротрубочки. При этом микротрубочки выступают в качестве своеобразных рельсов, по которым органеллы и белковые комплексы перемещаются в обоих направлениях от центра клетки к периферии и обратно.

3. Цитоскелет. Элементы цитоскелета представлены нитевидными, неветвящимися белковыми комплексами либо тонкими нитями - филаментами. Общим свойством элементов цитоскелета является их нестабильность, способность к полимеризации и деполимеризации. Такая нестабильность может

приводить к различным вариантам клеточной подвижности, например, к изменению формы клетки.

Существуют три системы филаментов:

- микрофиламенты - тонкие нити, диаметр составляет около 8 нм и состоят они в основном из белка актина. Микрофиламенты встречаются во всех клетках эукариот. Особенно они обильны в мышечных волокнах и клетках. Микрофиламенты входят в состав микроворсинок, в подвижных клетках животных образуют пучки, и располагаются под плазматической мембраной в кортикальном слое цитоплазмы.
- микротрубочки имеют диаметр 25 нм и состоят из белка тубулина. Микротрубочки встречаются в цитоплазме интерфазных клеток, входят в состав центриолей, базальных телец, образуют реснички и жгутики. При делении клетки микротрубочки формируют веретено деления.
- промежуточные филаменты с диаметром около 10 нм состоят из разных, но родственных белков. Они локализуются главным образом в околоядерной зоне и в пучках фибрилл, располагающихся под плазматической мембраной. Промежуточные филаменты служат опорной системой в клетках, подвергающихся значительным физическим нагрузкам: клетки эпидермиса, нервные отростки, мышечные клетки. В клетках растений отсутствуют.

Специальные органоиды клетки: реснички, жгутики, микроворсинки. Структура ресничек и жгутиков сходна практически у всех эукариотических клеток. Жгутики состоят из оси (аксонемы) и окружающей ее клеточной мембраны. Аксонема сформирована девятью периферическими дублетами и двумя центральными микротрубочками. Всю систему микротрубочек жгутика описывают как $(9 \times 2) + 2$. В пределах каждого дублета различают А-микротрубочку, состоящую из 13 протофиламентов, и В-микротрубочку, содержащую 11 протофиламентов. Микротрубочка А соединена с микротрубочкой В соседнего дублета с помощью мостика из белка нексина. От внутренней поверхности микротрубочки А по направлению к центру аксонемы отходит «радиальная спица». Кроме этого, каждая микротрубочка А несет двойной ряд боковых «ручек», состоящих из белка динеина и направленных к соседнему дублету. Все эти белковые выступы играют ключевую роль в движении жгутика. Центральные микротрубочки обычно длиннее, чем окружающие их периферические дублеты, поэтому конец жгутиков и ресничек обычно заострен. Нижняя часть жгутика - базальное тельце - находится в цитоплазме. По структуре базальное тельце похоже на центриоль. Так же как и центриоли, базальное тельце служит центром организации микротрубочек.

Отдельные микротрубочки, подобно жгутикам и ресничкам, не способны к сокращению. Подвижность ресничек и жгутиков обусловлена

функционированием аксонемы. Согласно модели «скольжения», движение жгутика или реснички связано со скольжением дублетов относительно друг друга в присутствии АТФ. Определяющую роль в таком взаимодействии дублетов играют динеиновые «ручки».

Микроворсинки - это выросты цитоплазмы клетки диаметром 0,1 мкм и длиной 1 мкм. На апикальной поверхности эпителиальной клетки тощей кишки может находиться до нескольких тысяч микроворсинок, которые формируют так называемую щёточную каёмку, увеличивающую поверхность клетки более чем в 30 раз.

Каждая микроворсинка имеет внутренний каркас, образованный микрофиламентами. Пучок микрофиламентов ориентирован вдоль продольной оси ворсинки и закреплён в ее апикальной части. В области основания микроворсинки микрофиламенты вплетаются в терминальную сеть из молекул спектрина.

4. Включения клетки.

Представляют собой непостоянные компоненты цитоплазмы, образованные отложениями веществ, временно выведенными из обмена, или его конечными продуктами. Выделяют трофические, секреторные, экскреторные, специфические и пигментные включения. К *трофическим* клеточным включениям относятся те, которые отражают метаболизм клетки (липиды, белок, гликоген). В связи с этим трофические включения подразделяют на липидные, белковые и углеводные. Липидные включения встречаются в виде мелких или крупных липидных капель, являются энергетическим субстратом. Из углеводных включений чаще всего встречаются зёрна крахмала и гранулы гликогена. Примером белковых трофических включений являются включения яйцеклеток, входящие в состав желтка. Секреторные клеточные включения характерны для железистых клеток. Секреторные включения представлены обычно мембранными пузырьками, заполненными секретиремым клеткой веществом. Экскреторные включения сходны с секреторными, однако в отличие от последних, содержат вредные продукты метаболизма, подлежащие удалению из клетки. Специфическими включениями обладают высокоспециализированные клетки и клетки со специфическим метаболизмом. Специфическим клеточным включением эритроцитов является гемоглобин. К пигментным включениям относятся меланин, гемоцианин и др. Наиболее распространены трофические клеточные включения - капли жира, глыбки гликогена, желток яйцеклеток.

Лабораторное занятие №5

1. Ресничный эпителий мантии беззубки (окраска железным гематоксилином), ×280

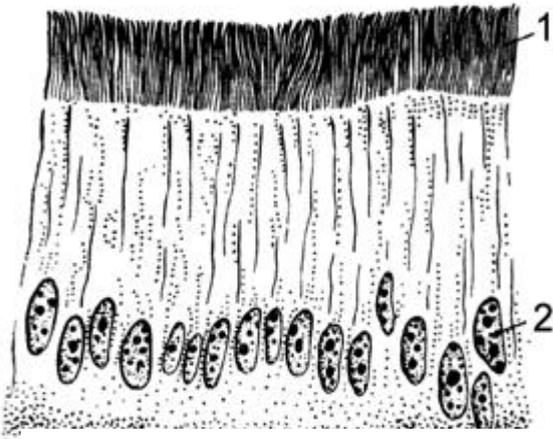


Рис. 22. Реснитчатый эпителий мантии беззубки

Основу мантии составляет соединительная ткань с сильно развитым межклеточным промежуточным веществом и единичными клетками – фибробластами. Соединительная ткань покрыта однослойным мерцательным эпителием.

На границе между эпителием и соединительной тканью располагается базальная мембрана. Однослойный эпителий, выстилающий мантию, состоит из высоких цилиндрических клеток. Ядра в этих клетках располагаются на разных

уровнях, но всегда в базальных частях клеток. Ядра имеют овальную, иногда вытянутую вдоль оси клетки форму. В них часто видны глыбки хроматина и ядрышки. Свободная апикальная поверхность клеток покрыта близко расположенными друг к другу ресничками.

Рассмотрите препарат на большом увеличении, зарисуйте клетки реснитчатого эпителия. Обозначьте на рисунке: 1 – реснички, 2 - ядро клетки, 3 - базальная мембрана.

2. Включения гликогена в клетках печени (окраска по методу Беста), ×280

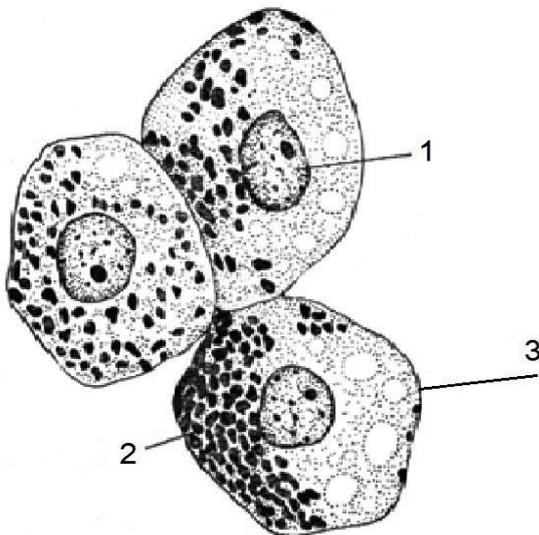
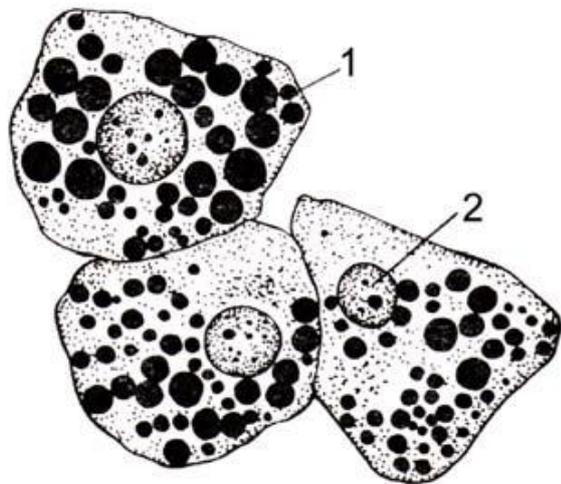


Рис. 23. Включения гликогена в клетках печени

На препарате при большом увеличении микроскопа видны клетки неправильной формы. В них расположены округлые ядра синего цвета, зерна и глыбки включений гликогена красного цвета.

