

С.В. Мурадов
Е.А. Девятова

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Биология клетки (цитология)»

**С.В. Мурадов
Е.А. Девятова**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ (ЦИТОЛОГИЯ)»**

Чебоксары 2019

УДК 576(075.8)

ББК 28.05я73

M91

*Рекомендовано Учебно-методическим советом
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный университет им. В. Беринга»
в качестве лабораторного практикума для бакалавров,
обучающихся по направлению подготовки «Биология»*

Рецензент

Захарихина Лалита Валентиновна, доктор биологических наук

Мурадов С.В., Девятова Е.А.

- M91 Лабораторный практикум по дисциплине «Биология клетки (цитология)» : учеб.-метод. пособие / С.В. Мурадов, Е.А. Девятова. – Чебоксары: ИД «Среда», 2019. – 100 с.**

ISBN 978-5-6043435-3-1

В пособии изложены методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по курсу «Биология клетки (цитология)». Каждая работа содержит необходимые методические указания для выполнения каждого задания, рисунки, схемы и микрофотографии, вопросы для закрепления изученного материала. В практикум включены тестовые задания для самопроверки, а также материалы для подготовки к практическим занятиям по курсу.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология».

DOI 10.31483/a-98

ISBN 978-5-6043435-3-1

© С.В. Мурадов,

Е.А. Девятова,

© ИД «Среда», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1	5
Лабораторная работа №2.....	13
Лабораторная работа №3.....	26
Лабораторная работа №4.....	34
Лабораторная работа № 5	45
Лабораторная работа № 6	60
Методические рекомендации по различным видам самостоятельной работы	76
Контрольные тесты	78
Краткое содержание лекционного курса.....	88
Планы практических занятий	93
Примерные вопросы к зачету	97
Библиографический список	98

ВВЕДЕНИЕ

Цитология, или клеточная биология – это комплекс наук, изучающих строение и функции клеток, процессы обмена веществ в клетках, взаимоотношения клеток с внешней средой, закономерности развития дифференцировки клеток в онтогенезе.

Цель пособия – сформировать у студентов-биологов базовые знания о строении, функционировании и воспроизведении клетки как наименьшей живой системы, единицы строения живых организмов.

В ходе изучения курса цитологии реализуются следующие **задачи**:

- Ознакомление студентов с историей развития цитологии и основными ее достижениями на разных этапах;
- Историей создания клеточной теории и основными ее постулатами;
- Ознакомление с современными методами цитологических исследований и их использованием в конкретных целях;
- Изучение основных достижений цитологии о строении и функционировании систем жизнеобеспечения клетки, их взаимосвязях и интеграции в целостную систему;
- Изучение современных взглядов на хранение и реализацию наследственной информации в клетке, управление процессами жизнедеятельности клетки;
- Раскрытие механизмов воспроизведения клетки и передачи наследственной информации;
- Выявление особенностей строения клеток, выполняющих разные функции в организме, особенностями строения клеток разных царств;
- Ознакомление с закономерностями онтогенеза и дифференциации клеток.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Тема: Микроскопические исследования клетки.

Цель занятия: усвоить правила пользования микроскопом и научиться работать с ним.

Задание 1. Ознакомиться с устройством микроскопа, внимательно прочитать описание, сравнить с действующим микроскопом. Выписать назначение и состав систем микроскопа. Нарисовать схему устройства микроскопа.

Микроскоп является одним из основных инструментов, позволяющим оценивать состояние ткани на клеточном уровне в цитологических исследованиях.

Микроскоп представляет собой сложную оптико-механическую конструкцию (рис. 1). В отличие от лупы он имеет как минимум двухступенчатое увеличение.

Микроскоп условно можно разделить на три части:

- 1) осветительную;
- 2) воспроизводящую;
- 3) визуализирующую.

Между осветительной и воспроизводящей частями находится так называемая плоскость предмета, на которой располагается препарат, – это предметный стол. Между воспроизводящей и визуализирующей частями расположена плоскость изображения.

Осветительная часть представляет собой осветительную систему, состоящую из источника света, создающего световой поток; коллектора, расположенного в непосредственной близи к источнику света; конденсора, который расположен вблизи препарата. Задачей осветительной части является создание такого светового потока, который должен пройти через препарат и не нарушить его оптических свойств (поглощение, отражение, цветопередачу) и геометрических параметров (контура, размеров).

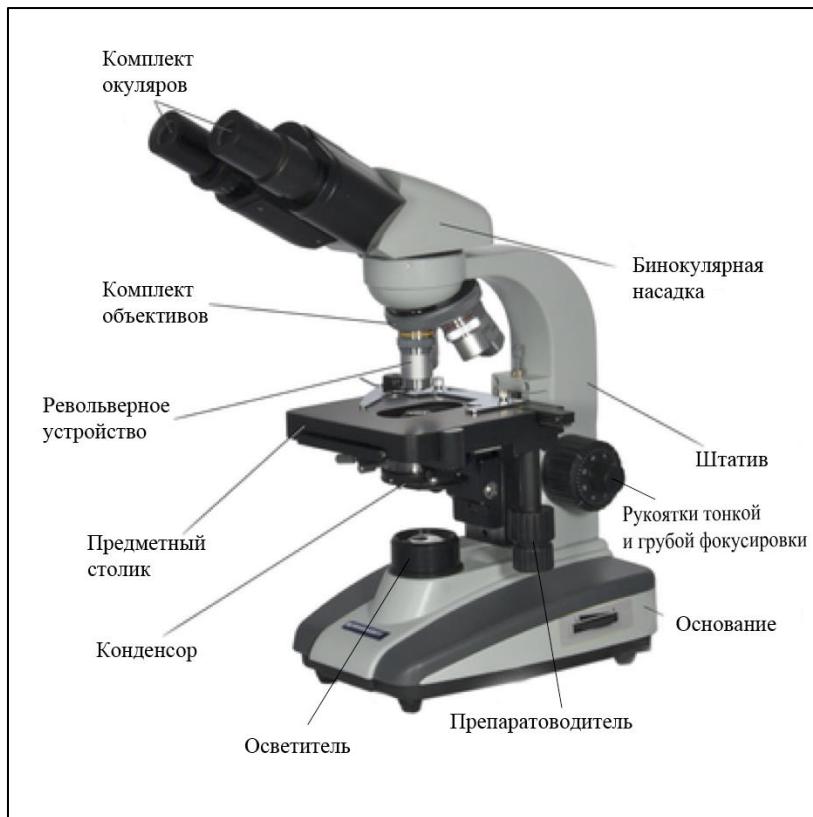


Рис. 1. Микроскоп с бинокулярной насадкой.

Воспроизводящая часть состоит из одного элемента – объектива, но это основной элемент микроскопа. Задачей объектива является создание основного увеличенного изображения препарата с максимальной достоверностью по форме, цвету и разрешению элементов.

Визуализирующая часть микроскопа включает в себя две функции:

1. дополнительное увеличение созданного объективом изображения препарата;
2. создание изображения на носителе информации (глаз, фотопленка, монитор).

Общее увеличение микроскопа определяется по следующей формуле:

$$\text{Общее увеличение} = \frac{\text{увеличение}}{\text{микроскопа}} \times \frac{\text{увеличение}}{\text{объектива}} \times \frac{\text{увеличение}}{\text{окуляра}} \times \frac{\text{дополнительное}}{\text{увеличение}} \frac{\text{системы}}{\text{окуляра}}$$

К основным оптическим элементам микроскопа относятся объектив, окуляр и конденсор.

Объектив. Объективы микроскопа представляют собой оптические системы, предназначенные для построения микроскопического изображения в плоскости изображения с соответствующим увеличением, разрешением элементов, точностью воспроизведения по форме и цвету объекта исследования. Они имеют сложную оптико-механическую конструкцию, которая включает несколько одиночных линз и компонентов, склеенных из двух или трех линз.

Объективы делятся на сухие и иммерсионные. Сухие объективы обычно имеют увеличение: 8x, 10x, 20x, 40x. У них между объективом и рассматриваемым предметом находится воздух.

Иммерсионные объективы обычно имеет увеличение 90x или 100x. У них между объективом и рассматриваемым предметом должна находиться капля иммерсионного масла, в которую погружают фронтальную линзу объектива. Это необходимо для того, чтобы не допустить рассеивания лучей, проходящих через препарат и не уменьшить освещенность. Поскольку показатель преломления иммерсионного масла практически такой же, как и стекла, лучи света, выходя из стекла, не отклоняются и полностью попадают в объектив.

Окуляр. Окуляр относится к оптической системе визуализирующей части микроскопа и предназначен для построения микроскопического изображения на сетчатке глаза наблюдателя. Он создает дополнительно увеличенное изображение объекта и работает как лупа. В общем виде окуляры состоят из двух групп линз: глазной (ближайшей к глазу наблюдателя) и фронтальной (ближайшей к плоскости построенного объективом изображения).

Осветительная система микроскопа представляет собой систему линз, диафрагм и зеркал, которая обеспечивает равномерное освещение объекта и полное заполнение апертуры объектива. Она состоит из двух частей: источника света с коллектором и конденсора.

При встроенной осветительной системе проходящего света коллекторная часть расположена вблизи источника света в основании микроскопа и предназначена для увеличения размера светящегося тела. Для настройки осветительной системы коллектор может быть выполнен подвижным, что обеспечивает его перемещение вдоль оптической оси. Вблизи коллектора располагается ирисовая полевая диафрагма микроскопа, которая в закрытом состоянии должна быть резко видна в плоскости предмета вместе с резким изображением препарата.

Конденсор. Оптическая система конденсора предназначена для увеличения количества света, поступающего в микроскоп. Конденсор располагается между препаратом (предметным столиком) и осветителем (источником света). При конденсоре всегда находится осветительная апертурная ирисовая диафрагма. Конденсор является одним из основных элементов, позволяющих работать с микроскопом при различных освещении и контрастировании.

Механические части микроскопа

Основным конструктивно-механическим блоком микроскопа является штатив, который включает в себя основание и тубусодержатель.

Основание представляет собой блок, на котором крепится весь микроскоп.

Тубусодержатель представляет собой блок, на котором расположены:

1) узел крепления светоделительных элементов (блоков для отраженного света; блоков светофильтров люминесцентного осветителя);

2) револьверное устройство для крепления объективов;

3) фокусировочный механизм грубой и точной настройки микроскопа на резкость;

4) узел крепления сменных предметных столиков;

5) узел крепления и перемещения конденсора;

6) узел крепления сменных насадок (визуальных, фотографических, телевизионных, различных передающих устройств).

Одним из основных и точных элементов, входящих в механическую часть микроскопа, является *предметный столик*, предназначенный для крепления препарата и его фиксации в определенном положении под микроскопом. Столики бывают неподвижные, координатные, поворотные (на ограниченный угол) и врачающиеся

(центрируемые и нецентрируемые). На столике устанавливаются препаратодержатели и препаратоводители.

Тубус - это полая трубка, при помощи которой поддерживается определенное расстояние между окуляром и объективом (160-180 мм). В верхний конец тубуса свободно вставляется окуляр, а снизу ввинчивается револьверная насадка. Револьверная насадка представляет собой диск с гнездами, в которые ввинчиваются 3-4 объектива, с разным увеличением. Вращая насадку можно быстро установить любой объектив под отверстие тубуса. При смене объектива надо следить, чтобы он был центрирован, т. е. установлен так, чтобы его оптическая ось совпала с оптической осью окуляра, иначе увидеть изображение будет невозможно. Совпадение осей происходит тогда, когда объектив точно попадает в свое гнездо, при этом слышен характерный щелчок.

Тубус может передвигаться вверх и вниз при помощи *макро- и микрометрического винтов*. При вращении винтов по часовой стрелке (от себя) тубус опускается, а при их вращении против часовой стрелки (к себе) - поднимается. Винты служат для нахождения фокуса. При помощи макрометрического винта производят грубую настройку изображения, а микрометрического - точную. Один оборот микрометрического винта изменяет положение тубуса на 0,1 мкм, поэтому его используют только при рассмотрении препаратов на большом увеличении.

Задание 2. Внимательно прочитать правила работы с биологическим микроскопом, настроить микроскоп и промикроскопировать готовый препарат с «сухими» объективами.

На рабочем месте микроскоп помещают ручкой к себе на расстоянии 3-5 см от края стола. Перед началом работы мягкой сухой тканью удаляют пыль с механических и оптических частей микроскопа, не касаясь линз. При работе с микроскопом, имеющим встроенный источник света, микроскоп через адаптер подключают к сети и включают его.

Настройка освещения

Для уменьшения яркости между конденсором и источником света можно поместить синее или матовое стекло. Регулируя диафрагму и перемещая конденсор, добиваются равномерного освещения всего поля зрения:

- a) конденсор опустить и открыть диафрагму;

б) опустить объектив с увеличением 8x или 10x на расстояние 0,5-1 см от предметного столика.

Микроскопирование препаратов микроорганизмов в живом состоянии проводят в затемненном поле зрения (приспущеный конденсор, слегка прикрытая диафрагма) и используя сухие системы (объективы с увеличением в 8, 20 и 40x).

При использовании бинокулярных микроскопов или бинокулярной насадки, позволяющих получить стереоскопическое изображение предмета, регулируют положение трубок с окулярами до тех пор, пока изображение не совпадет в одном поле зрения.

Микроскопирование препаратов

На предметный столик помещают исследуемый препарат и закрепляют его клеммами. При просмотре неокрашенных препаратов верхняя поверхность конденсора должна находиться на уровне предметного столика. В этом случае поле зрения затемняют, сокращая отверстие диафрагмы или опуская конденсор и фокусируя его на плоскости препарата.

Сначала препарат рассматривают с объективом 8x или 10x и устанавливают в центр поля зрения участок, который будут рассматривать на большом увеличении. Затем тубус поднимают и вращением револьвера заменяют объективы.

При работе с объективом 8x рабочее расстояние 9 мм, с объективом 40x - 0,6 мм.

При смене объективов следует регулировать интенсивность освещения рассматриваемого объекта. Желаемую освещенность получают, спуская или поднимая конденсор. При работе с объективом 8x - конденсор опущен, при переходе на объектив 40x конденсор немного поднимают, при работе с объективом 90x конденсор поднимают вверх до предела.

Препарат рассматривают в нескольких местах, передвигая предметный столик боковыми винтами и постоянно вращая микровинт, для того чтобы просмотреть препарат во всей толще.

После окончания работы препарат снимают с предметного столика, опускают конденсор и ставят под тубус объектив с увеличением 8 или 10x. Затем убирают микроскоп в футляр или закрывают колпаком.

Задание 3. Внимательно прочитать методику использования иммерсионных объективов, настроить микроскоп и промикроскопировать готовый препарат с иммерсионным объективом.

Качество изображения, параметры и оптическую конструкцию иммерсионных объективов рассчитывают и выбирают с учетом толщины слоя иммерсии, которую рассматривают как дополнительную линзу с соответствующим показателем преломления.

Иммерсия (от лат. *immersio* – погружение) – это жидкость, заполняющая пространство между объектом наблюдения и специальным иммерсионным объективом, также может заполнять пространство между конденсором и предметным стеклом. Ее применяют в тех случаях, когда требуется повысить разрешающую способность микроскопа или она находится в технологическом процессе микроскопирования. При этом: повышается видимость за счет увеличения разности показателя преломления в промежутке между объективом и объектом; увеличивается глубина просматриваемого слоя, которая зависит от показателя преломления среды. Кроме того, иммерсионная жидкость уменьшает количество рассеянного света, устранив блики от объекта. При этом устраняются неизбежные потери света при попадании его в объектив.

Порядок работы с объективом масляной иммерсии

Сначала препарат рассматривают с объективом 8х или 10х и устанавливают в центр поля зрения участок, который будут рассматривать на большом увеличении. Затем выводят из хода лучей сухой объектив.

На препарат капают иммерсионное масло, при этом желательно немного смазать фронтальную линзу объектива.

Вводят в ход лучей иммерсионный объектив (90х или 100х), фиксируют его.

Опускают объектив до соприкосновения с каплей иммерсионной жидкости (рабочее расстояние 0,12 мм), затем, наблюдая в микроскоп, с помощью рукояток грубой и точной фокусировки настраивают резкость.

После окончания работы препарат снимают с предметного столика, опускают конденсор и ставят под тубус объектив с увеличением 8 или 10х. Мягкую ткань смачивают смесью спирта с эфиром и тщательно протирают фронтальную линзу иммерсионного объектива, для того чтобы полностью удалить с нее иммерсионное

масло. Затем протирают насухо и убирают микроскоп в футляр или закрывают колпаком.

Готовые препараты являются музейными, их нельзя опускать в дезинфицирующий раствор, т.к. при этом они разрушаются. После окончания работы с них мягкой фланелью удаляют иммерсионное масло.

Вопросы для обсуждения:

1. Перечислите функции, которые должен выполнять микроскоп.
2. Из каких частей состоит микроскоп?
3. Опишите строение оптической системы микроскопа.
4. Каково устройство механической системы микроскопа?
5. Какие существуют типы микроскопов?
6. Опишите порядок работы с иммерсионными объективами.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Общая морфология клеток.

Цель занятия: изучение общего плана строения клеток и неклеточных структур, строение цитоплазматической мембранны, органоидов клеток.

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать схему строения прокариотической клетки.

Согласно современной клеточной теории, клетка представляет собой элементарную структурно-функциональную единицу живого, из которой построены все органы и ткани. Клеткам присущи все признаки живого: обмен веществ и энергии, способность к размножению, хранение и передача наследственной информации, раздражимость и др.

Прокариотические клетки имеют более простое строение. У них отсутствует оформленное ядро и мембранные органоиды. Рибосомы, органоиды движения и оболочки прокариотических клеток имеют специфическое строение.

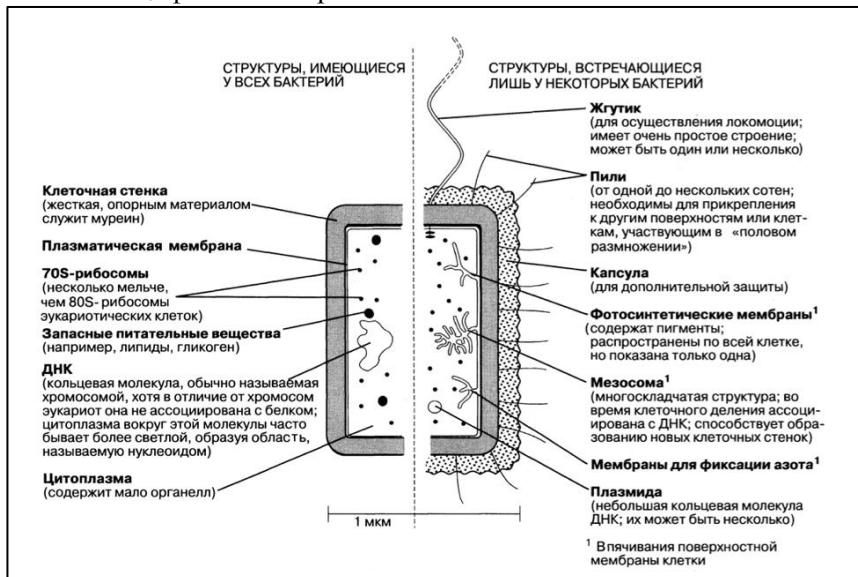


Рис. 1. Схема строения прокариотической клетки

Задание 2. Рассмотреть и зарисовать строение структур цитоплазматической мембраны.

Все эукариотические клетки имеют общие структурные признаки: наличие цитоплазмы и ядра. Ядро осуществляет хранение, передачу и реализацию генетической информации клетки. Ядро имеет ядерную оболочку, хроматин, ядрышко, кариоплазму (нуклеоплазму).

Цитоплазма представляет собой обязательную часть клетки, заключенную между плазматической мембраной и ядром. Цитоплазма включает в себя гиалоплазму (матрикс) и погруженные в нее органоиды и включения.

Гиалоплазма является коллоидной системой сложного химического состава, которая обеспечивает транспортные и связующие функции.

Постоянными компонентами клетки являются органоиды, выполняющие специфические функции. К мембранным органоидам относятся митохондрии, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть, лизосомы, пероксисомы. Немембранными органоидами являются рибосомы, цитоскелет и центриоли.

В процессе жизнедеятельности клетки в цитоплазме формируются включения в виде гранул, капель и др. Они служат источником энергии и структурных элементов, либо могут выделяться из клетки (секреторные включения).

Цитоплазму клетки окружает плазматическая мембрана (синонимы – плазмалемма, клеточная мембрана, цитоплазматическая мембрана). Плазматическая мембрана выполняет ограничительную, транспортную, защитную и рецепторную функции, организует межклеточные контакты и взаимодействия, поддерживает форму клетки и обуславливает её двигательные реакции. Структурные особенности мембраны описывает жидкостно-мозаичная модель строения мембраны. Основу мембраны составляет бимолекулярный слой липидов (в основном фосфолипидов), в который погружены молекулы белка. Неполярные части молекул липидов обращены друг к другу, полярные головки – к внешней среде и цитоплазме.

В зависимости от степени погружения различают:

1) **периферические белки** (расположены на наружной или внутренней поверхности липидного бислоя),

2) полуинтегральные белки (погружены в липидный бислой на различную глубину),

3) интегральные, или трансмембранные, белки (пронизывают мембрану насекомых, контактируя при этом и с наружной, и с внутренней средой клетки).

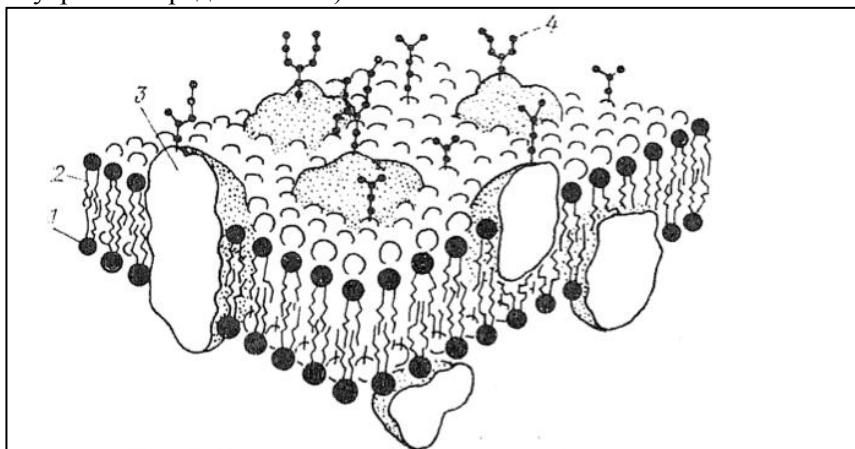


Рис. 2. Схема строения клеточных мембран:
1 – липиды; 2 – гидрофобная зона липидов;
3 – интегральные белки мембраны;
4 – полисахариды гликокаликса

Кроме того в состав мембраны могут входить углеводы (олигосахариды, полисахариды), связанные с молекулами белков или липидов. Углеводы обеспечивают рецепторные функции мембраны. Принцип построения внутренних мембран клетки тот же, но для большинства из них не характерно наличие значительных количеств углеводов.

К функциям плазмалеммы относятся активный и пассивный транспорт веществ через клетку, в частности эндоцитоз, разновидностями которого являются фагоцитоз и пиноцитоз, а также обеспечение механического и химического взаимодействия между клетками.

Специализированными структурами плазмалеммы являются различные типы межклеточных соединений, а также различного рода выросты цитоплазмы, такие как микроворсинки. Бывают выросты и сложного строения: реснички и жгутики.

