

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Кафедра биологического и географического образования

# ГИСТОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ЦИТОЛОГИИ

Методические указания к лабораторным работам

Составитель  
Л. С. СКРИПЧЕНКО



Владимир 2020

УДК 611.018  
ББК 28.06+28.05  
Г51

Рецензенты:

Доктор биологических наук  
профессор кафедры биологии и экологии  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
*Н. В. Мищенко*

Кандидат биологических наук  
инженер по охране окружающей среды  
ОАО «Владимирский завод “Электроприбор”»  
*А. С. Злышко*

Издаётся по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

**Гистология** с основами цитологии : метод. указания  
Г51 к лаб. работам / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых ;  
сост. Л. С. Скрипченко. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2020. – 92 с.

Приводятся рекомендации к выполнению лабораторных работ по курсу «Гистология с основами цитологии». Содержат теоретический и практический материал по изучению строения клетки и ее отдельных компонентов, список рекомендуемой литературы, контрольные вопросы к каждому лабораторному занятию.

Предназначены для студентов-биологов 1-го курса дневной формы обучения направления 44.03.05 – Педагогическое образование.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 63. Библиогр.: 8 назв.

УДК 611.018  
ББК 28.06+28.05

## **ВВЕДЕНИЕ**

*Гистология – это наука о тканях растений и животных. Трактуются, что ткань – это исторически сложившаяся совокупность клеток, имеющих одинаковое морфологическое строение и выполняющих одинаковые физиологические функции. Животные ткани подразделяются на четыре вида – эпителиальную, соединительную, или опорно-трофическую, мышечную и нервную.*

*Задача, стоящая перед студентами кафедры биологического и географического образования, – приобретение навыков работы с микроскопом и изучение строения клетки и ее отдельных компонентов.*

*На практических занятиях студенты имеют возможность ознакомиться с микро- и ультраструктурой бактериальной, растительной и животной клеток, изучить процессы, происходящие в растительных и животных организмах, исследовать межклеточное вещество и элементы, его составляющие, а также клетки различной степени зрелости – камбиальные и специализированные, научиться готовить временные и работать с постоянными препаратами.*

*Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой при помощи опытейших преподавателей кафедры биологического и географического образования Педагогического института ВлГУ, в них обобщен многолетний опыт коллектива кафедры в проведении практических занятий.*

# ГИСТОЛОГИЯ

## Лабораторная работа № 1 ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ

**Оборудование и материалы:** микроскоп.

**Препараты:**

- 1) однослойный эпителий;
- 2) низкий призматический эпителий почки кролика;
- 3) мерцательный эпителий;
- 4) высокий призматический эпителий;
- 5) железистый эпителий;
- 6) эпителий полости рта;
- 7) эпителий цилиндрический;
- 8) многослойный плоский эпителий роговицы глаза коровы;
- 9) кожа пальца.

Преподаватель в этом и последующих случаях дает столько видов препарата, сколько позволят время занятия и программа данного курса.

### 1.1. Теоретическая часть

*Эпителиальные ткани* (epi – над, thelu – сосок молочной железы) образуют слой, покрывающий организм снаружи и выстилающий все его полости и полые органы внутри, а также входящий в состав желез организма. Но эпителий различных органов выполняет различные функции. Так, эпителий кожи защищает организм от повреждений, а эпителию желез характерна секреторная функция, эпителию почек и кожи – выделительная, легких и кожи – газообмен.

Отличается от других тканей тремя признаками:

- состоит только из эпителиальных клеток;
- занимает пограничное положение и располагается на границе внешней и внутренней среды;

- свойственна полярная дифференцировка: один конец клетки примыкает к соединительной ткани, другой – контактирует с внешней средой.

В эпителиальных пластах нет кровеносных сосудов, а питание происходит путем диффузии питательных веществ из соединительной ткани. Клетки эпителия прочно соединяются друг с другом при помощи десмосом и располагаются на базальной мембране.

По количеству клеточных слоев различают *однослойный* и *многослойный* эпителий.

Однослойный эпителий подразделяется на *однорядный* и *многорядный*. Клетки однослойного однорядного эпителия располагаются одним базальным концом на базальной мембране, а свободным (апикальным, верхним) контактируют с внешней средой и имеют одинаковые размеры. Однослойный многорядный эпителий имеет клетки неодинакового размера, и апикальные концы не всех клеток достигают эпителиального слоя.

По форме клеток эпителий может быть *плоским*, *кубическим*, *призматическим* или *цилиндрическим*. При классификации эпителия на однослойный и многослойный принимается во внимание форма клеток. Так, если верхний слой клеток многослойного эпителия имеет плоские клетки – это многослойный плоский эпителий.

В свою очередь, многослойный эпителий классифицируется по степени ороговения – *ороговевающий*, *неороговевающий* и *слабоороговевающий*.

На поверхности эпителия могут быть образования в виде ресничек и жгутиков, микроворсинок и перистых отростков. Это обстоятельство также учитывается при классификации эпителия: эпителий дыхательных путей имеет реснички, и его называют однослойным многорядным призматическим реснитчатым, или мерцательным, эпителием и т. д.

Учитывается полиморфность клеток. Например, в эпителии мочевого пузыря человека происходит изменение формы клеток в зависимости от степени растяжения стенок мочевого пузыря.

Подразделяется эпителий на *кожный*, или покровный, *кишечный*, или трофический, *мерцательный*, или реснитчатый, и др.

**I. Однослойный эпителий** – все клетки имеют связь с базальной мембраной и подразделяются на однорядный и многорядный эпителий. В свою очередь, однорядный эпителий представлен плоским, кубическим, призматическим, погруженным и микроворсинчатым.

1. Однослойный однорядный плоский эпителий выстилает поверхность легочных альвеол, серозных полостей, околосоердечной сумки и располагается на задней поверхности роговицы глаза.

2. Однослойный однорядный кубический эпителий выстилает каналы почек, протоки поджелудочной железы, слюнных желез, молочных желез, щитовидной железы, яичников.

3. Однослойный однорядный призматический эпителий выстилает внутреннюю поверхность желудка и кишечника, желчного пузыря, выводные протоки поджелудочной железы, печени, выводные каналы почек, матки, яйцеводов.

4. Однослойный однорядный призматический реснитчатый, или мерцательный, эпителий выстилает яйцеводы и матку.

5. Однослойный многорядный призматический эпителий представлен реснитчатым, жгутиковым и перистым эпителиями. Они характеризуются тем, что располагаются, как и предыдущие эпителии, – на базальной мембране, но не все клетки достигают свободной поверхности.

**II. Многослойный эпителий** бывает трех видов: *неороговевающий*, *ороговевающий* и *слабоороговевающий*.

1. Неороговевающий многослойный эпителий может быть плоским, кубическим, призматическим (уже в этом названии кроется тип клеток, слагающих данный эпителий). Кубический и призматический на своих поверхностях могут иметь реснички. А ороговевающий и слабоороговевающий имеют плоские формы, и у них отсутствуют реснички. Находится этот эпителий на поверхности роговицы глаза, полости рта, влагалища, пищевода, задней части прямой кишки. Отмечают в нем три слоя клеток – *базальный* слой, *шиповатый* и *поверхностный*. В глубоком базальном слое клетки крепятся к базальной мембране с помощью *полудесмосом*. Средний шиповатый слой имеет клетки многоугольной формы, которые скреплены шипообразными отростками – *десмосомами*, между которыми формируются межклетники с циркулирующей в них тканевой жидкостью. Клетки

шиповатого слоя за счет аппарата Гольджи образуют межклеточный цемент. Находится этот вид эпителия в фолликулах яичников птиц и выводных каналах сальных и потовых желез, носовой полости.

2. Многослойный ороговевающий эпителий покрывает кожу ладоней рук и подошв и состоит из пяти рядов – *базального, шиповатого, зернистого, блестящего, рогового*. Клетки базального и шиповатого слоя имеют такое же строение, как и в многослойном неороговевающем эпителии. Клетки зернистого слоя имеют уплощенную форму и располагаются параллельно поверхности эпидермиса, имеют гранулы кератогиалина. В блестящем слое гранулы кератогиалина сливаются в гомогенную прозрачную массу, которая в роговом слое превращается в кератин. Отмершие клетки слущиваются и их называют роговыми чешуйками. Этот эпителий дает производные в виде чешуи, перьев, волосяного покрова, ногтей, копыт, рогов.

3. Многослойный слабоороговевающий плоский эпителий отличается от ороговевающего тем, что не имеет блестящего слоя.

**III. Эпителий желез.** Функция желез состоит в образовании и выделении веществ, необходимых для жизнедеятельности организма. Подразделяются железы на *эндокринные* и *экзокринные*. У эндокринных желез секрет выделяется непосредственно в кровь или в лимфу (пример этих желез – щитовидная, вилочковая железы, гипофиз и т. д.)

