



Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Башкирский государственный аграрный университет»

Кафедра физиологии,  
биохимии и кормления  
животных

Б1.О.22 Биология  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к лабораторным работам  
Раздел «Общая биология»  
Направление 19.03.01 Биотехнология  
Профиль:  
Биоинженерия живых систем

квалификация выпускника  
бакалавр

Уфа 2024

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета биотехнологий и ветеринарной медицины 25.01.2024 г. , протокол № 6.

Составители:

профессор кафедры физиологии,  
биохимии и кормления животных, д.б.н.

Мишуковская Г.С.

доцент кафедры физиологии,  
биохимии и кормления животных, к.б.н.

Сатаева Л.В.

Ответственный за выпуск: заведующий кафедрой  
физиологии, биохимии и кормления животных к.б.н., доцент Хабиров А.Ф.

.

### Лабораторная работа 1. Тема: Строение разных типов клеток

**Цель занятия:** изучить особенности строения разных типов клеток.

**Оборудование и материалы:** таблицы, схемы и рисунки по морфологии клетки. Микроскопы, предметные и покровные стекла, пипетки, стаканчики с водой, пинцеты, ножницы, препаровальные иглы, пленки лука, йод,

#### Пояснения к теме

Клетка — структурная и функциональная единица строения и развития всех живых организмов, наименьшая единица живого. Клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны (гомологичны) по своему строению, химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности и обмену веществ. Средняя величина эукариотической клетки - около 13 мкм (но существуют большие отклонения). Клетка разделена внутренними мембранами на различные компартменты (реакционные пространства). Три вида органелл четко отграничены от остальной протоплазмы (цитоплазмы) оболочкой из двух мембран: клеточное ядро, митохондрии и пластиды (последние только у растений). Цитоплазма содержит различные органеллы, большей частью видимые только с помощью электронного микроскопа. Все органеллы лежат в матриксе (это та часть цитоплазмы, которая даже в электронном микроскопе представляется гомогенной). Существуют три основные формы эукариотических клеток: растительные клетки, клетки грибов и животные клетки.

#### Задания

1. Изучить схемы строения прокариотической и эукариотической клеток (рис. 1,2). Заполнить таблицу 1.

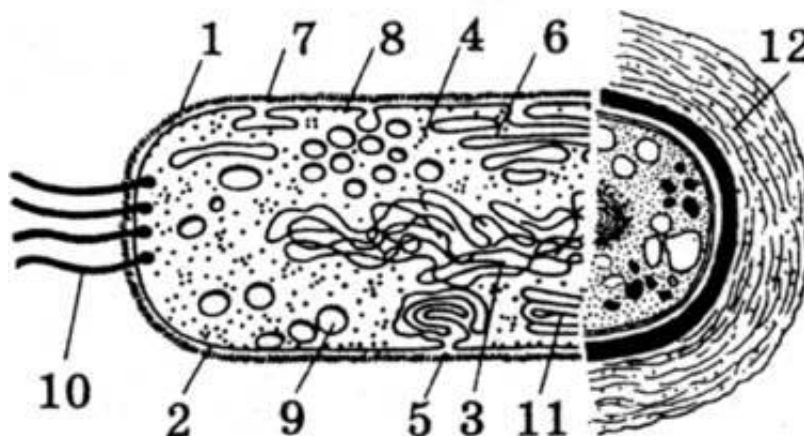


Рис. 1. Схема строения прокариотической клетки: 1 - клеточная стенка; 2 - плазматическая мембрана; 3 - ДНК нуклеоида; 4 - полирибосомы цитоплазмы; 5 - мезосома; 6 - ламеллярные структуры; 7 - впячивания плазмалеммы; 8 - хроматофоры; 9 - вакуоли с включениями; 10 - бактериальные жгутики; 11 - пластинчатые тилакоиды, 12 - слизистая капсула.

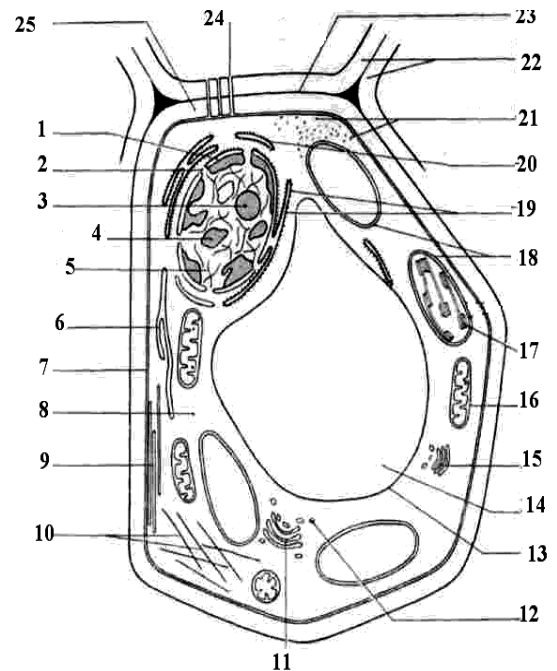
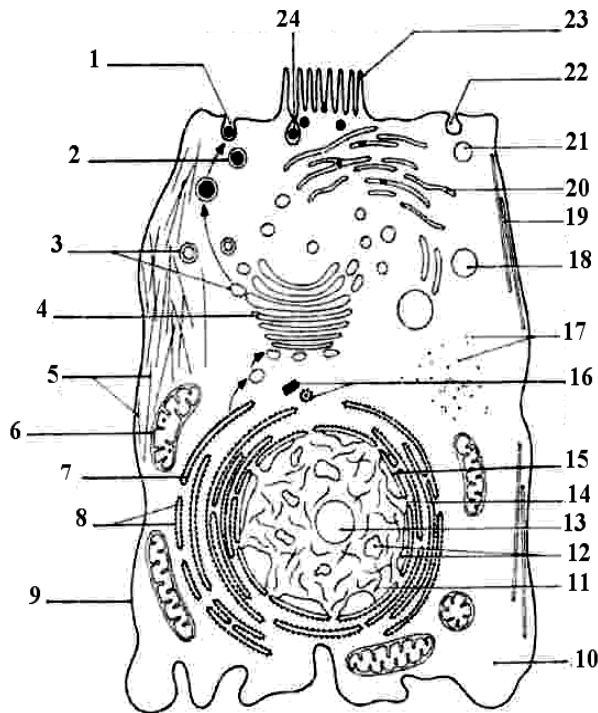


Рис.2. Схема строения эукариотической клетки

А — клетка животного происхождения : 1 — экзоцитоз секретируемого продукта; 2 — секреторный пузырек или "гранула" 3 - пузырьки аппарата Гольджи; 4 - аппарат Гольджи; 5 -микрофиламенты (рассеяны по всей клетке); 6 - митохондрии; 7 - шероховатый эндоплазматический ретикулум; 8 - рибосомы, связанные с эндоплазматическим ретикулумом; 9 - плазматическая мембрана; 10 -- цитоплазма; компоненты ядра: (11 - эухроматин; 12 — гетерохроматин; 13 - ядрышко; 14 - ядерная пора; 15 - ядерная оболочка (две мембраны)); 16 -две центриоли, расположенные под прямым углом друг к другу; 17 - свободные рибосомы, рассеянные в цитоплазме; 18 - лизосома; 19 - микротрубочки (часто у периферии клетки); 20 -гладкий эндоплазматический ретикулум; 21 - пиноцитозный пузырек; 22 -формирование пиноцитозного пузырька; 23 -

Б - растительная клетка: Ядерные структуры (1 - ядерная оболочка (две мембраны); 2 - ядерная пора; 3 - ядрышко; 4 - гетерохроматин; 5 - эухроматин); 6 - гладкий эндоплазматический ретикулум; 7 - плазматическая мембрана; 8 - цитоплазма; 9 - микротрубочки (часто располагаются на периферии клетки); 10 - микрофиламенты (рассеяны по всей клетке); 11 -аппарат Гольджи; 12 -пузырек Гольджи; Вакуоль (13 - клеточный сок; 14 - тонопласт); 15 - аппарат Гольджи; 16 - митохондрия; 17 - грана; 18 -оболочка хлоропласта (две мембраны); 19 - хлоропласты; 20 - рибосомы, связанные с эндоплазматическим ретикулумом; 21 - шероховатый (гранулярный) эндоплазматический ретикулум; 22 - свободные рибосомы, рассеянные в

микроворсинки; 24 - поглощение или секреция у основания ворсинок

цитоплазме; 23 - клеточные стенки соседних клеток: 24 - срединная пластинка; 25 — плазмодесма; 26 - клеточная стенка.