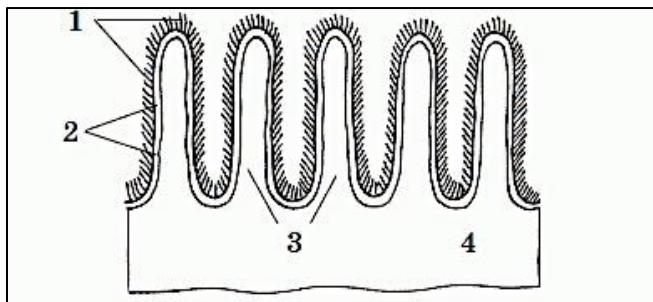


Рис. 3. Строение стенки тонкого кишечника. 1 – гликокаликс; 2 – микроворсинки; 3 – плазмалемма; 4 – стенка кишки

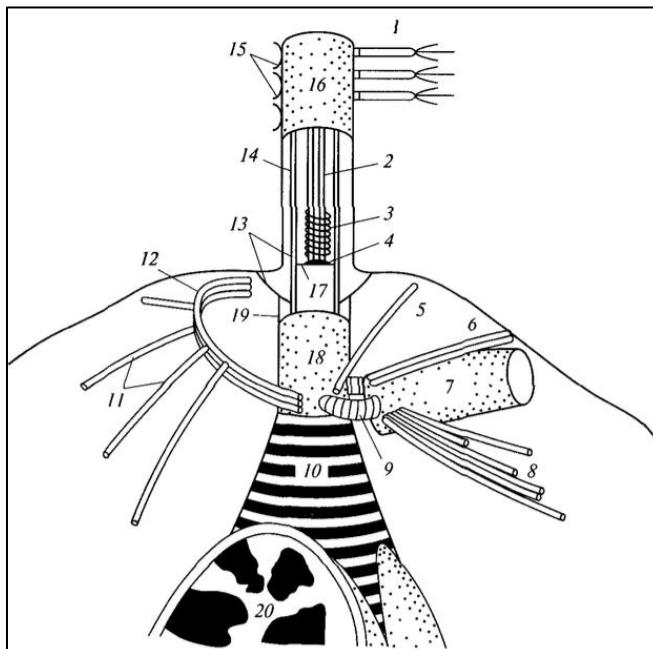


Рис. 4. Обобщенная схема строения жгутикового аппарата:
1 – волоски; 2 – центральные микротрубочки аксонемы;
3 – переходная спираль; 4 – аксосома; 5, 6, 8 – микротрубочковые
корешки; 7 – безжгутиковое базальное тельце (кинетосома);
9 – фибрillлярный мостик между кинетосомами;
10 – ризопласт (корневая нить); 11 – вторичные микротрубочки;
13 – переходные фибриллы; 14 – периферические дуплеты микро-
трубочек аксонемы; 15 – жгутиковые чешуйки; 16 – жгутик;
17 – поперечная пластинка; 18 – жгутиковая кинетосома;
19 – триплеты микротрубочек кинетосомы; 20 ядро

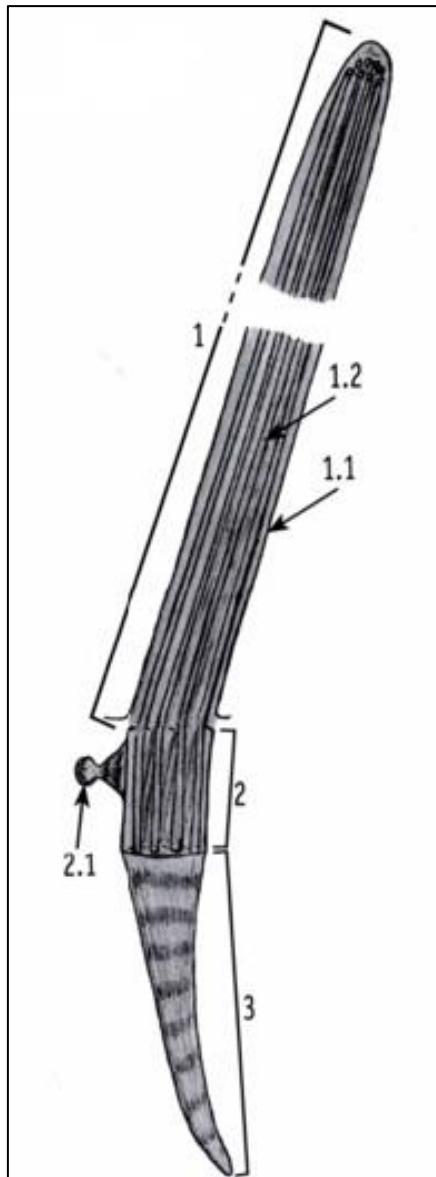


Рис. 5. Схема строения реснички: 1 – речника;
1.1 – плазмалемма; 1.2 – микротрубочки; 2 – базальное тельце;
2.1 – центр организации микротрубочек; 3 – базальный корешок

Рассмотрите препарат кишечника. На апикальной поверхности клеток видна более светлая полоска – исчерченная каемка, образованная микроворсинками. Микроворсинки могут быть четко видны только при использовании электронного микроскопа.

Зарисовать и обозначить: 1) микроворсинки; 2) цитоплазму; 3) плазмалемму; 4) ядра.

Различают следующие типы межклеточных соединений: простые межклеточные соединения (в том числе зубчатые и пальцевидные), пятна сцепления, или десмосомы, плотные соединения, пояски сцепления, или лентовидные десмосомы.

Важную роль во взаимодействии клеток играют щелевидные соединения, или нексусы. Щелевидное соединение представляет собой область плазмолеммы соседних клеток, специализированную для обеспечения диффузии ионов и мелких молекул от клетки к клетке через пути с низким сопротивлением. Межклеточная щель сужена в этих участках до 2 нм, мембранные противоположных клеток соединены структурами, называемыми коннексонами. Коннексон состоит из частичек белка коннексина. Каждая частичка занимает всю толщу бислоя липидов мембранны, выпячивается в межклеточный промежуток и соединяется с частичкой противоположной мембранны соседней клетки. Частички расположены таким образом, что образуют стенку канальца диаметром 1,5 – 2 им, через который из клетки в клетку способны проникать ионы и небольшие молекулы, но не проходят белки.

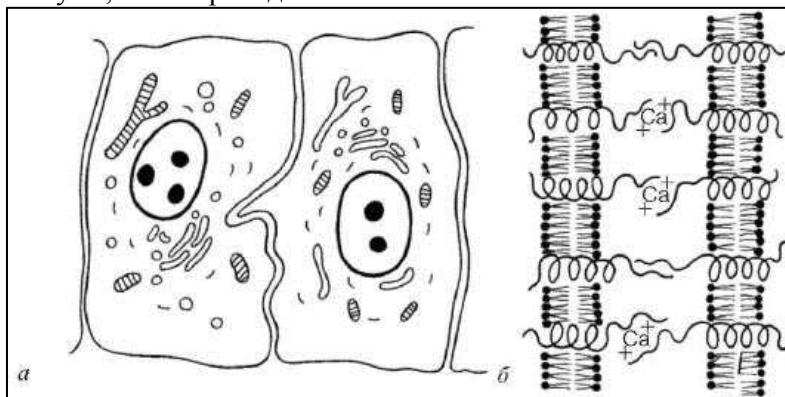


Рис. 6. Простое межклеточное соединение:

а - простое соединение двух эпителиальных клеток;
б - связывание интегральными гликопротеидами (интегринами и кадгеринами) плазматических мембран соседних клеток

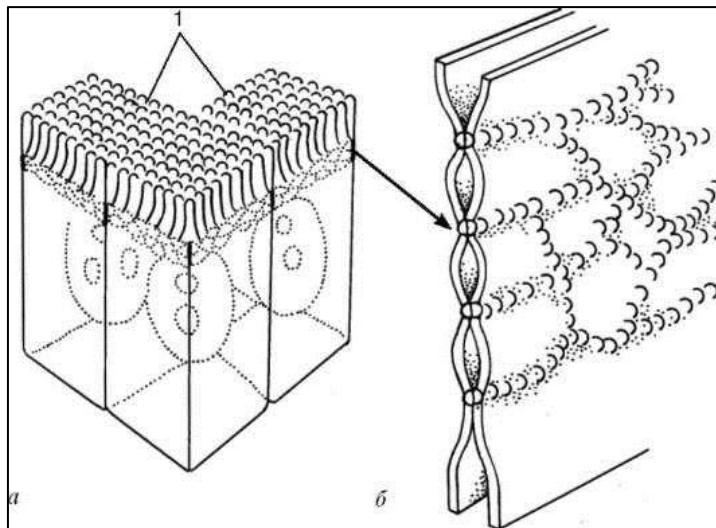


Рис. 7. Плотное соединение (замыкающая зона):
а - расположение плотного соединения (вставочная пластинка) на клетках кишечного эпителия; б - трехмерная схема участка плотного соединения. 1 - микроворсинки

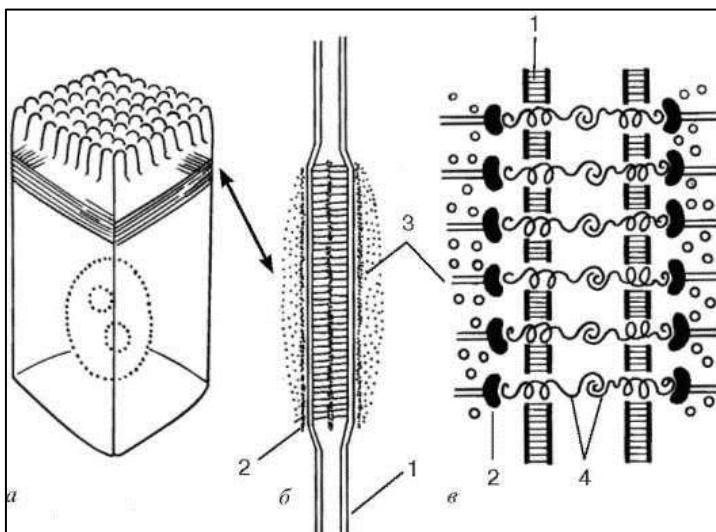


Рис. 8. Адгезивный поясок (поясок склеивания):
а - расположение его в клетке; б - вид на срезе;
в - схема молекулярной организации. 1 - плазмолемма;
2 - слой белков сцепления; 3 - актиновые микрофиламенты;
4 - связующие гликопротеиды

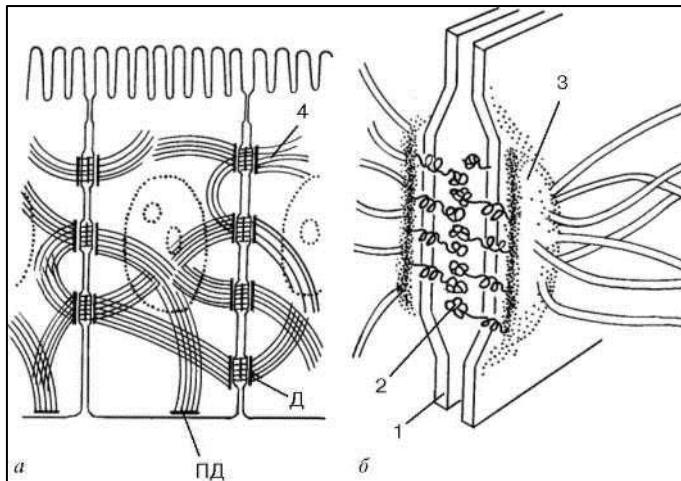


Рис. 9. Десмосома:
а - расположение в клетке; б - схема ультраструктур.
1 - плазмолемма; 2 - десмоглениновый слой;
3 - слой десмоплакина; 4 - промежуточные филаменты.
Д - десмосома; ПД - полудесмосома

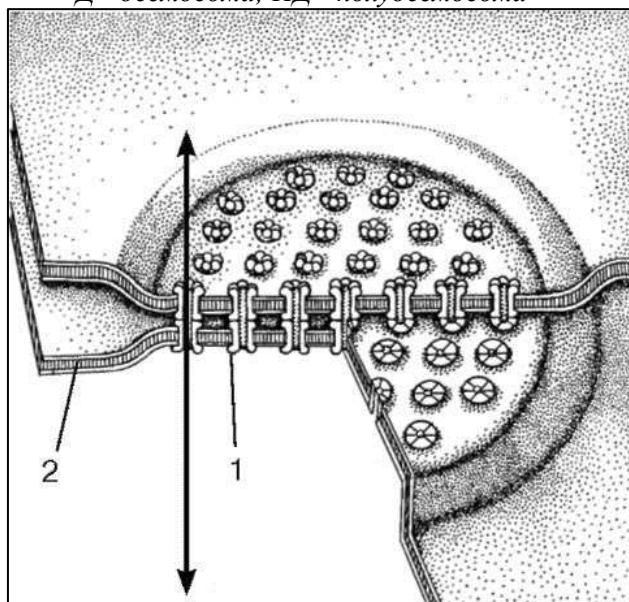


Рис. 10. Щелевое (коммуникационное) соединение:
1 - коннексон; 2 - плазмолемма

Задание 3. Рассмотреть и зарисовать обобщенную схему строения эукариотической клетки. Сравнить строение растительных и животных клеток.

В отличие от клеток животных клетки растений в основном имеют плотную, обычно углеводную оболочку, окружающую живую часть клетки (протопласт), пластиды и крупные вакуоли, заполненные сильно обводненным клеточным соком. Однако, специфичность структуры растительной клетки определяется характером ее жизнедеятельности, возрастным состоянием и таксономическими особенностями.

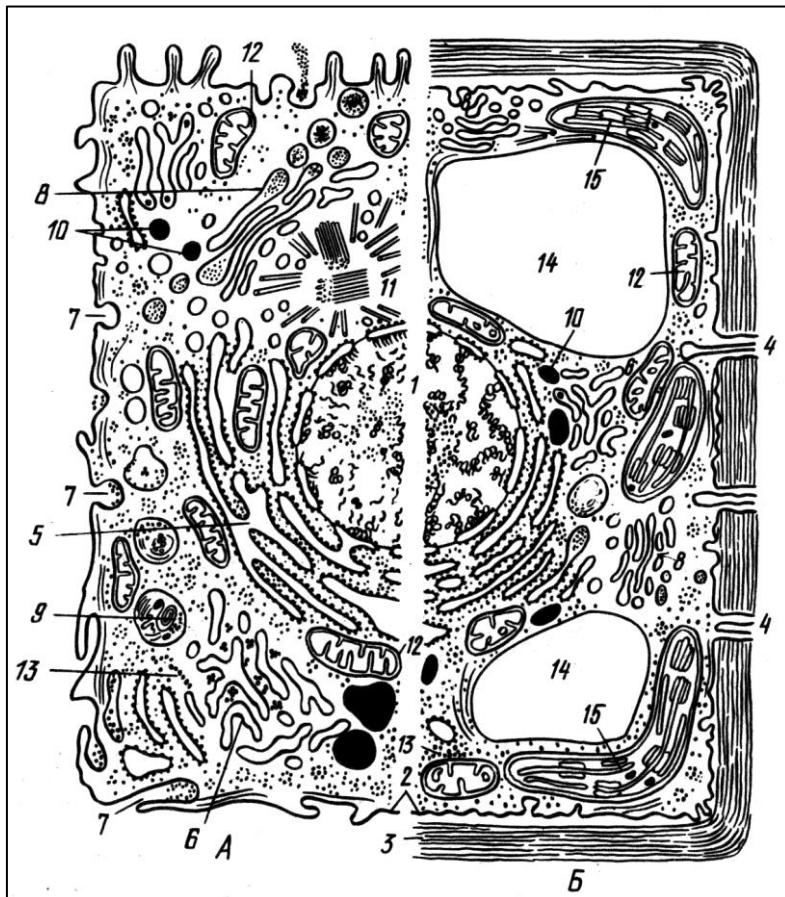


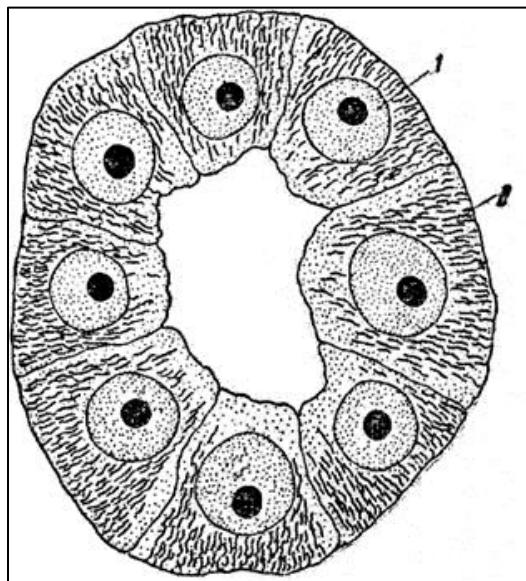
Рис. 11. Схема строения эукариотической клетки.
А - клетка животного происхождения; Б - растительная
клетка: 1 - ядро с хроматином и ядрышком,

2 - цитоплазматическая мембрана, 3- клеточная стенка, 4 - поры в клеточной стенке, через которые сообщается цитоплазма соседних клеток, 5 - шероховатая эндоплазматическая сеть, 6 - гладкая эндоплазматическая сеть, 7 - пиноцитозная вакуоль, 8 - аппарат (комплекс) Гольджи, 9 - лизосома, 10 - жировые включения в каналах гладкой эндоплазматической сети, 11 - клеточный центр, 12 - митохондрия, 13 - свободные рибосомы и полирибосомы, 14 - вакуоль, 15 - хлоропласт

Задание 4. Разнообразие форм животных клеток. Рассмотрите препараты канальцев почки и клеток крови человека. Сделайте рисунки.

Клетки кубической (или призматической) формы канальцев почки.

На малом увеличении видны поперечно срезанные (округлые) и продольно срезанные (овальные) канальцы почки с прозрачным просветом канальца, расположенным в центре. Используя большое увеличение микроскопа, можно видеть, что стенку канальца составляют эпителиальные клетки кубической или призматической формы. Для клеток кубической формы характерно то, что высота и основание клетки равны. В клетках призматической формы высота превосходит основание.



*Rис. 12. Поперечный срез почечного канальца.
1 – ядро; 2 – цитоплазма*

Зарисовать несколько клеток или весь каналец и обозначить: 1) ядро, 2) цитоплазму, 3) плазмалемму клетки.

Клетки окружной формы – лейкоциты на мазке крови человека.

Используя большое увеличение микроскопа, среди большого числа окружных безъядерных клеток розового цвета (эритроцитов) следует найти ядросодержащие клетки – лейкоциты. При этом могут встретиться клетки с темно-фиолетовым ядром и небольшим ободком голубоватой цитоплазмы (лимфоциты), клетки с дольчатым ядром и зернистой цитоплазмой (нейтрофилы или эозинофилы) и клетки с бобовидным ядром и серовато-голубоватой цитоплазмой (моноциты).

Зарисовать и обозначить: 1) ядро, 2) цитоплазму, 3) плазмалемму.

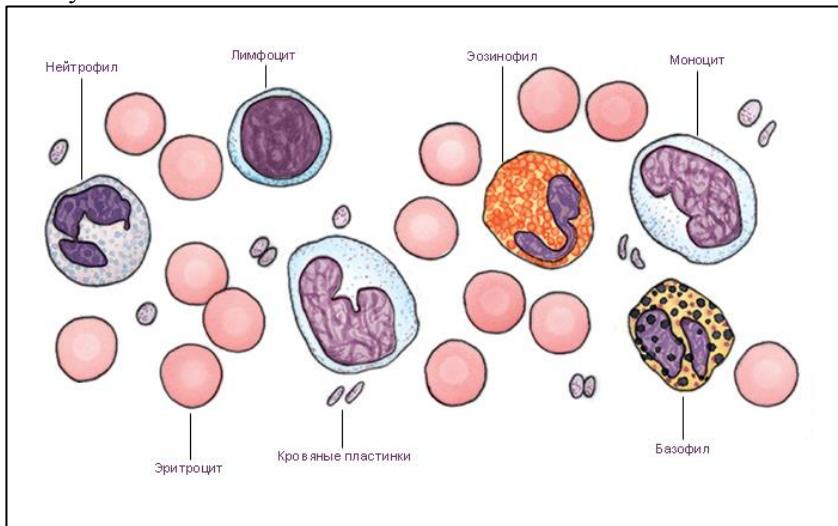


Рис. 13. Клетки крови

Задание 5. Рассмотрите препараты гиалинового хряща и поперечно-полосатой мышечной ткани. Сделайте рисунок.

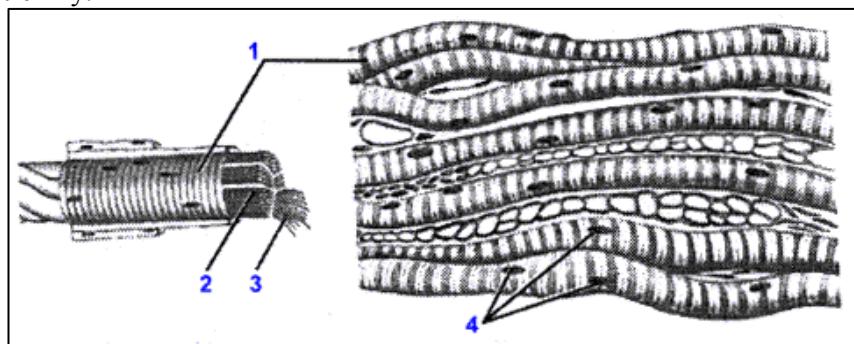
Неклеточные структуры - симпласты, синцитии, межклеточное вещество. Симпласты – многоядерные структуры, состоящие из большого объема цитоплазмы с многочисленными ядрами. Они образуются в результате слияния клеток или деления ядер без разделения цитоплазмы клетки. Примером симпласта может служить поперечно-полосатое мышечное волокно. Синцитии – соклетия –

представляют собой структуры, сформировавшиеся в результате того, что при делении клеток цитокинез не завершился и сохранилась связь перемычками цитоплазмы (например, сперматогонии семенника долго сохраняют связь друг с другом). Межклеточное вещество является производным преимущественно клеток мезенхимного происхождения: собственно соединительной ткани, хряща и кости.

Рассмотрите препарат симпласта – поперечно-полосатое скелетное мышечное волокно.

Используя малое увеличение микроскопа, найти участок препарата, на котором параллельно друг другу располагаются продолговатые структуры – мышечные волокна. При большом увеличении видно, что на периферии волокна под его внешней мембраной лежат многочисленные продолговатые ядра.

Зарисовать и обозначить: 1) ядро, 2) саркоплазму, 3) плазматическую мембруму.



Rис. 14. Поперечно-полосатая мышечная ткань.

1 – мышечное волокно; 2 – сарколемма;

3 – миофибриллы; 4 – ядра

Рассмотрите препарат гиалинового хряща.

При малом увеличении в центре препарата необходимо найти группы хрящевых клеток и между ними розовато-фиолетовое, неоднородно окрашенное межклеточное вещество. На большом увеличении в цитоплазме клеток видны пустоты, которые появились при приготовлении препарата в результате растворения части веществ клетки.

Зарисовать и обозначить: 1) хрящевые клетки (хондроциты);
2) межклеточное вещество хряща.

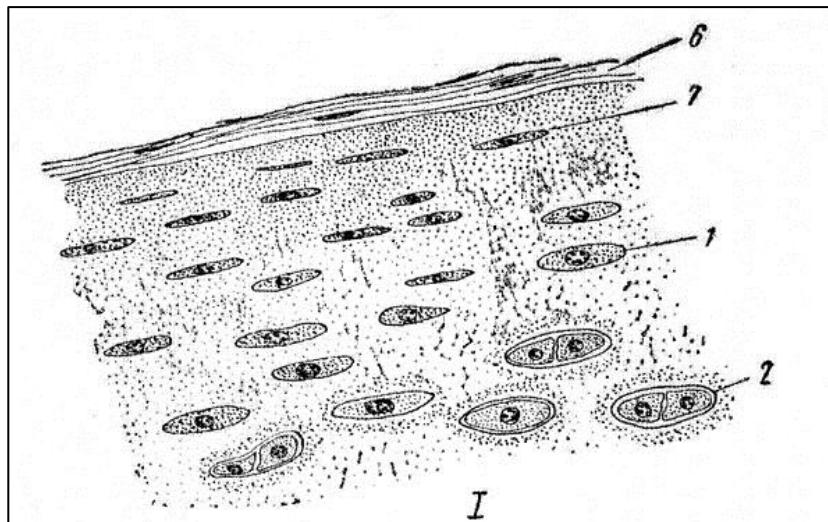


Рис. 15. Гиалиновый хрящ.
1 – хрящевые клетки; 2 – группа хрящевых клеток;
6 – надхрящица; 7 – молодые хрящевые клетки

Вопросы для обсуждения:

1. Каковы основные положения клеточной теории? Каково ее значение для развития биологии как науки?
2. Назовите основные биологические свойства клетки.
3. Опишите структурную организацию клетки.
4. Опишите общее строение биологических мембран. Каков их химический состав? Какие функции выполняет цитоплазматическая мембрана?
5. Какие бывают типы клеточных контактов? Каково их строение? Назовите способы транспорта веществ в клетку и из клетки.
6. Опишите особенности строения неклеточных структур.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Ультраструктурная организация органоидов клетки.