Зарисуйте несколько клеток и обозначьте: 1) ядро клетки 2) гранулы гликогена 3) клеточные границы

3. Включения жира в клетках печени амфибий (окраска осмиевой кислотой), ×280



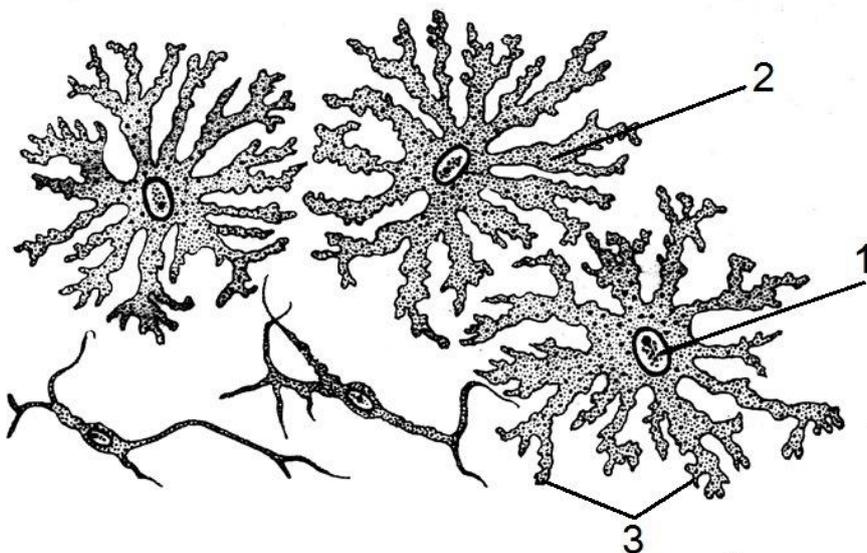
Рассмотрите микропрепарат жировых включений в клетках печени амфибий на большом увеличении. На препарате видно, что в цитоплазме гепатоцитов локализуются черные (адсорбированные осмий) жировые капли. Эти капли могут быть разного размера, количество их также варьирует.

Зарисуйте несколько клеток и обозначьте: 1) ядро клетки 2) капли жира 3) клеточные границы

Рис. 24. Включения жира в клетках печени

4. Пигментные включения в клетках кожи головастика (препарат не окрашен), ×280

При малом увеличении видны крупные пигментные клетки с отростками – меланофоры. При большом увеличении в цитоплазме можно увидеть значительное количество глыбок пигмента, которые могут маскировать ядра. Меланофоры встречаются в эпидермисе и соединительной ткани кожи, в сосудистых оболочках и сетчатке глаза, а также в некоторых внутренних органах человека и животных.



Обозначьте на рисунке: 1 – ядро клетки, 2 – цитоплазма с пигментными включениями, 3 – отростки клетки

Рис. 25. Пигментные включения в клетках кожи головастика

5. Крахмальные зерна в клубнях картофеля (временный препарат), ×280

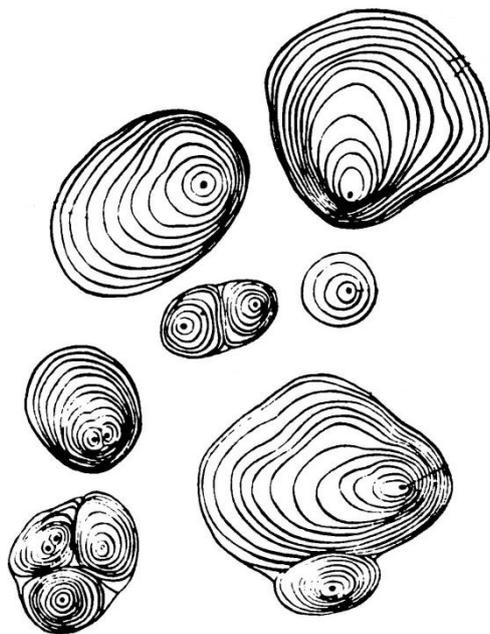


Рис. 26. Крахмальные зерна в клубнях картофеля

Для приготовления препарата разрежьте клубень картофеля. Небольшое количество выступившей на поверхности разреза мутной белой жидкости скальпелем или препаровальной иглой перенесите на предметное стекло в каплю воды и накройте покровным стеклом. При малом и большомувеличении микроскопа хорошо видны многочисленные зерна, размеры и очертания которых варьируют. При широко открытой диафрагме они выглядят почти прозрачными, при несколько закрытой диафрагме контуры зерна и его структура выглядят более отчетливо. Центры образования крахмала зерен имеют вид сильно преломляющих свет блестящих точек, вокруг которых располагаю слоикрахмала разной

ширины. Большинство зерен имеет по одному центру образования – такие зерна называют простыми. Сложные зерна имеют от двух до пяти центров образования, каждый из которых окружен собственными крахмальными слоями.

Обозначьте на рисунке: 1) слои крахмала 2) центр образования крахмального зерна.

6. Друзы оксалата кальция в летках черешка бегонии(временный препарат), ×280

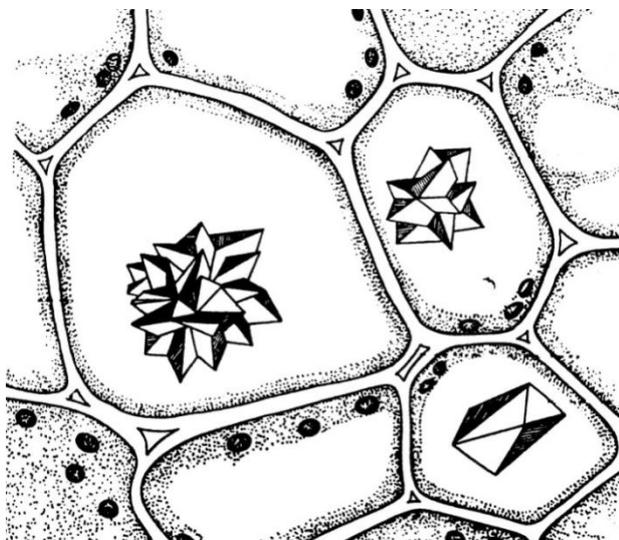


Рис. 27. Друзы оксалата кальция в летках черешка бегонии

Для изучения друз можно использовать любой вид бегонии. Для приготовления препарата сделайте тонкий срез черешка бегонии и поместите его на предметное стекло в каплю воды или глицерина. Накройте препарат покровным стеклом. Черешок состоит из разных типов клеток, варьирующих по форме и размерам. Во многих клетках можно увидеть пластиды. Оксалат кальция откладывается в крупных тонкостенных прозрачных клетках.

Мелкие многогранные кристаллы оксалата кальция, срастаясь, образуют крупные друзы.

Рассмотрите препарат и обозначьте: 1) кристалл оксалата кальция 2) вакуоль 3) цитоплазма 4) пластиды 5) клеточная стенка

7. Электронная микрофотография. Рибосомы(отрезок 300 нм).

Обозначьте на рисунке: 1 –полирибосомы, 2 -синтезированнаяРНК

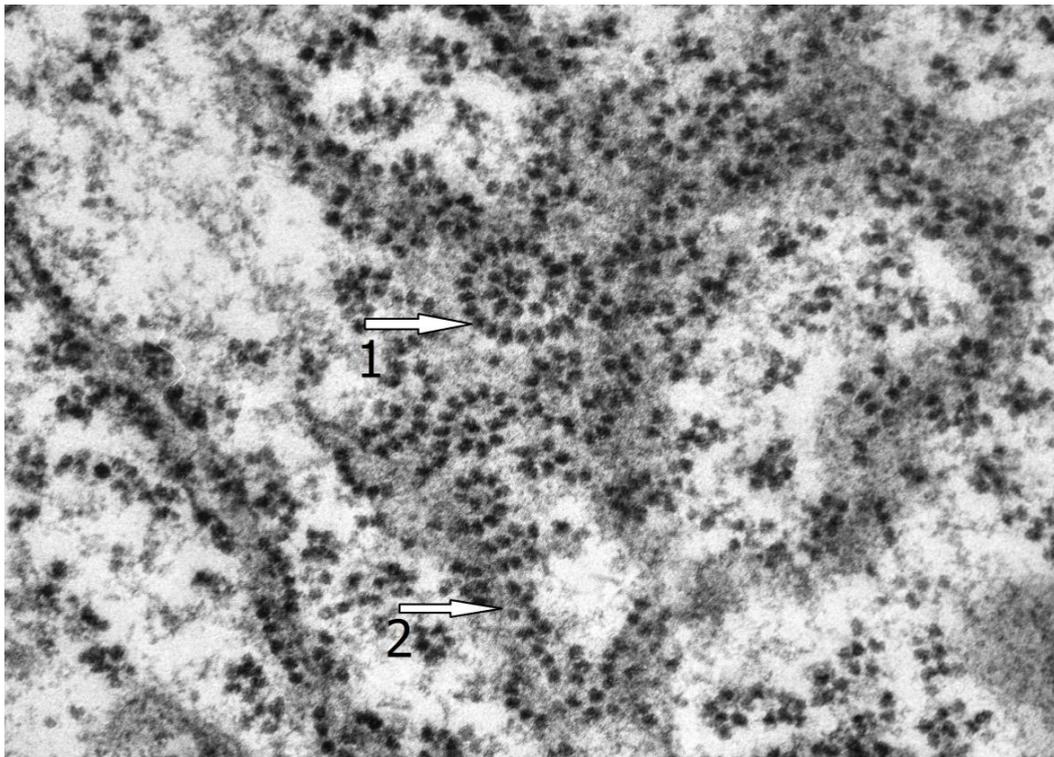


Рис. 28. Полирибосомы на поверхности тангенциального среза гранулярной ЭПС

8. Электронная микрофотография. Клеточный центр(отрезок – 300нм).