2. Изучить отличительные особенности строения растительной, животной клеток и клетки грибов, Заполнить таблицу 2.

3. Приготовить микропрепарат растительной клетки пленки лука и рассмотреть его под микроскопом. Для этого отделите от кусочка луковицы мясистую чешуйку. На внутренней стороне ее находится тонкая пленка. Снимите ее пинцетом и отрежьте ножницами кусочек пленки. Положите этот кусочек на предметное стекло, наберите пипеткой раствор йода, капните каплю на пленку и накройте покровным стеклом. Рассмотрите при разных увеличениях, зарисуйте несколько клеток.

Таблица 1. Сравнение по морфологическим признакам прокариотической и эукариотической клеток

Органоиды	Прокариоты	Эукариоты
Ядерная мембрана		
Плазматическая мембрана		
Митохондрии		
ЭПС		
Рибосомы		
Вакуоли		
Лизосомы		
Клеточная стенка		
Капсула		
Комплекс Гольджи		

Таблица 2 Сравнение морфологии основных форм эукариотических клеток

.	Растительные клетки	Клетки грибов	Животные клетки
Клеточная стенка			
Центральная вакуоль			
Пластиды			

Типичный резервный углерод			
Центриоль			

### Контрольные вопросы

1. Приведите примеры разных групп организмов — неклеточные формы (1), прокариоты (2), эукариоты (3): а) простейшие, б) синезеленые водоросли, в) вирусы, г) грибы, д) бактерии, е) животные, ж) растения.

2. Перечислите компоненты клеток разных типов организации: а) ядро, б) цитоплазма, г) хромосома, д) рибосома, е) лизосома, ж) цитоплазматическая мембрана, з) лизосома, и) нуклеотид.

3. Как организована клетка? В чем заключаются различия между клетками грибов, растений и животных?

### Лабораторная работа 2. Тема: Структурные компоненты эукариотической клетки

**Цель занятия.** Изучить строение клеток разных тканей животных, строение и функции органоидов эукариотической клетки.

**Оборудование и материалы:** микроскопы, предметные и покровные стекла, постоянные микропрепараты клеток различных видов тканей животных.

#### Пояснения к теме

Клетки эукариот состоят из оформленного ядра и цитоплазмы, в которой содержатся органоиды, имеющие специфическую структуру и выполняющие жизненно важные функции (таблица 1). К мембранным органоидам эукариотической клетки относят ядро, эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи, митохондрии, лизосомы, микротельца, в растительных клетках еще и пластиды и вакуоль. Немембранные органоиды - рибосомы, центриоли, микротрубочки и микрофиламенты.

Растительные клетки имеют ряд отличий от животных клеток: целлюлозная клеточная стенка, пластиды (хлоропласты, хромопласты, лейкопласты), вакуоль с клеточным соком. Между клетками имеются соединения - плазмодесмы, которые практически не видны в световой микроскоп, но выявляются при начинающемся плазмолизе. В растительных клетках не обнаружены центриоли, хотя веретено деления формируется так же, как и у животных клеток. Клеточная стенка выполняет проводящую, механическую и защитную функцию, служат наружным скелетом для каждой клетки, участвует в поддержании тургора.

Форма клеток разнообразна и определяется функцией, которую она выполняет в организме.

### Задания:

1) Изучить учебные микропрепараты и зарисовать клетки разных типов тканей:

- а) Полигональная клетка (клетка печени) (рисунок 1 а).
- б) Округлая клетка (клетка крови).

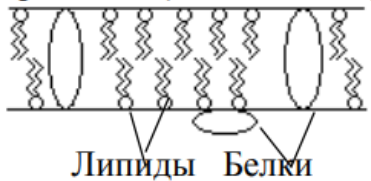
В мазке крови изучить на малом, а затем на большом увеличении эритроциты и лейкоциты. Зарисовать и обозначить: эритроцит, лейкоцит, лимфоцит, ядра клеток.


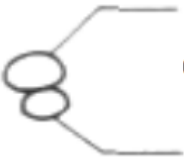

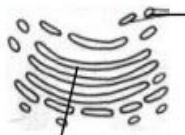
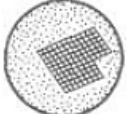
г) Веретеновидная клетка (гладкомышечная клетка мочевого пузыря). (рисунок 5з),

д) Отростчатая клетка (нервная клетка)

2) Изучить строение и функции органоидов клетки (таблица 1)

Таблица 1 Строение и функции органоидов эукариотической клетки

Схематическое изображение	Структура	Функции
<b>Плазматическая мембрана (плазмалемма)</b>  Липиды Белки	Два слоя липида (бислой), пронизанные молекулами белка	Избирательно проницаемый барьер, регулирующий обмен между клеткой и средой
<b>Ядро</b> Ядерная оболочка Ядрышко Хроматин Ядерные поры ЭПС      Кариоплазма	Самая крупная органелла, заключенная в оболочку из двух мембран, пронизанную ядерными порами. Наружная мембрана связана с ЭПС. Содержит хроматин (раскрученные хромосомы в интерфазе). Содержит также структуру, называемую ядрышком.	Хромосомы содержат ДНК — вещество наследственности. ДНК состоит из генов, регулирующих все виды клеточной активности. Деление ядра лежит в основе размножения клеток. В ядрышке образуются рибосомы.
<b>Митохондрия</b> Фосфатная гранула      Оболочка      Кристы Рибосомы      Матрикс      Кольцевая ДНК	Митохондрия окружена оболочкой из двух мембран, внутренняя мембрана образует складки (кристы). Содержит матрикс, в котором находятся небольшое количество рибосом, одна кольцевая молекула ДНК и фосфатные гранулы.	При аэробном дыхании в кристах происходит окислительное фосфорилирование и перенос электронов, а в матриксе работают ферменты, участвующие в цикле Кребса и в окислении жирных кислот