Цель занятия: изучение микроскопического и ультрамикроскопического строения и значения основных органоидов клетки.

Задание 1. Рассмотреть микрофотографию растительной клетки. Сделать рисунок, обозначить органоиды.

Органоидами (*органеллами*) называют структуры, постоянно встречающиеся в клетках, имеющие характерное строение и выполняющие специфическую функцию. Различают органеллы мембранные и немембранные, общего значения и специальные. Органеллы общего значения присутствуют во всех клетках, органеллы специальные встречаются в определенных тканях, например миофибриллы в мышечной ткани. К мембранным органеллам относят: эндоплазматическую сеть, комплекс Гольджи, митохондрии, пластиды, лизосомы, пероксисомы. Немембранные органеллы – это рибосомы, центриоли, микротрубочки, микрофибриллы, микрофиламенты.

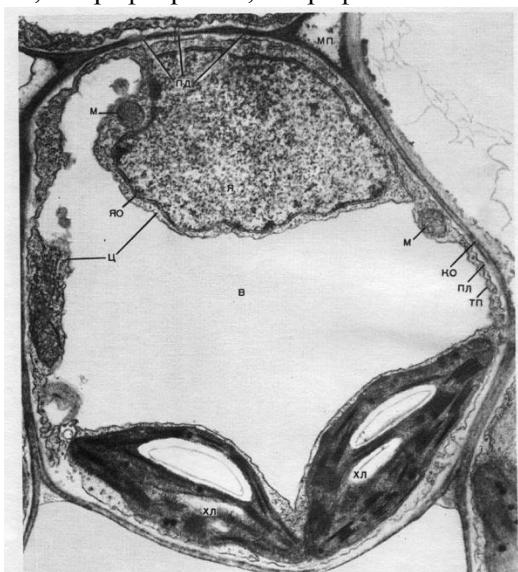


Рис. 1. Микрофотография структуры растительной клетки.

МП – межклеточное пространство; ЯО – ядерная оболочка;

М – митохондрия; ПД – плазмодесмы; КО – клеточная оболочка;

ПЛ – плазмалемма; В – вакуоль; ХЛ – хлоропласт;

Ц – цитоплазма; ТП – тонопласт

Мембранные органоиды

Задание 2. Рассмотреть микрофотографию гранулярного эндоплазматического ретикулума. Сделать рисунок, обозначить ЭПС, рибосомы.

Эндоплазматический ретикулум (эндоплазматическая сеть) представляет собой систему трубочек и уплощенных цистерн. Эндоплазматическую сеть, к наружной поверхности которой прикреплены рибосомы, называют гранулярной эндоплазматической сетью, а лишенную рибосом – агранулярной эндоплазматической сетью.

Одной из основных функций эндоплазматической сети является транспорт веществ. Кроме того, для гранулярной эндоплазматической сети характерен синтез белков, для агранулярной – синтез и расщепление гликогена, метаболизм липидов (в частности, синтез стероидных гормонов). В печени она участвует в обезвреживании снотворных веществ, канцерогенов и др.

С гранулярной ЭПС связаны немембранные органоиды – рибосомы. *Рибосома* – гранула рибонуклеопротеида диаметром 15–20 нм, состоящая из двух субъединиц – большой и малой. Функция рибосом – синтез белка. Обычно белок синтезируется не на одной, а одновременно на группе рибосом (полисома), связанных молекулой информационной РНК (иРНК). Рибосомы и полисомы могут быть свободными в цитоплазме и продуцировать белки для нужд самой клетки или быть фиксированными на мембранах эндоплазматической сети и синтезировать секреты – белки, выделяющиеся из клетки.

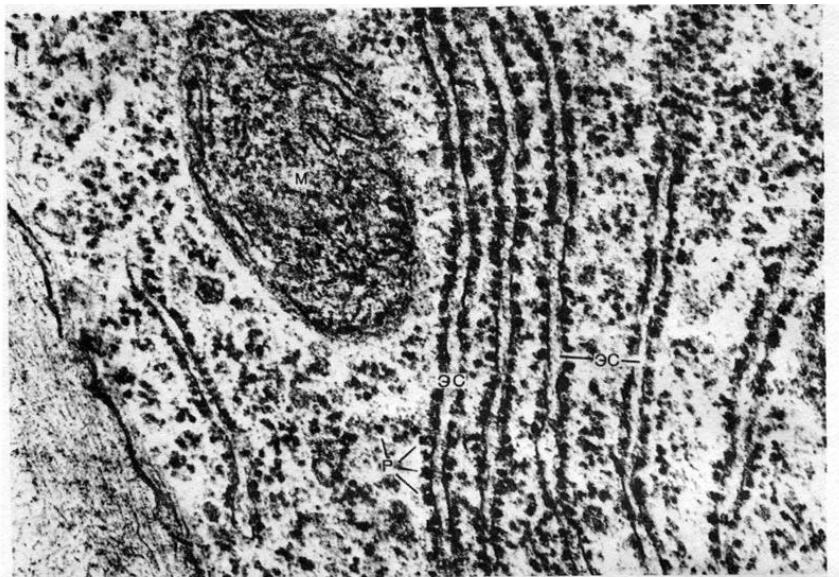


Рис. 2. Микрофотография гранулярного эндоплазматического ретикулума.

ЭС – каналы ЭПС; М – митохондрии; Р- рибосомы

Задание 3. Рассмотреть микрофотографию митохондрий. Сделать рисунок, обозначить наружную мембрану, внутреннюю мембрану, матрикс, кристы.

Митохондрии в световом микроскопе выглядят как короткие палочки и нити. При рассмотрении в электронном микроскопе видны их внутренняя и наружная митохондриальные мембранны, между которыми находится межмембранное пространство. Площадь внутренней мембранны увеличена за счет образуемых ею крист, которые имеют форму складок, а иногда трубочек. Пространство, ограниченное внутренней мембраной, заполнено митохондриальным матриксом. На кристах внутренней мембранны находятся митохондриальные субъединицы или элементарные частицы, представляющие собой комплексы ферментов фосфорилирования (синтеза АТФ) за счет энергии, освобождающейся в митохондриях в результате процессов окисления. Главная функция митохондрий – обеспечение клетки энергией. Митохондрии участвуют в синтезе ряда белков. Содержат необходимые компоненты для их синтеза:

митохондриальную ДНК, мелкие рибосомы, транспортную и информационную РНК и ферменты. Однако большинство ферментов митохондрий синтезируется под контролем ДНК ядра. Продолжительность существования митохондрий невелика. Убыль митохондрий пополняется за счет их деления.



Рис. 3. Микрофотография митохондрии. 1 – матрикс; 2 – кристы

Задание 4. Рассмотреть микрофотографию хлоропласта. Сделать рисунок, обозначить наружную мембрану, внутреннюю мембрану, строму, граны, тилакоиды, ламеллы.

Пластиды – двумембранные органоиды, присущие растительным клеткам. К пластидам относятся бесцветные – лейкопласти, и окрашенные – хромопласти и лейкопласти. Пластиды осуществляют функцию фотосинтеза (хлоропласти), синтеза крахмала (лейкопласти) и каротиноидов (хромопласти). Между разновидностями пластид возможен ряд взаимных превращений.

При рассмотрении в электронном микроскопе хлоропласта видны внутренняя и наружная мембранны, между которыми находится межмембранное пространство. Внутреннее пространство хлоропласта – строма, где находится ряд ферментов (например, ферменты цикла Кальвина). Внутренняя мембрана хлоропласта образует складки – тилакоиды, которые собираются в стопки – граны. У некоторых водорослей тилакоиды образуют опоясывающие стопки

— ламеллы, состоящие из 2-3 тилакоидов. Хлоропласты содержат несколько кольцевых молекул ДНК и рибосомы прокариотического типа. Пигменты ассоциированы с мембранами тилакоидов.

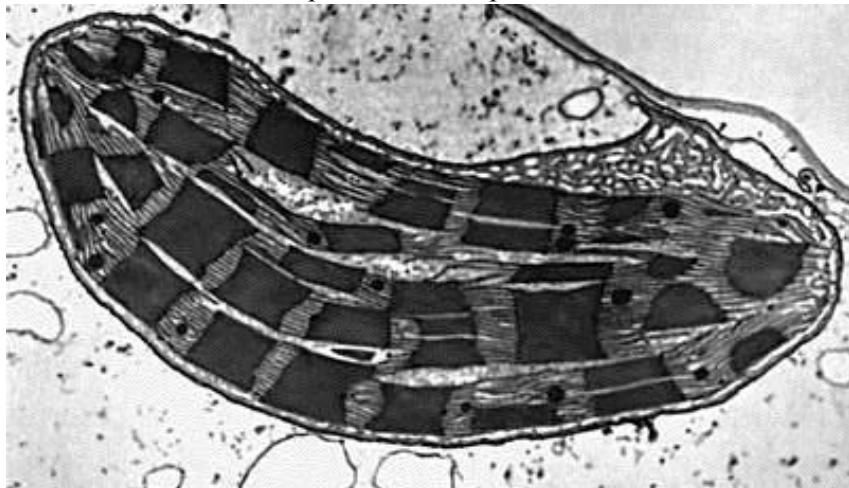


Рис. 4. Микрофотография хлоропласта

Задание 5. Рассмотреть микрофотографию комплекса Гольджи и его производных. Сделать рисунок, обозначить цистерны и пузырьки.

Комплекс Гольджи на препаратах, обработанных азотно-кислым серебром, выглядит как сеть переплетающихся темных нитей. На электронных микрофотографиях можно видеть, что комплекс Гольджи состоит из следующих компонентов; 1) уплощенных мешочеков, или цистерн, 2) транспортных пузырьков, приносящих белковый секрет из эндоплазматической сети, 3) конденсирующих секрет вакуолей и 4) секреторных гранул. Функции комплекса Гольджи: упаковка, конденсация и выведение белковых секретов, участие в синтезе углеводов и присоединении их к полипептидным цепочкам в процессе синтеза гликопротеинов, формирование лизосом.

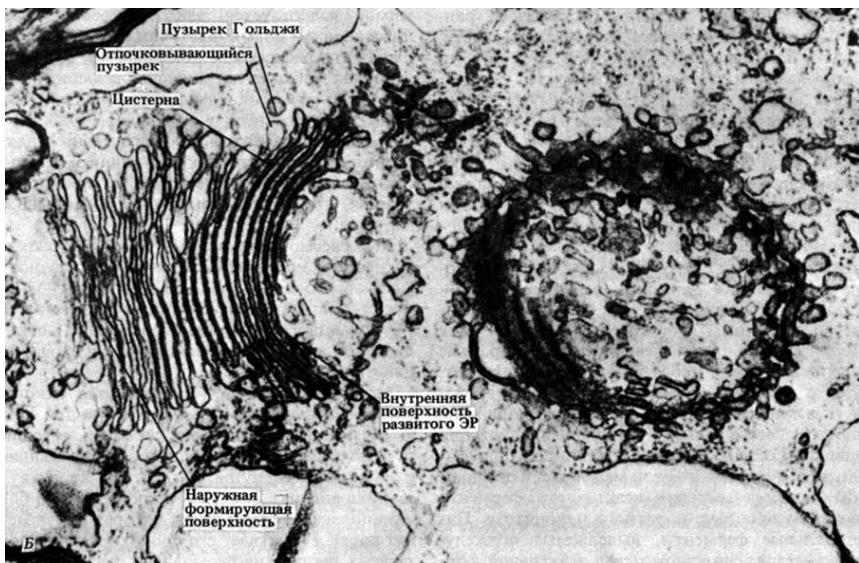


Рис. 5. Микрофотография комплекса Гольджи

Лизосомы – органеллы внутриклеточного ферментативного расщепления как экзогенных веществ (попавших в клетки в результате эндоцитоза), так и эндогенных – удаление органелл и включений в ходе нормального обновления или в ответ на измененную функциональную активность. Различают четыре основные формы лизосом: первичные лизосомы, вторичные лизосомы (фаголизосомы, или гетерофагосомы), аутофагосомы и остаточные тельца. Первичные лизосомы – это маленькие, округлые, окруженные мембраной тельца. Они представляют собой запасную форму или резерв гидролитических ферментов, еще не участвующих в переваривании. Фаголизосомы образуются от слияния первичной лизосомы с фагосомой. При этом начинается гидролитическое расщепление содержащего последней. Аутофагосомы предназначены для удаления компонентов самой клетки. Подлежащая удалению органелла окружается мемброй и с образовавшейся аутофагической вакуолью сливается первичная лизосома. Остаточные тельца заполнены гранулами непереваренного материала. Они способны сливаться, образуя пигмент липофусцин.

Пероксисомы напоминают лизосомы, но не содержат гидроли-

тических ферментов, характерных для лизосом. В них присутствуют оксидазы аминокислот и каталаза, разрушающая перекиси. Каталаза пероксисом может играть защитную роль, разрушая перекись водорода, токсичную для клеток.

Немембранные органоиды

Задание 6. Рассмотреть микрофотографию микротрубочек. Сделать рисунок, обозначить центральную пару микротрубочек и периферические дублеты.

Центриоли располагаются в клетке парами (диплосома). Они представляют собой цилиндрики длиной 500 нм и диаметром 150 нм, лежащие под прямым углом друг к другу. Стенка цилиндра состоит из девяти триплетов микротрубочек (а, б, с).

Центриоли служат центрами формирования микротрубочек веретена деления и микротрубочек аппаратов движения клетки – ресничек и жгутиков. Последние представляют собой выросты цитоплазмы, в центре которых находится система микротрубочек, состоящая из двух центральных нитей и девяти дуплетов на периферии. В основании реснички или жгутика лежит базальное тельце, представляющее собой видоизмененную центриоль.

Микротрубочки (диаметром 25 нм) и *микрофибриллы* (диаметром 10 нм) связаны с поддержанием и изменением формы клетки, образуя ее цитоскелет. Микротрубочки построены из белка тубулина. Белки микрофибрилл в разных тканях различны. Микрофиламенты имеют толщину 6 нм, состоят из сократительных белков, главным образом актина.

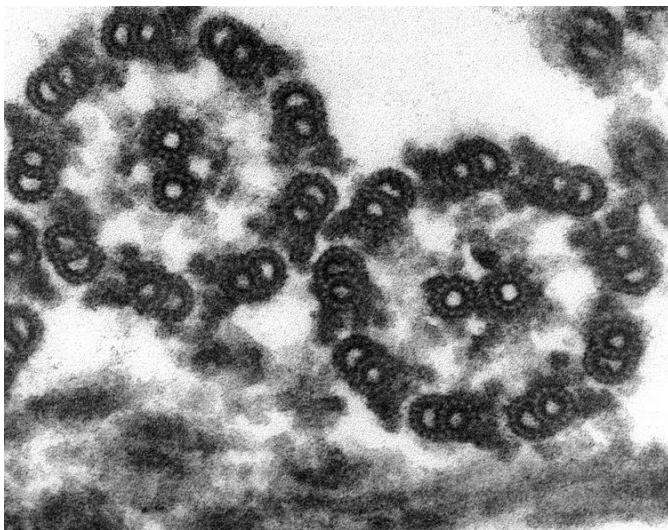


Рис. 6. Микрофотография микротрубочек жгутика

Вопросы для обсуждения:

1. Включения: их классификация и функции.
2. Органеллы клетки: их классификация, строение и функции.
3. Немембранные органеллы.
4. Одномембранные органеллы.
5. Двумембранные органеллы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Строение интерфазного ядра.

Деление соматических клеток. Гибель клеток.

Цель работы: изучить морфологию и элементы физиологии клеточного деления. Научиться выделять делящиеся клетки в тканях, распознавать стадии митотического деления.

Строение интерфазного ядра

Задание 1. Рассмотреть рисунок интерфазного ядра и зарисовать.

Ядро – это органоид, в котором сосредоточена основная масса генетического материала клетки. Важнейшим внутриядерным процессом является воспроизведение самого генетического материала, необходимое для последующего деления клетки или для интенсификации ее синтетической активности. Реализация генетической информации заключается в целой цепи синтетических процессов и имеет своей конечной целью синтез определенных белков, обусловливающих жизнедеятельность клетки. Начальные этапы реализации генетической информации происходят именно в ядре, важнейшая функция которого состоит в производстве всех РНК, обеспечивающих синтез белка.

В настоящее время в ядре различают следующие компоненты: ядерная оболочка, хроматин (хромосомный материал), ядрышко и ядерный сок (кариоплазма).

Ядро выполняет две важнейшие функции: контроль жизнедеятельности клеток и хранение и передача генетической информации.

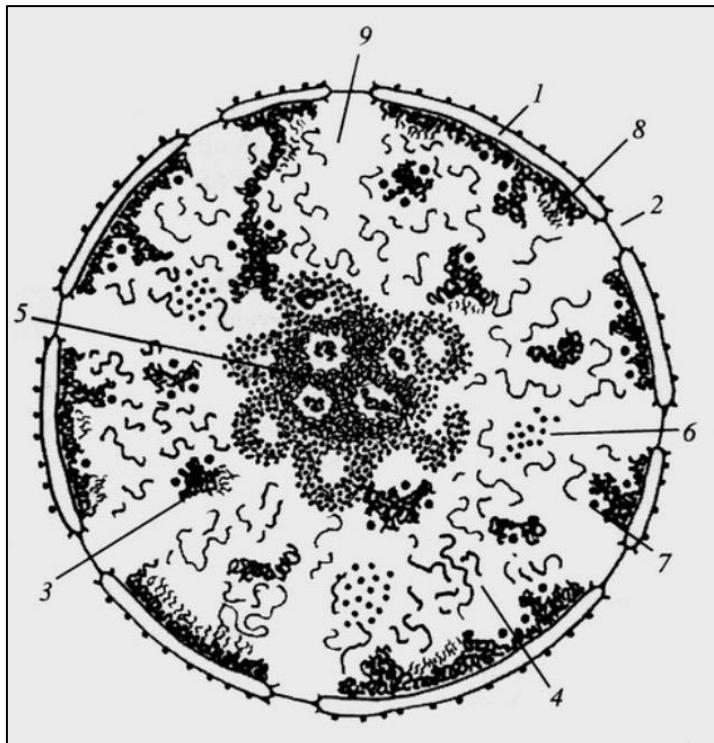


Рис. 1. Схема строения клеточного ядра: 1 – ядерная оболочка (две мембранны и перинуклеарное пространство); 2 – ядерная пора; 3 – конденсированный хроматин; 4 – диффузный хроматин; 5 – ядрышко (гранулярный и фибрillлярный компонент, в светлых зонах находится рДНК); 6, 7 – хроматиновые гранулы; 8 – хроматиновые фибриллы; 9 – кариоплазма

Задание 2. Рассмотрите препарат «Мазок крови лягушки».

Видны ядерные эритроциты, характерные для всех классов позвоночных, исключая млекопитающих. Вместо кровяных пластинок в мазке крови лягушки видны тромбоциты – мелкие клетки с округлым ядром, располагающиеся небольшими группами между другими клетками крови. Эритроциты имеют овальную форму. Цитоплазма их розового цвета. В центре овальное ядро темно-синего цвета.

Нейтрофилы мельче эритроцитов, гранулы в их цитоплазме палочковидной формы. Ядра сегментированные. Лимфоциты и моноциты существенных особенностей не имеют.

На препарате найдите клетки с ядрами разной формы.

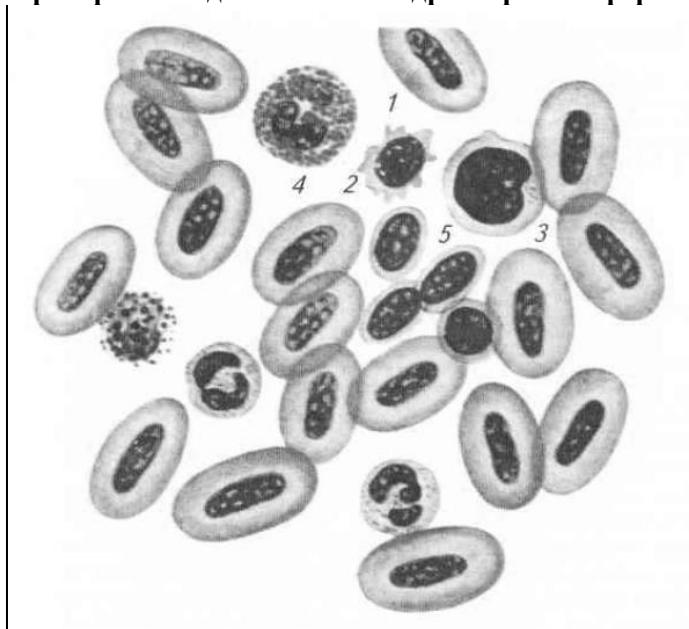


Рис. 2. Кровь лягушки (мазок):
1 – эритроцит; 2 – лимфоцит; 3 – моноцит;
4 – гранулоцит; 5 – тромбоциты

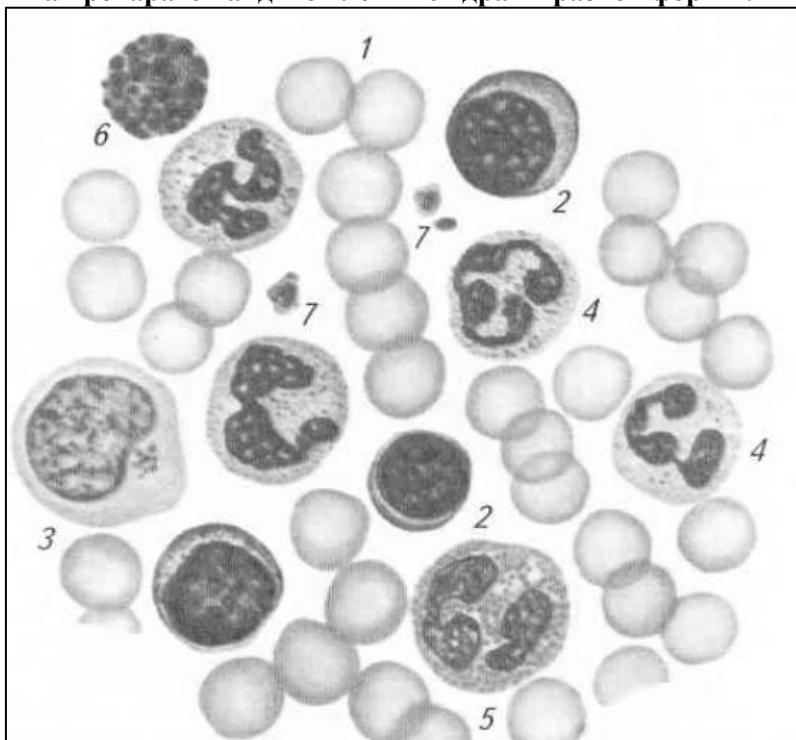
Задание 3. Рассмотрите препарат «Мазок крови человека».

Под большим увеличением микроскопа видны эритроциты, окрашенные эозином в розовый цвет. Так как эритроциты имеют форму двояковогнутого диска, центральная часть их более тонкая и имеет светлую окраску. При внимательном рассмотрении можно обнаружить в поле зрения от одного до пяти лейкоцитов. Наиболее часто встречаются сегментоядерные нейтрофилы. Цитоплазма их имеет бледную сиреневую или розово-серую окраску. Эозинофильные гранулоциты имеют более яркую розовую окраску цитоплазмы с крупными розовыми гранулоцитами; ядро менее плотное и обычно состоит из двух сегментов.

Базофильные гранулоциты встречаются редко. Для них характерны крупная фиолетового цвета зернистость и менее плотные ядра.

Лимфоциты имеют округлое плотное ядро с узким ободком цитоплазмы. Моноциты легче найти на периферии мазка. Это крупные клетки с обширной цитоплазмой голубого цвета и крупным бобовидным бледно окрашенным ядром. Кровяные пластинки небольшого размера (в 3 раза меньше эритроцитов) расположены небольшими группами между клетками и имеют слабо-фиолетовую окраску.

На препарате найдите клетки с ядрами разной формы.



*Рис. 3. Кровь человека (мазок):
1 – эритроциты; 2 – лимфоциты (малый и большой); 3 – моноцит;
4 – нейтрофил; 5 – эозинофил; 6 – базофил; 7 – тромбоцит*

Задание 4. Рассмотрите предложенные схемы деления клетки. Сделайте рисунки.