Обозначьте на рисунке: 1 - центриоли, перпендикулярно расположенные друг к другу, 2 - аппарат Гольджи, 3 - вторичная лизосома, N – ядро.

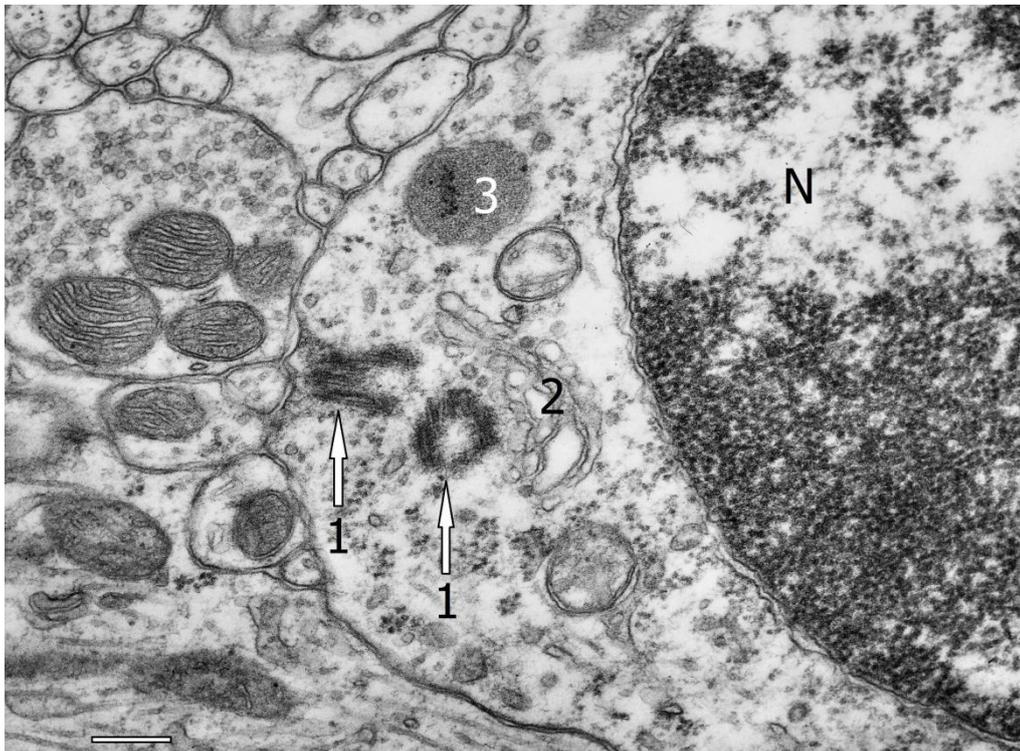


Рис. 29. Клеточный центр

10.Электронная микрофотография. Центриоль(отрезок 200 нм)

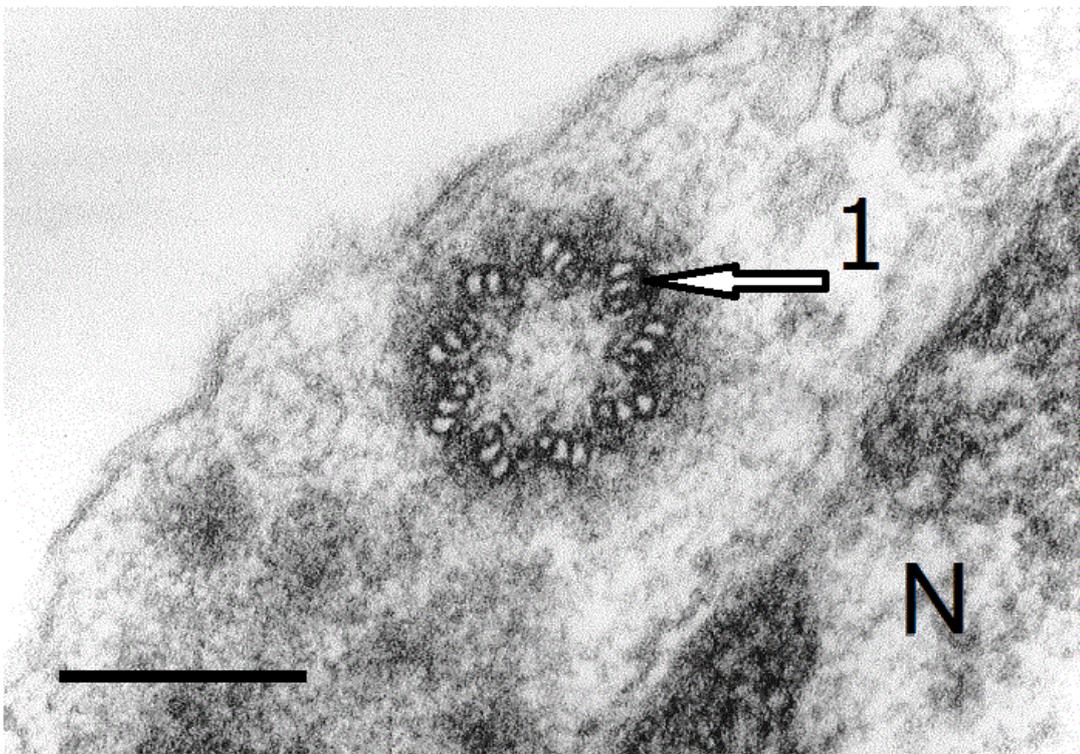


Рис. 30. Центриоль, состоящая из 9 триплетов микротрубочек

Обозначьте на рисунке: 1 - центриоль, N– ядро.

11. Электронная микрофотография. Реснички и микроворсинки, ×35000

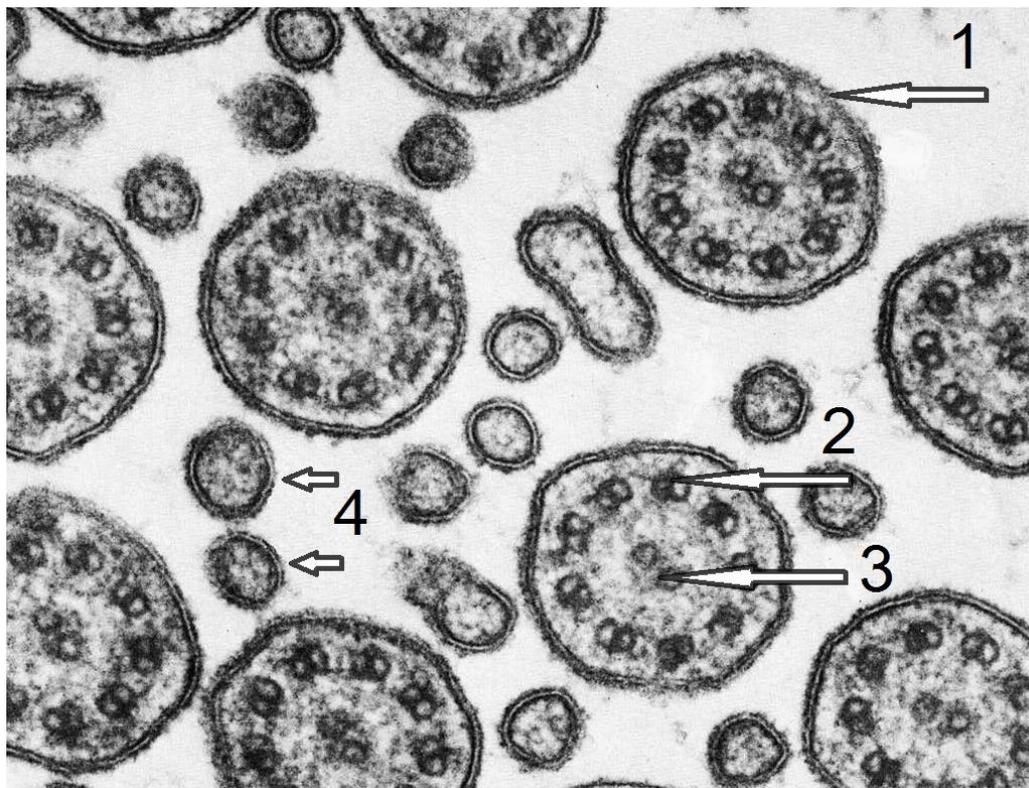


Рис. 31. Реснички и микроворсинки эпителиальных клеток трахеи

Обозначьте на рисунке: 1 – ресничка, 2 – дуплет микротрубочек, 3 – две центральные микротрубочки, 4 – микроворсинки.

Задания

1. Закончите предложения.

1. ... - немембранные органоиды клетки, осуществляющие синтез белка.
2. Рибосомы образованы ... и ... примерно в равных весовых отношениях.
3. Комплексы рибосом, объединенные с иРНК, называются
4. Метод аналитического ультрацентрифугирования впервые применен
5. Полная эукариотическая ...S рибосома, диссоциирует на ...S и ..S субъединицы.
6. В состав малой субъединицы рибосомы эукариот входит ... молекул(а) рРНК, в состав большой – ... молекул(а).
7. У эукариот рибосомы образуются в
8. Гены рибосомной РНК локализованы в области ... перетяжек хромосом.
9. Ядрышковые организаторы находятся на коротких плечах ..., ..., ..., ... и хромосом.