<p><b>Эндоплазматическая сеть (ЭПС) или ретикулум (ЭР)</b></p>  <p>Рибосомы Цистерны и каналы</p>	<p>Система уплощенных мембранных мешочков — цистерн — в виде трубочек и пластинок. Образует единое целое с наружной мембраной ядерной оболочки</p>	<p>Поверхность шероховатого ЭР покрыта рибосомами. По цистернам такого ЭР транспортируется белок, синтезированный на рибосомах. Гладкий ЭР (без рибосом) служит местом синтеза липидов и стероидов</p>
<p><b>Рибосома</b></p>  <p>Большая субчастица Малая субчастица</p>	<p>Очень мелкие органеллы, состоящие из двух субчастиц - большой и малой. Состоят из белка и р-РНК. Рибосомы, обнаруживаемые в митохондриях (и в хлоропластах растений) еще мельче.</p>	<p>Место синтеза белка. Рибосомы связаны с ЭПС или свободно лежат в цитоплазме. Много рибосом образуют полисомы, в которой они нанизаны на нить и-РНК.</p>
<p><b>Лизосомы</b></p> 	<p>Простой сферический мембранный мешочек (мембрана одинарная), заполненный пищеварительными ферментами. Содержимое кажется гомогенным.</p>	<p>Выполняют много функций, всегда связанных с распадом каких-либо молекул или структур (аутофагия, автолиз, эндоцитоз и экзоцитоз)</p>
<p><b>Аппарат Гольджи (диктиосома)</b></p>  <p>Пузырьки Гольджи Цистерны</p>	<p>Стопка уплощенных мембранных мешочков - цистерн. На одном конце стопки мешочки непрерывно образуются, а с другого - отщипываются в виде пузырьков. В растительных клетках - в виде дискретных</p>	<p>Многие клеточные материалы, например ферменты из ЭР, претерпевают модификацию в цистернах и транспортируются в пузырьках. Аппарат Гольджи участвует в процессе секреции. в нем образуются</p>
<p><b>Микротельца</b></p> 	<p>Органелла не совсем правильной сферической формы, окруженная одинарной мембраной. Содержимое имеет зернистую структуру, иногда в нем попадает кристаллоид.</p>	<p>Все микротельца содержат каталазу - фермент, катализирующий расщепление пероксида водорода. Все они связаны с окислительными реакциями.</p>



<p><b>Клеточная стенка</b></p>  <p><b>Строение плазмодесмы</b></p> 	<p>Жесткая клеточная стенка, окружающая клетку, состоит из целлюлозных микрофибрилл, погруженных в матрикс, в состав которого входят другие сложные полисахариды, (гемицеллюлозы, пектиновые вещества). Тонкая цитоплазматическая нить, связывающая цитоплазму двух соседних клеток проходит через тонкую пору в клеточной стенке. Пору выстлана плазматической мембраной. Сквозь пору проходит десмотубула, часто соединенная на обоих концах с ЭР</p>	<p>Обеспечивает механическую опору и защиту. Предотвращает осмотический разрыв клетки. По клеточной стенке происходит передвижение воды и минеральных солей. Пропитывание лигнином и суберином обеспечивает выполнение специализированных функций. Объединяет протопласты соседних клеток в единую непрерывную систему — симпласт, — по которой происходит транспорт веществ между этими клетками</p>
<p><b>Хлоропласт</b></p> 	<p>Крупная, содержащая хлорофилл пластида, окруженная оболочкой из двойной мембраны и заполненная студенистой стромой. В строме находится система мембран, собранных в стопки, или граны. В ней же может отлагаться крахмал. Кроме того, строма содержит рибосомы, капельки масла и кольцевую молекулу ДНК</p>	<p>Фотосинтез, т.е. синтез сахаров и других веществ из CO<sub>2</sub> и воды за счет световой энергии, улавливаемой хлорофиллом. Световая энергия превращается в химическую.</p>
<p><b>Крупная центральная вакуоль</b></p> 	<p>Мешок, образованный одинарной мембраной, которая называется тонопластом. В вакуоли содержится клеточный сок — вода с растворенными веществами (минеральные соли, сахара, пигменты, органические кислоты и ферменты).</p>	<p>Осмотические свойства клетки, место хранения воды и различных веществ. В зрелых растительных клетках вакуоли обычно бывают большими (до 90 % объема клетки)</p>

### Контрольные вопросы

1. Что такое органоиды клетки?
2. Перечислите органоиды клетки и укажите их функции
3. В чём различие между гладкой и шероховатой эндоплазматической сетью?
4. В каких органоидах клетки осуществляется синтез АТФ?

5. Что представляет собой Комплекс Гольджи?
6. Какие организмы относятся к эукариотам?
7. Какие особенности строения имеет животная клетка?
8. Каковы сходства и отличия растительных и животных клеток?
9. Какую роль выполняет клеточная стенка в растительных клетках?
10. Каково строение и функции пластид?
11. В чем заключается функция вакуоли с клеточным соком? Почему в животных клетках нет такой вакуоли?

### **Лабораторная работа 3. Тема: Клеточный цикл. Деление клетки**

**Цель занятия:** изучить протекание митоза и мейоза, их значение для живых организмов.

**Материалы и оборудование:** микроскопы, микропрепараты, таблицы.

#### **Пояснения к теме**

В основе роста и дифференцировки органов и тканей животных лежит размножение клеток, смена одного клеточного поколения на другое. Существуют два способа деления соматических клеток: амитоз и митоз. Амитоз характеризуется перетяжкой ядра с последующим делением цитоплазмы. В результате происходит случайное распределение хромосом между дочерними клетками.

Для митоза характерна строгая упорядоченность процесса клеточного деления. В результате митоза каждая дочерняя клетка получает такие же хромосомы, какими обладала материнская клетка, и в том же количестве.

Постоянство числа хромосом во всех поколениях клеток обеспечивается процессом мейоза, происходящим при созревании половых клеток, или гамет: женских – яйцеклеток и мужских – спермиев.

Митоз представляет собой способ упорядоченного деления ядра соматической клетки, при котором каждая из двух дочерних клеток получает такое же количество и те же типы хромосом, какие имела материнская клетка.

Промежуток времени между окончанием одного клеточного деления и окончанием последующего называется митотическим циклом, который подразделяют на две стадии – интерфазу и собственно митоз.

#### **Интерфаза**

Она предшествует митозу. В ней выделяют три периода:

- пресинтетический ( $G_1$ );
- синтетический (S);
- постсинтетический ( $G_2$ ).

В  $G_1$ - периоде в клетке происходит накопление белка, РНК и других продуктов, необходимых для образования клеточных структур и

последующего деления. В течение S – периода синтезируется ДНК и происходит самоудвоение хромосом, что приводит к появлению второй хроматиды. В G<sub>2</sub> – периоде продолжается синтез ДНК-белков, накапливается энергия для последующего митоза. Продолжительность интерфазы, как правило, составляет до 90% всего клеточного цикла.

По окончании интерфазы наступает митоз – не прямое деление ядра.

**Митоз** представляет собой непрерывный процесс, каждая стадия которого незаметно переходит в следующую за ней. Выделяют четыре стадии митоза: профазу, метафазу, анафазу и телофазу (рис.1). При изучении митоза основное внимание уделяют поведению хромосом.

**Профаза.** В начале первой стадии митоза – профазе - клетки сохраняют тот же вид, что и в интерфазе, только ядро заметно увеличивается в размерах, и в нем проявляются хромосомы. В этой фазе видно, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, спирально закрученных относительно друг друга. Хроматиды укорачиваются и утолщаются в результате процесса внутренней спирализации. Начинает выявляться слабоокрашенная и менее конденсированная область хромосомы – центромера, которая соединяет две хроматиды и в каждой хромосоме расположена в строго определенном месте.

Во время профазы ядрышки постепенно распадаются: ядерная оболочка также разрушается, и хромосомы оказываются в цитоплазме. В поздней профазе (прометафазе) интенсивно формируется митотический аппарат клетки. В это время центриоль делится, и дочерние центриоли расходятся в противоположные концы клетки. От каждой центриоли отходят тонкие нити в виде лучей; между центриолями формируются нити веретена деления. Различают два типа нитей: тянущие нити веретена, прикрепляющиеся к центромерам хромосом, и опорные, соединяющие полюса клетки.

Когда сокращение хромосом достигает максимальной степени, они превращаются в коротенькие палочкообразные тельца и направляются в экваториальную плоскость клетки.

**Метафаза.** В метафазе хромосомы полностью располагаются в экваториальной плоскости клетки, образуя так называемую метафазную или экваториальную пластинку. Центромера каждой хромосомы, скрепляющая обе хроматиды, располагается строго в области экватора клетки, а плечи хромосом бывают, вытянуты более или менее параллельно нитям веретена.