Под малым увеличением микроскопа в кончике корня можно видеть чехлик, состоящий из многоугольных уплотненных клеток, и меристему, представленную столбцами клеток в основном пря-

моугольных или близких к прямоугольным очертаниям. Интересно, что клетки одного ряда представляют потомство одной клетки. Форма и структура ядер в меристематических клетках и клетках чехлика различны.

Деление клетки начинается с деления ядра. В соматической клетке оно носит название митоза – непрямого или кариокинетического деления. В результате этого деления из одной клетки образуются две дочерние, имеющие такое же число хромосом, какое было у родительской клетки. Период от окончания одного митоза до окончания следующего получил название клеточного цикла (рис. 4). Между двумя клеточными делениями проходит период, во время которого внешне клетка находится в состоянии покоя. Это стадия интерфазы. В клетке интенсивно протекают процессы на молекулярном уровне, подготавливающие вновь образовавшиеся клетки к новому делению. Интерфаза включает пресинтетический период (G_1), синтетический период (S), постсинтетический период (G_2).

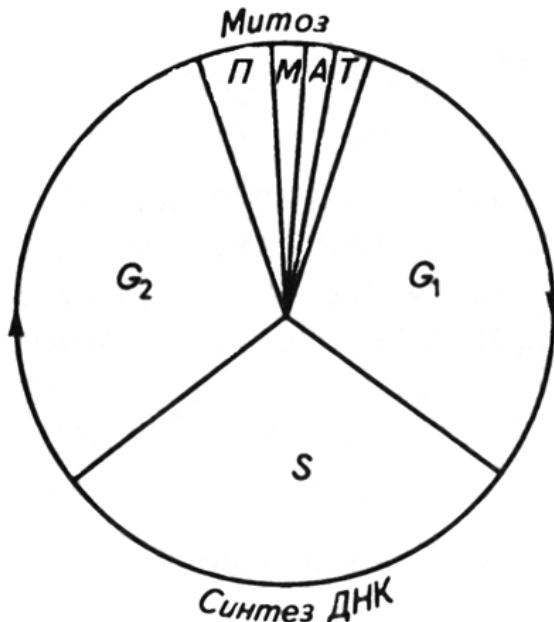


Рис. 4. Схема периодов клеточного цикла:
 G_1 – пресинтетический период; S – синтетический период;
 G_2 – постсинтетический период

В период **G1** продолжается рост клеток, синтезируются специфические белки и нуклеотиды, необходимые для синтеза ДНК.

Период S характеризуется синтезом ДНК (ее количество в клетке удваивается) и гистонов. Удвоение содержания ДНК связано с репликацией хромосом. В конце этого периода каждая из хромосом состоит из двух хроматид.

Период G2 характеризуется накоплением веществ и энергии, необходимых для протекания митоза. В этот период начинаются процессы конденсации хромосом. Перед расхождением в дочерние клетки хромосомы постепенно переходят в метаболически неактивное состояние.

В митозе выделяют два взаимосвязанных процесса – кариокинез (деление ядра) и цитокинез (деление цитоплазмы). Митоз состоит из следующих стадий: профазы, метафазы, анафазы и телофазы (рис. 5).

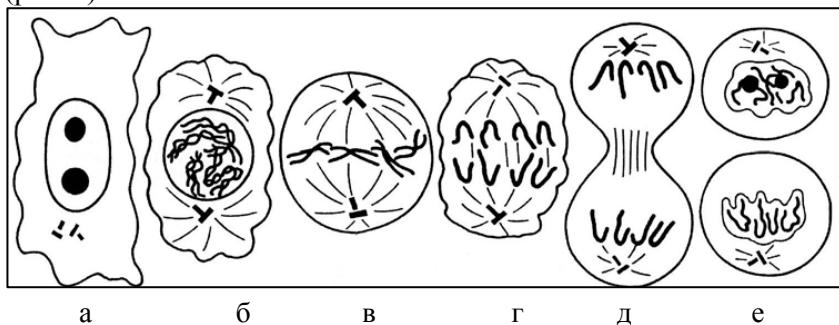


Рис. 5. Схема митотического деления клетки:
а – интерфаза; б – профаза; в – метафаза; г – анафаза;
д – ранняя телофаза; е – поздняя телофаза

Митоз – это способ деления клеток, за счет которого обеспечивается бесполое размножение одноклеточных организмов и увеличение числа клеток у многоклеточных организмов. Механизмы митоза обеспечивают образование новых дочерних клеток, имеющих наследственную информацию, идентичную информации материнской клетки.

Помимо митоза имеют место еще три типа деления ядра соматических клеток: амитоз, эндомитоз и политения.

Амитоз – это прямое деление ядра, при котором оно делится петретяжкой на две части. Затем происходит разделение цитоплазмы

клетки и возникает клеточная перегородка. Амитотическое деление приводит к неравномерному распределению ДНК в дочерних клетках. Амитоз, как правило, свойствен клеткам высокополиплоидных дифференцированных тканей.

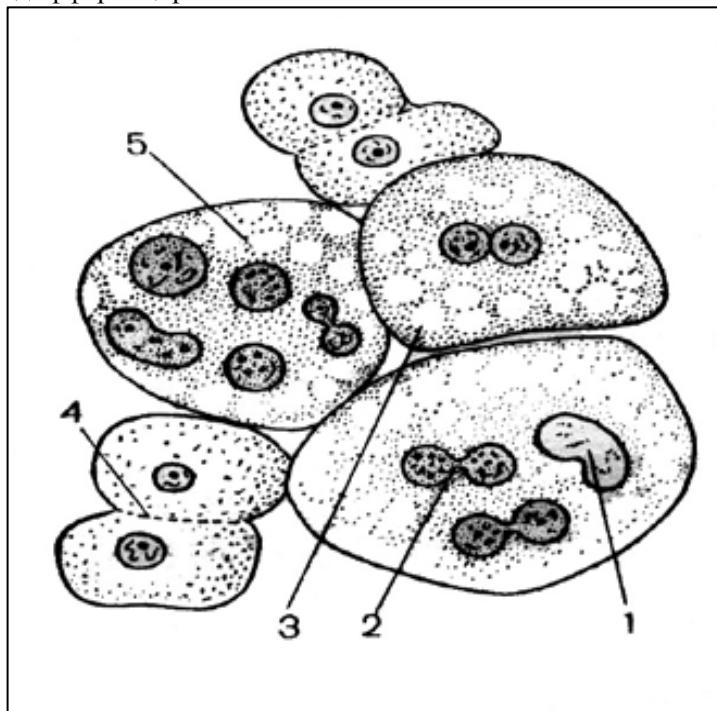


Рис. 6. Амитоз в клетках эпителия: 1 – ядро; 2 – перетяжка; 3 – двуядерная клетка; 4 – цитотомия; 5 – многоядерные клетки

Эндомитоз. При этом типе деления (рис. 7) ядерная оболочка не распадается. Удвоение хромосом, как и при митозе, происходит во время предшествующей интерфазы. Процесс удвоения проходит неоднократно, поэтому число хромосом в ядре и размеры самого ядра увеличиваются. Эндомитоз впервые был обнаружен в клетках тапетума шпината (*Spinacia sativa*). При эндомитозе хромосомы проходят те же стадии, что и при нормальном митозе. Встречаются два типа этого деления, отличающиеся тем, что в одном случае хроматиды в эндоанафазе расходятся, а в другом – нет. Последний приводит к политении.

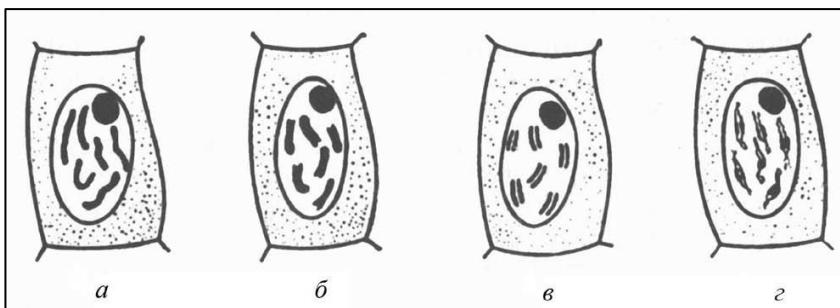


Рис. 7. Схема эндомитоза в клетках талетума *Spinacia oleracea*:
а – эндопрофаза; б – эндометафаза; в – эндоананафаза;
г – эндотелофаза

Политеции. Ее можно рассматривать как частный случай эндомитоза. При политении образуются гигантские хромосомы за счет многократной редупликации хроматид без разделения центромеры. При этом степень конденсации хроматид меньше, чем у митотических хромосом. Хроматиды плотно прилегают друг к другу, и хромомеры многочисленных хроматид образуют поперечные диски и пуфы. Впервые политетные хромосомы были обнаружены в слюнных железах личинки комара, а затем и в ядрах эндосперма, синергид и антипод представителей различных семейств растений.

Задание 5. Рассмотрите микропрепаратор корешка лука.

Внимательно рассмотреть клетки, находящиеся в интерфазе, профазе, метафазе, анафазе и телофазе, и зарисовать их. Особое внимание обратить на хромосомы. **Подпишите особенности прохождения каждой фазы.**

Изучать фазы митоза лучше всего на постоянных препаратах продольных срезов корешков лука или и других растений.

Препаратор помещают на столик микроскопа, при объективе X10 находят соответствующую фазу митоза, затем переводят на объектив X40 или X90, изучают и зарисовывают клетки, находящиеся в различных фазах митоза, обращая внимание на состояние ядра, ядерной оболочки, ядрышка, цитоплазмы. Особенно внимательно следует рассмотреть состояние хромосом в каждой фазе митоза.

В процессе митоза различают 4 последовательно идущие фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

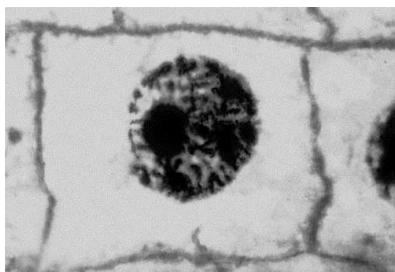
Профаза. Различают раннюю и позднюю профазы. На ранней профазе ядро клетки сохраняет тот же вид, что и в интерфазе, но в нем обнаруживаются нити хроматина. В поздней профазе усиливается спирализация хроматиновых нитей, в результате чего они приобретают форму, присущую хромосомам данного вида, становятся более плотными и короткими. Каждая хромосома, состоящая из двух хроматид, спирально скрученных и соединенных в центромерном районе, четко проявляется.

В конце профазы происходят фрагментация ядерной оболочки и исчезновение ядрышек.

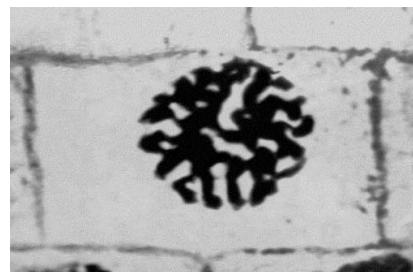
Метафаза. В этой фазе хромосомы концентрируются в центре клетки и располагаются в одной плоскости, образуя так называемую метафазную (экваториальную) пластинку. Центромера каждой хромосомы располагается строго в плоскости экватора клетки, а плечи хромосом бывают вытянуты более или менее параллельно нитям веретена. В метафазе хорошо выявляются число хромосом, форма и строение метафазной хромосомы, особенно если рассматривать клетку с полюсов. В метафазе окончательно формируется митотический аппарат – ахроматиновое веретено. Оно состоит из нитей, тянувшихся от одного полюса клетки к другому. Нити веретена состоят из фибрillлярных белков.

Анафаза. Эта фаза митоза начинается с одновременного деления центромер всех хромосом данной клетки. Сразу же после деления центромер хроматиды каждой хромосомы отделяются одна от другой и расходятся к противоположным полюсам клетки. В это время их уже следует называть сестринскими (дочерними) хромосомами. Все сестринские хромосомы начинают двигаться к полюсам одновременно. В первую очередь отталкиваются центромерные участки хромосом, а затем конечные участки плеч. Если хромосома по какой-либо причине утратила центромеру, то она теряет способность ориентированного перемещения к полюсу и нарушает картину нормального течения анафазы. Фрагменты такой хромосомы могут сохраниться в клетке только в том случае, если они присоединятся к другой хромосоме, имеющей центромеру. Движение хромосом в анафазе происходит при взаимодействии двух процессов: сокращения тянувших нитей веретена, связывающих хромосомы с полюсами клетки, и удлинения опорных нитей веретена, связывающих оба полюса.

Телофаза. В начале телофазы заканчивается движение хромосом, и в клетке начинаются структурные преобразования: дочерние хромосомы деспирализуются и утрачивают видимую индивидуальность. Образуется ядро, окруженное оболочкой, восстанавливаются ядрышки (одно или несколько) в том же количестве, в каком они были в ядре материнской клетки, происходит постепенное разделение всего содержимого клетки. Этот процесс образования двух новых клеток называется цитокинезом, или плазмогамией. Он начинается с того, что в экваториальной части материнской клетки утолщаются опорные нити веретена и между ними образуется клеточная перегородка. После завершения телофазы обе клетки вступают в интерфазу и у них начинается постмитотический период (G1).



Интерфаза



Поздняя профаза (разрушение ядерной оболочки)



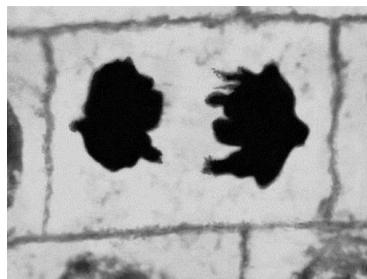
Прометафаза



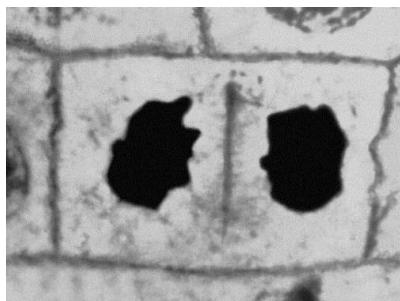
Метафаза



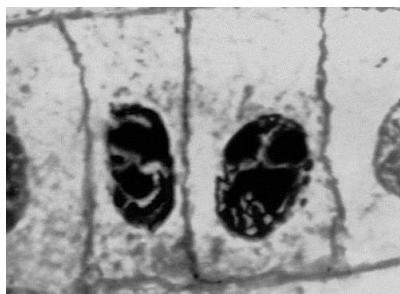
Анафаза



Ранняя телофаза



Поздняя телофаза



Образование дочерних клеток

Рис. 8. Стадии митоза в корешке лука

Вопросы для обсуждения:

1. Каково строение ядра и функции его компонентов?
2. Опишите особенности строения ядрышка и кариолеммы.
3. Что такое клеточный цикл? Каковы его стадии?
4. Опишите процессы, происходящие на разных стадиях клеточного цикла.
5. Опишите процессы, происходящие во время фаз митоза.
6. Как изменяется число хромосом и количество ДНК на разных фазах клеточного цикла и митоза?
7. Каково биологическое значение митоза?

Какие типы деления соматических клеток, кроме митоза, существуют? В чем заключаются их особенности и значение?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Тема: Мейоз. Строение гамет, оплодотворение.

Цель работы: изучить особенности процессов мейоза, сперматогенеза и овогенеза. Изучить строение половых клеток. Научиться распознавать стадии формирования яйцеклеток.

Задание 1. Рассмотрите схему мейоза. Сделайте рисунок. Заполните таблицу, описав особенности протекания мейоза и митоза.

Сравнительная характеристика мейоза и митоза

	Характеристики делений и отдельных их фаз	Мейоз	Митоз
1	Количество делений клетки		
2	Профаза I/ профаза		
3	Метафаза I / метафаза		
4	Анафаза I / анафаза		
5	Телофаза I / телофаза		
6	Дальнейшие процессы, происходящие с образовавшимися дочерними клетками		
7	Количество клеток после полного цикла деления		
8	Какие виды клеток способны делиться митозом или мейозом?		
9	Какую генетическую информацию содержат дочерние клетки?		

Мейоз – способ деления специализированных эукариотических клеток, связанных с процессами полового (гаметогенез) и бесполого (спорогенез) размножения.

Процесс мейоза имеет следующие особенности:

- возникают новые клетки с уменьшенным в два раза количеством хромосом;

- вновь образующиеся клетки различаются по качеству наследственной информации (они имеют одинаковое количество хромосом, но набор генов у них разный);
- образовавшиеся клетки превращаются в гаметы (у животных) или в споры (у растений и грибов) и обеспечивают размножение организмов.

Важной особенностью мейоза является наличие двух последовательных делений клеток, при этом каждое из двух делений мейоза состоит из четырех фаз (фазы I и II деления). Подготовительная стадия наблюдается только перед первым делением мейоза: в S-период происходит синтез ДНК и удвоение количества хроматиновых нитей, в G2-период завершается образование всех структур в цитоплазме и синтез веществ, необходимых клеткам для прохождения всех этапов делений.

Первое деление мейоза (редукционное деление)

Профаза I. Во время этой фазы происходит значительно больше процессов, чем в профазу митоза, поэтому профазу I мейоза подразделяют на пять последовательных стадий:

1. **Лептотена.** Хроматиновые нити уплотняются и укорачиваются в результате спирализации, формируются хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид. Эта стадия напоминает профазу митоза.

2. **Зиготена.** Гомологичные хромосомы сближаются и соединяются попарно, в результате чего образуются комплексы, состоящие из четырех хроматид – тетрады или биваленты.

3. **Пахитена.** Хроматиды, входящие в состав бивалентов, укорачиваются и уплотняются; если рассматривать микрофотографии, относящиеся к данной стадии, создается впечатление, что число хромосом в ядре уменьшается в два раза (стадия пахитена). Эта стадия отличается тем, что в момент уплотнения бивалентов между хроматидами гомологичных хромосом может происходить обмен фрагментами, это явление называется кроссинговер (перекрест).

4. **Диплотена.** Гомологичные хромосомы начинают раздвигаться, но они все еще соединены центромерами и теми участками хромосомных нитей, в которых произошел кроссинговер. Таких участков, обозначаемых термином хиазмы, в бивалентах бывает несколько, чаще всего 2-3.

5. Диакинез. На заключительной стадии профазы I происходит максимальное укорочение и уплотнение хромосом, участки сцепления хроматиновых нитей между хроматидами исчезают и гомологичные хромосомы удерживаются попарно лишь за счет центромер. К этому моменту полностью исчезают следы ядрышек и разрушается ядерная оболочка; центриоли после удвоения расходятся к полюсам клетки, завершается формирование веретена деления; начинается присоединение нитей веретена деления к центромерам хромосом (стадия диакинез).

Метафаза I. К центромерам каждой гомологичной хромосомы всех бивалентов (а не к отдельным хроматидам) прикрепляются микротрубочки веретена деления. В этом состоит одно из принципиальных отличий мейоза от митоза. Метафаза I завершается тем, что биваленты с двумя прикрепленными к центромерам нитями веретена деления выстраиваются в области экватора клетки.

Анафаза I. Хромосомные нити веретена деления начинают укорачиваться и гомологичные хромосомы расходятся к полюсам клетки, при этом каждая хромосома по-прежнему состоит из двух хроматид, соединенных в области своих центромер. Одновременно центральные НИТИ веретена деления удлиняются и расстояние между полюсами клетки увеличивается.

Телофаза I. После того как хромосомы достигают полюсов клетки, вокруг них формируется ядерная оболочка и клетка делится путем перетяжки на две дочерние клетки. Каждая из этих клеток имеет в ядре только по одному набору хромосом, т. е. дочерние клетки становятся гаплоидными, поэтому первое деление мейоза обычно называют редукционным делением.

После завершения последней фазы первого деления мейоза у вновь образовавшихся клеток наступает интерфаза, продолжительность которой очень различается у разных организмов. В некоторых случаях обе дочерние клетки сразу вступают во второе деление, а иногда оно начинается только через несколько месяцев или даже лет. Но никогда во время интерфазы между первым и вторым делениями мейоза не происходит удвоения ДНК.

Второе деление мейоза (эквационное деление)

Профаза II. Эта фаза короче профазы I мейоза, так как весь хроматин уже находится в спирализованном состоянии, образования бивалентов не происходит и кроссинговер отсутствует. Центриоли удваиваются и расходятся к полюсам клетки, формируется веретено деления и разрушается ядерная оболочка.

Метафаза II. Нити веретена деления прикрепляются к центромерам обеих хроматид каждой хромосомы, которые после этого располагаются в области экватора клетки.

Анафаза II. В результате укорочения нитей веретена деления хроматиды отделяются друг от друга и перемещаются к полюсам клетки. Хроматиды становятся самостоятельными хромосомами.

Телофаза II. Во время этой фазы происходит образование ядерной оболочки вокруг хромосом, и клетка перетяжкой делится пополам.

Таким образом, из двух клеток, образовавшихся после первого деления мейоза, возникают четыре новые клетки. По такой схеме мейоза у грибов, водорослей и высших растений образуются гаплоидные споры (споровый мейоз), а у животных происходит образование гамет (сперматозоидов и яйцеклеток) в репродуктивных органах – (гаметный мейоз).

Второе деление мейоза отличается от митоза следующими моментами:

- 1) перед вторым делением мейоза отсутствует подготовительная фаза и не происходит синтеза ДНК;
- 2) после второго деления мейоза из одной исходной диплоидной клетки может в конечном итоге образоваться не четыре, но только одна клетка (гаметный мейоз);
- 3) образующиеся после второго деления мейоза клетки практически никогда не имеют идентичной наследственной информации.

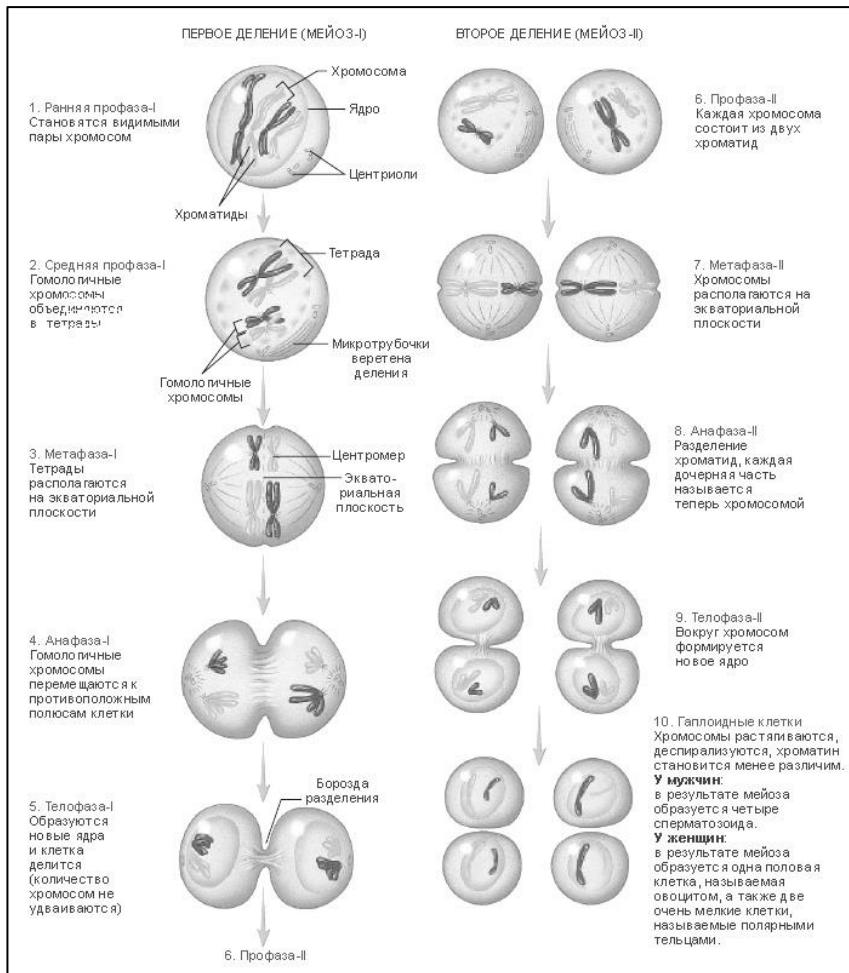


Рис. 1. Мейоз

Половые клетки животных во взрослом организме развиваются в половых железах – гонадах.

Сперматогенез (процесс развития мужских половых клеток) осуществляется в семенниках, а овогенез (процесс развития женских половых клеток) происходит в яичниках. В процессе созревания сперматозоидов и яйцеклеток диплоидное число хромосом в ядре уменьшается вдвое, в результате чего зрелые новые клетки содержат гаплоидный набор хромосом.