10. Клеточный цент отсутствует в клетках ..., и
11. Две центриоли, перпендикулярно расположенные друг к другу, называются
12. Система радиально расходящихся от центриол микротрубочек называется
13. Из двух центриол одна является ..., другая –
14. Систему микротрубочек центриоли можно описать формулой:
15. Центросома является центром организации ..., ..., образует
16. Существуют три системы филаментов: ..., ... и
17. Микрофиламенты - тонкие нити, диаметр составляет около ... нм и состоят они в основном из белка
18. Микротрубочки имеют диаметр ... нм и состоят из белка
19. Промежуточные филаменты имеют диаметр около ... нм.
20. Ось реснички или жгутика называется
21. Систему микротрубочек жгутика описывают формулой
22. Нижняя часть жгутика - ... - находится в цитоплазме.
23. По структуре базальное тельце жгутика похоже на

2. Ситуационные задачи.

1. На электронной микрофотографии представлены поперечные срезы микротрубочек в виде триплетов и дуплетов. К каким структурам принадлежат эти микротрубочки?

2. Известно, что в живой клетке постоянно происходит перемещение в цитоплазме органелл. Какие структурные элементы клетки принимают в этом участие?

3. Известно, что некоторые клетки обладают подвижностью. Какие образования клеточной поверхности обеспечивают этот процесс?

4. В цитоплазме пигментных клеток под влиянием солнечных лучей появляются гранулы пигмента. К каким структурным элементам клетки можно отнести эти гранулы?

5. Клетки, выстилающие кишечник, имеют щеточную каёмку. При некоторых болезнях она разрушается. Какая функция клеток при этом страдает?

6. Методом гистохимии установлено, что в цитоплазме клеток печени (гепатоцитов) в процессе жизнедеятельности могут появляться и исчезать розеткообразные структуры, содержащие гликоген. Как называются эти структуры клетки?

7. На трёх препаратах представлены клетки. У одной хорошо развиты микроворсинки, у другой - реснички, третья имеет длинные отростки. Какая из этих клеток специализирована на процесс всасывания?

8. При исследовании различных клеток под микроскопом было обнаружено, что одни на своей поверхности имеют единичные микроворсинки, другие - щёточную каёмку. Какое можно сделать заключение о функции этих клеток?

9. С помощью манипулятора из клетки удалили центриоль клеточного центра. Как это отразится на дальнейшей жизнедеятельности клетки?

10. В питательную среду, где выращиваются клетки животных, прибавили аминокислоты лейцина с радиоактивной меткой. Спустя некоторое время методом радиоавтографии обнаружили высокую концентрацию меченой аминокислоты возле определенных органелл. Этими органеллами могут быть:

- а) рибосомы
- б) лизосомы
- в) гладкая эндоплазматическая сеть
- г) клеточный центр
- д) аппарат Гольджи

11. В крови больного обнаружен низкий уровень альбуминов и фибриногена. Снижение активности каких органелл гепатоцитов печени наиболее достоверно обуславливает это явление?

- а) агранулярной эндоплазматической сети
- б) митохондрий
- в) гранулярной эндоплазматической сети
- г) комплекса Гольджи
- д) лизосом

Основные понятия:

рибосомы	митотическое гало
полисомы	микрофиламенты
седиментация	микротрубочки
центросома	промежуточные филаменты
диплосома	аксонема
центриоль	базальное тельце
центросфера	

Тема 6. Ядро

У эукариот наследственный аппарат представлен клеточным ядром.

Ядро неделящейся клетки состоит из 4-х компонентов: кариолеммы (ядерной оболочки), кариоплазмы (ядерного сока), хроматина и ядрышка.

1) *Ядерная оболочка* образована наружной и внутренней мембранами, разделёнными перинуклеарным пространством. Наружная мембрана кариолеммы является непосредственным продолжением мембран гранулярной эндоплазматической сети. Внутренняя мембрана кариолеммы рибосом на своей поверхности не имеет, связана с ядерной пластиной (ламиной). Ламина образована промежуточными филаментами, которые образуют ортогональные структуры. Ламина выполняет опорную функцию, удерживает хроматин вблизи ядерной оболочки.

Обе мембраны смыкаются в области ядерных пор. Ядерные поры обеспечивают избирательный транспорт веществ из ядра в цитоплазму и обратно. С возрастанием активности клетки количество ядерных пор увеличивается.

Ядерный поровый комплекс представляет собой сложную молекулярную структуру, состоящую из более 50-100 видов белков – нуклеопоринов. В области поры снаружи и изнутри кариолеммы параллельно друг другу расположены два кольца (цитоплазматическое и нуклеоплазматическое), каждое из которых содержит 8 белковых глобул. От глобул в центр поры направлены фибриллы, сходящиеся у центральной гранулы. Возможно, она представляет собой транспортируемую субъединицу рибосомы. От периферических компонентов ядерного порового комплекса в сторону цитоплазмы отходят фибриллярные выросты. Со стороны ядра фибриллярные выросты связаны с терминальным кольцом и образуют корзинообразную структуру. Внешний диаметр порового комплекса составляет около 100 нм, а высота - 75 нм. Число ядерных пор зависит от метаболической активности клеток: чем выше синтетические процессы в клетках, тем больше пор на единицу поверхности клеточного ядра.

Ядерная оболочка выполняет барьерно-рецепторную, а транспортную и каркасную функции.

2) *Кариоплазма* представляет собой жидкий компонент ядра, состоящий из воды и растворённых в ней веществ (ферменты, ионы). Обеспечивает нормальное функционирование хроматина и ядрышка.

3) *Хроматин* – главный компонент ядра, состоит из ДНК и белков (это интерфазное состояние хромосом). Хроматин может равномерно заполняет

объем ядра или располагается отдельными скоплениями (хромоцентры).

Выделяют две разновидности хроматина:

- а) эухроматин – деспирализованный (диффузный) хроматин, активно участвующий в транскрипции;
- б) гетерохроматин – конденсированный, плотно упакованный хроматин, не участвующий в транскрипции. Основные скопления гетерохроматина располагаются по периферии ядра, а также вокруг ядрышек.

Соотношение эу- и гетерохроматина отражает функциональное состояние ядра. Чем больше диффузного хроматина в ядре, тем интенсивнее в нем синтетические процессы.

Гетерохроматин подразделяется:

а) *Конститутивный* (постоянный) гетерохроматин. Постоянно находится в конденсированном состоянии, генетически не активен, он не подвергается транскрипции, реплицируется он позже остального хроматина. В его состав входит ДНК, богатая повторяющимися последовательностями нуклеотидов, он локализован в центромерных, теломерных зонах митотических хромосом. Кроме этого постоянно конденсированными могут быть некоторые участки, входящие в состав плеч хромосом – вставочный или интеркалярный гетерохроматин. У млекопитающих на долю конститутивного гетерохроматина приходится 10-15% всего генома.

б) *Факультативный* гетерохроматин способен переходить в эухроматин.

В дифференцированных клетках всего около 10% генов находится в активном состоянии, остальные гены инактивированы и, соответственно, находятся в составе конденсированного хроматина (гетерохроматин).

4) *Ядрышко* формируется участками молекул ДНК, кодирующих рибосомную РНК. Такие участки ДНК названы «ядрышковыми организаторами». Ядрышки обнаруживаются практически во всех ядрах эукариотических клеток и построены из двух компонентов: гранулярного и фибриллярного. Фибриллярный компонент представлен участками ДНК, кодирующими рРНК (т.н. фибриллярный центр), а также уже синтезированными 45S рРНК (плотный фибриллярный компонент). Гранулярный компонент представлен предшественниками субъединиц рибосом. Обычно гранулярный компонент расположен на периферии ядрышка, реже фибриллярный и гранулярный компонент распределены в ядрышке равномерно.

Максимальное число ядрышек в разных клетках определяется числом ядрышковых организаторов и увеличивается согласно ploидности ядра. Так у человека ядрышковые организаторы расположены в коротких плечах 13, 14, 15, 21 и 22 хромосом (10 на диплоидный набор). Однако, чаще в клетках количество ядрышек меньше, чем число ядрышковых организаторов. Это

связано с тем, что при образовании ядрышек ядрышковые организаторы сливаются друг с другом в одну общую структуру. Основной функцией ядрышка является синтез рРНК и сборка её в предшественники субъединиц рибосомы.