В метафазе хорошо выявляется форма и строение каждой хромосомы, заканчивается формирование митотического аппарата и осуществляется прикрепление тянущих нитей к центромерам. В конце метафазы происходит одновременное деление всех хромосом данной клетки (и хроматиды превращаются в две совершенно обособленные дочерние хромосомы).

**Анафаза.** Сразу же после деления центромер хроматиды отталкиваются друг от друга и расходятся к противоположным полюсам клетки. Все хроматиды начинают двигаться к полюсам одновременно.

Большую роль в ориентированном движении хроматид играют центромеры. В анафазе хроматиды называют сестринскими хромосомами.

Движение сестринских хромосом в анафазе происходит при взаимодействии двух процессов: сокращении тянущих и удлинении опорных нитей митотического веретена.

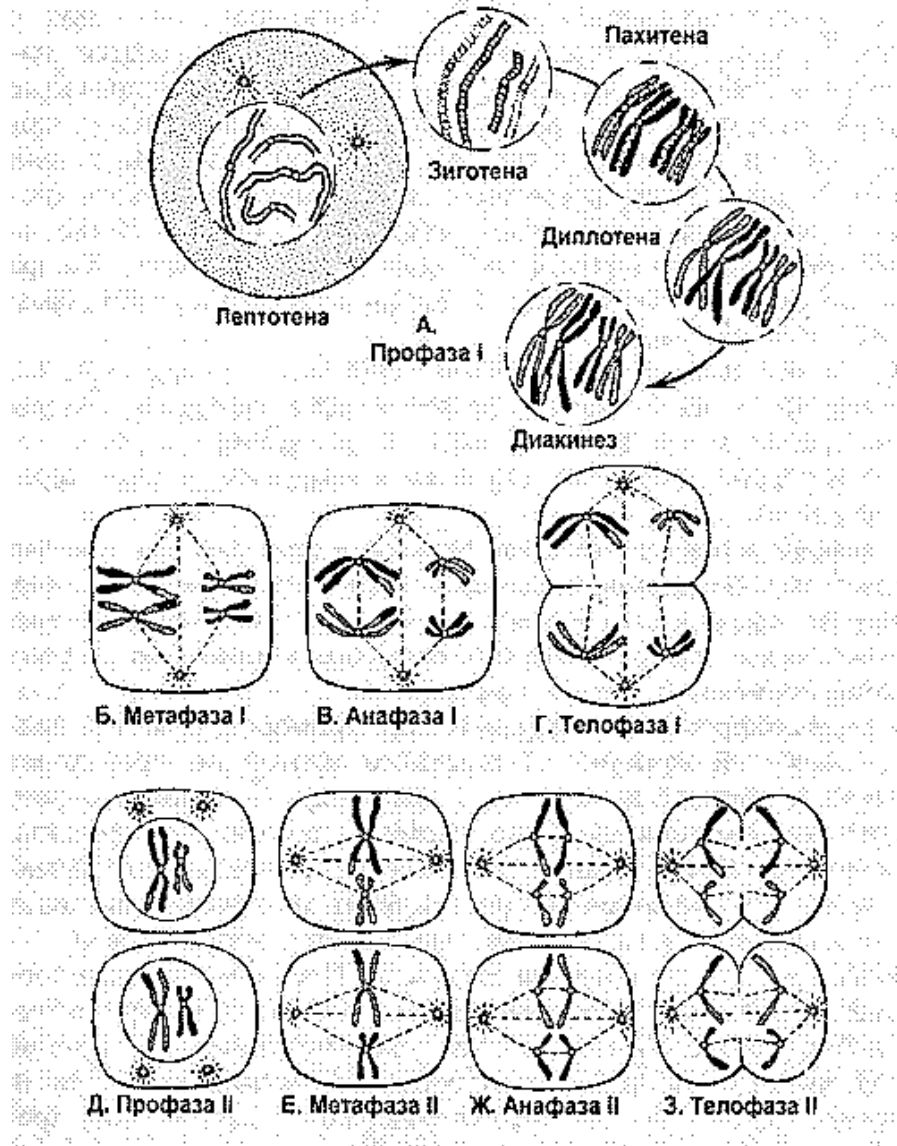


Рисунок 1. Схема митоза

**Телофаза.** В начале телофазы заканчивается движение сестринских хромосом, и они концентрируются на полюсах клетки в виде компактных образований и сгустков. Хромосомы деспирализуются и утрачивают видимую индивидуальность. Вокруг каждого дочернего ядра образуется ядерная оболочка; восстанавливаются ядрышки в том же количестве, в каком они были в материнской клетке. На этом завершается деление ядра (кариокинез), закладывается клеточная оболочка. Одновременно с формированием дочерних ядер в телофазе происходит разделение всего содержимого исходной материнской клетки или цитокинез.

При делении клетки на ее поверхности в районе экватора появляется перетяжка или бороздка. Она постепенно углубляется и разделяет цитоплазму на две дочерние клетки, в каждой из которой имеется ядро.

В процессе митоза из одной материнской клетки возникают две дочерние, содержащие такой же набор хромосом, что и у исходной клетки.

**Биологическое значение митоза.** Основное биологическое значение митоза состоит в точном распределении хромосом между двумя дочерними клетками. Регулярный и упорядоченный митотический процесс обеспечивает передачу генетической информации каждому из дочерних ядер. В результате каждая дочерняя клетка содержит генетическую информацию обо всех признаках организма.

**Мейоз** – деление половых ядер, которое завершается образованием тетрады, т.е. четырех клеток с гаплоидным набором хромосом. Мейоз состоит из двух клеточных делений, при которых число хромосом уменьшается вдвое, так что гаметы получают вдвое меньше хромосом, чем остальные клетки тела. Когда две гаметы соединяются при оплодотворении, то восстанавливается нормальное число хромосом. Уменьшение числа хромосом при мейозе происходит не беспорядочно, а вполне закономерно: члены каждой пары хромосом расходятся в разные дочерние клетки. В результате в каждую гамету попадает по одной хромосоме из каждой пары. Это осуществляется путем попарного соединения сходных или гомологичных хромосом (они тождественны по величине и форме и содержат сходные гены) и последующего расхождения членов пары, каждый из которых отходит к одному из полюсов. Во время сближения гомологичных хромосом может происходить кроссинговер, т.е. взаимный обмен генами между гомологичными хромосомами, что повышает уровень комбинативной изменчивости.

Мейоз состоит из двух последовательных делений: первое, в результате которого образуется ядро с гаплоидным набором хромосом, называется редукционным; второе деление называется эквационным и протекает по типу митоза. В каждом из них различают профазу, метафазу, анафазу и телофазу (рис. 2). Фазы первого деления принято обозначать цифрой I, второго - II. Между I и II делениями клетка находится в состоянии интеркинеза (лат. интер – между + гр. кинезис – движение). В отличие от интерфазы в интеркинезе не ре(ду)плицируется ДНК и не удваивается материал хромосом.

### ***Редукционное деление***

#### ***Профаза I***

Фаза мейоза, во время которой происходят сложные структурные преобразования хромосомного материала. Она более продолжительная и состоит из ряда последовательных стадий, каждая из которых обладает своими отличительными свойствами:

- **лептотена**, или лептонема — упаковка хромосом, конденсация ДНК с образованием хромосом в виде тонких нитей (хромосомы укорачиваются).

- **зиготена**, или зигонема — происходит конъюгация — соединение гомологичных хромосом с образованием структур, состоящих из двух соединённых хромосом, называемых тетрадами или бивалентами и их дальнейшая компактизация.