Экзокринные железы выделяют секрет по протокам на поверхность тела или в полости внутренних органов (это потовые, сальные железы, печень и т. д.) Подразделяются эти железы на простые и сложные и могут быть трубчатыми и альвеолярными. Примером простых неразветвленных трубчатых желез служат крипты толстой кишки, железы дна желудка, а простых альвеолярных – железы кожи земноводных.

Эндокринные одноклеточные железы находятся на поверхности эпителия желудка. В клетках этого эпителия хорошо развит аппарат Гольджи и многочисленные митохондрии. В комплексе Гольджи образуются секреторные гранулы, окруженные мембраной, они отшнуровываются и выбрасываются из железы.

## 1.2. Практическая часть

1. Рассмотреть однослойный кубический эпителий почки (рис. 1). Зарисовать препарат, поставив вначале малое, а затем большое увеличение. Препарат представляет срез пирамиды почки, и при малом увеличении на нем хорошо видны перерезанные поперек канальцы. Обозначить на рисунке просвет канальца, соединительную ткань, апикальную часть клетки, базальную часть клетки, базальную мембрану.

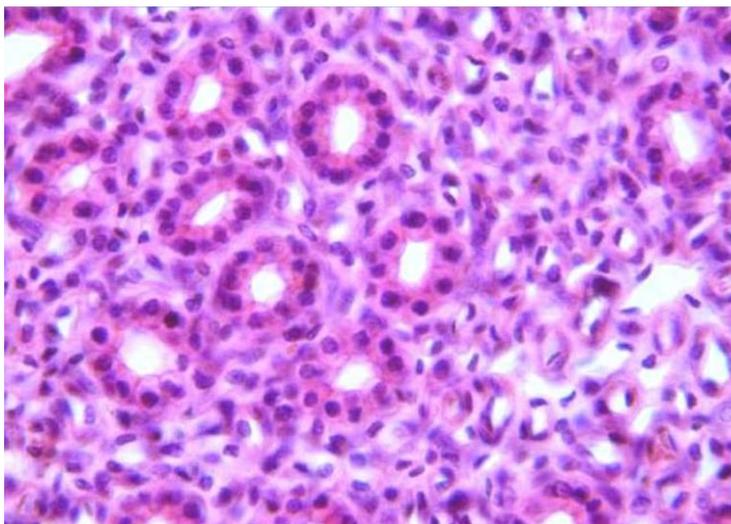


Рис. 1

2. Рассмотреть под микроскопом низкий призматический эпителий почки кролика (рис. 2), высокий призматический эпителий (рис. 3), эпителий цилиндрический (рис. 4), эпителий полости рта (рис. 5), железистый эпителий (рис. 6).

Зарисовать отдельные препараты и указать отличительные признаки рассмотренных вами типов желез.

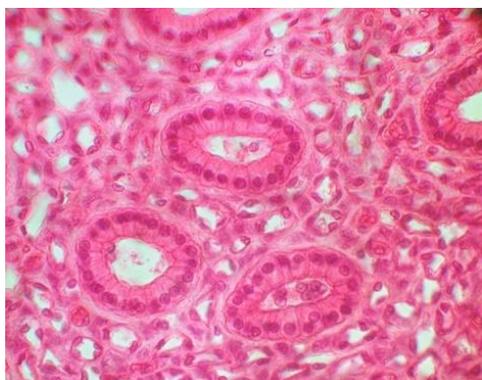


Рис. 2

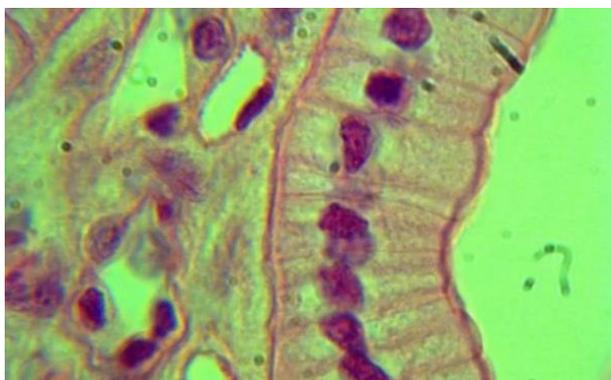


Рис. 3



Рис. 4

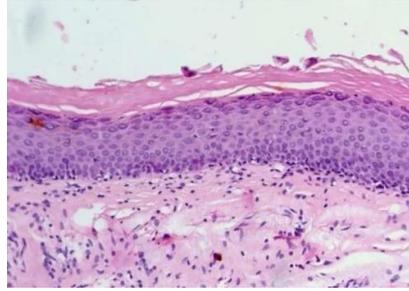


Рис. 5



Рис. 6

3. Многорядный мерцательный эпителий (рис. 7) отличается от однослойного, как было указано выше, тем, что клетки имеют разную высоту; так, на высоких мерцательных клетках могут находиться реснички, а низкие клетки – вставочные. В связи с этим (разница в высоте) ядра клеток располагаются на разных уровнях и это создает впечатление многослойности. Может также содержать одноклеточные железы – бокаловидные клетки, которые заполнены секретом. Зарисовать.

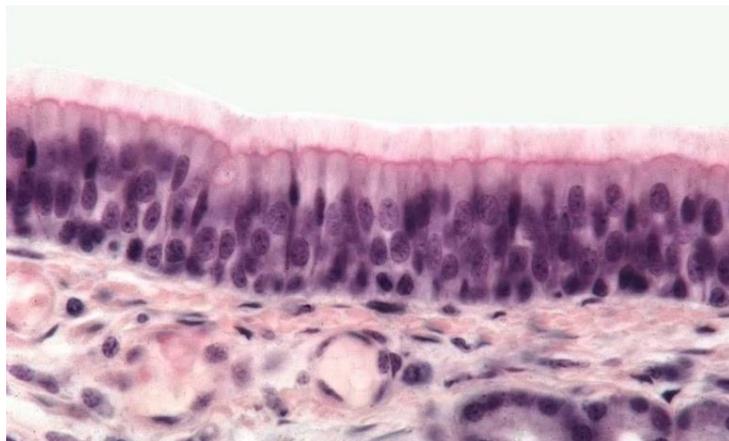


Рис. 7

4. Рассмотреть на препарате многослойный плоский эпителий роговицы глаза (рис. 8). Отметить, что роговица глаза состоит из соединительного и эпителиального слоев, на границе которого располагается базальная мембрана. Зарисовку препарата необходимо начинать с соединительной ткани. На рисунке обозначить слой призматических клеток, которые располагаются на базальной мембране, затем 2 – 3 слоя шиповатых клеток, имеющих отростки в виде шипов. Имеются такие призматические клетки, которые вклиниваются между апикальными концами. Отметить также плоские клетки, располагающиеся в 2 – 3 ряда.



Рис. 8

5. Рассмотреть многорядный плоский ороговевающий эпителий кожи (эпидермис) (рис. 9). На рисунке отметить соединительную ткань, базальную мембрану, ростковую зону (состоящую из базальных и шиповатых клеток), зернистый, блестящий и роговой слой. В описании рисунка объяснить название каждого слоя.

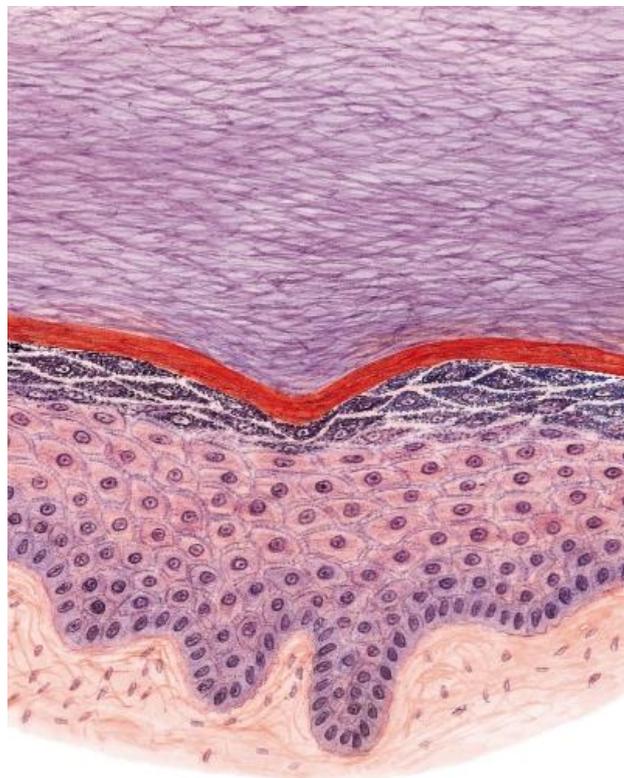


Рис. 9

## **Контрольные вопросы**

1. Почему базальная мембрана в кишечном эпителии слабо выражена?
2. Какое значение имеют бокаловидные клетки?
3. Из какого зародышевого листка образуется кишечный эпителий?
4. Почему у однослойного плоского эпителия отсутствует признак полярности?
5. Из какого зародышевого листка образуется эпидермис?
6. Какие виды секреции вы знаете? По какому типу секретируют железы человека?