Лабораторное занятие №6

1. Спинальный ганглий собаки (окраска гематоксилин-эозин), ×280

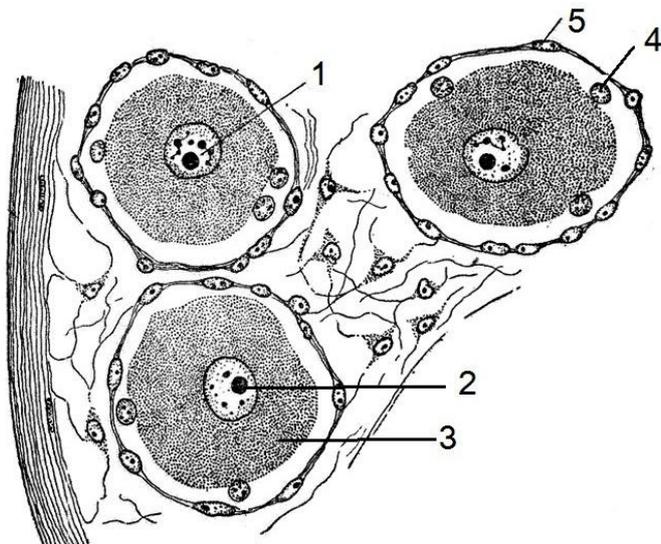


Рис. 32. Спинальный ганглий собаки

При малом увеличении микроскопа найдите скопления крупных округлых клеток со светлыми ядрами (нейроны).

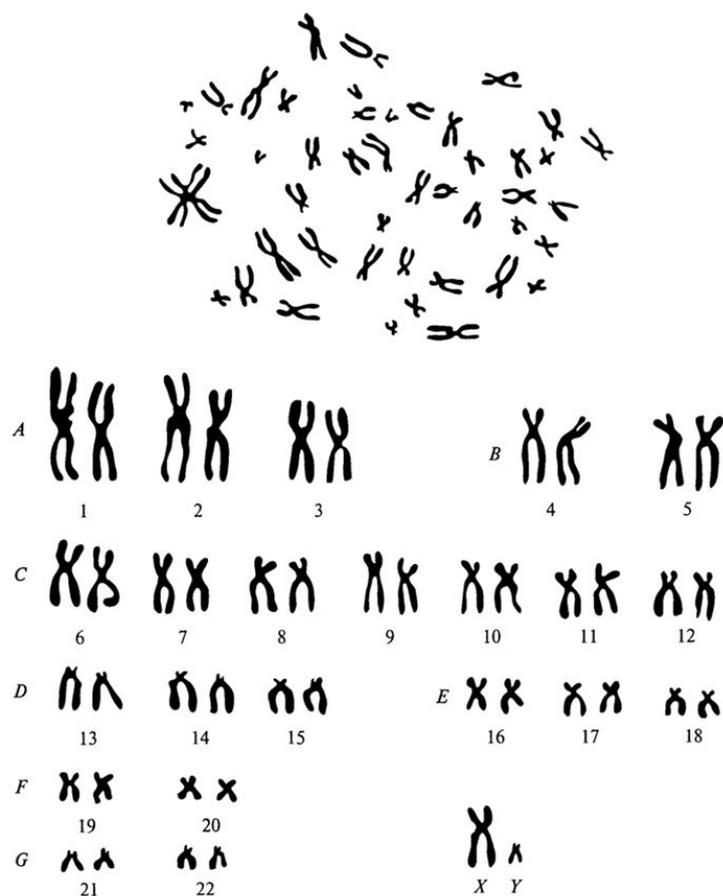
Рассмотрите препарат при большом увеличении микроскопа. Цитоплазма нервных клеток мелкозернистая, однородная. Круглое светлое ядро находится, как правило, не в центре клетки, а несколько сдвинуто к краю. Оно содержит мало хроматина в виде отдельных темных зерен, разбросанных по всему ядру.

Оболочка ядра хорошо заметна. В ядре имеется круглое, правильной формы ядрышко, которое интенсивно окрашивается. На препарате также хорошо видны окружающие нейроны глиальные клетки - спутники (сателлиты).

Зарисуйте участок среза, включающий несколько нервных клеток. Сделайте обозначения: 1 - ядро нервной клетки, 2 - ядрышко, 3 – цитоплазма, 4 - клетки-сателлиты, 5) клетки соединительнотканной капсулы.

2. Нормальный кариотип человека (окраска по Романовскому-Гимзе), ×700.

Кариотип человека исследуют путем микроскопирования окрашенных препаратов метафазных хромосом. Такие препараты можно приготовить из любых тканей и клеточных культур, содержащих делящиеся клетки. Чаще препараты метафазных хромосом готовят из лимфоцитов периферической крови, которые предварительно культивируют в присутствии митогена (вещество, индуцирующее митоз). Затем воздействуют на делящиеся клетки колхицином, который останавливает митоз на стадии метафазы. С целью разобщения метафазных хромосом на клетки воздействуют гипотоническим



раствором. После обработки клеток фиксатором, взвесь клеток помещают на предметное стекло, высушивают и окрашивают.

Рассмотрите препарат на малом и большом увеличении микроскопа. Найдите на препарате клетки, находящиеся на стадии метафазы. В этих клетках хромосомы располагаются свободно в одной плоскости. Обратите внимание, что каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Рис. 33. Хромосомный набор мужчины. Метафазная пластинка и кариогамма.

3. Электронная микрофотография. Переход ядерной оболочки в каналы ЭПС (отрезок 500 нм). N - ядро

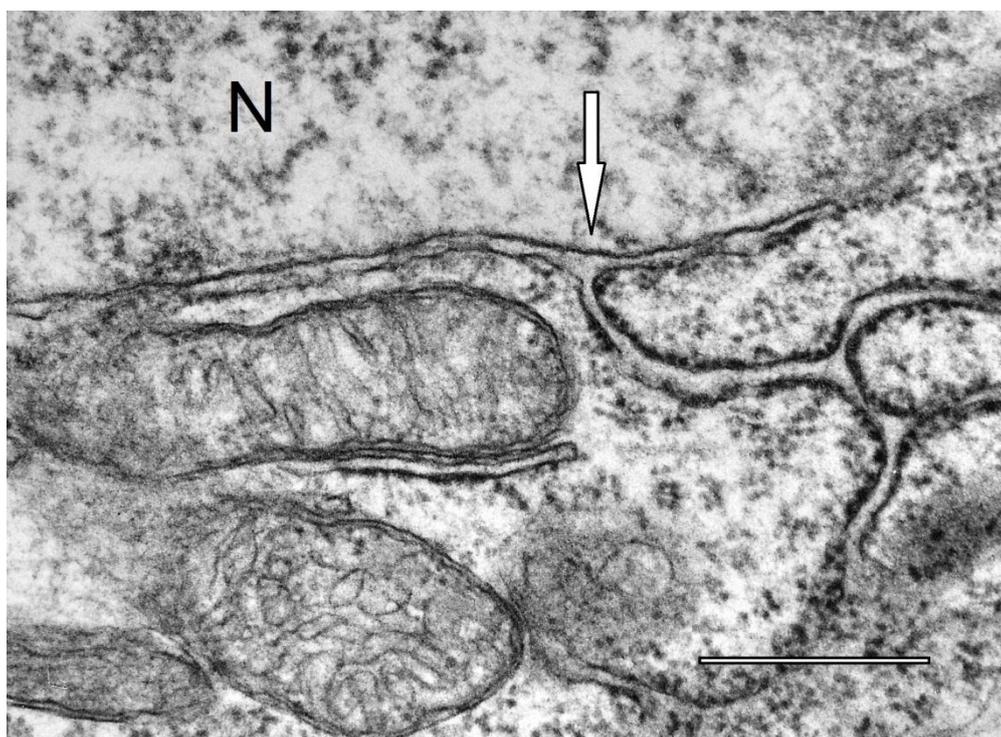


Рис. 34. Область перехода ядерной оболочки в каналы гранулярной ЭПС (показана стрелкой).

4. Электронная микрофотография. Ядро Шванновской клетки (отрезок 300 нм)

Обозначьте на рисунке: 1 - ядерная пора, 2 – гетерохроматин, 3 - эухроматин

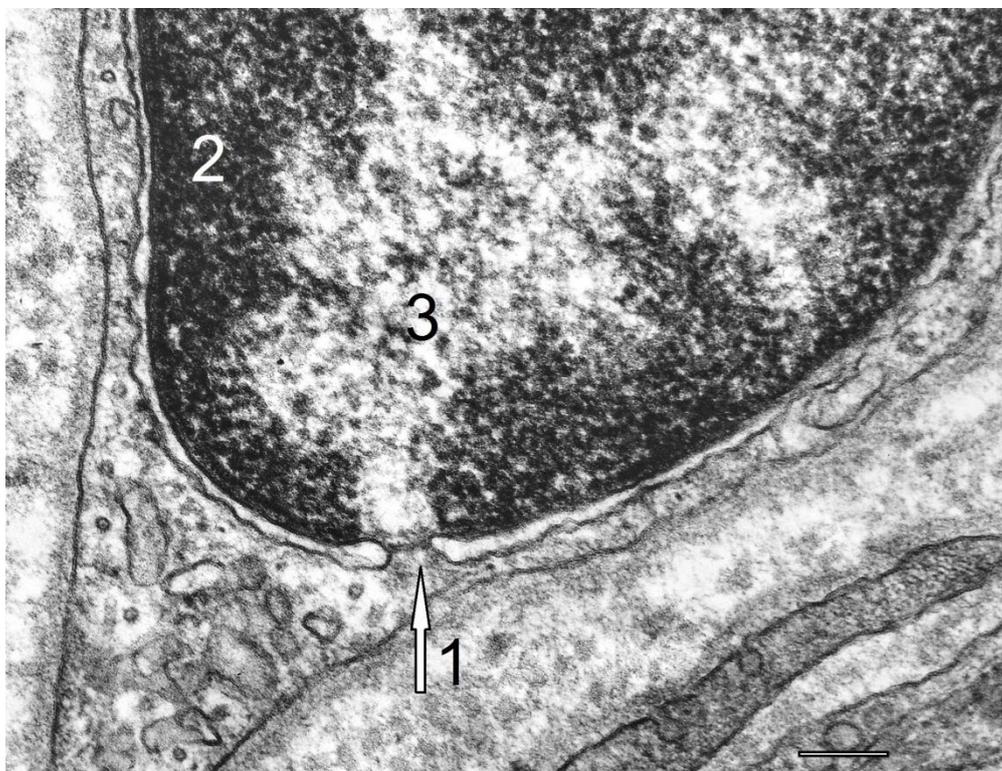


Рис. 35. Распределение гетеро- и эухроматина в Шванновской клетке.