- **пахитена**, или пахинема — (самая длительная стадия) — в некоторых местах гомологичные хромосомы плотно соединяются, образуя хиазмы. В них происходит кроссинговер — обмен участками между гомологичными хромосомами.

- **диплотена**, или диплонома — происходит частичная деконденсация хромосом, при этом часть генома может работать, происходят процессы транскрипции (образование РНК), трансляции (синтез белка); гомологичные хромосомы остаются соединёнными между собой. У некоторых животных в ооцитах хромосомы на этой стадии профазы мейоза приобретают характерную форму хромосом типа *ламповых щёток*.

- **диакинез** — ДНК снова максимально конденсируется, синтетические процессы прекращаются, растворяется ядерная оболочка; центриоли расходятся к полюсам; гомологичные хромосомы остаются соединёнными между собой.

К концу профазы I центриоли мигрируют к полюсам клетки, формируются нити веретена деления, разрушаются ядерная мембрана и ядрышки. Генетический материал —  $2n4c$  ( $n$  — число хромосом,  $c$  — число молекул ДНК).

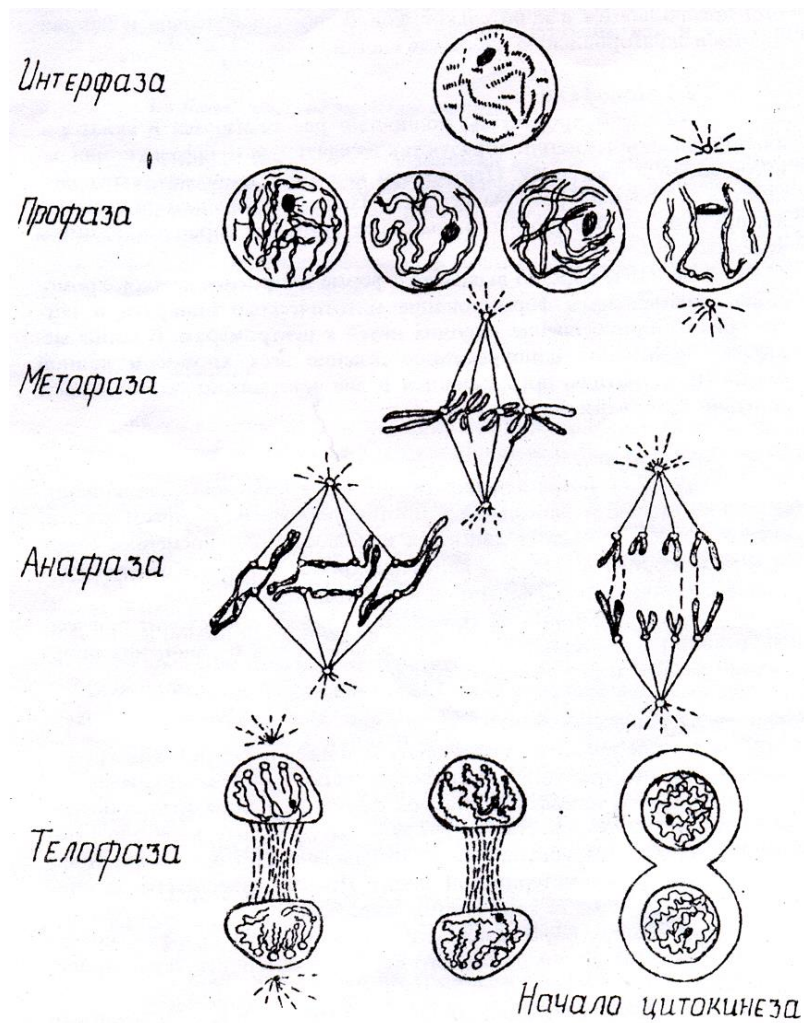


Рисунок 2 - Схема мейоза

**Метафаза I** — бивалентные хромосомы выстраиваются вдоль экватора клетки. Генетический материал —  $2n4c$ .

**Анафаза I** — микротрубочки сокращаются, биваленты делятся, и хромосомы расходятся к полюсам. Важно отметить, что, из-за конъюгации хромосом в зиготене, к полюсам расходятся целые хромосомы, состоящие из двух хроматид каждая, а не отдельные хроматиды, как в митозе. У каждого полюса генетический материал  $n2c$ , во всей клетке  $2n4c$ .

**Телофаза I** — хромосомы деспирализуются и появляется ядерная оболочка.

**Интеркинез.** Это непродолжительное состояние покоя между 1 и 2 делениями. Хромосомы слабо деспирализуются, репликация ДНК не происходит, так как каждая хромосома уже состоит из двух хроматид. После интеркинеза начинается второе деление.

Второе (эквационное) деление происходит в обеих дочерних клетках так же, как и в митозе.

### **Профаза II**

В ядрах клеток четко проявляются хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, соединенных центромерой. Они имеют вид

довольно тонких нитей, распложенных по периферии ядра. В конце профазы II фрагментируется ядерная оболочка.

### ***Метафаза II***

В каждой клетке заканчивается формирование веретена деления. Хромосомы располагаются по экватору. К центромерам хромосом прикрепляются тянущие нити веретена.

### ***Анафаза II***

Центромеры делятся, и хроматиды обычно быстро расходятся к противоположным полюсам клетки.

### ***Телофаза II***

Сестринские хромосомы концентрируются на полюсах клетки и деспирализуются. Формируются ядро и клеточная оболочка. Заканчивается мейоз образованием четырех клеток с гаплоидным набором хромосом.

### ***Биологическое значение мейоза***

Как и митоз, мейоз обеспечивает точное распределение генетического материала в дочерние клетки. Но, в отличие от митоза, мейоз является средством повышения уровня комбинативной изменчивости, что объясняется двумя причинами: 1) происходит свободное, основанное на случайности, комбинирование хромосом в клетках; 2) кроссинговер, ведущий к возникновению новых комбинаций генов в пределах хромосом.

В каждом следующем поколении делящихся клеток в результате действия указанных причин, образуются новые сочетания генов в гаметах, а при размножении животных – новые сочетания генов родителей у их потомства. Это каждый раз открывает новые возможности для действия отбора и создания генетически различных форм, что позволяет существовать группе животных в переменных условиях среды.

Таким образом, мейоз оказывается средством генетической адаптации, повышающим в поколениях надежность существования особей.

## **Контрольные вопросы**

1. Что такое митоз?
2. Дайте характеристику профазы?
3. Охарактеризуйте процессы, происходящие в метафазе.
4. Что происходит в клетке в анафазе?
5. Дайте характеристику телофазы.
6. Каково биологическое значение митоза?
7. Что такое мейоз?
8. Дайте характеристику мейозу I.
9. Что происходит при мейозе II?
10. Что такое конъюгация? Кроссинговер? Каково их значение? В какой фазе мейоза происходит уменьшение вдвое числа хромосом?
11. Каково биологическое значение мейоза?
12. Почему в результате митоза возникают идентичные клетки с идентичными наборами хромосом?



## **Лабораторная работа 4. Тема: Индивидуальное развитие организма. Гаметогенез**

**Цель занятия.** Изучить строение клеток разных тканей животных, строение и функции органоидов эукариотической клетки.

**Оборудование и материалы:** Микроскопы, предметные и покровные стекла, постоянные микропрепараты клеток различных видов тканей животных.

**Гаметогенез** – формирование яйцеклеток и сперматозоидов в организме. Этот процесс происходит в половых железах – гонадах, которые представлены семенниками у самцов и яичниками у самок. Процесс развития мужских половых клеток называется сперматогенезом (sperma – семя, genesis – происхождение), женских половых клеток – овогенезом (ovum - яйцо). Весь процесс развития половых клеток можно разделить на несколько периодов.