## **Лабораторная работа № 2**

### **СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ, ИЛИ ОПОРНО-ТРОФИЧЕСКАЯ, ТКАНЬ**

**Оборудование и материалы:** микроскоп.

#### **Препараты:**

- 1) кровь лягушки;
- 2) кровь человека;
- 3) рыхлая соединительная ткань;
- 4) лимфатический узел кошки;
- 5) сухожилия телят;
- 6) костные ткани;
- 7) берцовая кость (продольный разрез);
- 8) кость в поперечном разрезе.

### **2.1. Теоретическая часть**

Характерной особенностью соединительной ткани является то, что она состоит из клеток и очень большого количества межклеточного вещества (волокнистые и аморфные вещества). Соединительная ткань образует опорные системы организма – кости скелета, хрящи, сухожилия, связки, а также объединяет различные виды тканей, обеспечивая их питание, транспортирует кислород и углекислый газ, переносит различные вещества, защищает организм от микроорганизмов и вирусов, инородных белков, предохраняет от механических повреждений.

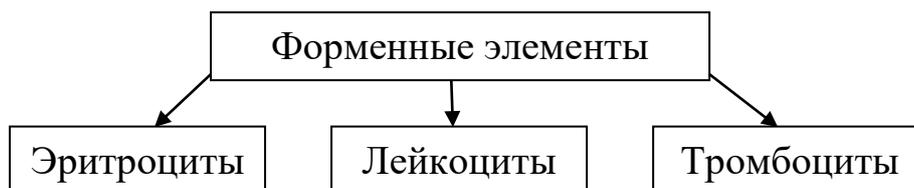
**Соединительная ткань** подразделяется на две группы:

1. *Соединительная ткань с выраженными трофическими и защитными функциями* (кровь, лимфа, эндотелий, ретикулярная ткань).

2. *Соединительная ткань с выраженными соединительными и опорными функциями* (собственно соединительная, хрящевая и костная ткань).

Соединительная ткань с выраженными трофическими и защитными функциями.

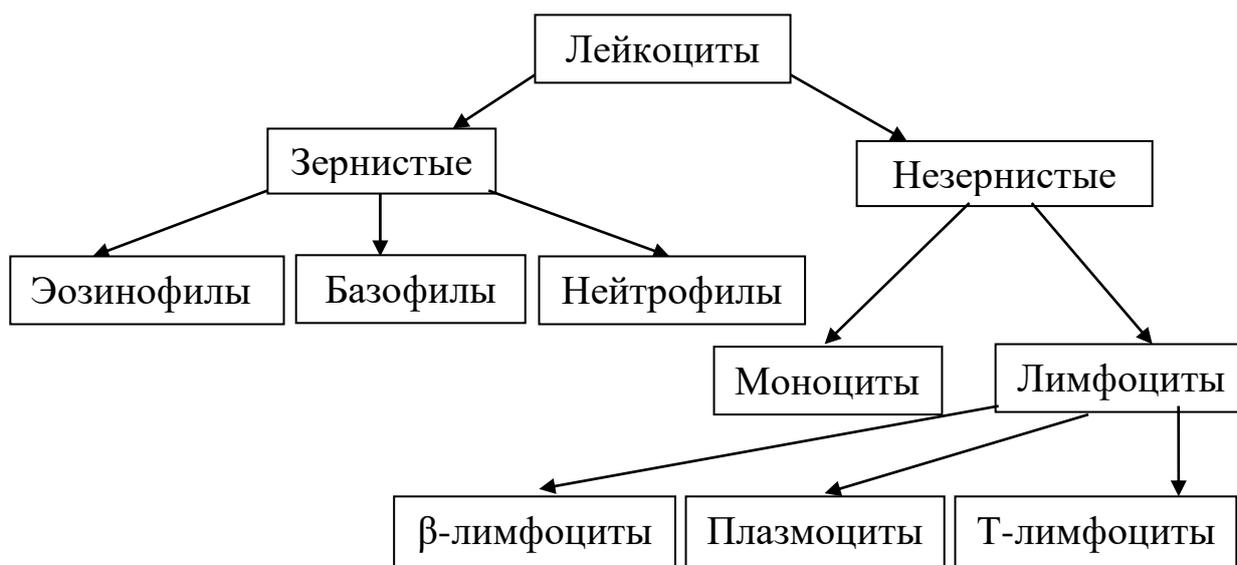
**Кровь** – это жидкая ткань, которая состоит из форменных элементов (36 – 40 %) и межклеточного вещества – плазмы (60 – 64 %). Функция этой ткани состоит в том, что она переносит питательные вещества и кислород по всему организму, удаляет углекислый газ, образовавшийся в процессе обмена веществ, а также вырабатывает антитела и с помощью гормонов регулирует деятельность различных систем организма. Система эта подвижна и обеспечивает постоянство внутренней среды организма. Количество крови у мужчин и женщин колеблется от 5,5 до 6 л.



**Эритроциты** – красные кровяные тельца, в своем составе имеют дыхательный пигмент – гемоглобин (33 %). Он обладает способностью соединяться с кислородом и отдавать его тканям.

Характерные особенности эритроцитов – отсутствие митохондрий, клеточного центра, эндоплазматической сети, а у млекопитающих – даже ядра. Количество эритроцитов в  $1 \text{ мм}^3$  крови – 4 – 4,5 млн у женщин и 4,5 – 5 млн у мужчин. Клетки эритроцитов – двояковогнутый диск,  $d = 8 \text{ мкм}$ , площадь поверхности –  $125 \text{ мкм}^2$ ,  $V = 90 \text{ мкм}^3$ . В связи с отсутствием ядра продолжительность жизни эритроцитов мала, они живут 120 суток.

**Лейкоциты** – белые кровяные тельца с характерными для клетки органоидами способны к активному движению за счет образования псевдоподий. В  $1 \text{ мм}^3$  их содержится от 4 до 8 тыс. Они способны к захвату инородных тел, их перевариванию, захвату микроорганизмов.



Зернистые лейкоциты (гранулоциты) –  $d = 15$  мкм, имеют ядро, состоящее из 2 – 5 частей, окрашиваются в различные цвета в зависимости от природы красителя (основной или кислый). Лейкоциты способны к движению, но не обладают способностью к делению.

*Эозинофилы* (составляют 3 – 5 % от общего числа лейкоцитов) имеют  $d = 12 – 14$  мкм и окрашиваются красителем эозином. Клетки имеют ядро, клеточный центр, комплекс Гольджи. Способны обезвреживать чужеродные белки и белки отмерших тканей.

*Базофилы* (0,5 – 1 %) –  $d = 11 – 12$  мкм, окрашиваются в красно-фиолетовый или пурпурный цвет. Содержат гепарин, препятствующий свертыванию крови, и обеспечивают проницаемость сосудов для форменных элементов крови.

*Нейтрофилы* (50 – 60 %) –  $d = 10 – 12$  мкм, в клетках имеются все органоиды, а ядро может быть сегментировано на пять частей. Они способны захватывать и переваривать микроорганизмы с помощью гидролитических ферментов. Это явление было названо И. И. Мечниковым фагоцитозом, а сами клетки – микрофагами. Особенность нейтрофилов – способность выходить за пределы сосудистого русла и скапливаться там в больших количествах, при этом сами клетки разрушаются под действием ферментов, образуя массу, называемую гноем.

Незернистые лейкоциты (агранулоциты) имеют крупное несегментированное ядро, отдельные клетки способны к фагоцитозу и способны, как и предыдущие лейкоциты, выходить за пределы кровяного русла.

Незернистые лейкоциты подразделяются на лимфоциты, плазмоциты и моноциты. *Моноциты* – самые крупные клетки крови  $d = 20$  мкм –

составляют 5 – 8 % от общего количества лейкоцитов. Ядра имеют форму боба, цитоплазма слабо воспринимает красители. Присутствуют все органеллы клетки. Моноциты способны к фагоцитозу, выполняя защитные функции. Из них могут образовываться гистоциты, купферовские клетки печени, костного мозга, лимфатических узлов и т. д.

*Лимфоциты* подразделяются на  $\beta$ -лимфоциты, плазмоциты и Т-лимфоциты.  $\beta$ -*лимфоциты*, образуя антитела, ответственны за систему гуморального иммунитета, защищающего организм от бактерий и вирусов.

*Т-лимфоциты* находятся в вилочковой железе и отвечают за клеточный иммунитет, уничтожают чужеродные клетки, противодействуют вирусам, грибам.