Задачи

1. Закончите предложения.

1. Ядро неделящейся клетки состоит из 4-х компонентов: ..., ..., ... и
2. Наружная мембрана кариолеммы является непосредственным продолжением мембран ЭПС
3. Ядерная ламина образована филаментами.
4. Ядерная ламина связана с ... мембраной кариолеммы.
5. Хроматин состоит из ... и
6. Деспирализованный хроматин, активно участвующий в транскрипции -
7. Конденсированный, плотно упакованный хроматин, не участвующий в транскрипции -
8. Основные скопления гетерохроматина располагаются ... и
9. Гетерохроматин подразделяется: ... и

10. Участки молекул ДНК, кодирующие ... названы «ядрышковыми организаторами».

11. Максимальное число ядрышек в разных клетках определяется числом

12. Основной функцией ядрышка является синтез ... и сборка

2. Ситуационные задачи.

1. Ядро клетки обработали препаратами, разрушающими белки - гистоны. Какая структура пострадает в первую очередь?

2. В препарате видны две клетки. Ядро одной из них содержит много интенсивно окрашенных глыбок хроматина. В другой клетке ядро светлое, хроматин распределён диффузно. Какой тип хроматина преобладает в той и другой клетках, и чем они отличаются функционально?

3. В питательную среду с клетками, которые культивируются, внесён раствор тимина (Т) с радиоактивной меткой. В каких структурах клеток обнаружат обозначенный тимин во время радиоавтографии?

4. При исследовании кариотипа человека и гориллы обнаружили два типа клеток. Одни из них имели 46 хромосом, а другие - 48. Какие из этих клеток принадлежат человеку?

5. Микрохирургическим путём амёбу разделили на два фрагмента: ядродержащий и безъядерный. Какова дальнейшая судьба этих фрагментов и с чем она связана?

6. Для исследования взяли несколько клеток из эпителия ротовой полости и после специальной обработки этого гистологического препарата установили, что ядра этих клеток не содержат полового хроматина. Субъекту какого пола (мужского или женского) принадлежали исследуемые клетки?

7. В культуре тканей ядерным облучением повреждены ядрышки ядер. Возобновление каких органелл в цитоплазме клеток становится проблематичным?

Основные понятия:

кариолемма

кариоплазма

ядерный поровый комплекс

ламина

хроматин

эухроматин

гетерохроматин

конститутивный гетерохроматин

факультативный гетерохроматин

тельце Барра

нуклеосома

хромосома

центромера

теломеры

хроматиды

плечи хромосом

ядрышко

ядрышковый организатор

Тема 7. Жизненный цикл клетки

1. Понятие о жизненном цикле клетки. Интерфаза
2. Митоз
3. Мейоз

1. Жизненный цикл клетки (клеточный цикл) – период существования клетки, от её образования до собственного деления или смерти. Жизненный цикл клетки состоит из митоза и промежуточного периода – интерфазы. Интерфаза занимает около 90% времени жизненного цикла клетки.

1. Пресинтетический или постмитотический период (G_1) начинается после завершения митоза и длится от нескольких часов до нескольких дней. Он характеризуется интенсивным синтезом РНК и белка, увеличением количества органоидов и активным ростом клетки.

2. Синтетический период (S) характеризуется удвоением молекул ДНК (репликация), синтезом белков-гистонов и удвоением центриолей. Соответственно увеличению количества ДНК возрастает и уровень синтеза РНК.

3. Постсинтетический (премитотический, G_2) включает процессы непосредственной подготовки клетки к делению: запасание энергии в АТФ, созревание центриолей, синтез иРНК и белков (в первую очередь тубулина). Продолжительность премитотического периода составляет 10-20% длительности жизненного цикла. Уровень синтеза РНК достигает своего максимума в середине G_2 -периода. В конце G_2 -периода синтез РНК резко падает в связи с началом конденсации хроматина.

В растущих тканях есть клетки, которые не проходят из G_1 - в S-период и далее в митоз, а находятся «вне цикла». Такие клетки существуют в т.н. G_0 -периоде и представляют собой покоящиеся, переставшие размножаться клетки. Под действием специфических факторов они могут снова вступать в клеточный цикл и начать делиться. Эти клетки составляют «резервный пул». Иногда клетки G_0 -фазы не изменяют своих свойств длительное время и превращаются в стволовые клетки (например, в кроветворной ткани). Однако чаще потеря способности делиться сопровождается специализацией клеток. В этом случае клетки выходят из цикла, но в особых условиях могут снова входить в цикл (например, деление клеток печени после ее частичной резекции). В других органах, выходя из клеточного цикла, клетки необратимо дифференцируются и теряют способность к делению навсегда (клетки ЦНС).

У многоклеточных организмов большая часть клеток находится в G_0 -фазе. Критическая точка в фазе G_1 , когда в клеточном цикле наступает пауза (G_0), называется точкой рестрикции. В фазе G_1 может быть несколько точек рестрикции.

2. Митоз.

Митоз подразделяют на несколько основных фаз: профаза, метафаза, анафаза, телофаза. Границы между ними условны, т.к. смена фаз происходит постепенно и митоз представляет собой непрерывный процесс.

1. Профаза. Хроматин конденсируется в отчетливо видимые хромосомы. Каждая хромосома состоит из двух сестринских *хроматид*. В начале профазы сестринские хроматиды соединены по всей длине с помощью белков-когезинов. Эти связи образуются еще в S-периоде, во время удвоения хромосом. В поздней профазе на каждой сестринской хроматиде образуется по одному зрелому кинетохору. Кинетохор – крупный белковый комплекс, располагающийся в зонах центромер хромосом и обеспечивающий связь хромосом с нитями веретена деления.

В поздней профазе связь между сестринскими хроматидами сохраняется только в зоне кинетохоров. Транскрипция полностью прекращается. Исчезают ядрышки, ядерная оболочка фрагментируется на мелкие вакуоли. В конце профазы цитоплазматические микротрубочки, составляющие часть интерфазного цитоскелета, распадаются и начинается образование *веретена деления*. Вокруг каждой центросомы начинается быстрый рост множества микротрубочек. Центросомы начинают расходиться друг от друга на некоторое расстояние.

В клетках высших растений центриолей нет, а центры организации микротрубочек присутствуют в виде бесструктурных аморфных зон, от которых отходят многочисленные микротрубочки. В это время при образовании веретена микротрубочки с кинетохорами хромосом еще не связаны.

Происходит дезорганизация ЭПС: она распадается на мелкие вакуоли, лежащие по периферии клетки. Аппарат Гольджи теряет околядерную локализацию, распадается на отдельные диктиосомы, разбросанные в цитоплазме.

2. Метафаза. После разрушения ядерной оболочки хромосомы беспорядочно расположены в зоне бывшего ядра. В прометафазе начинается их активное движение и перемещение – метакинез. Кинетохоры прикрепляются к некоторым из микротрубочек веретена, которые называются теперь кинетохорными микротрубочками. Остальные микротрубочки веретена называют полюсными, а те, которые лежат вне веретена, и радиально отходят от центросомы - астральными. В метафазе хромосомы занимают упорядоченное расположение в центральной части веретена - конгрессия хромосом.

Хромосомы располагаются так, что их центромерные участки обращены к центру веретена, а плечи – к периферии. Такое расположение хромосом носит название “материнской звезды” и характерно для клеток животных. В клетках растений в метафазе хромосомы лежат в экваториальной плоскости без

строого порядка. К концу метафазы завершается процесс обособления друг от друга сестринских хроматид. Их плечи лежат параллельно друг другу, между ними видна разделяющая щель. Контакт между хроматидами сохраняется в области центромеры.

3. Анафаза начинается с разъединения сразу всех хромосом в центромерных участках. Хромосомы синхронно расходятся к противоположным полюсам веретена. Анафаза – самая короткая стадия митоза. При движении хромосомы часто принимают V-образную форму. Вершина их направлена в сторону полюсов деления, а плечи - к центру веретена.

Расхождение хромосом складывается из двух процессов:

1- расхождение хромосом за счет укорочения кинетохорных микротрубочек (“анафаза А”),

2 – расхождение хромосом за счет удлинения межполюсных микротрубочек и удаления полюсов друг от друга (“анафаза В”).

У млекопитающих стадии А и В протекают практически одновременно. У простейших анафаза В может приводить к 15-кратному увеличению длины веретена. В растительных клетках стадия В отсутствует.

4. Телофаза начинается с остановки хромосом, заканчивается восстановлением интерфазного ядра и разделением исходной клетки на две дочерние (цитокинез).