1. Период размножения. Наиболее ранние мужские (сперматогонии) и женские (оогонии) диплоидные половые клетки многократно делятся путем митоза, увеличивая свое количество. В женском организме деление оогоний происходит только в ходе эмбриогенеза.

2. Период роста. Деление сперматогоний и оогоний завершается, они вступают в фазу роста, увеличиваясь в размерах (особенно это характерно для женских половых клеток). В результате образуются сперматоциты и ооциты I порядка.

3. Период созревания. В результате двух последовательных мейотических делений (делений созревания) из одного диплоидного сперматоцита I порядка образуется 4 гаплоидных сперматиды, а из одного ооцита I порядка – лишь одна яйцеклетка и три отмирающих полярных тельца.

4. Период формирования (спермиогенез) присутствует лишь в сперматогенезе. Сперматиды превращаются в сперматозоиды; комплекс Гольджи преобразуется в акросому, обеспечивающую акросомную реакцию при оплодотворении, центросома формирует жгутиковый аппарат.

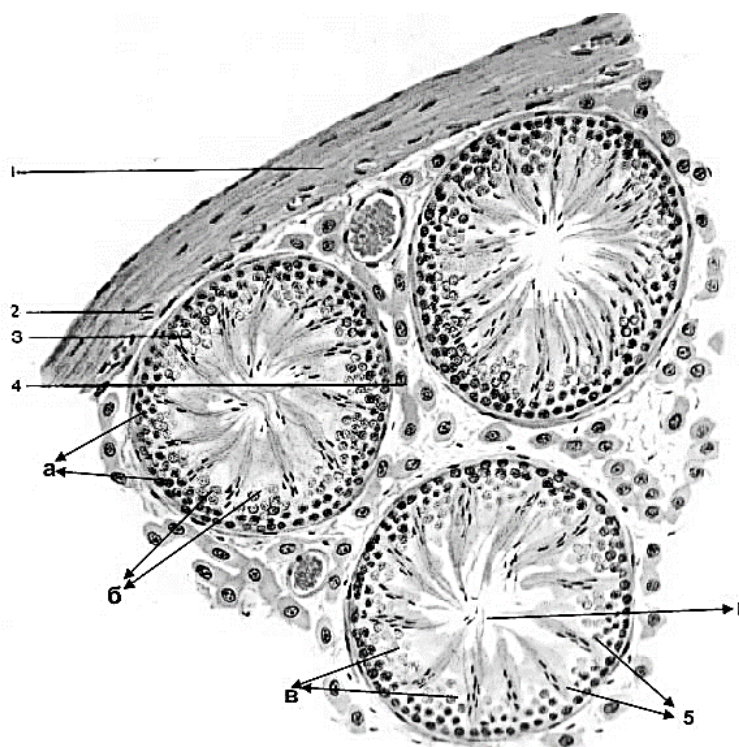
### **Задания:**

1. Изучить и зарисовать препарат «Семенник крысы».

Препарат представляет собой гистологический срез семенника крысы. Семенники млекопитающих, как и других амниот, относятся к канальцевому типу. На поперечном срезе семенные канальцы имеют округлую или овальную форму. Следует рассмотреть на большом увеличении и зарисовать сектор стенки канальца, найти и обозначить мужские половые клетки на разных стадиях созревания.

Снаружи семенной каналец покрыт соединительно-тканной оболочкой, в составе которой заметны ядра фибробластов. Стенка канальца образована последовательными генерациями мужских половых клеток,

развитие которых идет в направлении от базальной мембраны к просвету канальца. У базальной мембраны располагаются сперматогонии (зона размножения) – относительно небольшие диплоидные клетки с крупным ярко окрашенным ядром и малым количеством цитоплазмы. Глубже залегают сперматоциты I (зона роста) и II порядков, отличающиеся более крупными размерами и сетчатой структурой ядерного материала. В результате двух последовательных мейотических делений из одного сперматоцита I порядка образуются четыре гаплоидные сперматиды (зона созревания). По мере превращения в сперматозоиды (период формирования) форма сперматид меняется с овальной на вытянутую, а светлые ядра с дисперсным хроматином темнеют из-за его конденсации. Зрелые сперматозоиды теряют связь с клетками Сертоли и выходят в просвет канальца. Помимо сперматогенного эпителия в состав канальца входят также соматические клетки – sustentocytes (клетки Сертоли), образующие специфические контакты с половыми клетками и выполняющие трофическую, опорную и регуляторную функцию. Границы клеток Сертоли не просматриваются, однако хорошо различимы ядра. Пространство между канальцами заполнено соединительной тканью и клетками Лейдига, основная функция которых – синтез мужского полового гормона тестостерона; также здесь встречаются отдельные кровеносные сосуды.



1. Соединительнотканная капсула
2. Клетки соединительной ткани
3. Семенной извитой каналец:
  - а) сперматогонии,
  - б) сперматоциты 1-го и 2-го порядка,
  - в) сперматиды,
  - г) сперматозоиды
4. Клетки Лейдига (эндокриноциты)
5. Поддерживающие клетки (сустентоциты, клетки Сертоли)

Рисунок 1. Семенник крысы

2. Рассмотреть и зарисовать препарат «Яичник кошки».

Препарат представляет собой гистологический срез яичника кошки. Яичник млекопитающего состоит из двух слоев – коркового вещества с фолликулами на разных стадиях созревания и мозгового, в котором проходят крупные кровеносные сосуды. Оогенез млекопитающих относится к фолликулярному типу. В поверхностных участках коркового слоя группами располагаются многочисленные примордиальные фолликулы. Каждый фолликул состоит из ооцита I порядка, окруженного одним слоем плоских фолликулярных клеток. В ходе дальнейшего развития примордиальные фолликулы преобразуются в первичные. При этом фолликулярные клетки изменяют свою форму на кубическую и призматическую и образуют вокруг ооцита I порядка многослойную обкладку – зернистую оболочку. Снаружи от нее начинает формироваться соединительно-тканная оболочка (тека). Между ооцитом и первым рядом фолликулярных клеток формируется блестящая оболочка. Вторичные фолликулы характеризуются появлением между фолликулярными клетками полостей, имеющих тенденцию к слиянию. Наиболее зрелый фолликул называется третичным (Графовым пузырьком); в этом случае мелкие полости сливаются в единую фолликулярную полость, ограниченную зернистой оболочкой и наружной текой.