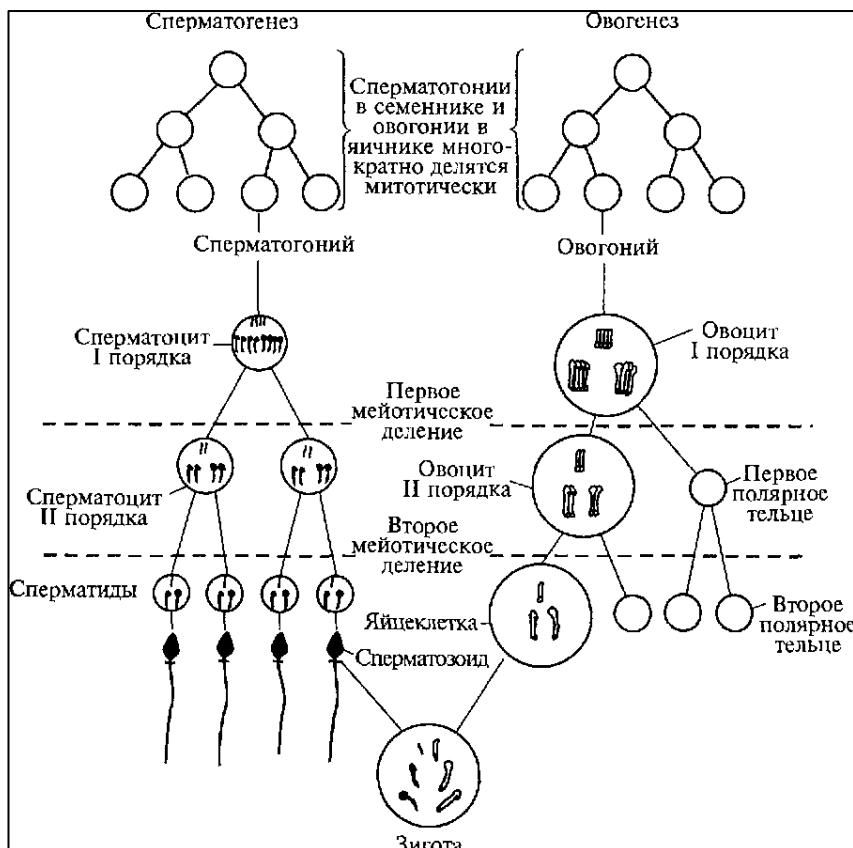


Рис. 2. Гаметогенез

Задание 2. Рассмотрите схему сперматогенеза. Сделайте рисунок, укажите особенности стадий. Рассмотрите препарат «Сперматозоиды млекопитающего», сделайте рисунок.

Сперматогенез осуществляется в семенниках и подразделяется на четыре периода: 1) размножения, 2) роста, 3) созревания, 4) формирования.

Во время фазы размножения диплоидные сперматогонии многократно делятся митозом. Часть образовавшихся сперматогониев может подвергаться повторным митотическим делениям, в результате чего образуются такие же клетки сперматогонии. Другая часть прекращает делиться и увеличивается в размерах, вступая в следующую фазу сперматогенеза – фазу роста.

Фаза роста соответствует интерфазе 1 мейоза, т.е. во время нее происходит подготовка клеток к мейозу. Главным событием фазы роста является репликация ДНК. Во время фазы созревания клетки делятся мейозом; во время первого деления мейоза они называются сперматоцитами 1-го порядка, во время второго – сперматоцитами 2-го порядка. Из одного сперматоцита 1-го порядка возникают четыре гаплоидные сперматиды. Фаза формирования характеризуется тем, что первично шаровидные сперматиды подвергаются ряду сложных преобразований, в результате которых образуются сперматозоиды. В нем участвуют все элементы ядра и цитоплазмы.

У человека сперматогенез начинается в период полового созревания; срок формирования сперматозоида – три месяца, т.е. каждые три месяца сперматозоиды обновляются. Сперматогенез происходит непрерывно и синхронно в миллионах клеток.

Сперматозоид состоит из головки, шейки и хвостика. Почти весь объем головки занимает ядро, содержащие конденсированный хроматин. Над ядром на месте аппарата Гольджи располагается акросома в виде чехлика, заполненного гидролитическими ферментами (гиалуронидаза и др.), играющими важную роль в процессе оплодотворения яйцеклетки. В шейке спермия находятся проксимальная и дистальная центриоли. От передней части дистальной центриоли формируется осевая нить хвостика.

Препарат «Сперматозоиды млекопитающего».

Под малым увеличением микроскопа на препарате найти место, где отчетливо видны отдельные сперматозоиды. При большом увеличении видна головка и хвостик. Головка окрашивается гематоксилином в фиолетовый цвет, что свидетельствует о наличии ДНК. Над ядром расположена акросома, окрашиваемая в более светлые тона.

Зарисовать и обозначить:

- 1) головку сперматозоида;
- 2) акросому;
- 3) шейку;
- 4) начальную, среднюю и концевую части хвостика.

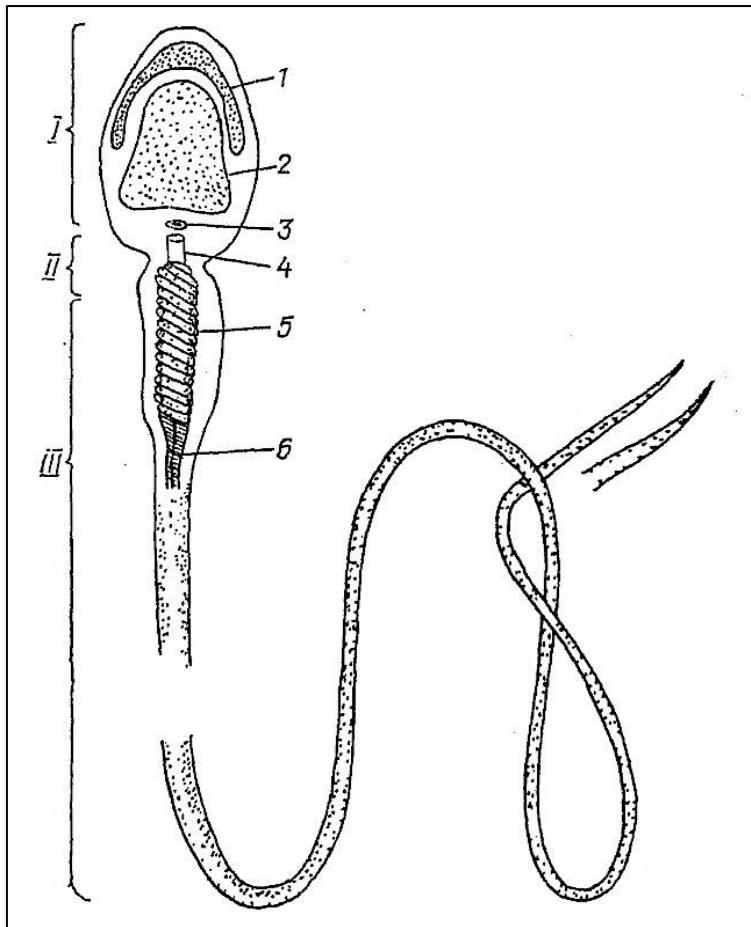


Рис. 3. Схема строения сперматозоида:

I – головка; II – шейка; III – хвостик.

1 – акросома; 2 – ядро; 3 – proxимальная центриоль;

4 – дистальная центриоль; 5 – митохондрии;

6 – осевая нить хвостика

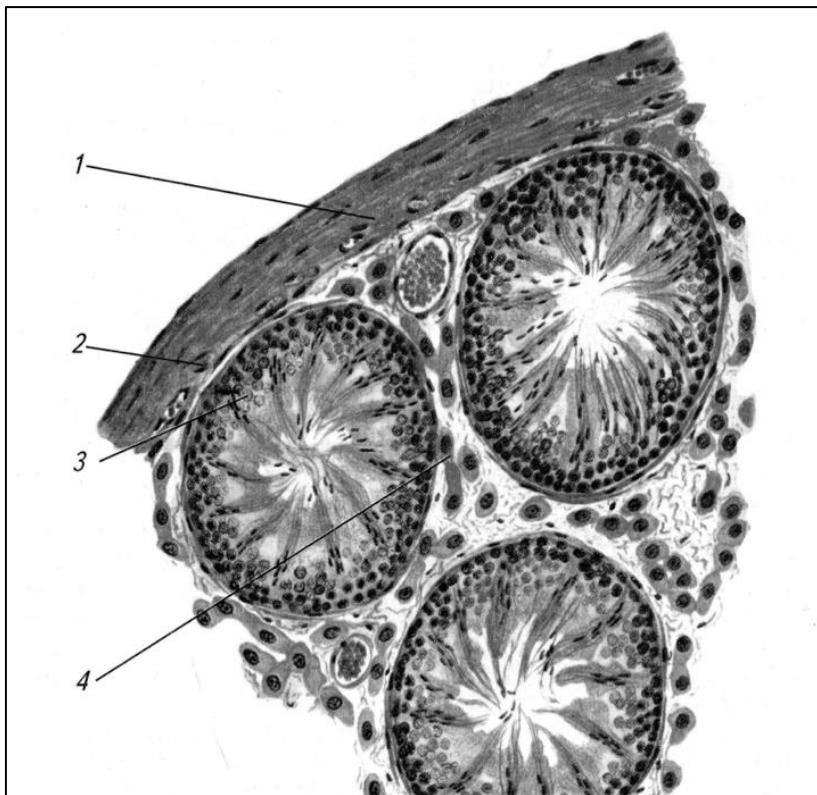


Рис. 4. Семенник крысы: 1 – белочная оболочка; 2 – сосудистая оболочка; 3 – извитые семенные канальцы; 5 – инвестиций яичка

Задание 3. Рассмотрите схему овогенеза. Сделайте рисунок, укажите особенности стадий. Рассмотрите препарат «Яичник млекопитающего», сделайте рисунок.

Овогенез осуществляется в яичниках, подразделяется на три периода: 1) размножения, 2) роста, 3) созревания.

Во время фазы размножения диплоидные овогонии многократно делятся митозом. Фаза роста соответствует интерфазе 1 мейоза, т.е. во время нее происходит подготовка клеток к мейозу: клетки значительно увеличиваются в размерах вследствие накопления питательных веществ. Главным событием фазы роста является репликация ДНК. Во время фазы созревания клетки делятся

мейозом. Во время первого деления мейоза они называются овоцитами 1-го порядка. В результате первого мейотического деления возникают две дочерние клетки: мелкая, называемая первым поллярным тельцем, и более крупная – овоцит 2-го порядка. Во время второго мейотического деления овоцит 2-го порядка делится с образованием яйцеклетки и второго поллярного тельца, а первое поллярное тельце – с образованием третьего и четвертого поллярных телец. Таким образом, в результате мейоза из одного овоцита 1-го порядка образуются одна яйцеклетка и три поллярных тельца.

В отличие от образования сперматозоидов, которое происходит только после достижения половой зрелости, процесс образования яйцеклеток у человека начинается еще в эмбриональном периоде и течет прерывисто. У зародыша полностью осуществляются фазы размножения и роста и начинается фаза созревания. К моменту рождения девочки в ее яичниках находятся сотни тысяч овоцитов 1-го порядка, остановившихся, «застывших» на стадии диплотены профазы 1 мейоза – первый блок овогенеза.

В период полового созревания мейоз возобновится: примерно каждый месяц под действием половых гормонов один из овоцитов (редко два) будет доходить до метафазы 2 мейоза – второй блок овогенеза. Мейоз может пройти до конца только при условии оплодотворения; если оплодотворение не происходит, овоцит 2-го порядка погибает и выводится из организма.

Яйцеклетки отличаются от сперматозоидов большими размерами и отсутствием центриолей. В связи с отсутствием центриолей яйцеклетки не способны к самостоятельному делению. Цитолемма яйцеклетки образует небольшие выросты – микроворсинки. Развивающиеся яйцеклетки называют овоцитами. В процессе развития они окружается слоем фолликулярных клеток, образующих вокруг нее лучистый венец и выполняющих трофическую функцию. За счет веществ, синтезируемых овоцитом и фолликулярными клетками, вокруг яйцеклетки формируется блестящая (прозрачная) зона, содержащая гликозамингликаны. В процессе роста в цитоплазме овоцита накапливаются желточные включения.

Верхнюю часть зрелой яйцеклетки называют анимальным полюсом, нижнюю – вегетативным.

По количеству желтка различают следующие яйцеклетки: альтернативные – не содержат желтка (млекопитающие); олиголецитальные – с малым количеством желтка (у ланцетника, моллюсков,

иглокожих); мезолецитальные – со средним количеством желтка (у осетровых рыб, земноводных); полилецитальные – с большим количеством желтка (у рыб, кроме осетровых, пресмыкающихся, птиц, членистоногих).

По характеру распределения желтка различают яйцеклетки: изолецитальные – с равномерным распределением желтка (у ланцетника, млекопитающих); умеренно телолецитальные (у рыб, амфибий); резко телолецитальные – с локализацией желтка у вегетативного полюса (у птиц, рептилий). Оплодотворение яйцеклетки происходит в верхней трети яйцевода. В результате слияния мужской и женской половых клеток образуется зигота с диплоидным набором хромосом.

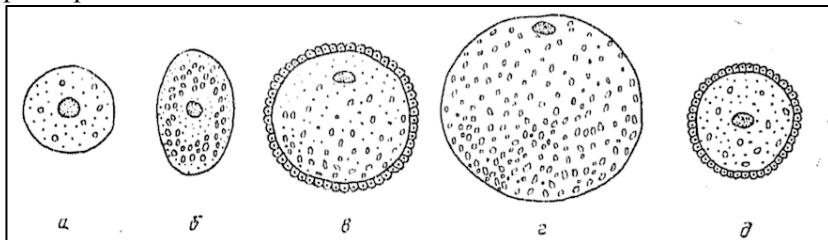


Рис. 5. Классификация яйцеклеток:
А – первично изолецитальная; б – центролецитальная;
в – мезолецитальная; г – резко телолецитальная;
д – вторично изолецитальная

Препарат яичник млекопитающего.

На препарате видны разные стадии развития овоцитов. Молодые клетки (премордиальные, или овогонии) расположены группами в поверхностном слое яичника. Они отличаются мелким размером и окружены одним слоем плоских фолликулярных (эпителиальных) клеток. Фолликулы на разных стадиях развития расположены глубже.

Первичные фолликулы представляют собой овоцит, окруженный одним слоем фолликулярных клеток кубической или цилиндрической формы.

Вторичные фолликулы окружены многорядным фолликулярным эпителием. В фолликулярном эпителии накапливается жидкость, в результате чего появляется полость фолликула и формируется капсула.

Третичный или пузырчатый фолликул имеет полость, заполненную жидкостью. Клетки фолликулярного эпителия разделяются на два слоя: один расположен по периферии фолликула и составляет зернистый слой, второй формирует лучистый венец вокруг яйцеклетки.

Зарисовать: 1) первичный фолликул; 2) вторичный фолликул; 3) третичный фолликул. На рисунках обозначить: 1) овоцит с ядром и всеми оболочками; 2) капсулу фолликула; 3) полость фолликула; 4) яйценосный бугорок – фолликулярные клетки, соединяющие овоцит с оболочкой фолликула; 5) блестящую зону; 6) лучистый венец.

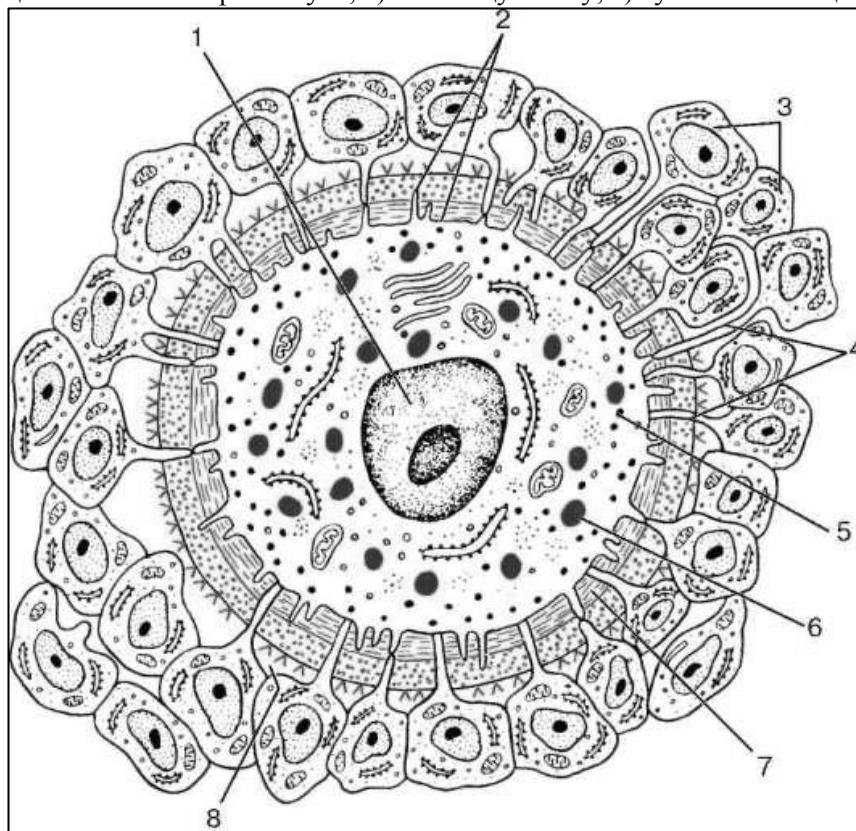


Рис. 6. Строение женской половой клетки:
1 - ядро; 2 - плазмолемма; 3 - фолликулярный эпителий;
4 - лучистый венец; 5 - кортикальные гранулы; 6 - желточные
включения; 7 - прозрачная зона; 8 – рецепторы

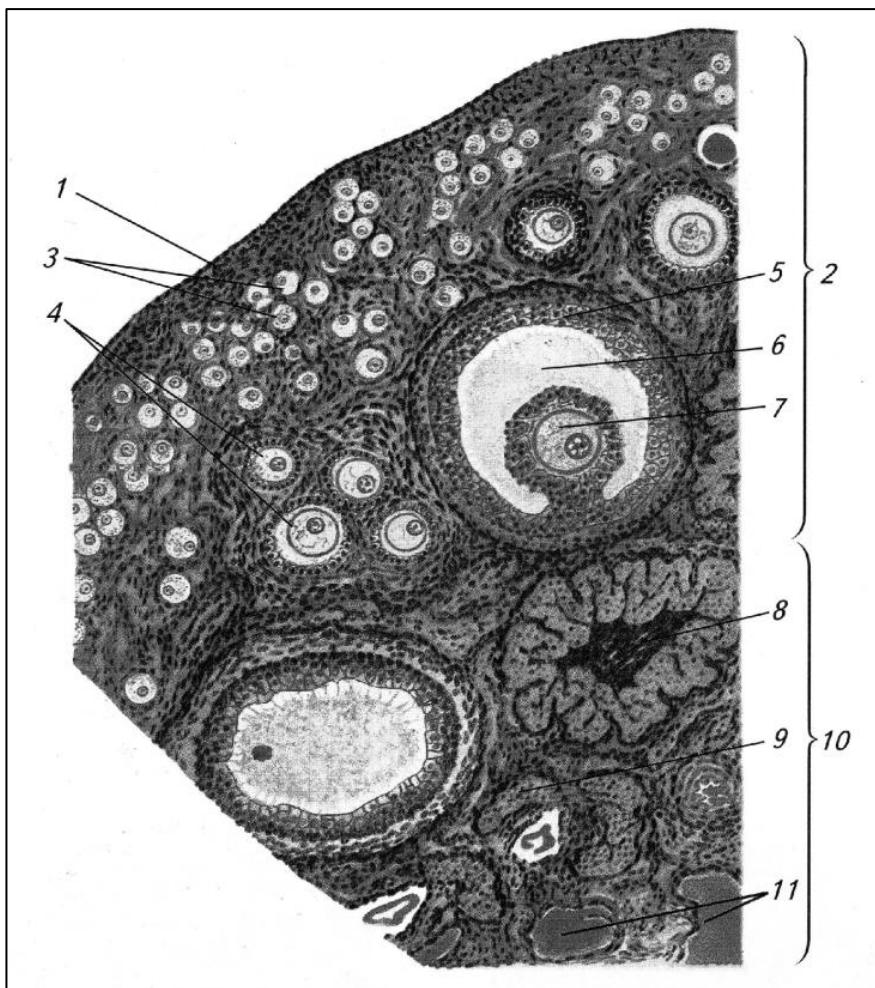


Рис. 7. Яичник млекопитающего:

1 – зачатковый эпителий; 2 – корковое вещество; 3 – первичные (примордиальные) фолликулы; 4 – растущие фолликулы;

5 – пузырчатый фолликул (графов пузырек);

6 – полость пузырчатого фолликула, заполненная жидкостью;

7 – яйцеклетка (овоцит I порядка); 8 – желтое тело

9 – атретические тела; 10 – мозговое вещество;

11 – соединительная ткань и кровеносные сосуды

Задание 4. Рассмотрите препарат «Оплодотворение лошадиной аскариды». Сделайте и обозначьте рисунок.

Оплодотворение протекает в четыре стадии: сближение половых клеток; прохождение спермиев через блестящую зону; проникновение спермиев в цитоплазму; слияние ядер половых клеток (синкарион).

Разрушение блестящей зоны достигается с помощью ферментов, выделяемых в ходе акросомальной реакции. При проникновении спермия в яйцеклетку происходит кортикальная реакция. Содержимое гранул кортикального слоя яйцеклетки изливается в перивителлинное пространство, благодаря чему формируется оболочка оплодотворения, препятствующая проникновению спермиев в яйцеклетку.

Препарат «Синкарион (срез матки аскариды)».

Под малым увеличением микроскопа видно множество яйцеклеток, окруженных толстой двуконтурной оболочкой, с проникшими в них спермиями. Необходимо найти зиготу с двумя пронуклеусами, образованными из материнского и отцовского ядер. Мужской пронуклеус обычно расположен ближе к центру зиготы. Фаза слияния пронуклеусов называется синкарионом.

Зарисовать и обозначить: 1) оболочку зиготы; 2) мужской и женский пронуклеус; 3) околосперматическое пространство между оболочкой и цитоплазмой клетки (вителиновое пространство).

Вопросы для обсуждения:

1. Какие клетки способны к мейотическому делению?
2. Каково значение мейоза?
3. Сравните процессы, происходящие в первом и втором делениях мейоза.
4. Каковы отличия мейотического деления от митотического?
5. Перечислите периоды сперматогенеза и овогенеза. Назовите особенности овогенеза по сравнению со сперматогенезом.
По каким признакам классифицируют яйцеклетки? Какие типы яйцеклеток выделяют.