В ранней телофазе хромосомы, не меняя своего положения, начинают деконденсироваться и увеличиваться в объеме. В местах их контактов с мембранными пузырьками цитоплазмы начинает строиться новая ядерная оболочка. После замыкания ядерной оболочки начинается формирование ядрышек. В телофазе разрушается митотический аппарат. Разборка микротрубочек идет от полюсов к экватору клетки. Деление клетки у растений происходит путем внутриклеточного образования клеточной перегородки - фрагмопласта, а у клеток животных – путем перетяжки плазматической мембраны.

После цитотомии две дочерние клетки переходят в стадию G_1 клеточного цикла. Возобновляется синтез белков, восстанавливается вакуолярная система, диктиосомы аппарата Гольджи снова концентрируются в околоядерной зоне. От centrosомы начинается отрастание цитоплазматических микротрубочек и восстановление интерфазного цитоскелета.

3. Мейоз (от греч. meiosis – уменьшение) – способ деления клеток, в результате которого происходит редукция числа хромосом и образование из 1 диплоидной клетки 4-х гаплоидных. Мейоз лежит в основе образования половых клеток.

Мейоз состоит из двух делений.

I деление мейоза.

1) Профаза I

Занимает большой отрезок времени (от суток до нескольких лет).

В отличие от митоза, хромосомы не находятся в состоянии покоя, а сохраняют ряд функциональных нагрузок: они способны к синтезу РНК, частичному синтезу ДНК. Состоит из нескольких структурно-функциональных фаз:

а) Лептотена или стадия тонких нитей. Напоминает раннюю профазу митоза, но отличается тем, что при мейозе ядра крупнее и хромосомы очень тонкие, т.к. имеют меньшую степень конденсации. На тонких хромосомах появляются сгустки хроматина – хромомеры, которые располагаются по всей длине хромосомы. Число, размер и расположение таких хромомер постоянны для каждой хромосомы. В лептотене начинается сближение гомологичных хромосом в области теломерных участков. В этих местах образуется специальная структура – синаптонемный комплекс (тяж белковой природы).

б) Зиготена или стадия объединяющихся нитей. Осуществляется конъюгация гомологичных хромосом – синапсис. Формируются биваленты – это соединения двух гомологичных хромосом. При этом каждая хромосома состоит из двух хроматид, таким образом бивалент включает 4 хроматиды. Число бивалентов равно гаплоидному числу хромосом.

Объединение гомологов чаще всего начинается в теломерах и центромерах. В этих участках, а позднее и по всей длине соединяющихся хромосом образуются связки, и происходит формирование синаптонемного комплекса.

в) Пахитена или стадия толстых нитей. Самая длительная стадия профазы (до 50% времени). Завершается образование бивалентов и их скрепление гомологов с помощью синаптонемного комплекса. Благодаря полной конъюгации гомологов профазные хромосомы имеют вид «толстых нитей». Число таких нитей равно гаплоидному набору, каждая нить – это бивалент, состоящий из 4 хроматид. На этой стадии происходит кроссинговер - взаимный обмен идентичными участками по длине гомологических хромосом. Результатом кроссинговера является рекомбинация сцепленных генов. В пахитенной стадии начинается активация транскрипции. Изменяется структура хромосом; они приобретают вид «ламповых щеток».

г) Диплотена или стадия двойных нитей. На этой стадии мейоза происходит отталкивание гомологов друг от друга, которое начинается в зоне центромер. Но при этом сестринские хроматиды каждой гомологичной хромосомы остаются соединенными между собой по всей длине. По мере отталкивания хромосом в бивалентах хорошо видны хиазмы – места перекреста и сцепления гомологичных хромосом. Только в этих участках сохраняется синаптонемный комплекс. Длинные хромосомы имеют больше хиазм, чем

короткие. Происходит конденсация хромосом, в результате отчетливо выявляется 4-нитчатая структура бивалентов.

На этой стадии хромосомы имеют вид «ламповых щеток». Каждый гомолог в биваленте окружен петлями, которые представляют собой деконденсированные участки активного хроматина. Они содержат большие количества РНК. Активация транскрипции в пахитене и в диплотене часто совпадает с ростом половых клеток, особенно это характерно для ооцитов. В это время клетка интенсивно синтезирует и запасает белки, необходимые для будущего развития зародыша.

д) Диакинез или стадия расходящихся нитей. Характеризуется уменьшением числа хиазм, укорочением бивалентов, исчезновением ядрышек. Гомологичные хромосомы соединяются только теломерами. Эта стадия является переходной к собственно делению клетки.

2) Метафаза I. Биваленты выстраиваются в экваториальной плоскости веретена.

3) Анафаза I. Биваленты разделяются и гомологичные хромосомы расходятся к полюсам веретена деления. Каждая хромосома состоит из двух хроматид. Распределение же гомологов по клеткам случайное, поэтому происходит перекомбинация хромосом из разных пар.

4) Телофаза I.

За телофазой I деления следует короткая интерфаза, в которой не происходит синтеза ДНК, и клетки приступают к следующему делению, которое похоже на митотическое.

В результате после двух делений мейоза из одной клетки образуются четыре гаплоидных, генетически отличных друг от друга.

Лабораторное занятие № 7

1. Политенные хромосомы в слюнных железах личинки комара (давленный препарат), $\times 280$

Усиление синтетических процессов в ядре клетки может сопровождаться специфической реорганизацией генетического материала. Одним из примеров такой реорганизации является образование политенных хромосом. Политенные хромосомы никогда не участвуют в митозе, это интерфазные хромосомы, участвующие в синтезе ДНК и РНК. Общее число политенных хромосом в клетках равно гаплоидному набору из-за того, что при политенизации происходит объединение, конъюгация гомологичных хромосом. Встречаются гигантские полиплоидные ядра с политенными хромосомами у некоторых личинок двукрылых насекомых в клетках слюнных желез, кишечника, мальпигиевых сосудов, жирового тела.

Политенные хромосомы и своим строением структурно неоднородны по длине, состоят из дисков, междисковых участков и пуфов. Диски представляют собой участки конденсированного хроматина. Диски разделены междисковыми пространствами, состоящими из фибрилл хроматина, только более рыхло упакованных. На политенных хромосомах двукрылых часто видны вздутия, пuffy. Пuffy возникают на местах некоторых дисков за счет их деконденсации и разрыхления. В пuffy выявляется РНК, которая там же и синтезируется. Следовательно, пuffy является местом транскрипции на этих интерфазных хромосомах. В естественных условиях удвукрылых особенно активны в отношении синтеза РНК два самых крупных пuffy, так называемые кольца Бальбиани. Здесь синтезируется и РНК, кодирующая образование секреторных белков слюнных желез.

Приготовление препаратов политенных хромосом Chironomus sp.

1. Выложить пинцетом личинку мотыля на предметное стекло и отделить лезвием первые два сегмента.
2. Препаровальной иглой выдавить слюнные железы.

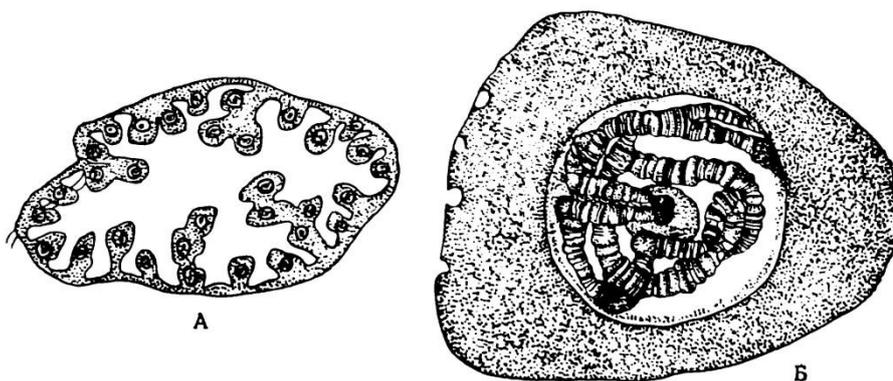
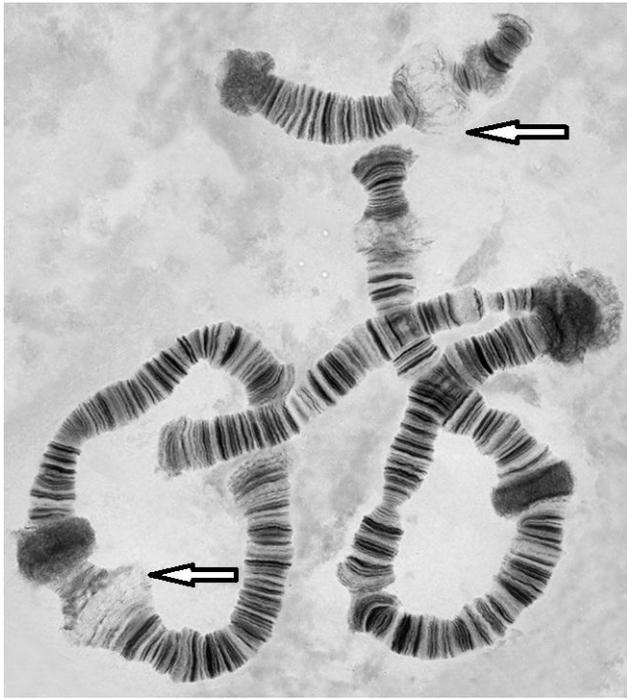


Рис. 36. Слюнная железа мотыля: А – общий вид железы при малом увеличении, Б – клетка железы при большом увеличении

3. Окрасить слюнные железы в капле ацетокармина до однородного темно-красного цвета. Процесс можно ускорить, если нагреть препарат, не допуская высыхания препарата.
4. Дифференцировать окраску, промыв слюнные железы 40%-ным раствором уксусной кислоты. Излишки кислоты удалить фильтровальной бумагой.
5. На готовый препарат нанести каплю 40%-го раствора уксусной кислоты и накрыть покровным стеклом. Аккуратно надавить на покровное стекло чистым концом спички без бокового смещения, добиваясь полного и равномерного распределения клеток.