*Плазмоциты* находятся в кровяном русле, костном мозге, селезенке, лимфатических узлах и рыхлой соединительной ткани. Диаметр – 8 мкм. Ядро в клетке овальное, имеется большое количество рибосом. Синтезируют клетки иммунные белки – гамма-глобулины и глобулины плазмы крови. Концентрация гамма-глобулинов приводит к образованию белка в виде гранул, получивших название телец Рассела, которые окрашиваются эозином.

Кровяные пластинки (размер 2 – 3 мкм) лишены ядер, в 1 мл крови их 200 – 300 тыс. Содержат фермент тромбопластин, который принимает участие в начальных процессах свертывания крови. Живут кровяные пластинки 8 суток. У млекопитающих имеется крупное ядро, и их называют тромбоцитами.

Гемограмма и лейкоцитарная формула. Элементы крови находятся в определенных количественных соотношениях – это формула крови, или *гемограмма*, а процентное соотношение отдельных видов лейкоцитов – *лейкоцитарная формула*. Анализ крови имеет значение при характеристике состояния организма.

Формула лейкоцитарная: базофилы – 0,5 – 1 %, эозинофилы – 3 – 5 %, нейтрофилы – 50 – 60 %, лимфоциты – 25 – 35 %, моноциты – 5 – 8 %.

**Плазма крови** – жидкое межклеточное вещество, имеет вязкую консистенцию, желтого цвета. Это смесь белков, аминокислот, углеводов, жиров, солей, гормонов, ферментов и растворенных газов. В плазме находятся 90 – 93 % воды, 7 – 8 % белка, 0,1 % глюкозы, 0,9 % солей, а также органические соединения – мочевины, мочевая кислота, креатинин, билирубин и др.

В окружающие ткани проникают не только клетки крови, но и её отдельные составные части. *Тканевая жидкость* поступает из межклеточных щелей в систему лимфатических сосудов, по которым она вновь возвращается в кровяное русло. Так что содержимое лимфатических сосудов называется *лимфой*, по сравнению с лимфой крови она имеет желтоватый цвет. Состав лимфы различен: лимфа, оттекающая от кишечника, содержит 4 % жира и 5 % белка, а прошедшая через лимфатические узлы имеет мало жиров, но содержит много лимфоцитов.

## 2.2. Практическая часть

1. Зарисовать с препарата кровь лягушки (рис. 10), отметить характерные особенности и дать характеристику элементов крови лягушки.

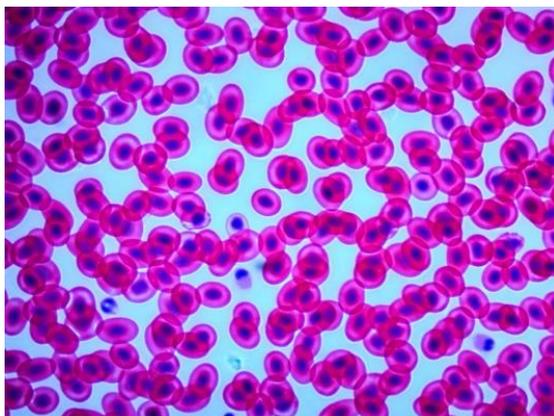


Рис. 10

2. Зарисовать кровь человека (рис. 11). Указать характерные и отличительные особенности крови человека.

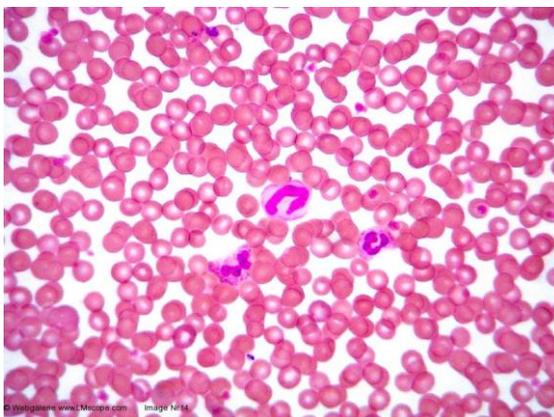


Рис. 11

3. На препарате лимфатического узла кошки (рис. 12) отметить строение лимфатического узла, зарисовать и указать роль лимфатического узла в жизнедеятельности организма.

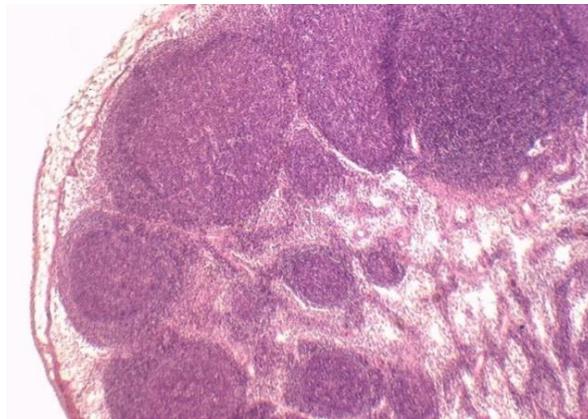


Рис. 12

### Контрольные вопросы

1. Какие отличия имеются в строении эритроцитов человека и лягушки? Как это отражается на функциях эритроцитов?
2. Какое значение имеют лимфатические узлы?

### 2.3. Теоретическая часть

Собственно соединительная ткань подразделяется на *рыхлую соединительную ткань* (ткань, содержащая немного межклеточного вещества и много клеток) и *плотную соединительную ткань* (преобладает межклеточное волокнистое вещество).

Расположение волокон в ткани имеет значение для характеристики и классификации. Волокна могут располагаться в различных направлениях – неоформленная ткань, в одном направлении – оформленная.

1. Рыхлая неоформленная соединительная ткань располагается под кожей, заполняет пространство между клетками, тканями и органами, сопровождает нервы и протоки.

Представлена эта ткань перицитами, ретикулярными клетками, фибробластами, гистиоцитами, тучными, жировыми и пигментными клетками, а также элементами крови – лимфоцитами, плазмócитами, макрофагами. В состав этой ткани входит волокнистое и аморфное вещество.

*Перициты* находятся на периферии кровеносных сосудов, имеют удлинённую или веретенообразную форму.

*Фибробласты* – клетки уплотнённой формы, в поперечном разрезе веретенообразные, длиной до 20 мкм. Цитоплазма образует отростки.

*Гистиоциты* образуют межклеточное вещество соединительной ткани, выполняют трофическую и защитную роль. По форме округлые или овальные. Ядро бобовидной формы, в клетках мало митохондрий, цитоплазматической мембраны, комплекса Гольджи и эндоплазматической сети. Находятся вблизи мелких кровеносных сосудов, в местах скопления жировых клеток, а при воспалительных процессах перемещаются в очаг воспаления и фагоцитируют инородные частицы.

*Жировые клетки* – само название говорит о том, что в клетках накапливается жир вначале в виде маленьких капель, которые затем сливаются в большую. В клетках имеется ядро серповидной формы, плохо развит аппарат Гольджи и отсутствует эндоплазматическая сеть. С накоплением жира происходит редукция органоидов, клетка возрастает до 120 мкм (это жировые клетки). При хорошем питании скопление этих клеток приводит к образованию жировой ткани, которая подразделяется на белую и бурую жировую ткань.

*Белая жировая ткань* располагается под кожей нижней части живота, бедер, ягодиц, в сальнике, брыжейке под брюшиной.

*Буря жировая ткань* обнаруживается только у новорожденных детей и у животных, впадающих в спячку.

*Тучные клетки* находятся в миндалинах, печени, зубной железе, стенке матки, молочных железах, слизистой оболочке пищеварительного канала, языке, могут располагаться по ходу мелких кровеносных сосудов. Ширина клеток 14 мкм, длина 22 мкм. Клетки содержат гепарин, препятствующий свертыванию крови, а также гистамин и серотонин.

*Пигментные клетки* находятся в околоанальных участках кожи, сосках, мошонке, в радужной и сосудистой оболочке глаза. В клетках имеется пигмент меланин, цитоплазма образует тонкие ветвистые отростки.

*Межклеточное вещество* может быть аморфным (представлено гепарином, гиалуроновой кислотой, хондроитинсерной кислотой) и

*волокнистым* (коллагеновым, эластичным). В состав коллагеновых волокон входит белок коллаген, в котором находятся пучки тонких фибрилл. Эластические волокна имеют волокнистый белок проэластин, полисахарид эластомуцин, объединяющий белковые нити.

2. Плотная неоформленная соединительная ткань входит в основу кожи, где пучки коллагеновых волокон располагаются в различных плоскостях и переплетаются. Представлена эта ткань фибробластами и фиброцитами.

3. Плотная оформленная коллагеновая соединительная ткань образует сухожилия и связки, где коллагеновые волокна располагаются параллельно друг другу очень плотно, а между пучками остаются треугольные щели, в которых располагаются фиброциты.