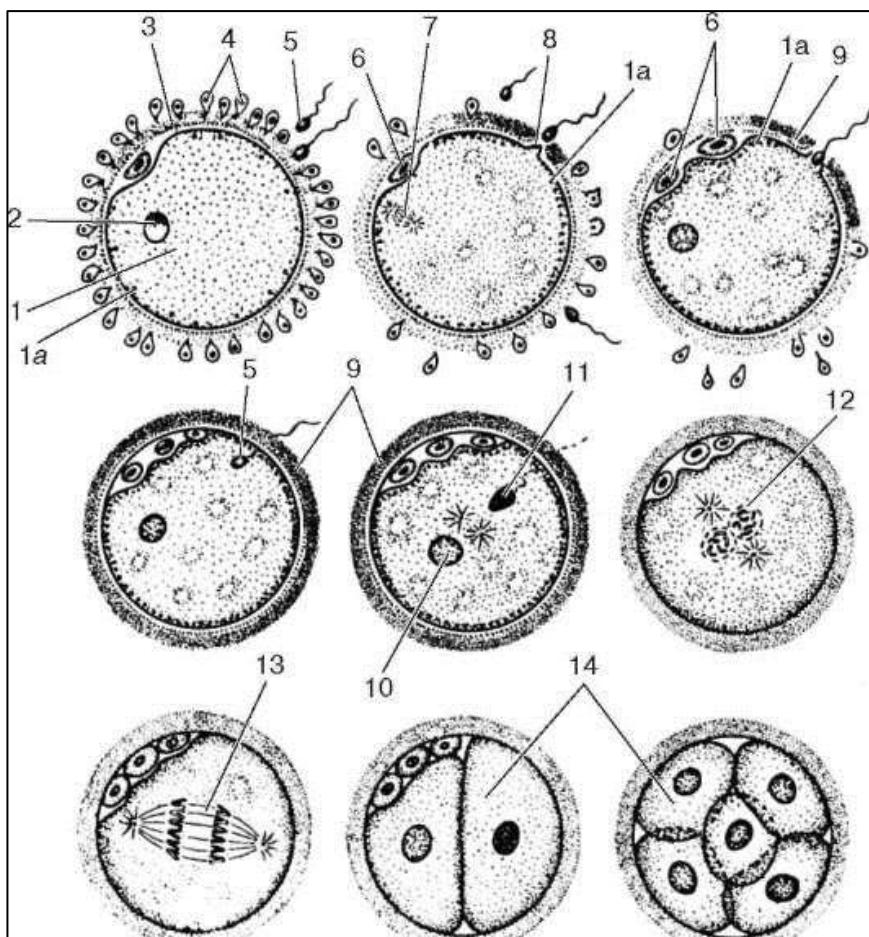


Рис. 8. Фазы оплодотворения и начало дробления (схема):

1 - овоплазма; 1а - кортикальные гранулы; 2 - ядро;
3 - прозрачная зона; 4 - фолликулярный эпителий; 5 - спермии;
6 - редукционные тельца; 7 - завершение митотического деления
овоцита; 8 - бугорок оплодотворения;
9 - оболочка оплодотворения; 10 - женский пронуклеус;
11 - мужской пронуклеус; 12 - синкарион;
13 - первое митотическое деление зиготы; 14 – бластомеры

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Тема: Основы эмбриологии.

Цель работы: изучить особенности процесса эмбриогенеза на примере птиц и млекопитающих.

Задание 1. Рассмотрите предложенные препараты, сделайте рисунки.

В результате оплодотворения сперматозоид приносит в яйце-клетку центросому и недостающий гаплоидный набор хромосом, после чего начинается первый этап эмбриогенеза - дробление.

В основе дробления лежит митотическое деление клеток. Зигота в течение нескольких дней остается окруженной блестящей зоной, поэтому дочерние клетки с увеличением их количества уменьшаются в размерах и тесно прилегают друг к другу.

Каждому виду животных свойствен определенный тип дробления, обусловленный количеством и характером распределения желтка. Желток тормозит дробление. Часть зиготы, перегруженная желтком, дробится медленнее или не дробится вовсе, поэтому дробление бывает полным и неполным.

Полное дробление может быть равномерным, если образующиеся клетки (blastomeres) равной величины, и неравномерным, если blastomeres разной величины.

В зависимости от типа дробления у разных животных образуются разные типы бластул: у ланцетника - целобластула, у амфибий - амфифластила, у птиц - дискофластила и у млекопитающих - бластоциста.

Вслед за дроблением начинается следующий этап эмбриогенеза – гастроуляция. В результате процессов деления, роста, дифференцировки клеток, их перемещений и взаимодействий друг с другом формируются зародышевые листки, которые располагаются строго закономерно: эктодерма - наружный листок, энтодерма - внутренний листок, мезодерма - занимает промежуточное положение. Эктодерма и энтодерма образуются в результате деламинации (расслоения), а мезодерма – путем иммиграции (выселения клеток).

Перераспределение клеточного материала при гастроуляции происходит четырьмя способами:

- 1) *инвагинация* – впячивание (у ланцетника);
- 2) *обрастание* – эпиболия (у земноводных);
- 3) *расслоение* – деламинация (у птиц, млекопитающих);

4) *выселение* – иммиграция (у птиц, млекопитающих).

В процессе дальнейшего развития зародыша путем миграции клеток происходит образование мезенхимы - эмбриональной соединительной ткани, заполняющей пространства между зародышевыми листками и зачатками осевых органов.

Из зародышевых листков и мезенхимы происходит формирование всех тканей и органов развивающегося организма. Вначале закладываются осевые зачатки органов: нервная трубка, хорда, кишечная трубка.

Нервная трубка формируется из первичной эктoderмы, хорда – из хордомезодермального зачатка, а эпителий кишечной трубки – из энтодермы. Из клеток нервной трубки и нервных валиков формируются ткани и органы нервной системы и органы чувств. Из вторичной эктодермы формируется кожный эпителий. Из кишечной трубки развивается эпителии органов пищеварения, дыхания и некоторых органов эндокринной системы.

Мезодерма дифференцируется на сомиты, нефрогонотомы и спланхнотомы. Из дерматомов сомитов формируется соединительно-тканная часть кожи, из миотомов – скелетные мышцы, из склеротомов – хрящи и скелет. Из нефрогонотомов развиваются эпителиальные зачатки почек и половых желез. Из листков спланхнотома образуется эпителий серозных оболочек внутренних органов, плевры, перикарда. Из мезенхимы развиваются кровь и лимфа, кроветворные органы, сосуды, соединительные ткани, гладкая мышечная ткань.

В стадии гаструляции и образования зачатков осевых органов происходит формирование внезародышевых органов, которые обеспечивают условия для нормального развития эмбриона. Они развиваются из внезародышевой части зародышевых листков и функционируют только в период эмбрионального развития. К ним относятся желточный мешок, амнион, аллантоис, серозная оболочка (у птиц), хорион и плацента (у млекопитающих).

Препарат 1. Дробление яйца лягушки.

Под малым увеличением рассмотреть препарат. На верхнем анатомическом полюсе видны мелкие бластомеры, на нижнем вегетативном – крупные бластомеры. В центре виден зачаток полости.

Зарисовать и обозначить: 1) бластомеры анатомического полюса; 2) бластомеры вегетативного полюса; 3) зачаток полости (blastocystula).

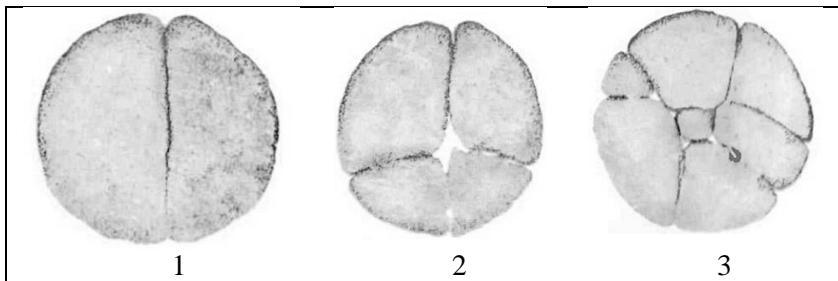


Рис. 1. Дробление яйца лягушки:

1 – стадия двух бластомеров и первой борозды деления;
2 – стадия четырех бластомеров; 3 – дальнейшее дробление

Препарат 2. Бластила лягушки.

Рассмотреть препарат на малом увеличении. В бластиле видны тонкая крыша, образованная мелкими бластомерами, и толстое дно, образованное крупными бластомерами. На большом увеличении в бластомерах дна видны желточные гранулы, в клетках крыши их мало. В центре находится бластиоцель, смещенная к анистомальной половине бластилы. Вегетативная половина бластилы занята бластомерами с желточными гранулами. Такое строение амфибий бластилы является результатом полного неравномерного деления.

Зарисовать и обозначить: 1) крышу; 2) дно бластилы; 3) бластиоцель; 4) желточные гранулы.

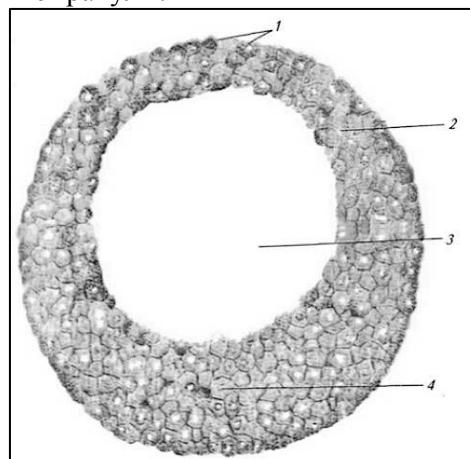


Рис. 2. Бластила лягушки:

1 – крыша; 2 – бластомеры;
3 – полость бластилы (бластиоцель); 4 – дно

Препарат 3. Нейрула лягушки.

Рассмотреть формирование нервной трубы. Видны нервная пластина и нервные валики. Ниже нервной пластины расположена хорда. По бокам от хорды видны зачатки мезодермы.

Зарисовать и обозначить: 1) нервную пластинку; 2) нервные валики; 3) хорду; 4) мезодерму; 5) энтодерму; 6) энторхинальную пластинку.

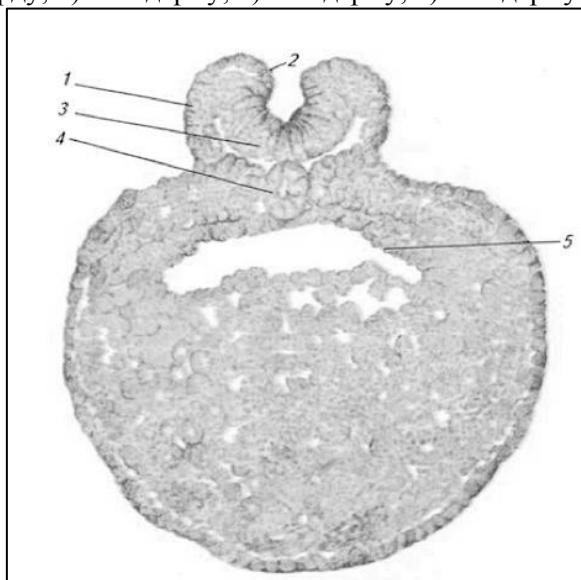


Рис. 3. Ранняя нейрула лягушки:
1 – эктодерма; 2 – нервный валик; 3 – медулярная пластина;
4 – хорда; 5 – энтодерма

Задание 2. Рассмотрите предложенные схемы эмбриогенеза птиц. Сделайте и обозначьте рисунки.

Яйцеклетки птиц по содержанию и распределению желтка являются полилецитальными и редко телолецитальными. Их ядра расположены в анимальном полюсе клеток, окружены незначительным слоем цитоплазмы, содержащей органеллы. Вся остальная часть яйцеклетки заполнена желтком, состоящим из протеидов и липидов. Снаружи желток покрыт первичной тонкой оболочкой - цитоплазматической мембраной и вторичной - фолликулярной оболочкой. После овуляции вторичная фолликулярная оболочка утрачивается. Яйцеклетка попадает в яйцевод, где оплодотворяется и на нее по мере продвижения начинают насыщаться третичные оболочки - белковая, подскорлуповая и скорлупа.

Сперматозоиды в половых путях самки живут и оплодотворяют яйцеклетки в течение 30 суток. Оплодотворение яйцеклеток птиц полиспермное, в их цитоплазму проникает несколько сперматозоидов, но в слиянии ядер принимает участие только один.

Дробление зиготы, формирование дискобластулы и начальная фаза гастроуляции (деламинация) происходят в яйцеводе. Оплодотворенные и снесенные яйца имеют двухслойный зародыш. До инкубации эмбриогенез приостанавливается.

Через 12 часов инкубации в центре зародышевого диска образуется зародышевый щиток - утолщенный участок. Он представлен светлой зоной, в которой формируется зародыш, и темной зоной, окружающей светлую в виде плотного кольца, из которого развиваются внезародышевые органы.

Вторая фаза гастроуляции – иммиграция связана со сложным перемещением клеток. В светлой зоне зародышевого щитка клетки энергично передвигаются двумя потоками в каудальном направлении. Соединяясь, потоки движутся по средней линии вперед, формируя первичную полоску в форме утолщенного клеточного валика. Затем в середине этой полоски образуется углубление (первичная бороздка), на переднем конце которого формируется первичный (гензеновский) узелок. Клеточные потоки из гензеновского узелка, направляясь вперед и вглубь, начинают формировать осевые органы. Разрастается хордальный отросток, затем по сторонам от него образуются клеточные тяжи, формирующие мезодерму. Из эктодермы формируется нервная трубка, из хордального отростка – хорда.

Таким образом, ранний зародыш птицы состоит из эктодермы, энтодермы, нервной трубки, хорды и мезодермы. Он лежит, распластавшись на поверхности желточного мешка, образованного из внезародышевой энтодермы и висцерального мешка мезодермы, которые покрывают поверхность желтка. В стенках раннего зародыша вначале формируется туловищная, а затем амниотические складки.

Туловищные складки, образованные всеми зародышевыми листками, поднимают зародыш над желтком и замыкают энтодерму в кишечную трубку. Амниотические складки, образованные из внезародышевых частей эктодермы и париетальной мезодермы, разрастаясь над зародышем и смыкаясь краями, формируют две плодовые оболочки: серозную и амнион.

Серозная оболочка участвует в снабжении эмбриона кислородом и в минеральном обмене. Клетки серозной оболочки секретируют хлористую кислоту. Поступая из канальца скорлупы, она растворяет соли кальция, которые попадают в кровяное русло, переносятся в тело зародыша и участвуют в построении скелета. Серозная оболочка, разрастаясь, окружает и белок, который начинает поступать в полость амниона и используется на питание зародыша.

Амнион заполняется жидкостью, секретируемой клетками эктoderмы. Водная среда амниона создает для зародыша возможность подвижности и сглаживает удары.

После завершения формирования кишечной трубы на центральной поверхности ее задней части из энтодермы и висцеральной мезодермы образуется *аллантоис*. Он заполняет все пространства между амнионом, желточным мешком и серозной оболочкой. В мезодерме его стенок формируется густая сеть кровеносных сосудов, что способствует улучшению снабжении зародыша кислородом. Таким образом, аллантоис, прилегая к скорлупе, участвует в газообмене. Кроме того, он выполняет функцию выделительного органа, накапливая продукты обмена веществ.

Развитие эмбриона протекает стадийно. Наиболее важные периоды следующие:

1. *латебральное питание* (первые 30-36 часов инкубации; материалом для питания служит желток латебры);
2. *желточное питание и формирование* желточного круга кровообращения (с 30-36 часов до 7-8 суток инкубации);
3. *переход на питание белком* (с 7-8 до 18-19 суток инкубации);
4. *переход на легочное дыхание и начало функционирования малого круга кровообращения* (с 18-19 суток до наклева);
5. *вылупление* из яйца (20-21 суток инкубации).

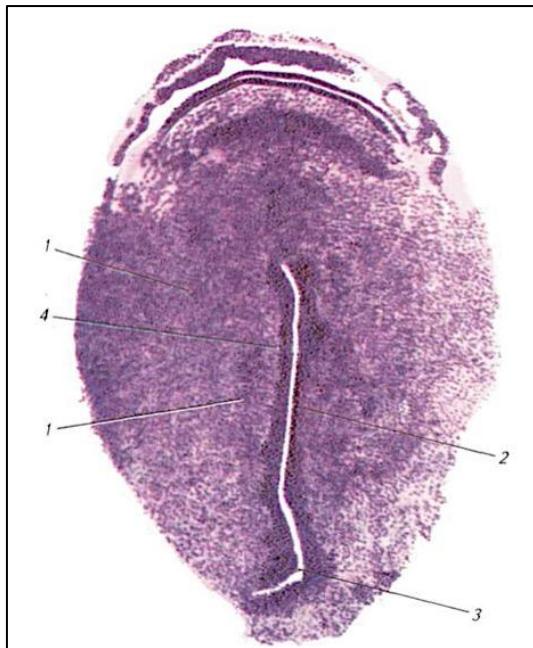


Рис. 4. Зародыш курицы на стадии первичной полоски:

- 1 – зародышевый щиток;
- 2 – первичная полоска;
- 3 – первичная бороздка;
- 4 – мезодерма

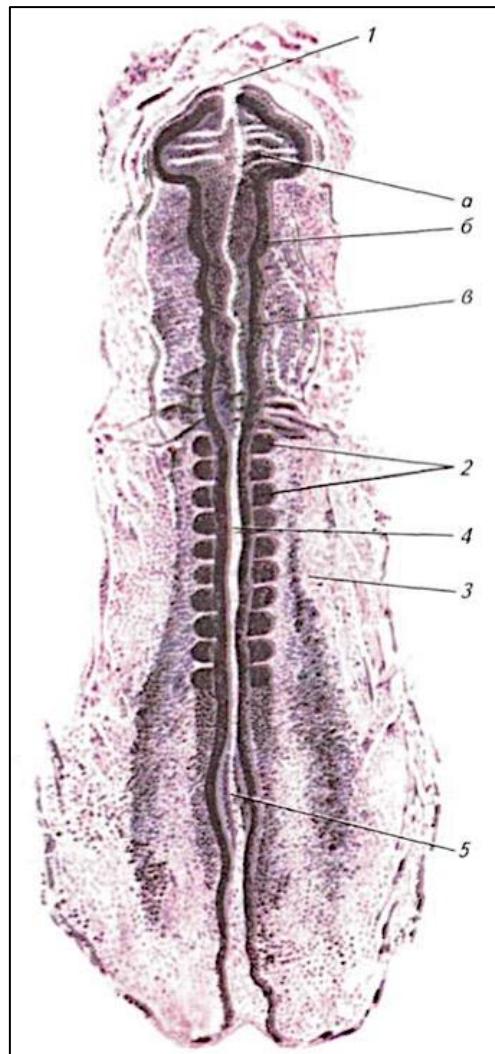


Рис. 5. Зародыш курицы на стадии 10 сомитов:
1 – мозговые пузыри: а – передний; б – средний; в – задний;
2 – сомиты; 3 – мезодерма; 4 – нервная трубка;
5 – остаток первичной полоски

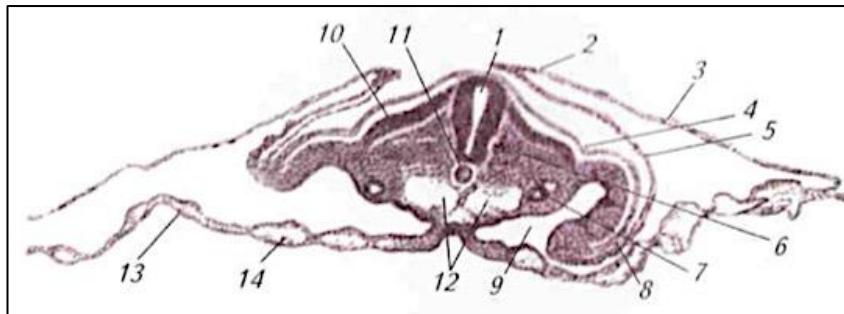


Рис. 6. Зародыш курицы на стадии туловищной и амниотической складки:

1 – нервная трубка; 2 – амниотическая складка;

3 – серозная оболочка; 4 – эктодерма;

5 – амниотическая оболочка; 6 – миотом;

7 – проток первичной почки; 8 – туловищная складка;

9 – вторичная полость тела; 10 – дерматом; 11 – хорда;

12 – аорта; 13 – энтодерма; 14 – кровеносный сосуд

Задание 3. Рассмотрите предложенные схемы эмбриогенеза млекопитающих. Сделайте и обозначьте рисунки.

Яйцеклетка млекопитающих в отличие от птиц содержит мало желтка, дробление зиготы полное и асинхронное. В результате образуются мелкие и крупные бластомеры. Мелкие выселяются под самую блестящую зону и формируют трофобласт, а крупные собираются в кучу и формируют внутри зародышевый узелок, или эмбриобласт. Затем с помощью трофобласта внутри зародышевого пузырька начинает накапливаться жидкость. Она оттесняет эмбриобласт вверх к трофобласту и распластывает его в один слой клеток, формируя зародышевый диск.

В середине зародышевого диска образуется уплотненная темная зона - зародышевый щиток, из которого развивается тело зародыша, а из окружающих светлых клеток формируются внезародышевые органы. Трофобласт выполняет вспомогательную роль. С его помощью зародыш начинает получать питательные вещества из стенки матки, и зародышевый пузырек быстро разрастается. В зародышевом щитке начинают происходить те же процессы, что и у птиц.

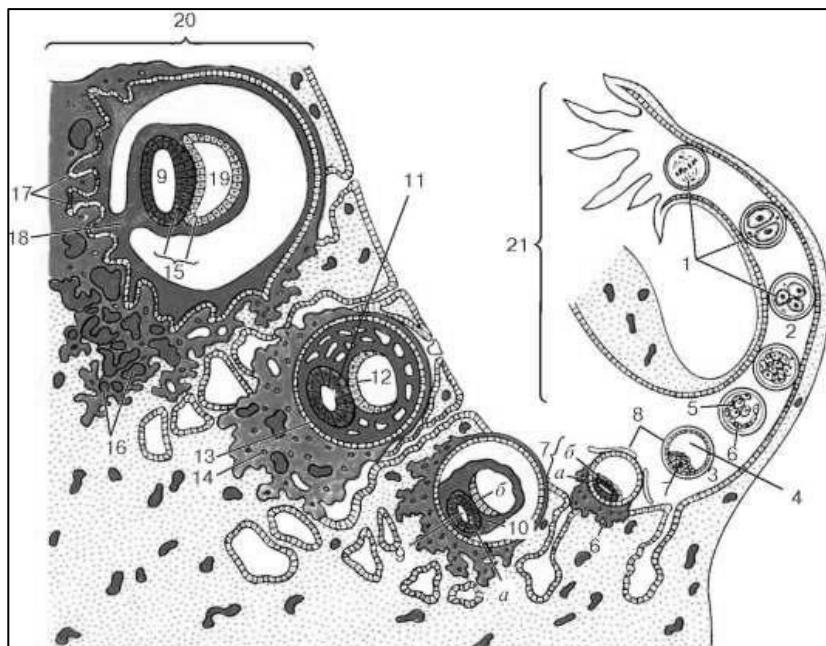


Рис. 7. Дробление, гастроуляция и имплантация зародыша человека:

- 1 - дробление; 2 - морула; 3 - бластоциста;
4 - полость бластоцисты; 5 - эмбриобласт; 6 - трофобласт;
7 - зародышевый узелок: а - эпивиляст; б - гиповиляст;
8 - оболочка оплодотворения;
9 - амниотический (эктодермальный) пузырек;
10 - внезародышевая мезенхима; 11 - эктодерма; 12 - энтодерма;
13 - цитотрофобласт; 14 - симпластотрофобласт;
15 - зародышевый диск; 16 - лакуны с материнской кровью;
17 - хорион; 18 - амниотическая ножка; 19 - желточный пузырек;
20 - слизистая оболочка матки; 21 - яйцевод

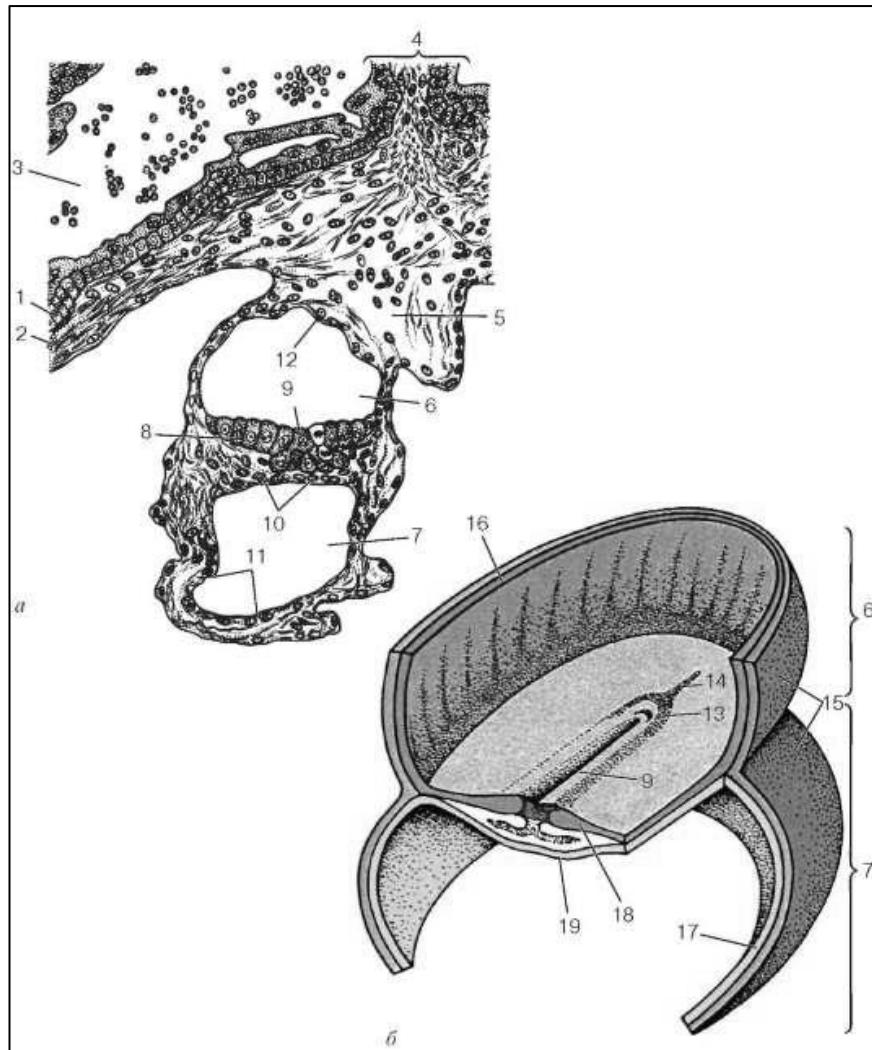


Рис. 8. Строение 2-недельного зародыша человека.