6. Найти в клетках слюнных желез политенные хромосомы и зарисовать их, указав на рисунке диски, междисковые пространства и пuffs.

Рис. 37. Политенные хромосомы в клетках слюнных желез личинок двукрылых. ДНК-пuffs указаны стрелками.

2. Митоз в корешке лука (окраска гематоксилин-эозином), $\times 280$

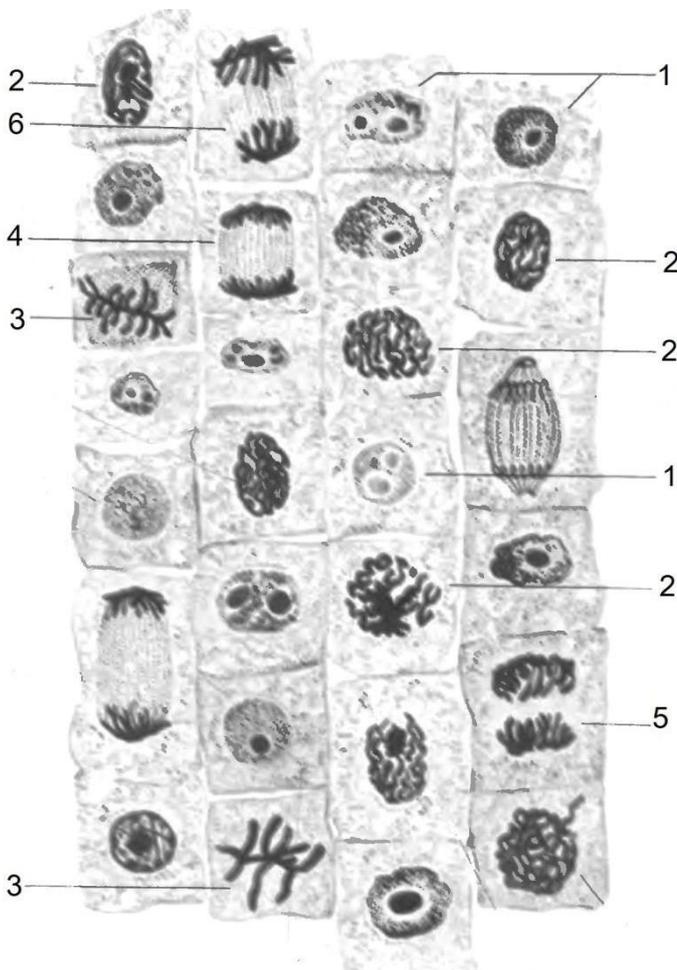


Рис. 38. Митоз в корешке лука.

При малом увеличении микроскопа найдите срез корешка лука в виде конуса. Рассмотрите препарат при большом увеличении. Найдите клетки на разных этапах жизненного цикла.

В интерфазе ядро имеет четкие границы. Хорошо видны одно или два ядрышка. Хроматин в виде глыбок заполняет кариоплазму. На стадии профазы ядро заметно увеличено, в нем исчезают ядрышки. Хромосомы видны в виде плотного или рыхлого клубка тонких нитей. В метафазе хромосомы лежат экваториальной плоскости, образуя метафазную пластинку. Для анафазы характерно наличие в клетке двух групп хромосом, которые расходятся к полюсам клетки. Обратите внимание, что

центромеры хромосом направлены к полюсам, а плечи – к экватору клетки. В телофазе хромосомы начинают деспирализоваться, в цитоплазме формируется перегородка между дочерними клетками.

Обозначьте на рисунке: 1 – интерфаза, 2 – профаза, 3 – метафаза, 4 – анафаза, 5 – телофаза.

Задания

1. Закончите предложения.

1. Период существования клетки, от её образования до собственного деления или смерти -
2. Интерфаза занимает около ... % времени жизненного цикла клетки.
3. Интенсивный синтез РНК и белка, увеличение количества органоидов и активный рост клетки происходит в период интерфазы.
4. Удвоение молекул ДНК, синтез белков-гистонов и удвоение центриолей происходит в период интерфазы.
5. Запасание энергии в АТФ, созревание центриолей, синтез РНК и белков происходит в период интерфазы.
6. Критическая точка в фазе G1, когда в клеточном цикле наступает пауза (G0), называется точкой
7. В профазе хроматин конденсируется в отчетливо видимые Каждая хромосома состоит из двух сестринских
8. Крупный белковый комплекс, располагающийся в зонах центромер хромосом и обеспечивающий связь хромосом с нитями веретена деления -
9. Активное движение и перемещение хромосом в метафазе –
10. В метафазе хромосомы располагаются так, что их центромерные участки обращены к ..., а плечи – к
11. Самая продолжительная стадия митоза -
12. Самая короткая стадия митоза -
13. Разделение исходной клетки на две дочерние -
14. Первое деление мейоза, в ходе которого число хромосом уменьшается в 2 раза, называется
15. Стадия профазы I мейоза, в ходе которой происходит конъюгация, называется
16. Процесс сближения гомологичных хромосом, в ходе которого образуются биваленты, называется
17. Хромосомы, одинаковые по форме, размерам и расположению генов, называются
18. Обмен участками между гомологичными хромосомами называется

19. В стадию диплотены профазы I мейоза становятся видны места перекреста -
20. Кроссинговер происходит на стадии ... профазы I мейоза.
21. В ходе анафазы I мейоза к полюсам клетки расходятся
22. В ходе анафазы II мейоза к полюсам клетки расходятся
23. Биваленты выстраиваются в области экватора на стадии ... мейоза.

2. Ситуационные задачи.

1. В препарате видна клетка с расположенными в центре хромосомами, образующими фигуру звезды. Назовите стадию митоза.

2. В препарате видна клетка с расположенными в ней хромосомами, образующими фигуры дочерних звёзд. Назовите стадию митоза.

3. В препарате видны конденсированные хромосомы, расположенные в цитоплазме беспорядочно. Назовите стадию митоза.

4. На клетки, находящиеся в состоянии митоза, подействовали препаратом, разрушающим веретено деления. К чему это приведёт? Какой набор хромосом будут содержать клетки?

5. Представлены два мазка крови. В первом - в нейтрофилах определяется половой хроматин в виде барабанной палочки на одном сегменте ядра. Во втором мазке половой хроматин не обнаружен. Какой из этих мазков принадлежит женщине?

6. В результате митоза возникли две дочерние клетки. Одна из них вступает в стадию интерфазы клеточного цикла, вторая – на путь дифференцировки. Какова дальнейшая судьба каждой из клеток?

7. С помощью шпателя сделано соскоб из слизистой оболочки рта человека. В неразрушенных эпителиальных клетках окрашенного мазка хорошо видно овальные ядра, неодинаковые по размерам. Каким путем происходило деление этих клеток?

8. При микроскопическом исследовании ткани печени было обнаружено, что некоторые клетки распались на небольшие фрагменты с отдельными органеллами и остатками ядра, окруженные мембраной. Воспалительная реакция отсутствует. Для какого патологического процесса характерны эти изменения?

Основные понятия:

жизненный цикл клетки
интерфаза
митоз
репликация
точка рестрикции

резервный пул клеток
белки-когезины
кинетохор
веретено деления
метакинез

конгрессия хромосом
«материнская звезда»
цитокinesis
фрагмопласт
мейоз
редукционное деление
эквационное деление
синапсис
синаптонемный комплекс

биваленты
кроссинговер
хиазмы
амитоз
эндорепродукция
политения
эндомитоз
апоптоз
некроз

Рекомендуемая литература

1. Гистология, цитология и эмбриология: учебник / под ред. Ю. И. Афанасьева. - М.: Медицина, 2006. – 768с.
2. Кузнецов С. Л. Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии: учеб.пособие для мед. вузов / С.Л. Кузнецов, Н.Н. Мушкамбаров, В.Л. Горячкина. – М.: МИА, 2006. – 376с.
3. Молекулярная биология клетки: в 3 т / Б. Альбертс и др. – М.: Мир, 1994.
4. Молекулярная биология клетки: сб. задач / Дж. Уилсон и др.; под ред. И.А. Крашенниникова. – М.: Мир, 1994. – 518с.
5. Сборник ситуационных задач по гистологии, эмбриологии, цитологии для студентов 1-2 курсов / Медведева Н.Н. и др. – Красноярск: КрасГМА, 2007. – 86с.
6. Цитология с основами гистологии [Электронный ресурс]: лаб. практикум / Т. И. Голованова, Н. А. Сетков, Г. И. Боровкова и др. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009 (режим доступа <http://lib.sfu-kras.ru>).
7. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию: учебник / Ю.С. Ченцов. - М.: Академкнига, 2004. – 494с.