Пучки коллагеновых волокон первого порядка объединяются в пучки второго порядка, которые окружаются рыхлой неоформленной соединительной тканью – эндотенонием.

4. Плотная оформленная эластичная ткань формирует у человека и млекопитающих голосовые связки, срединную оболочку артериальных сосудов. В основе строения находятся эластичные волокна, коллагеновые волокна.

5. Хрящевая ткань состоит из плотного основного вещества и хрящевых клеток и в свежем состоянии может быть разделена на тонкие пластинки. Подразделяется на три типа – *гиалиновый*, или стекловидный, *эластичный*, или сетчатый, и *волокнистый*, или соединительный.

*Гиалиновый хрящ* наиболее часто распространен в организме млекопитающих и находится в передних концах ребер, на суставной поверхности костей, ушной раковине, надгортаннике, в воздухоносных путях – носу, гортани, трахеях, бронхах. Образует пластинки различной формы. Сосудов в хрящах не бывает, снаружи они покрыты надхрящницей (перихондром), составляя суставные поверхности. Надхрящница состоит из соединительной ткани, и в ней находится разветвленная густая сеть кровеносных сосудов. Молодой хрящ имеет много воды и хондромукоид, затем он уплотняется за счет накопления гликогена и располагается на периферической части хряща, а старый хрящ – в глубине, состоящий из хондроцитов.

Коллагеновые волокна образуют густую сеть и продолжают в коллагеновые волокна надхрящницы. В высокодифференцированном

веществе находится роговое вещество – альбумоид (продукт старения хондромукоида), образующий скопления вокруг хрящевых клеток. Из неорганических веществ в состав хряща входят вода и натрий.

*Волокнистый, или соединительный, хрящ* встречается в виде небольших скоплений, где совершается переход волокнистого хряща в гиалиновый (межпозвоночные диски, сухожилия, связки).

По строению похож на гиалиновый, но содержит мало аморфного вещества и имеет параллельные пучки коллагеновых волокон (сухожилия). Различие состоит в том, что между пучками коллагеновых волокон лежат хрящевые клетки, а в волокнистых – сухожильные.

Встречается также хондроидная, или хрящеподобная, ткань, из которой построены мениски коленного сустава, сесамовидные узелки («кости»), она похожа на волокнистый хрящ, но клетки не имеют капсул.

6. Костная ткань. Кости входят в состав скелета и состоят из костной ткани, имеющей сложный химический состав: 67 % неорганических веществ (соли и вода), а органических – 33 % (оссеомукоид и оссеин). Костные клетки – остециты, веретенообразной формы с многочисленными отростками. Различают грубоволокнистую и пластинчатую костные ткани.

*Грубоволокнистая костная ткань* формируется у человека и животных на ранних стадиях онтогенеза, а затем замещается на пластинчатую.

*Пластинчатая костная ткань* имеет то, что и волокнистая, но содержит меньшее количество оссеомукоида и элементы в ней ориентированы. Структурная единица этой ткани – остеон – система костных пластинок, в центре которых находится гаверсов канал. Вокруг канала концентрически располагаются костные пластинки в количестве 5 – 20.

*Костные пластинки* имеют толщину 4,5 – 11 мкм и состоят из оссеомукоида и параллельно расположенных коллагеновых волокон. Итак, кость состоит из белого компактного снаружи и серого губчатого вещества внутри. Количественное соотношение этих веществ различно в разных костях – плоские, короткие, трубчатые и т. д. Плоские кости имеют компактного вещества больше, в трубчатых костях образуются диафизы, а в губчатых – эпифизы. Например, трубчатая кость снаружи покрыта надкостницей (периостомом), а со стороны костно-

мозговой полости – эндостомом. Итак, под надкостницей лежит компактное вещество, а внутри – губчатое.

*Компактное вещество трубчатых костей* состоит из трех слоев – наружного и внутреннего слоев облицовочных пластинок и промежуточного, или остеонного, слоя. Наружные и внутренние пластинки пронизаны фолкмановскими каналами, через которые проходят кровеносные сосуды. Таким образом губчатый и костный мозг получают питание.

Промежуточный слой состоит из остеонов и вставочных пластинок. Гаверсовы каналы соединены между собой. Губчатое вещество состоит из костных пластинок, но они в разных концах кости построены различно. Так, в головке бедренной кости они имеют вид трубок (остеонов), а в шейке бедра – вид пластинок. Структура губчатого вещества изменяется в зависимости от нагрузки (ногтевые фаланги балерин).

## 2.4. Практическая часть

1. Зарисовать рыхлую неоформленную соединительную ткань (рис. 13), обозначив на рисунке фибробласт, гистоцит, тучную клетку, коллагеновые и эластичные волокна, аморфное межклеточное вещество. Описать эту ткань – ее характерные особенности.

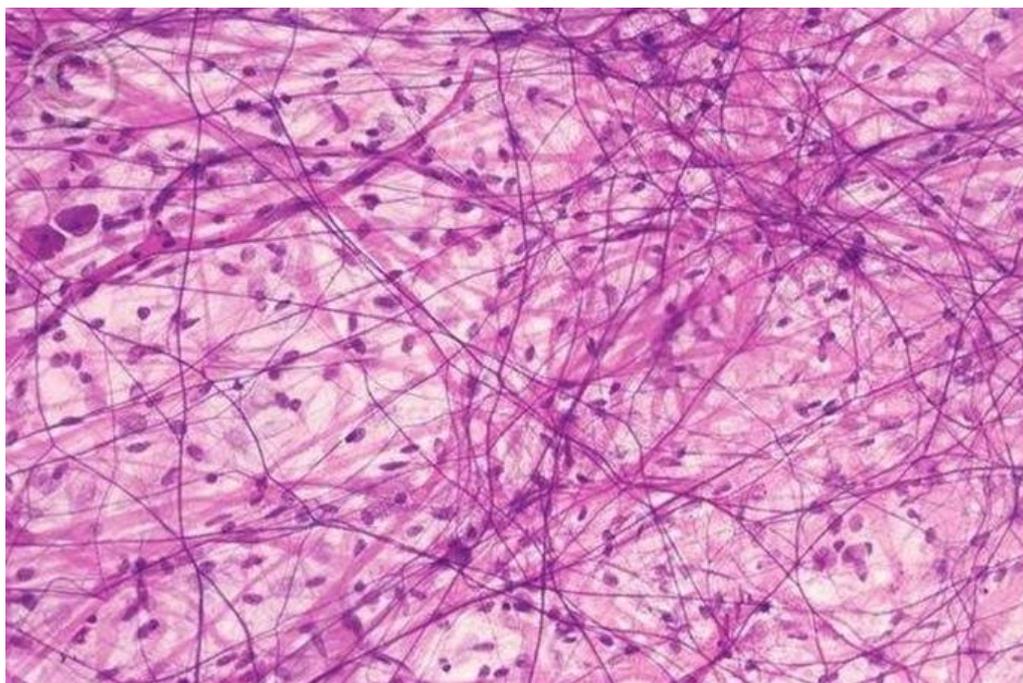


Рис. 13

2. Препарат сухожилия тельца (рис. 14) может быть представлен и поперечным и продольным срезами. Коллагеновые волокна при данной окраске – розовые; ядра фиброцитов, между которыми лежат пучки первого порядка, – синие. Кроме того, имеются прослойки соединительной ткани, а также пучки второго и третьего порядка – беловато-серые. На рисунке обозначить:

- а) пучки первого порядка;
- б) пучки второго порядка;
- в) ядра сухожильных клеток (фиброцитов);
- г) прослойки рыхлой соединительной ткани.

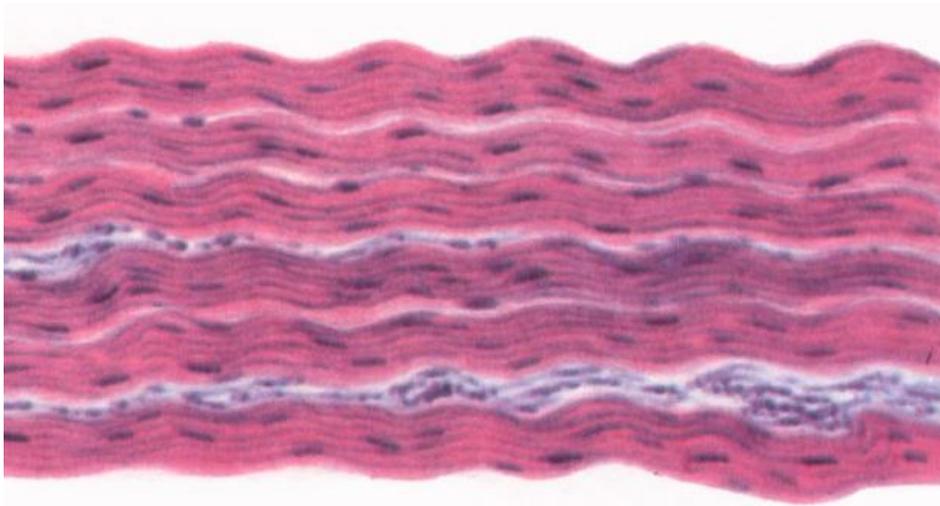


Рис. 14

3. На препарате хрящевой ткани (рис. 15) рассмотреть и зарисовать надхрящницу (препарат должен быть ориентирован вверх). Как видно из препарата, надхрящница имеет волокнистое строение, а между волокнами располагаются отдельные клетки. За надхрящницей находится зона молодого хряща, способная к размножению. За ней следует зона зрелого хряща – клетки в этом слое располагаются в виде изогенных групп, размеры которых могут быть различны, и в них находятся от двух до шести хрящевых клеток. Хрящевые клетки отличаются выраженной оболочкой (хрящевые капсулы). Пространство между клетками, а также между группами заполнено промежуточным веществом, которое около изогенных групп образует ярко окрашенные участки – клеточные территории. Все перечисленные структуры – обозначить.