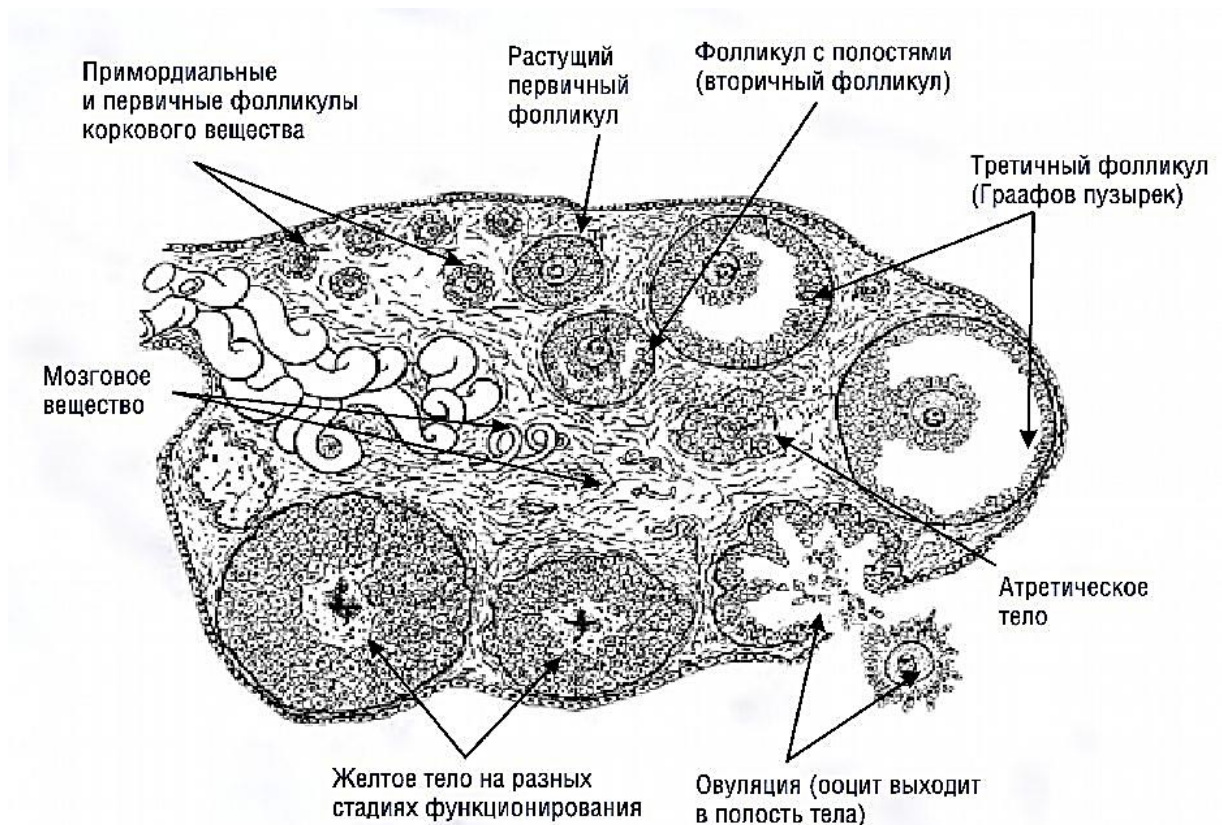


Рисунок 2 Схема строения яичника млекопитающих

В полость вдается яйценосный бугорок, поддерживающий яйцеклетку, окруженную блестящей оболочкой и лучистым венцом. Графов пузырек на завершающих стадиях формирования увеличивается в

размерах и приближается к поверхности яичника. Разрыв фолликулярной оболочки и выход ооцита из яичника в яйцевод называется овуляцией. После овуляции третичный фолликул преобразуется в желтое тело – железу внутренней секреции, синтезирующую женские половые гормоны. У млекопитающих завершение второго деления мейоза (т.е. отделение последнего полярного тельца) происходит уже после оплодотворения. Также в яичнике можно наблюдать фолликулы, подвергающиеся распаду (атретические). На препарате следует найти и зарисовать фрагмент яичника с примордиальными фолликулами, как минимум одним первичным, вторичным и третичным. Следует выбирать фолликулы, в которых ооцит попал в плоскость среза.

### Контрольные вопросы

1. В каких органах происходят процессы гаметогенеза?
2. Назовите и охарактеризуйте периоды гаметогенеза.
3. В чем отличия сперматогенеза и овогенеза?
4. Какие процессы происходят в периоды малого и большого роста овогенеза?
5. Какие клетки образуются в процессе гаметогенеза?
6. В чем отличие половых и соматических клеток?

### Лабораторная работа 5. Тема: Стадии эмбрионального периода онтогенеза. Дробление. Гастрюляция

**Цель занятия:** изучить стадии эмбрионального развития животных.

#### Пояснения к теме

**Онтогенезом** называют совокупность процессов, протекающих в организме, с момента образования зиготы до смерти. Его подразделяют на два этапа: *эмбриональный* и *постэмбриональный*.

**Эмбриональный период.** Эмбриональным считают период зародышевого развития с момента образования зиготы до выхода из яйцевых оболочек или рождения, в процессе зародышевого развития эмбрион проходит стадии дробления, гастрюляция, первичного органогенеза и дальнейшей дифференцировки органов и тканей.

**Дробление.** Дроблением называют процесс образования многоклеточного однослойного зародыша - бластулы. Для дробления характерно: 1) деление клеток путем митоза с сохранением диплоидного набора хромосом; 2) очень короткий митотический цикл; 3) бластомеры не дифференцированы, и в них не используется наследственная информация; 4)

бластомеры не растут и в дальнейшем становятся все меньше; 5) цитоплазма зиготы не перемешивается и не перемещается.

**Гаструляция** - процесс возникновения двухслойного зародыша. Зародыш на этой стадии состоит из явно разделенных пластов клеток, так называемых *зародышевых листков* наружного, или эктодермы и внутреннего, или энтодермы. Для гаструляции характерно: 1) перемещение клеточных масс; 2) начало использования наследственного материала клеток зародыша и появление первых признаков дифференцировки клеток; 3) клеточное деление выражено слабо; 4) появление первых тканей. Характер дробления у разных групп организмов различен и определяется типом яйцеклетки.

### Задания

1. Изучите и зарисуйте типы дробления яйцеклеток (рис.1).

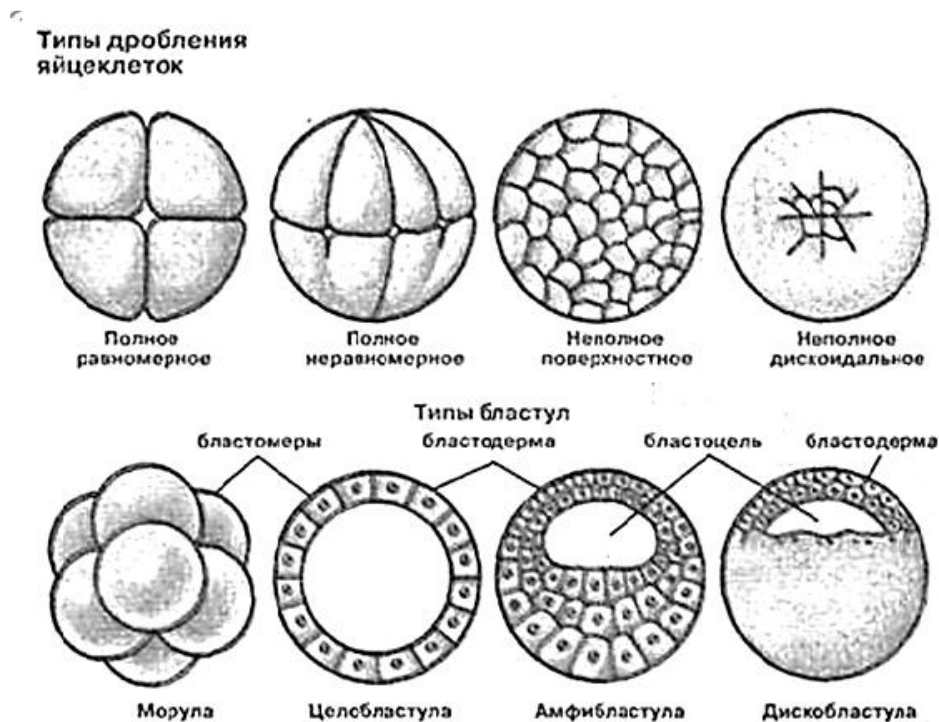


Рисунок 1. Типы дробления яйцеклеток

2. Рассмотрите под микроскопом препараты: дробление зиготы аскариды, бластула лягушки, сделайте зарисовки с обозначениями.

**Дробление зиготы аскариды.** При малом увеличении на срезе матки найти зародыш на разных стадиях дробления. При большом увеличении рассмотреть и зарисовать зародыш на стадии двух и четырех бластомеров.