Вторая стадия гаструляции:

- а - поперечный срез зародыша; б - зародышевый диск (вид со стороны амниотического пузырька).
1 - хориальный эпителий; 2 - мезенхима хориона;
3 - лакуны, заполненные материнской кровью;
4 - основание вторичной ворсины; 5 - амниотическая ножка;
6 - амниотический пузырек; 7 - желточный пузырек;
8 - зародышевый щиток в процессе гаструляции;

- 9 - первичная полоска; 10 - зачаток кишечной энтодермы;
11 - желточный эпителий;
12 - эпителий амниотической оболочки; 13 - первичный узелок;
14 - преходральный отросток;
15 - внезародышевая мезодерма; 16 - внезародышевая эктодерма;
17 - внезародышевая энтодерма; 18 - зародышевая эктодерма;
19 - зародышевая энтодерма

На спинной части зародыши в эктодерме образуется нервная пластиинка; после срастания ее краев формируется нервная трубка. Над ней эктодерма срастается, покрывая ее сверху. Из нервной трубки развивается вся нервная система, из эктодермы - поверхностный слой кожного покрова. Из материала нефрогонадотов образуются мочевыделительная и половая системы.

Из *париетального листка* спланхнотома формируются эпителий плевры и брюшины, из *висцерального листка* - эпителий серозных оболочек внутренних органов. Аналогично формируются и внезародышевые органы. Только желточный мешок содержит не желток, а белковую жидкость и к концу зародышевого периода редуцируется. Но за короткий период эмбриогенеза он выполняет ряд важных функций: трофическую, формирует сосудистую сеть, кроветворения, является местом образования гаметобластов. Эктодерма и мезодерма амниотических складок подрастают к трофобласту и формируют хорион. С помощью ворсинок хорион тесно связывается со слизистой матки и вместе с ней формирует плаценту.

Аллантоис у млекопитающих подрастает к хориону и участвует в формировании ворсинок. Вместе с остатком желточного мешка аллантоис участвует в формировании пупочного канатика. Стенки сильно разрастающегося амниона, сближаясь, зажимают аллантоис и остатки желточного мешка, окружая их по всей длине со всех сторон. Так возникает пупочный канатик, на котором как бы в подвешенном состоянии плавает в околоплодной жидкости зародыш.

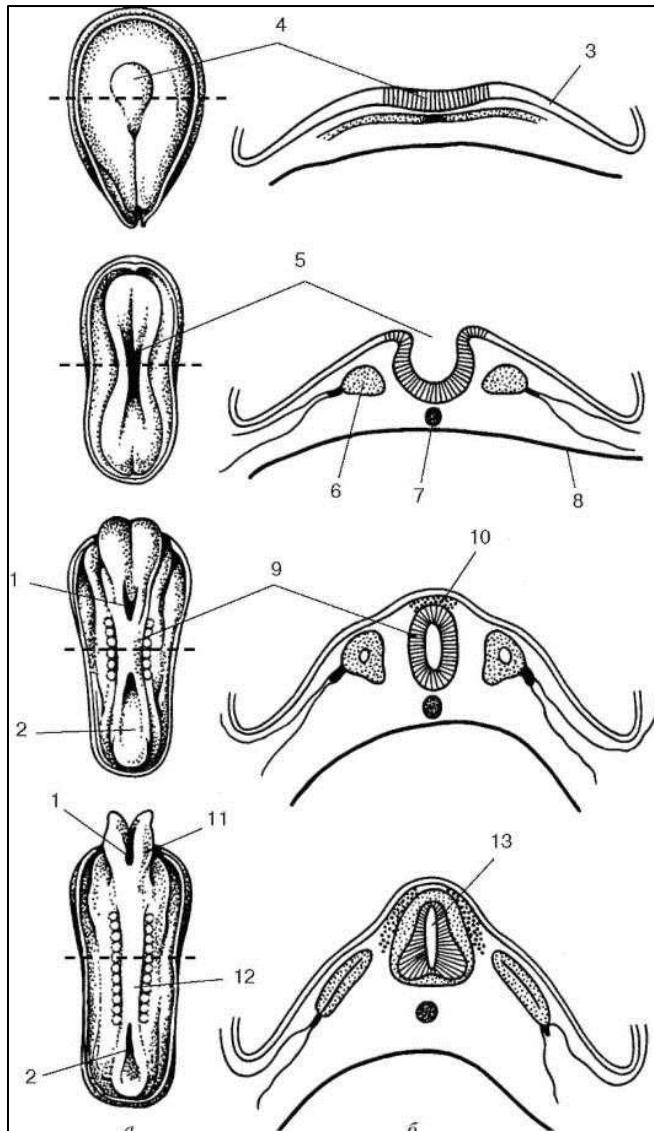


Рис. 9. Нейруляция у зародыша человека:
а - вид со спины; б - поперечные срезы. 1 - передний нейропор;
2 - задний нейропор; 3 - эктодерма; 4 - нервная пластинка;
5 - нервный желобок; 6 - мезодерма; 7 - хорда; 8 - энтодерма;
9 - нервная трубка; 10 - нервный гребень; 11 - головной мозг;
12 - спинной мозг; 13 - спинномозговой канал

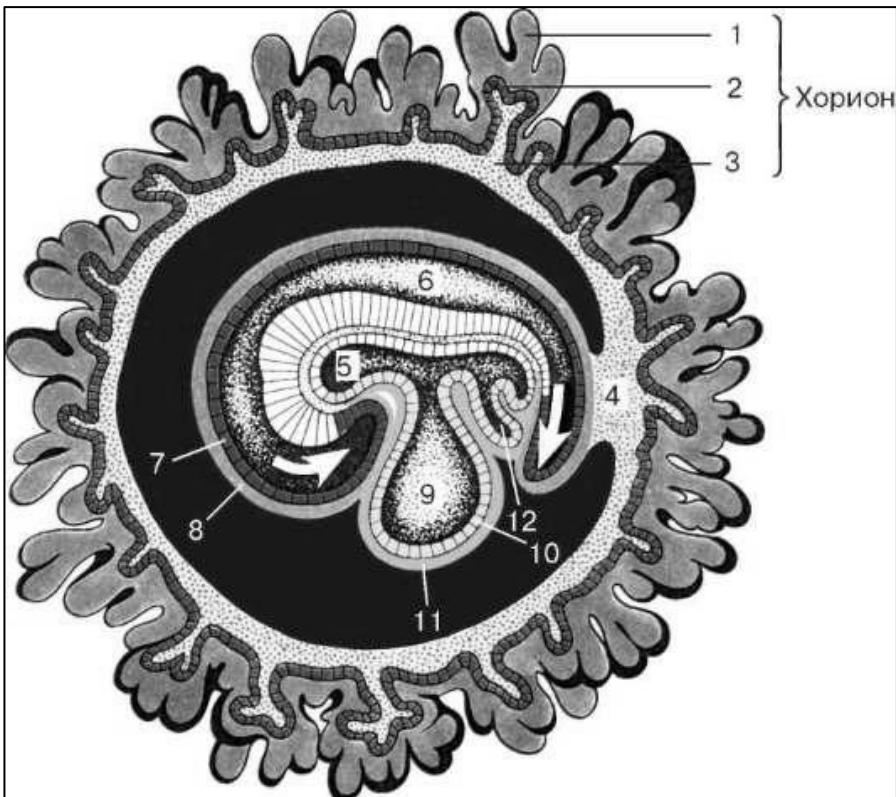


Рис. 10. Зародыш человека на стадии образования туловищной складки и внезародышевых органов:

- 1 - симпластотрофобласт; 2 - цитотрофобласт;
3 - внезародышевая мезенхима; 4 - место амниотической ножки;
5 - первичная кишечка; 6 - полость амниона;
7 - эктодерма амниона; 8 - внезародышевая мезенхима амниона;
9 - полость желточного пузырька; 10 - энтодерма желточного пузырька;
11 - внезародышевая мезенхима желточного пузырька;
12 - аллантоис. Стрелками обозначено направление образования туловищной складки

Плацента, являясь органом дыхания, питания, выделения, защиты, выполняет и эндокринную функцию. Гормоны, синтезируемые трофобластом, а затем плацентой, обеспечивают нормальное течение беременности. По степени врастания ворсинок в слизистую оболочку матки и размещению их по поверхности плодного пузыря различают несколько типов плаценты.

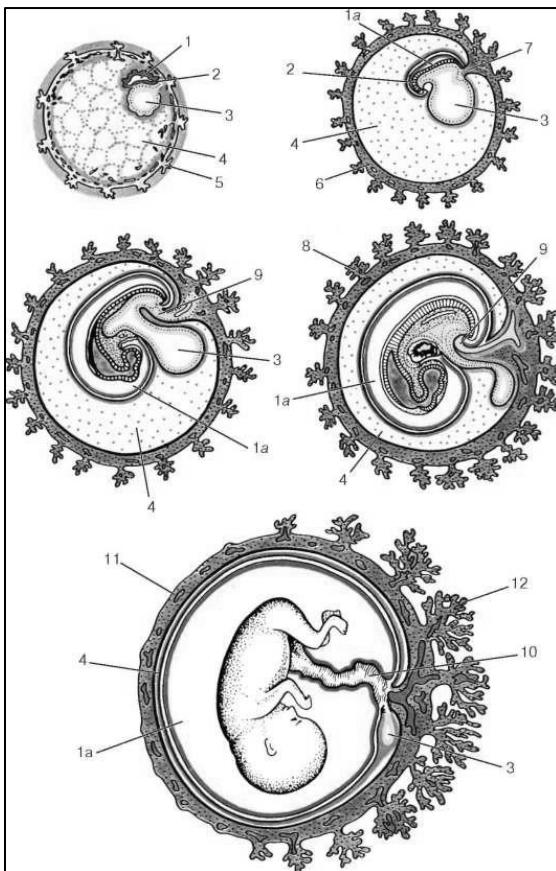


Рис. 11. Развитие внезародышевых органов у зародыша человека:

1 - амниотический пузырек; 1а - полость амниона;

2 - тело эмбриона; 3 - желточный мешок;

4 - внеэмбриональный целом; 5 - первичные ворсины хориона;

6 - вторичные ворсины хориона; 7 - стебелек аллантоиса;

8 - третичные ворсины хориона; 9 - аллантоис;

10 - пупочный канатик; 11 - гладкий хорион; 12 - котиледоны

Диффузная плацента. Ворсинки распределяются равномерно по всей поверхности плодного пузыря и контактируют со слизистой оболочкой матки, не разрушая эпителий. По строению такую плаценту называют *эпителioхориальной*. Она свойственна свиньям, лошадям, верблюдам.

Котиледонная плацента. Ворсинки хориона расположены кутикулами - котиледонами. Они соединяются с утолщениями стенки

матки – *карункулами*. Ворсинки котиледонов разрушают эпителий и контактируют с соединительной тканью слизистой оболочки матки (у жвачных животных), поэтому плацента называется *десмогориальной*.

Поясная плацента. Ворсинки располагаются в виде широкого пояса по поверхности плодного пузыря. Ворсинки хориона, разрушая эпителий и соединительную ткань слизистой оболочки, контактируют с эндотелием стенок сосудов. Эта плацента называется *эндотелиогориальной* и свойственна хищным животным.

Дискоидальная плацента. Зона контакта ворсинок хориона и стенки матки имеет форму диска. Ворсинки хориона разрушают эпителий, соединительную ткань, эндотелий сосудов слизистой оболочки матки и погружаются в заполненные кровью лакуны в соединительно-тканном слое стенки матки. Такую плаценту называют *гемогориальной* (у приматов, человека).

Эмбриогенез млекопитающих делится на 3 основных периода: зародышевый, предплодный и плодный.

Зародышевый период характеризуется развитием признаков, типичных для всех позвоночных. Он длится от дробления до начала образования зачатков органов. В конце этого периода редуцируется желточный мешок.

Предплодный период - происходят активный органогенез и полное развитие плаценты.

Плодный период - совершенствуются структуры органов и происходит становление их функций: плод активно растет.

Вопросы для обсуждения:

1. Перечислите и опишите основные этапы эмбриогенеза позвоночных.
2. Охарактеризуйте процесс дробления. Какие типы дробления бывают и почему?
3. Дайте общую характеристику процесса гастроуляции.
4. Перечислите основные внезародышевые органы птиц и млекопитающих.
5. Опишите основные стадии развития зародыша птиц, млекопитающих.
6. Каковы функции плаценты? Перечислите типы плацент млекопитающих, их особенности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗЛИЧНЫМ ВИДАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану, значительная часть времени прохождения курса отведена на самостоятельную работу студентов. Для самостоятельного изучения предлагаются аспекты дисциплины, которые не в полной мере оказываются охваченными планами лекционных занятий. Задания сгруппированы в блоки соответственно приведенной ранее схеме распределения часов для самостоятельной работы.

Рекомендуется выполнять задания письменно, в отдельной тетради. Выполнение заданий для самостоятельной работы является необходимым условием получения зачета по данной дисциплине.

В плане предложены такие формы работы, которые предполагают анализ имеющейся и поиск соответствующей на усмотрение студента литературы.

1. Реферат – краткое изложение в письменном виде или в форме публичного выступления содержания книги, научной работы, результатов изучения научной проблемы; доклад на определённую тему, включающий обзор соответствующих литературных и других источников. Как правило, имеет научно-информационное назначение. Рефератами называют специально подготовленные во время самостоятельной работы сообщения студентов, концентрированно раскрывающие современное содержание отдельных разделов учебной программы. Рефераты имеют титульный лист по форме, утвержденной на кафедре. Содержание реферата включает введение с постановкой цели и задач, разделы, заключение и список литературы. Объем реферата зависит от емкости тематики, но студенческие рефераты рекомендуются в объеме 10-15 страниц.

2. Коллоквиум – как форма практических занятий предполагает активное участие студентов в обсуждении поставленных вопросов. При подготовке к коллоквиуму важно подготовиться по вопросам и литературным источникам, предложенными преподавателем в методическом сопровождении практических занятий.

3. Конспект студента является важным материалом, характеризующим работу студента во время лекционных и практических занятий, а также самостоятельной работы с литературой. Конспекты

имеют тематическую рубрикацию, в основном соответствующую программе курса. Содержание конспекта кратко (конспективно) вскрывает содержание изучаемых тем. Поля конспектов дополняют ранее изучаемые вопросы новыми данными, фактами и пр. Конспекты по дисциплине как правило ведутся в одной общей тетради. Наличие конспекта, его содержание характеризует работу студента по изучению дисциплины.

КОНТРОЛЬНЫЕ ТЕСТЫ

1. К структурным компонентам эукариотической клетки относятся ...

- 1) ядро, оболочка, цитоплазма и органоиды;
- 2) протопласт и ядро;
- 3) протоплазма и ядро;
- 4) ядро, плазмалемма и цитоплазма.

2. Местом хранения, воспроизведения и начальной реализации наследственной информации в эукариотической клетке является...

- 1) цитоплазма;
- 2) ядрышка;
- 3) ядро (нуклеус);
- 4) вся клетка.

3. Местом хранения, воспроизведения и начальной реализации наследственной информации в прокариотической клетке является...

- 1) нуклеотид;
- 2) нуклеоид;
- 3) мезосома;
- 4) вакуоль.

4. Мелкие кольцевые молекулы ДНК, которые служат дополнительными носителями наследственной информации у прокариот, называются ...

- 1) хромосомами;
- 2) бактериальными хромосомами;
- 3) прокариотическими хромосомами;
- 4) плазмидами.

5. Ядро состоит из...

- 1) ядерной оболочки и хромосом;
- 2) ядерной мембранны и хромосом;
- 3) хромосом, ядрышек и оболочки;
- 4) ядерной оболочки, ядерного матрикса, хроматина и ядрышка.

6. Ядерная оболочка состоит из...

- 1) двойной ядерной мембранны, пронизанной порами;
- 2) перинуклеарного пространства;
- 3) мембран эндоплазматической сети;
- 4) из впячиваний плазмалеммы.

7. В состав хроматина (интерфазных хромосом) входят:

- 1) ДНК;
- 2) хромопротеины;
- 3) ДНК, РНК, белки (гистоны и др.) и неорганические ионы;
- 4) нуклеотиды.

8. Ядрышко – это внутриядерная структура, которая контролирует...

- 1) репликацию ДНК;
- 2) синтез пРНК и первичную сборку рибосом;
- 3) биосинтез белков;
- 4) синтез тРНК и мРНК.

9. Биологическая мембрана, покрывающая всю клетку, называется...

- 1) гликокаликс;
- 2) оболочка;
- 3) плазматическая мембрана, или плазмалемма;
- 4) клеточная стенка, или клеточная оболочка.

10. Согласно жидкостно-мозаичной (жидкокристаллической) модели, основу всех биологических мембран составляет...

- 1) фосфолипидный бислой;
- 2) холестерин;
- 3) фосфолипидный монослоем;
- 4) гидрофильный монослоем.

11. В состав биологических мембран входят:

- 1) липиды, белки и углеводы;
- 2) только фосфолипиды;
- 3) только белки и углеводы;
- 4) фосфолипиды и нуклеиновые кислоты.

12. Комплекс биополимеров на внешней поверхности плазмалеммы, характерный для животных, называется...

- 1) гликокаликс;
- 2) кортекс;
- 3) ризопласт;
- 4) эктоплазма.

13. Основным свойством биологических мембран является...

- 1) прочность;
- 2) избирательная проницаемость;
- 3) способность к репликации;

4) способность к информационно-сигнальным взаимодействиям.

14. Фаго- и пиноцитоз объединяются под общим названием...

1) экзоцитоз;

2) эндоцитоз;

3) диффузия;

4) сопряженный транспорт.

15. Транспорт частиц и капель раствора из клетки наружу называется...

1) эксцизия;

2) экзоцитоз;

3) эндоцитоз;

4) выделение.

16. Транспорт веществ через мембранны от большей концентрации к меньшей называется...

1) исходящим транспортом;

2) транспортом, не зависящим от градиента концентрации;

3) транспорт против градиента концентрации;

4) транспорт по градиенту концентрации.

17. Транспорт веществ через мембранны без участия белков-переносчиков и без затраты энергии осуществляется путем...

1) простой диффузии;

2) облегченной диффузии;

3) эндоцитоза;

4) активной диффузии.

18. Транспорт веществ через мембранны против градиента концентрации с участием белков-переносчиков и с непосредственной затратой энергии называется...

1) активным;

2) пассивным;

3) экзоцитозом;

4) эндоцитозом.

19. Часть живой клетки без плазматической мембранны и ядра называется...

1) цитоплазматическим матриксом;

2) цитоплазмой;

3) клеточным соком;

4) протопластом.

20. В состав цитоплазмы входят:

- 1) гиалоплазма, цитозоль и цитоскелет;
 - 2) цитоплазматический матрикс, цитоскелет, органоиды и включения;
 - 3) цитозоль и цитоскелет;
 - 4) ядро, цитоплазматический матрикс и плазмалемма.
21. Основное вещество цитоплазмы называется...
- 1) протоплазма;
 - 2) цитоплазматический матрикс;
 - 3) строма;
 - 4) истинный раствор.
22. Часть цитоплазмы, представленная фибриллярными (волоконными) структурами, называется...
- 1) мионемы;
 - 2) миофибриллы;
 - 3) миофиламенты;
 - 4) цитоскелет.
23. В состав цитоскелета входят:
- 1) микрофиламенты, микротрубочки и промежуточные филаменты;
 - 2) актин, миозин и тубулин;
 - 3) актин, миозин и фибрин;
 - 4) волокна и сосуды.
24. Жировые капли, гранулы гликогена и крахмальные зерна и гранулы белка объединяются под общим названием...
- 1) эргастические (локальные) включения;
 - 2) макромолекулы;
 - 3) биополимеры;
 - 4) эргастоплазма.
25. Немембранные органоиды, обеспечивающие биосинтез белков с генетически обусловленной структурой, называются...
- 1) микротрубочки;
 - 2) ядрышками;
 - 3) хромосомами;
 - 4) рибосомами;
26. Комплексы из одной молекулы РНК (мРНК) и связанных с ней десятков рибосом называются...
- 1) нуклеосомами;
 - 2) нуклеомерами;
 - 3) синтетомами;

4) полисомами.

27. Органоид, контролирующий образование микротрубочек цитоскелета, органоидов движения, веретена деления, называется...

- 1) клеточный центр (центросома);
- 2) кинетосома;
- 3) акросома;
- 4) ядро.

28. Основу клеточного центра составляют...

- 1) центриоли;
- 2) микрофиламенты;
- 3) промежуточные филаменты;
- 4) кинетосома.

29. Система замкнутых мембран, которые образуют мешки, цистерны или же имеют вид вытянутых каналов, называется...

- 1) вакуоль;
- 2) аппарат Гольджи (диктиосома);
- 3) хондрион;
- 4) эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум).

30. Рибосомы (полисомы) обнаруживаются на внешней поверхности...

- 1) гладкой эндоплазматической сети;
- 2) шероховатой эндоплазматической сети;
- 3) плазмалеммы;
- 4) лизосом.

31. Главной функцией гранулярного ЭПР является...

1) формирование ядерной оболочки;

2) формирование лизосом;

3) биосинтез, транспортировка и начальная модификация белков;

4) биосинтез липидов и полисахаридов.

32. В полости агранулярного ЭПР происходит...

1) репликация ДНК, синтез тРНК и рРНК;

2) окончательная модификация белков и их сортировка;

3) биосинтез липидов и полисахаридов;

4) биосинтез, транспортировка и начальная модификация белков.

33. Стопка уплощенных одномембранных цистерн, составляющая основу аппарата Гольджи, называется...

- 1) мезосома;
- 2) диктиосома;
- 3) хондриосома;
- 4) эндосома.

34. Накопление веществ, их модификация и сортировка, упаковка в одномембранные пузырьки и формирование первичных лизосом происходит...

- 1) в аппарате Гольджи;
- 2) в гранулярном ЭПР;
- 3) в гладкой ЭПР;
- 4) в плазмалемме.

35. Одномембранные пузырьки, содержащие гидролитические ферменты (протеазы, нуклеазы, липазы), называются...

- 1) пероксисомами;
- 2) лизосомами;
- 3) сферосомами;
- 4) вакуолями.

36. В состав клеточного сока входят:

- 1) неорганические соли, пигменты, растворимые углеводы, органические кислоты, некоторые белки;
- 2) белки и углеводы;
- 3) нуклеиновые кислоты, белки, липиды и углеводы;
- 4) минеральные соли и витамины.

37. Двумембранные органоиды, в которых осуществляется синтез АТФ, называются...

- 1) пластидами;
- 2) хромопластами;
- 3) хлоропластами;
- 4) митохондриями.

38. Гребневидные вмячивания внутренней мембранны митохондрий называются...

- 1) грибовидные тела;
- 2) тилакоиды;
- 3) ламеллы;
- 4) кристы.

39. Пластиды, в которых протекают все реакции фотосинтеза (фотофосфорилирование и фиксации углекислого газа), называются...

- 1) лейкопласти;

- 2) хромопласти;
- 3) амилопласти;
- 4) хлоропласти.

40. Плоские цистерны, отшнуровывающиеся от внутренней мембранных хлоропластов, называются...

- 1) кристы;
- 2) тилакоиды;
- 3) граны;
- 4) мезосомы.