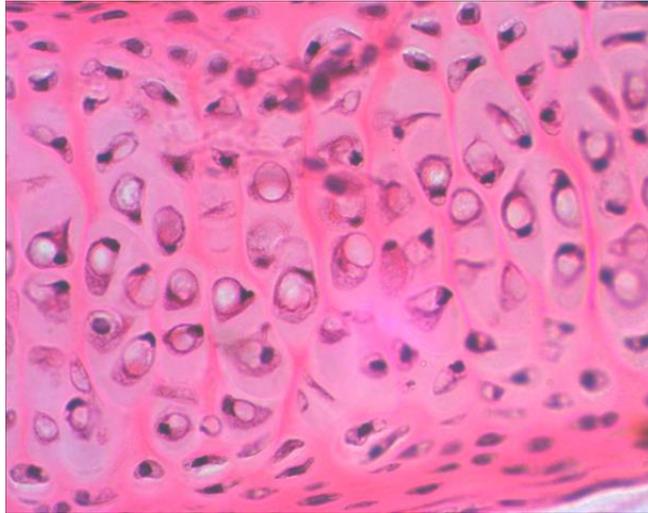


Рис. 15

4. Препарат костные клетки (неокрашенная часть жаберной крышки рыбы) (рис. 16) представляет из себя полости в промежуточном веществе костной ткани, в которой располагаются клетки. Препарат рассмотреть и зарисовать.

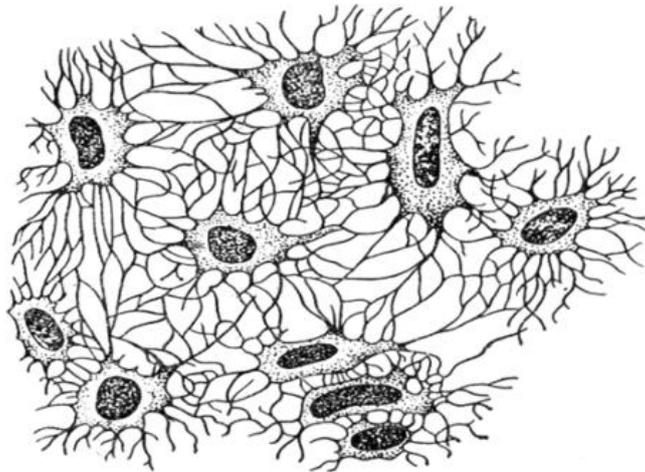


Рис. 16

5. На поперечном разрезе кости (рис. 17) (при малом увеличении) отлично видны остеоны различной формы (структурные элементы костной ткани). В центре остеона имеется гаверсов канал, в котором находится кровеносный сосуд. Костные пластинки располагаются концентрически вокруг этого канала (состоят они из промежуточного вещества с костными клетками). Костные пластинки носят название гаверсовых. Между остеонами в промежутках находятся вставочные пластинки, которые являются остатками разрушенных остеонов. На

отдельных препаратах наружные и внутренние пластинки могут отсутствовать. Зарисовать не менее двух остеонов с несколькими вставочными пластинками.



Рис. 17

### **Контрольные вопросы**

1. Какие функции характерны для соединительной ткани?
2. Перечислите элементы, входящие в состав крови, и их функции.
3. Назовите функции плазмы крови.
4. Назовите функции собственно соединительной ткани.
5. На какие группы делится собственно соединительная ткань?
6. Назовите все разновидности хряща.
7. Какие различия имеются в строении хрящей?
8. Назовите функции костной ткани и ее разновидности.

### **Лабораторная работа № 3**

#### **МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ**

**Оборудование и материалы:** микроскоп.

**Препараты:**

- 1) гладкая мышечная ткань;
- 2) поперечнополосатая ткань.

#### **3.1. Теоретическая часть**

Мышечная ткань возникла значительно позднее эпителиальной и соединительной тканей. Это было связано с тем, что организмы стремились отыскивать пищу, передвигаться в зону максимального

комфорта, спастись от врагов. И возникла эта ткань из клеток, которые были способны к сокращению, в результате чего в цитоплазме образовались особые белковые структуры. Такие структуры были характерны для кишечнополостных.

Отмечается теснейшая связь мышечной и нервной тканей, так как для них характерны хорошо выраженная возбудимость и способность к распространению возбуждения.

Какие функции свойственны мышечной ткани и где она расположена:

1) производит процессы движения внутри организма, входя в состав стенок полых органов, сердца, желудка, кишечника, кровеносных сосудов;

2) входит в состав скелетных мышц, осуществляя опорную функцию организма, для произведения механической работы;

3) осуществляет функцию терморегуляции;

4) служит депо резервного белка;

5) вырабатывает электрическую энергию;

6) выполняет защитные функции (брюшной пресс).

Подразделяется мышечная ткань на *гладкую* и *поперечнополосатую*, которая в свою очередь разделяется на *поперечнополосатую скелетную мышечную ткань* и *поперечнополосатую сердечную мышечную ткань*. Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань состоит из поперечнополосатой рабочей мышечной ткани и поперечнополосатой проводящей мышечной ткани.

Гладкая мышечная ткань. Эта ткань находится в стенках сосудов и полых внутренних органов, из нее состоит реснитчатая мышца глаза. Отличительная особенность этой ткани – медленное сокращение и нахождение длительное время в этом состоянии (тоническое сокращение).

Ткань состоит из миоцитов (гладкие мышечные клетки веретенообразной формы). В миоцитах в центре находится удлиненное палочковидное ядро с несколькими ядрышками. Размер ядра 10 мкм. Аппарат Гольджи и митохондрии располагаются около ядра. Миофибриллы в клетках находятся по ее продольной оси, а миофилламенты размером 10 – 12 нм в клетках не имеют строгой упорядоченности и разбросаны по всей цитоплазме. К базальной мембране прикрепляются преколлагеновые волокна. Миоциты плотно прилегают друг к другу.

Гладкие мышечные клетки объединяются в пучки по 10 – 12 клеток, которые соединяются с помощью рыхлой неоформленной соединительной ткани, формируя мышечные пласты, между которыми проходят кровеносные сосуды и нервы. Гладкая мышечная ткань развивает большую силу и сокращается ритмично и медленно.

Поперечнополосатая мышечная ткань. Поперечнополосатые мышцы входят в состав мускулатуры скелета, мышц языка, рта, глотки, верхней трети пищевода, лица, глаза, уха, диафрагмы, сфинктера анального отверстия. Отличительная особенность этой ткани – упорядоченное расположение миофибрилл в клетках. Причем миофибрилла состоит из регулярно повторяющихся фрагментов, которые находятся на одном уровне, имеют разное строение и оптические свойства, в связи с чем возникает поперечная полосатость. По размерам они гораздо длиннее гладких мышечных волокон (длина – 13 см, толщина – 150 мкм). Клетки отличаются многоядерностью, и ядра располагаются под сарколеммой на периферии, а у гладких мышц они занимают срединное положение. Скорость сокращения поперечнополосатых мышц в 10 – 25 раз выше, чем у гладких.

В мышечных волокнах этого типа находятся миоглобулин, близкий к гемоглобину, креатин, креатинфосфат, холестерин, липоиды, гликоген и молочная кислота.

*Саркоплазма* – цитоплазма мышечных клеток, содержит много белков (миоген, глобулин, миоглобулин и миозин), жиры и другие вещества. Присутствуют все органеллы клеток с большим количеством миофибрилл. Миофибрилла образована актомиозином, и в основании находится миозиновая нить, которая спирально оплетается нитью актина. Итак, в клетках находятся тонкие протофибриллы, состоящие из актина, а толстые – из миозина, образующие чередующиеся темные двулучепреломляющие, анизотропные диски А и светлые изотропные диски I. Благодаря чему образуется ткань поперечнополосатого вида.