**Бластула лягушки.** При малом увеличении на срезе зародыша видны: крыша бластулы, состоящая из относительно мелких клеток, содержащих пигмент, дно бластулы из крупных клеток, в цитоплазме которых много желточных гранул, благодаря чему величина клеток здесь больше и стенка толще; полость бластулы, бластоцель с вдающимися в нее клетками дна. Обратите внимание на многослойность бластодермы.

3. Рассмотрите под микроскопом препараты: гастрюла птиц, поперечный разрез зародыша курицы, сделайте зарисовки с обозначениями.

**Гастрюла птиц** (тотальный препарат куриного зародыша). При малом увеличении различить зародышевый щиток (светлый), расположенный в средней части диска. От края щитка тянется клеточный тяж - первичная полоска. На конце полоски клеточное скопление - первичный узелок. В центре полоски видна щель первичная бороздка. Зарисуйте схему гастрюляции (рис.2).

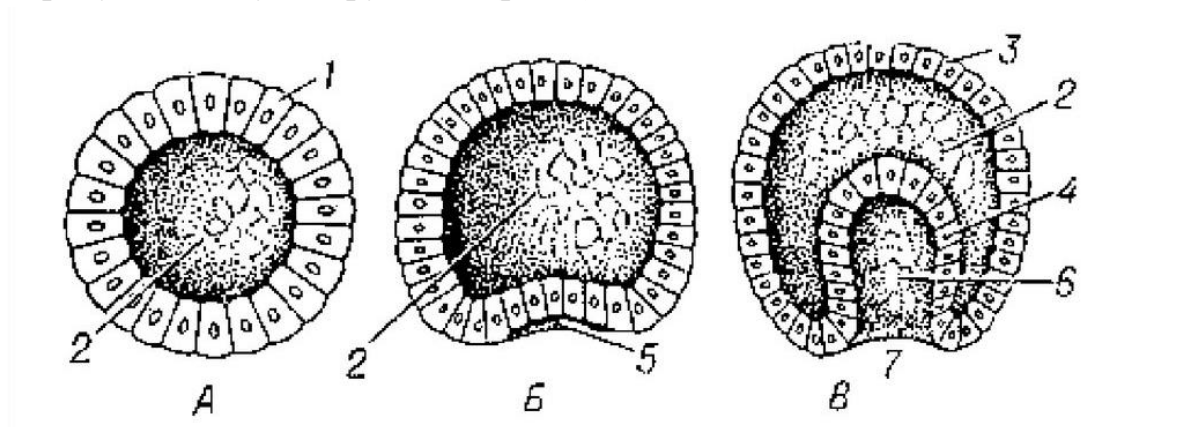


Рисунок 2 Схематическое изображение гастрюлы: А – стадия бластулы; Б – начало гастрюляции; В – стадия гастрюлы, 1 – стенка бластулы; 2 - бластоцель; 3 – эктодерма; 4 – энтодерма; 5 – начало впячивания; 6 – гастрюцель; 7 - бластопор

### Контрольные вопросы

1. Дайте общую характеристику и определение процесса дробления. В чем заключается его биологический смысл?
2. Назовите типы дробления.
3. Что называется гастрюлой?
4. Что такое гастрюляция? Назовите четыре основных способа гастрюляции и их связи с типом бластулы.

### Лабораторная работа 6. Тема: Стадии эмбрионального периода онтогенеза. Нейруляция и органогенез.

**Цель работы:** сформировать общие представления об эмбриональном периоде развития с помощью постоянных микропрепаратов и наглядных пособий. Составить представление о нейруляции.

### Пояснения к теме

Следующим за гастрულიей этапом эмбрионального развития является гисто- и органогенез. После завершения гастрულიи у зародыша образуется комплекс осевых органов: нервная трубка, хорда, кишечная трубка. В ходе гисто- и органогенеза ведущую роль приобретают процессы дифференцировки, т.е. процессы появления и нарастания морфологических, биохимических и функциональных различий между отдельными клетками и частями развивающегося зародыша. Специализация клеток зародыша приводит к возникновению первых тканей и органов. В процессе эмбрионального развития ткани зародыша оказывают влияние друг на друга (эмбриональная индукция).

### Задания:

1

. Рассмотрите рисунок 1, зарисуйте в рабочую тетрадь. Рассмотрите под микроскопом и зарисуйте препарат «Нейрула лягушки»

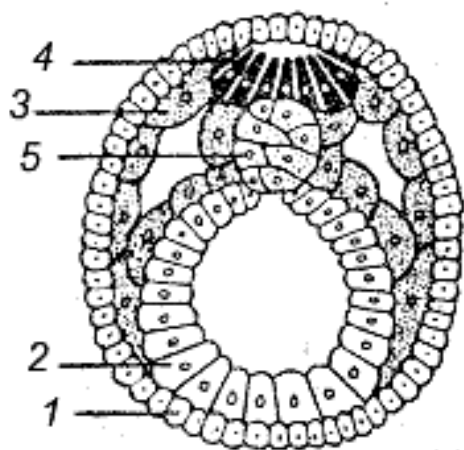


Рисунок 2 Нейруляция (до замыкания нервной пластинки в нервную трубку)  
1 - эктодерма; 2 - энтодерма, 3 - мезодерма; 4 - нервная пластинка, 5 - хорда.

**Нейрула лягушки.** При малом увеличении найти эктодерму, нервный желобок с валиками, хорду, мезодерму и кишку, стенка которой образована энтодермой. Зарисовать и обозначить: 1 - нервный желобок, 2 - нервные валики, 3 - эктодерму, 4 - хорду, 5 - мезодерму, 6 - эктодерму.

Ознакомьтесь со следующими микропрепаратами:

**Сомиты, хорда и нервная трубка.** На препарате рассмотрим поперечный разрез зародыша цыпленка на более поздней, чем предыдущая, стадии развития. При малом увеличении различима многослойная

эктодерма, зародыш, под ней нервная трубка, по бокам - участки мезодермы - сомиты, ниже хорда, еще ниже - слой энтодермы. От сомитов в обе стороны расходятся листки спланхотома - закладка выстилки брюшной полости. Туловищная складка.

1. Заполните таблицу 2.

Таблица 2 Зародышевые листки, их производные

Название листка	Производные каждого листка
ЭКТОДЕРМА	
ЭНТОДЕРМА	
МЕЗОДЕРМА	

### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные этапы эмбриогенеза.
2. Что собой представляет и в чем выражается дифференцировка клеток в процессе эмбрионального развития?
3. Из каких зародышевых листков какие ткани формируются?
4. Укажите производные эктодермы.
5. С развитием какого зародышевого листка связано появление органов мочеполовой системы?
6. Что такое эмбриональная индукция?

### Библиографический список

1. Мамонтов, С. Г. Биология [Текст] : учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "География" и "Экология" / С. Г. Мамонтов, В. Б. Захаров, Т. А. Козлова ; под ред. С. Г. Мамонтова. - М. : Академия, 2008. - 568 с.
2. Амосов, П. Н. Биология животных [Текст]: учебное пособие / П. Н. Амосов, Е. И. Чумасов. - Санкт-Петербург : Квадро, 2016. - 119 с.
3. Передельский, Л. В. Экология [Текст]: учебник / Л. В. Передельский, В. И. Коробин, О. Е. Приходченко. – М.: Проспект, 2009.
4. Юмагузин, Ф.Г. Практикум по курсу биология [Текст]: учебное пособие/ Ф. Г. Юмагузин, Л. В. Сатаева. - Уфа: Башкирский ГАУ, 2019. – 103
5. Нефедова, С.А. Биология с основами экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Нефедова, А.А. Коровушкин, А.Н. Бачурин [и др.]. — СПб.: Лань, 2015. — 368 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=58167](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=58167)