41. Комплексы (стопки) тилакоидов хлоропластов называются...

- 1) кристами;
- 2) стромой;
- 3) хроматофорами;
- 4) гранами.

42. К самым тонким элементам цитоскелета, состоящим в основном из белка актина, относятся...

- 1) микротрубочки;
- 2) микрофиламенты;
- 3) тонофиламенты;
- 4) центриоли.

43. Химически устойчивые элементы цитоскелета, которые служат основной опорной системой клетки...

- 1) микрофиламенты;
- 2) микротрубочки;
- 3) промежуточные филаменты (тонофиламенты);
- 4) фибриллярные образования.

44. Избирательно выделять и изучать органоиды клетки позволяет метод...

- 1) окрашивания;
- 2) центрифугирования;
- 3) моделирования;
- 4) биохимический.

45. Наука цитология изучает...

- 1) строение клеток одноклеточных и многоклеточных организмов;
- 2) строение органов и систем органов многоклеточных организмов;
- 3) фенотипы организмов разных царств;

4) строение растений и особенности их развития.

46. Соматические клетки в отличие от половых содержат...

- 1) двойной набор хромосом;
- 2) одинарный набор хромосом;
- 3) цитоплазму;
- 4) плазматическую мембрану.

47. Какие эукариотические клетки не содержат ядра?

- 1) все эритроциты;
- 2) эритроциты и лимфоциты;
- 3) зрелые эритроциты млекопитающих, ситовидные трубы растений;
- 4) зрелые эритроциты и лимфоциты человека.

48. О единстве органического мира свидетельствует...

- 1) наличие ядра в клетках всех живых организмов;
- 2) клеточное строение организмов всех царств;
- 3) объединение организмов всех царств в систематические группы;
- 4) разнообразие микроорганизмов.

49. Удвоение ДНК во время клеточного цикла клетки происходит в ...

- 1) пресинтетической фазе;
- 2) постсинтетической фазе;
- 3) синтетической фазе;
- 4) профазе.

50. Главные изменения в процессе митоза претерпевают...

- 1) митохондрии;
- 2) хлоропласты;
- 3) рибосомы;
- 4) хромосомы.

51. Спирализация хромосом в начале митоза обеспечивает...

1) их равномерному распределению между дочерними клетками;

- 2) активное участие хромосом в биосинтезе белка;
- 3) удвоение молекул ДНК;
- 4) образование двух хроматид из каждой хромосомы.

52. В результате первого деления мейоза из одной материнской клетки образуется

- 1) две дочерние клетки с уменьшенным вдвое набором хромосом;

2) четыре дочерние клетки с уменьшенным вдвое набором хромосом;

3) две дочерние клетки с увеличенным вдвое набором хромосом;

4) четыре дочерние клетки с числом хромосом, равным материнской клетке.

53. В процессе мейоза в отличие от митоза происходит...

1) образование половых клеток;

2) спирализация хромосом;

3) конъюгация и кроссинговер;

4) расхождение хромосом к полюсам клетки.

54. Уменьшение числа хромосом вдвое в процессе мейоза обусловлено тем, что...

1) второму делению мейоза не предшествует синтез ДНК;

2) первому делению мейоза не предшествует синтез ДНК;

3) в первом делении мейоза происходит конъюгация хромосом;

4) в первом делении мейоза происходит кроссинговер.

55. Расхождение хроматид к полюсам клетки происходит в...

1) анафазе;

2) телофазе;

3) профазе;

4) метафазе.

56. В процессе мейоза гомологичные хромосомы расходятся в дочерних клетках в...

1) метафазе первого деления;

2) метафазе второго деления;

3) анафазе первого деления;

4) анафазе второго деления.

57. В интерфазе клетки не происходит..

1) синтез молекул АТФ;

2) спирализация хромосом;

3) самоудвоение молекул ДНК;

4) синтез молекул иРНК.

58. Благодаря конъюгации и кроссинговеру при образовании гамет происходит...

1) уменьшение числа хромосом вдвое;

2) увеличение числа хромосом вдвое;

3) обмен генетической информации между гомологичными хромосомами;

4) увеличение числа хромосом.

59. Частота кроссинговера между двумя гаметами определяется...

1) доминантностью одного из генов;

2) доминантностью обоих генов;

3) расстоянием между хромосомами;

4) расстоянием между генами.

60. Запрограммированная гибель клеток это...

1) дегенерация;

2) некроз;

3) апоптоз;

4) внутриклеточная репарация.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Раздел 1. Введение. Предмет клеточной биологии. Развитие методов цитологии. Краткий исторический очерк.

Предмет и задачи цитологии и клеточной биологии, ее значение в системе биологических и медицинских наук. Возникновение и развитие цитологии как самостоятельной науки. Роль клеточной теории в развитии цитологии, гистологии и медицины. Методы изготовления препаратов для световой микроскопии. Сущность и методы фиксации микрообъектов. Способы уплотнения (заливки). Микротомия с использованием салазочных, ротационных микротомов. Метод замораживания. Сущность и методы окраски микропрепараторов и их заключения в бальзам, смолы, желатин. Виды микропрепараторов – срезы, мазки, отпечатки, пленки. Техника микроскопирования в световых микроскопах. Особенности микроскопии в ультрафиолетовых лучах, люминесцентная микроскопия, фазово-контрастная микроскопия, интерференционная микроскопия. Электронная микроскопия (трансмиссионная и сканирующая), методы изготовления микрообъектов для электронной микроскопии. Специальные методы изучения микрообъектов – гистохимия (в том числе электронная гистохимия), радиоавтография, применение моноклональных антител, фракционирование клеточного содержимого с помощью ультрацентрифугирования. Методы исследования живых клеток – культуры тканей вне- и внутри организма, клонирование, образование гетерокарионов и гибридов клеток, прижизненная окраска. Количественные методы исследования – ручная и автоматизированная цитофотометрия, электронная микроФотометрия. Создание самостоятельных кафедр гистологии в России в XIX в. Развитие цитологии и клеточной биологии в XX в. Современный этап в развитии цитологии и клеточной биологии.

Основные понятия: исторический вклад в развитие цитологии, произведенный Р. Гуком, М. Мальпиги, А. Левенгуком, Я. Пуркинье, Р. Броуном, М. Шлейденом, Т. Шванном. Клетка, цитоплазма, протоплазма, ядро, фиксация, заключение (пропитка), микротомирование, окраска – монтирование препаратов, световая микроскопия, электронная микроскопия, радиоавтография, ультрацентрифугирование, микроскопические структуры, ультрамикроскопические структуры, культивирование клеток.

Раздел 2. Клеточная теория, ее основные положения. Строение и функции клеток.

Основные положения клеточной теории на современном этапе развития науки. Понятие о клетке, как основной единице живого. Неклеточные структуры как производные клеток. Общий план строения клеток эукариот: клеточная оболочка, цитоплазма, ядро. Взаимосвязь формы и размеров клеток с их функциональной специализацией. Общий план строения клеток. Биологическая мембрана как основа строения клетки. Строение, основные свойства и функции. Клеточная оболочка. Внешняя клеточная (плазматическая) мембрана. Структурно-химические особенности. Характеристика надмембранных слоев (гликокаликса) и подмембранных (кортикального) слоя. Морфологическая характеристика и механизмы барьерной, рецепторной и транспортной функций. Взаимосвязь плазматической мембранных над- и подмембранных слоев клеточной оболочки в процессе функционирования. Структурные и химические механизмы взаимодействия клеток. Специализированные структуры клеточной оболочки: микроворсинки, реснички, базальные инвагинации. Их строение и функции. Общая характеристика межклеточных взаимодействий. Межклеточные соединения (контакты): простые контакты, соединения типа замка, плотные соединения, десмосомы, щелевидные контакты (нексусы), синаптические соединения (синапсы).

Основные понятия: клетка – структурная и функциональная единица живого, гомологичность клеток, клеточное происхождение клеток, связь клетки с организмом.

Раздел 3. Цитоплазма.

Определение цитоплазмы, компоненты цитоплазмы. Комплекс Гольджи (пластинчатый комплекс). Строение и функции. Его роль в выполнении железистыми клетками секреторной функции, в химической модификации поступающих белков. Значение во взаимодействии мембранных структур. Лизосомы. Строение, химический состав, функции. Понятие о первичных и вторичных лизосомах, об аутофагосомах и гетерофагосомах. Пероксисомы. Строение, химический состав, функции. Митохондрии. Строение, функции. Представление об автономной системе синтеза белка. Особенности митохондриального аппарата в клетках с различным уровнем биоэнергетических процессов. Рибосомы. Строение, химический состав, функции. Понятие о полисомах. Роль свободных и связанных с мембранами эндоплазматической сети

рибосом в биосинтезе клеточных белков. Центриоли. Строение и функции в неделящемся ядре и при митозе. Структурные фибрillярные структуры цитоплазмы. Цитоскелет. Основные компоненты цитоскелета: микротрубочки, микрофиламенты, тонофиламенты (промежуточные филаменты). Их строение, химический состав. Органеллы специального значения. Миофибриллы, микроворсинки, реснички, жгутики. Строение и функциональное значение в клетках, выполняющих специальные функции. Включения. Определение. Классификация. Значение в жизнедеятельности клеток и организма. Строение и химический состав различных видов включений. Гиалоплазма. Физико-химические свойства, химический состав. Участие в клеточном метаболизме.

Основные понятия: липопротеидная мембрана, компартменты, гликокаликс, гранулярная – агранулярная эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии, рибосомы.

Раздел 4. Строение и функции клеток

Общий план строения клеток. Биологическая мембрана как основа строения клетки. Строение, основные свойства и функции. Клеточная оболочка. Внешняя клеточная (плазматическая) мембрана. Структурно-химические особенности. Характеристика надмембранных слоев (гликокаликса) и подмембранных (кортикального) слоя. Морфологическая характеристика и механизмы барьера, рецепторной и транспортной функций. Взаимосвязь плазматической мембранны над- и подмембранных слоев клеточной оболочки в процессе функционирования. Структурные и химические механизмы взаимодействия клеток. Специализированные структуры клеточной оболочки: микроворсинки, реснички, базальные инвагинации. Их строение и функции. Общая характеристика межклеточных взаимодействий. Межклеточные соединения (контакты): простые контакты, соединения типа замка, плотные соединения, десмосомы, щелевидные контакты (нексусы), синаптические соединения (синапсы).

Основные понятия: липопротеидная мембрана, клеточная оболочка, клеточная стенка, барьерная, рецепторная и транспортная функция клеточной оболочки, микроворсинки, реснички, базальные инвагинации, межклеточные взаимодействия, межклеточные соединения.

Раздел 5. Ядро

Роль ядра в хранении и передаче генетической информации и в синтезе белка. Форма и количество ядер. Общий план строения ин-

терфазного ядра: хроматин, ядрышко, ядерная оболочка, кариоплазма (нуклеоплазма). Хроматин. Строение и химический состав. Структурно-химическая характеристика хроматиновых фибрилл, перихроматиновых фибрилл, перихроматиновых и интерхроматиновых гранул. Роль основных и кислых белков в структуризации и в регуляции метаболической активности хроматина. Понятие о нуклеосомах; механизм компактизации хроматиновых фибрилл. Понятие о деконденсированном и конденсированном хроматине (эухроматине, гетерохроматине, хромосомах), степень их участия в синтетических процессах. Строение хромосомы. Половой хроматин. Ядрышко. Ядрышко как производное хромосом. Понятие о ядрышковом организаторе. Количество и размер ядрышек. Химический состав, строение, функция. Характеристика фибрillлярных и гранулярных компонентов, их взаимосвязь с интенсивностью синтеза РНК. Структурно-функциональная лабильность ядрышкового аппарата. Ядерная оболочка. Строение и функции. Структурно-функциональная характеристика наружной и внутренней мембран, перинуклеарного пространства, комплексы поры. Взаимосвязь количества ядерных пор и интенсивности метаболической активности клеток. Связь ядерной оболочки с эндоплазматической сетью; роль наружной мембраны в процессе новообразования клеточных мембран. Кариоплазма (нуклеоплазма). Физико-химические свойства, химический состав. Значение в жизнедеятельности ядра.

Основные понятия: хромосомы, хроматин, ядрышко, ядерная оболочка, кариоплазма, нуклеосомы, эухроматин, гетерохроматин, половой хроматин, ядрышковый организатор, ядерные поры.

Раздел 6. Воспроизведение клеток. Клеточный цикл.

Деление прокариотических клеток. Репликация бактериальной ДНК. Деление эукариотических клеток. Особенности репликации ДНК эукариотических клеток. Жизненный цикл клетки. Интерфаза: пресинтетический, синтетический и постсинтетический периоды. Значение этих периодов в жизни клеток. Этапы клеточного цикла для клеток, сохранивших способность к делению, и клеток, утративших способность к делению.

Основные понятия: репликация ДНК, жизненный цикл клетки, интерфаза, пресинтетический, синтетический, постсинтетический периоды, гормоны, ядерно-плазменное соотношение, митогенетические лучи, биосинтез белка, транскрипция и РНК.

Раздел 7. Митоз.

Митотический цикл. Определение понятия. Фазы цикла (интерфаза, митоз). Биологическое значение митоза. Преобразование структурных компонентов клетки на различных этапах митоза. Роль клеточного цикла в митотическом делении клеток. Морфология митотических хромосом. Эндомитоз. Определение понятия. Основные формы, биологическое значение. Понятие о пloidности клеток (одноядерных, многоядерных), функциональное значение этого явления.

Основные понятия: профаза, прометафаза, метафаза, анафаза, телофаза, клеточный центр, центромерная область, нити веретена, хромосомы метацентрические, субметацентрические, акроцентрические, клеточная перегородка, кариокинез, цитокинез, поле митоза, пристеночный слой цитоплазмы.

Раздел 8. Мейоз.

Мейоз – основа формирования половых гамет и обеспечения генетической рекомбинации, его механизмы, стадии и биологическое значение. Сперматогенез. Овогенез.

Основные понятия: сперматогенез, овогенез, гаметогенез, мейоз I, мейоз II, профаза мейоза, лептонема, зигонема, пахинема, диплонема, диакинез, гаплоидность, диплоидность, кроссинговер, коньюгация, гомологичные хромосомы, хиазмы.

Раздел 9. Специализация клеток. Клеточная гибель.

Дифференциация клеток. Роль ядра и цитоплазмы в дифференцировке клетки. Морфологические признаки специализации клеток. Морфо-функциональная характеристика процессов роста и дифференцировки, периода активного функционирования, старения и гибели клеток. Факторы регуляции процесса дифференцировки. Старение клетки. Механизмы старения. Структура клетки при старении. Механизмы гибели клетки при старении. Патология клетки. Влияние повреждающих факторов на клетку. Специфические и неспецифические реакции клетки на повреждение. Изменение структуры органоидов при повреждении клетки. Внутриклеточная репликация. Гибель клеток. Дегенерация, некроз. Определение понятия и его биологическое значение. Апоптоз (запограммированная гибель клеток). Определение понятия и его биологическое значение.

Основные понятия: апоптоз, дегенерация, некроз, старение клеток, дифференциация клеток.

ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие № 1 (2 часа)

Тема: История развития представлений о клетке и методов ее изучения.

Вопросы:

1. Исторический вклад в развитие цитологии, произведенный Р. Гуком, М. Мальпиги, А. Левенгуком, Я. Пуркинье, Р. Броуном, М. Шлейденом, Т. Шванном.
2. Развитие разновидностей световой микроскопии.
3. Развитие цитохимических методов. Окраска по Фельгену, по Браше.
4. Изотопные методы изучения клетки.
5. Метод радиоавтографии.
6. Тимидиновая метка для ДНК.
7. Уридиновая метка для РНК.
8. Методика приготовления микроскопических срезовых препаратов.
9. Методика приготовления микроскопических давленных препаратов.
10. Фиксация, заключение (пропитка), микротомирование, окраска – монтирование препаратов, световая микроскопия, электронная микроскопия, радиоавтография, ультрацентрифугирование, микроскопические структуры, ультрамикроскопические структуры, культивирование клеток.

Темы реферативных сообщений:

1. Современная трактовка основ клеточной теории.
2. Содержание основной догмы молекулярной биологии.

Практическое занятие № 2 (2 часа)

Тема: Строение клеток растений.

Вопросы:

1. Перечислите характерные органоиды растительных клеток.
2. В чем особенность липидов растительных клеток?
3. Каково строение и функционирование пластид?
4. Вакуоли, их классификация, назначение.
5. Меристематические клетки растений, какие ткани они составляют?

6. Как определить кариотип растения? Значение изучения кариотипа.

7. Особенности строения листа – органа фотосинтеза растений.

8. Запасные вещества растительных клеток.

Темы реферативных сообщений:

1. Антифризы в растительных клетках и их устойчивость к замерзанию.

2. Методы изучения кариотипа растений.

3. Эволюция фотосинтетического аппарата растений.

Практическое занятие № 3 (2 часа)

Тема: Строение клеток животных.

Вопросы:

1. Перечислите характерные органоиды животных клеток.

2. В чем особенность липидов животных клеток?

3. Запасные вещества животных клеток.

4. Особенности среды культивирования животных клеток.

5. Характерные органоиды животных клеток.

Темы реферативных сообщений:

1. Методы изучения клеток человека и животных. Значение цитологической диагностики.

2. Культура клеток человека. Питательные среды.

3. Особенности межклеточных связей в животных тканях.

Практическое занятие № 4 (2 часа)

Тема: Цитоплазма, ее органоиды.

Вопросы:

1. Какова функция митохондрий?

2. Как поддерживается число митохондрий в клетке?

3. В чем особенность митохондриальной наследственности?

4. Какова функция пластид?

5. Регуляция числа пластид в клетке.

6. Значение ДНК и РНК в пластидах.

7. В чем значение актомиозиновых комплексов, их функция?

8. Моторные белки и их значение в клетке.

9. Строение и функции клеточного центра.

10. Строение и функции аппарата Гольджи.

11. Строение и функции лизосом.

12. Эндоплазматическая сеть, ее разновидности и функции.

13. Строение липопротеидных мембран, их значение в клетке.

Темы реферативных сообщений

1. Митохондрии – энергетические станции клетки.
2. Лизосомы – строение и функции.
3. Аппарат Гольджи, его значение и функции.
4. Барьерно-транспортная роль цитомембран.

Практическое занятие № 5 (2 часа)

Тема: Ядро, функции и структура

Вопросы:

1. Строение интерфазного ядра. Структурные компоненты.
2. Ядерная оболочка, ядерно-цитоплазматический обмен.
3. Динамика ядерной оболочки в митозе.
4. Изменение объема ядра в клеточном цикле.
5. Какие вещества относятся к наследственным?
6. Специфические способы окраски ядерных структур.
7. Хромосомы, закономерности их появления и исчезновения при наблюдении клетки.

Темы реферативных сообщений:

1. Функции ядра в клетке.
2. Ядрышко, структура и функции.

Практическое занятие № 6 (2 часа)

Тема: Клеточный цикл. Митоз.

Вопросы:

1. Стадии клеточного цикла.
2. Движущие силы подготовки к клеточному делению.
3. Репликация ДНК. Клеточный цикл.
4. Структурное состояние ДНК в интерфазе и метафазе митоза.
5. Профаза, характерные признаки и процессы.
6. Метафаза, характеристика состояния хромосом.
7. Анафаза. Механизм движения хромосом в митозе.
8. Функции митоза и его причины.

Темы реферативных сообщений:

1. Митоз – деление соматических клеток.
2. Митоз и кариотип.
3. Длительность фаз клеточного цикла и митоза.

Практическое занятие № 7 (2 часа)

Тема: Мейоз.

Вопросы:

1. Место мейоза как особого способа деления.
2. Стадии профазы мейоза.
3. Охарактеризуйте лептонему как стадию профазы.
4. Охарактеризуйте зигонему как стадию профазы.
5. Охарактеризуйте пахинему как стадию профазы.
6. Охарактеризуйте диплонему как стадию профазы.
7. Охарактеризуйте диакинез как стадию профазы.
8. Биологическая функция и значение мейоза.
9. Сперматогенез – особенности.
10. Овогенез – особенности.

Темы реферативных сообщений:

1. Мейоз как основа гаметогенеза.
2. Механизмы генетической рекомбинации.

ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Назовите создателей основ современной клеточной теории.
2. Перечислите известные вам методы изучения клетки.
3. Назовите современные методы микроскопии клеток.
4. Фиксация клеток. Значение, методы.
5. Микротомирование клеток. Расскажите основу метода.
6. Перечислите органоиды цитоплазмы.
7. В чем заключаются функции лизосом?
8. В чем заключаются функции аппарата Гольджи?
9. В чем заключаются функции вакуолей растительной клетки?
10. В чем заключаются функции ядра?
11. В чем заключаются функции митохондрий?
12. В чем заключаются функции пластид?
13. В чем заключаются функции рибосом?
14. Охарактеризуйте состав наследственного вещества клетки.
15. Назовите виды транспорта веществ через мембранные клетки.
16. Назовите компоненты осмотической системы.
17. Охарактеризуйте явления тургора и плазмолиза.
18. Дайте определение органоидам и включениям.
19. Что происходит на стадиях клеточного цикла?
20. В чем заключается пусковой механизм митоза?
21. Охарактеризуйте ход митоза по фазам.
22. Каково биологическое значение митоза?
23. Мейоз, его фазы.
24. Каково биологическое значение мейоза?
25. Механизм апоптоза и его биологическое значение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии / С.Л. Кузнецов, Н.Н. Мушкамбаров, В.Л. Горячкина. – М.: Медицинское информационное агентство, 2002. – 374 с.
2. Ботаника: в 4 т. Т.1. Водоросли и грибы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 320 с.
3. Верещагина В.А. Основы общей цитологии: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений/З-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 176 с.
4. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. 2-е изд. – М.: Медицина, 1982. – 304 с.
5. Гарстукова Л. С., Кузнецов С. Л., Деревянко В. Г. Наглядная гистология (общая и частная). - М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. – 204 с.
6. Гартнер Л. П., Хайатт Дж. Л. Цветной атлас по гистологии / пер. с англ.; под ред. В. П. Сапрыкина. - М.: ЛОГОСФЕРА, 2008. – 480 с.
7. Гистология, эмбриология, цитология : учебник / Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юрина, Е. Ф. Котовский и др.. - 6-е изд., перераб. и доп. - 2012. - 800 с. : ил.
8. Кузнецов С.Л., Мушкамбаров Н.Н. Гистология, цитология и эмбриология: Учебник для медицинских вузов. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2007. – 600 с.
9. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
10. Практикум по гистологии, цитологии и эмбриологии / Под. ред. Н.А. Юриной, А.И. Радостиной: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во УДНК, 1989. – 253 с.
11. Ролдугина Н.П., Никитченко В.Е., Яглов В.В. Практикум по цитологии, гистологии и эмбриологии. – М.: КолосС, 2004. – 216 с.
12. Тейлор Д., Грин Н., Старт У. Биология: В 3-х т. Т.1: пер. с англ./ Под. ред. Р. Сопера – 3-е изд. – М.: Мир, 2004. – 454 с.
13. Цитология с основами гистологии [Электронный ресурс] : лаб. практикум / Т. И. Голованова, Н. А. Сетков, Г. И. Боровкова и др. – Электрон. дан. (7 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Цитология с основами гистологии : УМКД № 1317/441-2008 / рук. творч. коллектива Т. И. Голованова). – 1 электрон. опт. диск (DVD).

14. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 495 с.
15. Юрина Н.А., Радостина А.И. Гистология: Учебник. – М.: Медицина, 1995. – 256 с.
16. Юшканцева С.И., Быков В.Л. Гистология, цитология и эмбриология. Краткий атлас: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «П-2», 2007. – 120 с.

Учебное издание

Мурадов Сергей Васильевич
Девятова Елизавета Александровна

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ (ЦИТОЛОГИЯ)»**

Учебно-методическое пособие
Чебоксары, 2019 г.

Редактор С.В. Мурадов
Компьютерная верстка и правка Т.В. Яковлева
Дизайн обложки Н.В. Фирсова

Подписано в печать 24.09.2019 г.
Дата выхода издания в свет 27.09.2019 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 5,8125. Заказ К-533. Тираж 500 экз.
Издательский дом «Среда»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75
+7 (8352) 655-731
info@phsreda.com
www.phsreda.com

Отпечатано в Студии печати «Максимум»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75
+7 (8352) 655-047
info@maksimum21.ru
www.maksimum21.ru