Оболочка – *сарколемма*, имеет прикрепленные коллагеновые волокна, образующие сеть. Сарколемма через равные промежутки впячивается в виде трубочек внутрь саркоплазмы и образует Т-систему. Актиновые миофиламенты соединяются в области линии Z-молекулами, подобными белку тропомиозину, а также тропонину.

Каждое поперечнополосатое волокно состоит из трёх компонентов: трофического аппарата (ядро и органоиды); сократительного аппарата (миофибриллы); опорного аппарата (сарколеммы и телофрагмы).

Миофибриллы сокращаются под действием нервного возбуждения, которое передается по системе Т, затем на мембраны саркоплазматической сети, что ведет к увеличению проницаемости мембран для ионов Са (регулирует взаимодействие мышечных белков). Боковые расстояния между актиновыми и миозиновыми филаментами таковы, что они могут скользить относительно друг друга в продольном направлении. Актиновые миофиламенты перемещаются в светлую зону на 0,1 мкм с каждой стороны. Миофибриллы состоят из большого количества саркомеров, так, на 1 см миофибрилл приходится 4 500 саркомеров, в связи с чем достигается значительное сокращение.

Поперечнополосатые мышцы бывают *скелетными* и *сердечными*. Первые входят в состав мышц, исходя из того, что поперечнополосатые мышечные волокна объединяются с помощью соединительной ткани в орган – мышцу. Снаружи мышца покрыта соединительнотканной оболочкой – перемизием. Имеются прослойки рыхлой соединительной ткани, пронизанной кровеносными сосудами и нервами (эндомизий). На концах поперечнополосатых мышечных волокон образуются пальцеобразные выросты, в углублениях которых имеются коллагеновые волокна сухожилий и фасций, служащих для прикрепления к скелету.

Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань находится в стенках сердца. Основная масса миокарда состоит из поперечнополосатой рабочей мышечной ткани, отличающейся тем, что состоит из мышечных клеток – миоцитов. Эти клетки имеют прямоугольную форму длиной 50 – 120 мкм, шириной 15 – 20 мкм. Отдельные клетки раздваиваются, в связи с чем они приобретают Y-форму. Миофибриллы находятся на периферии, толщина их 1 – 3 мкм.

Миоциты соединяются конец в конец в мышечное волокно при помощи особых соединений и имеют вид темных поперечных полосок – вставочных дисков. Топография вставочного диска совпадает с линией Z. Мышечные волокна окружены большими прослойками рыхлой соединительной ткани, а каждое волокно оплетено тонкими ретикулярными волокнами. Миоциты контактируют с рыхлой соединительной тканью, в которой находится большое количество кровеносных сосудов.

Одна из разновидностей поперечнополосатой сердечной мышечной ткани – поперечнополосатая сердечная проводящая мышечная ткань, это атипичные сердечные миоциты, или волокна Пуркинье, входящие в состав синовентрикулярной системы сердца и способные проводить возбуждение.

Поперечнополосатая сердечная проводящая мышечная ткань окружена соединительнотканым влагалищем и лимфатическими сосудами, образующими перилимфатическое пространство. Миоциты этой мышцы окрашены более светло, чем миоциты сердечной рабочей мышечной ткани, так как в них мало миоглобина; миофибриллы и значительная часть саркоплазмы имеют много гликогена. Миофибриллы не имеют строгой линейной ориентации, в связи с чем исчерченность их слабо выражена, митохондрий и рибосом очень мало, отсутствует Т-система. Особенности строения указывают на то, что эти мышцы не способны к активному сокращению.

### 3.2. Практическая часть

1. Рассмотреть препарат гладкой мышечной ткани среза мышечной оболочки кишки (рис. 18). На препарате мышечные клетки проходят в стенке кишки продольно и циркулярно, поэтому одновременно видны продольно и поперечно срезанные мышечные клетки. Необходимо выбрать продольно разрезанные мышечные клетки с рыхлым расположением. Отметить форму клеток и ядер. Сделать обозначения на рисунке – ядро, цитоплазма, миофибриллы. Описать характерное строение клеток гладкой мышечной ткани.

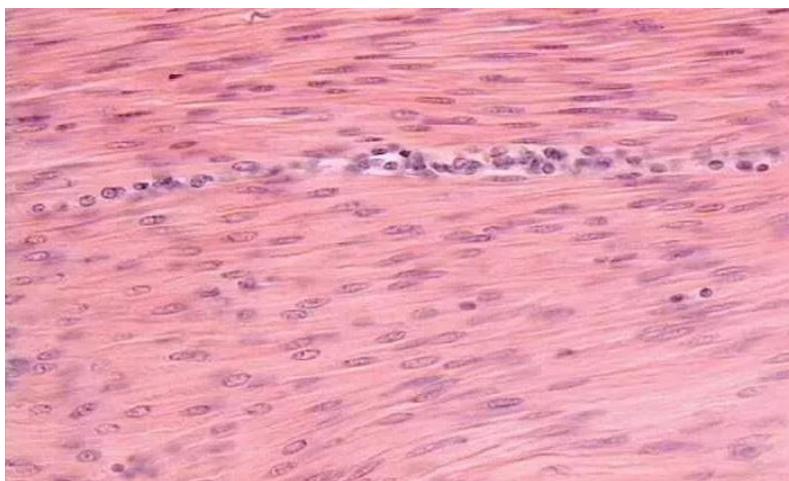


Рис. 18

2. На препарате представлены поперечнополосатые мышцы языка (рис. 19). В языке мышечные волокна проходят в трех взаимоперпендикулярных направлениях. На препарате видны мышечные волокна, перерезанные в продольном, поперечном и косом направлениях. Необходимо выбрать продольный разрез, где хорошо заметны мышечные волокна, имеющие вид цилиндров. Зарисовать препарат и обозначить:

- 1) поперечнополосатые мышечные волокна;
- 2) саркоплазму;
- 3) ядра;
- 4) миофибриллы;
- 5) темные (анизотропные) диски миофибрилл;
- 6) светлые (изотропные) диски миофибрилл;
- 7) сарколемму;
- 8) прослойку рыхлой соединительной ткани.

Следует зарисовать и поперечный срез мышечных волокон.

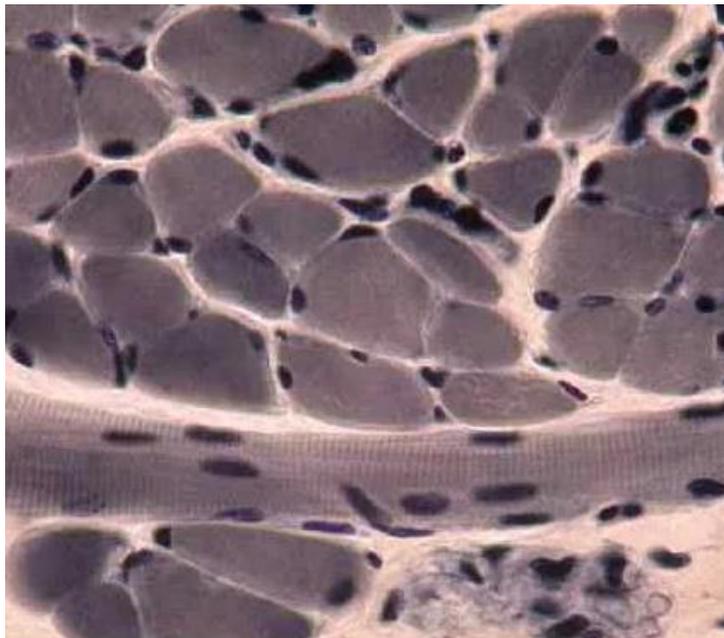


Рис. 19

3. С препарата срисовать особенности строения поперечнополосатой сердечной мышцы (рис. 20) и описать их.

4. Дать сравнительную характеристику поперечнополосатой сердечной мышцы и поперечнополосатой проводящей мышцы и описать особенности их строения.

5. Зарисовать схему сокращения саркомера миофибриллы в покое и при сокращении. Описать схему.

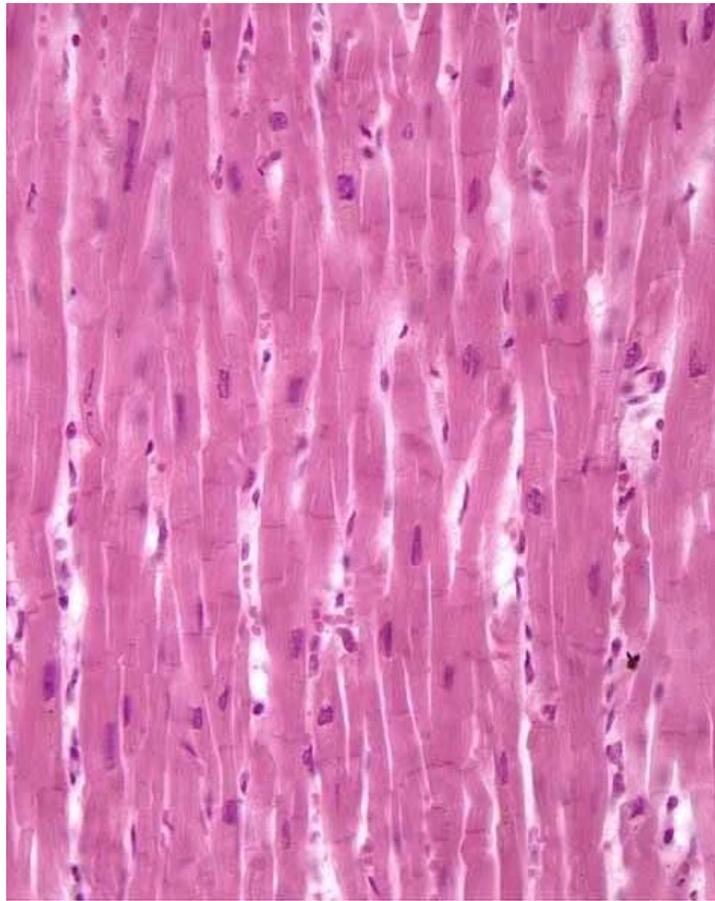


Рис. 20

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключаются особенности строения мышечной ткани и выполняемые ею функции?
2. Что такое тоническое сокращение?
3. Чем характеризуются поперечнополосатые мышцы и на какие группы они делятся?
4. В чем заключаются функции поперечнополосатой скелетной мышечной ткани, где находится эта ткань и каково ее строение?
5. Поперечнополосатая сердечная мышечная ткань, ее функции.
6. Функции поперечнополосатой сердечной проводящей ткани.
7. В чем заключаются различия между гладкой и поперечнополосатой тканями? Из каких зародышевых листков образуются эти ткани?

## Лабораторная работа № 4

### НЕРВНЫЕ КЛЕТКИ

**Оборудование и материалы:** микроскоп.

**Препараты:**

- 1) нейрофибриллы в нервных клетках спинного мозга;
- 2) мякотные нервные волокна;
- 3) безмякотные нервные волокна селезенки;
- 4) нервные клетки межпозвоночных ганглиев;
- 5) нервные волокна в поперечном разрезе;
- 6) нервные клетки.

#### 4.1. Теоретическая часть

*Нервная система* построена из нервной ткани, способна к восприятию информации и обеспечивает реакцию на нее всего организма. *Функции нервной системы:* отражение явлений внешней и внутренней среды организма, генерация и проведение нервных импульсов, интеграция деятельности всех систем организма.

Информация воспринимается особыми образованиями нервной ткани – *рецепторами*, которые подразделяются на терморецепторы, механорецепторы, фоторецепторы, хеморецепторы, электрорецепторы. Нервная ткань представляет основу нервной системы, а это головной и спинной мозг, нервы, нервные узлы, или ганглии, и нервные окончания. Нервная ткань представлена *нервными клетками* (нейроны, нейрциты) и *глиальными клетками* (глиоциты). Нейронам свойственна функция возбуждения и проведения, а глиоцитам – опорная, трофическая, изоляционная и защитная.

*Нейроглии* делятся на два вида – макроглия, или глиоциты, и микроглия, или глиальные макрофаги.

Нервные клетки находятся в сером веществе головного и спинного мозга, нервных узлах, или ганглиях. Часть клетки, где находится ядро, называется *перикарионом*, или телом *нейрона*. В клетке может находиться до 15 ядер, цитоплазма заполнена тигроидным веществом (вещество Нессля) – напоминает пятнистость шкуры тигра.

Нейроны подразделяются на *чувствительные* (передают импульсы к центральным отделам нервной системы), *двигательные* (передают возбуждение от центральных отделов НС к рабочим органам) и *вставочные* (осуществляют связь между нервными клетками).

Нейроны имеют отростки, в связи с чем подразделяются на три группы:

- 1) униполярные – одноотростчатые;
- 2) биполярные – имеют два отростка;
- 3) мультиполярные – многоотростчатые.

Отростки нервных клеток могут ветвиться, их называют *дендритами*.

Центральная нервная система и нервные узлы имеют много нейронов –  $10^{10}$ , они образуют  $10^3 - 10^4$  связей с другими нервными клетками. Длина проводящих путей – 300 – 400 тыс. км.

Нейроглия выполняет в нервной ткани опорную, трофическую, защитную, изоляционную функции, составляет основную массу эпифиза и гипофиза и выполняет секреторную функцию.

*Макроглия* представлена эпендимоцитами, которые выстилают и ограничивают мозговую полость, а также выполняют опорную функцию, так как их отростки образуют каркас, в промежутках между отростками развиваются нейроны. Клетки имеют призматическую либо кубическую форму, и от их цитоплазмы отходят реснички, обращенные в сторону полости спинномозгового канала и желудочков мозга.

*Микроглия* представлена клетками Гортега, малыми по размеру и обладающими способностью к амeboидному движению и фагоцитозу, они уничтожают остатки погибших нервных клеток и посторонних частиц, участвуют в запасании жира.

Нервные волокна – это отростки нервных клеток, которые окружены плазмолеммой олигодендроцитов, или шванновских клеток. Они образуют в головном и спинном мозге проводящие пути, а на периферии – нервы. Входят в состав белого вещества спинного и головного мозга. По нервным волокнам проходят нервные импульсы.

Нервные волокна в зависимости от строения покрывающих оболочек подразделяются на *безмякотные*, или *безмиелиновые*, и *мякотные*, или *миелиновые*. Безмякотные нервные волокна находятся во

внутренних органах тела человека и имеют от 7 до 12 отростков нервных клеток. Мякотные имеются как в центральной, так и в периферической нервной системах. В отростках шванновских клеток имеются перерывы в косом направлении – это насечки Шмидта – Лантермана. В синцитиальных связях шванновских клеток миелин не обкладывается и образуются перехваты Ранвье, состоящие из аксона и наружной оболочки.

Нервные стволы, или нервы. Нервный ствол состоит из многочисленных пучков мякотных и безмякотных нервных волокон, объединенных соединительной тканью. Нерв имеет наружную оболочку – *эпинервий* (это неоформленная соединительная ткань, в которой находится много коллагеновых волокон, фибробластов, жировых клеток, гистоцитов, кровеносных и лимфатических сосудов). Внутри нервного пучка находится соединительная ткань – *эндонервий*. У нервных волокон и нервных пучков имеется прозрачная и тонкая оболочка – периневральное влагалище.

Синапсы. Нервные клетки при помощи отростков контактируют с другими нейронами или с другими клетками, место контакта называется *синапсом*. По структуре и локализации синапсы подразделяются на *межнейронные, аксосоматические* и *аксоаксональные*.

Строение нервных клеток и синаптических контактов способствуют тому, что нервные импульсы распространяются по рефлекторным дугам. *Рефлекторная дуга* – это путь, по которому проходят нервные импульсы от рецептора к исполнительному органу. Рефлекторная дуга имеет не менее двух нервных клеток: одна чувствительная, другая – эффекторная. При раздражении, которое воспринимают дендриты, идет импульс к перикариону чувствительного нейрона, затем по аксону передается к дендриту другой эффекторной нервной клетки и по аксону – к исполнительному органу.

Между центральной нервной системой и исполнительными органами существует прямая и обратная связь. Рефлекторный акт завершается не только ответной реакцией, в исполнительном органе возникает раздражение рецепторов, и возбуждение передается в центральную нервную систему, тем самым сигнализируя о правильности выполненной работы. Нервные центры в ответ на полученную ин-

формацию вносят свои коррективы в рефлекторный акт. Так работающий орган взаимодействует с нервными центрами по принципу обратной связи (рефлекторное кольцо).

#### 4.2. Практическая часть

1. Рассмотреть и зарисовать препарат нейрофибриллы в нервных клетках поперечного среза спинного мозга (рис. 21). Нервные клетки следует находить в сером веществе, которое имеет форму бабочки. При малом увеличении необходимо отыскать такие нервные клетки, у которых хорошо выражено ядро с ядрышками и отростки. Для лучшего рассмотрения нейрофибрилл, расположенных в нейроплазме, рекомендуется выбирать наиболее слабо окрашенные клетки.



Рис. 21

2. Препарат тигроид в нервных клетках (рис. 22) представляет собой срез спинного мозга. В сером веществе спинного мозга находятся мультиполярные нейроны, которые занимают центральную часть мозга (окрашены они в голубой цвет). Ядро светлое с темно-синим ядрышком, в нейроплазме находятся глыбки Несслера, или глыбки тигроида синего цвета разной формы. Следует обратить внимание на тот факт, что тигроид не распространяется в аксон, хотя в дендритах он имеется. Вокруг нейрона видны клетки нейроглии. Зарисовать.

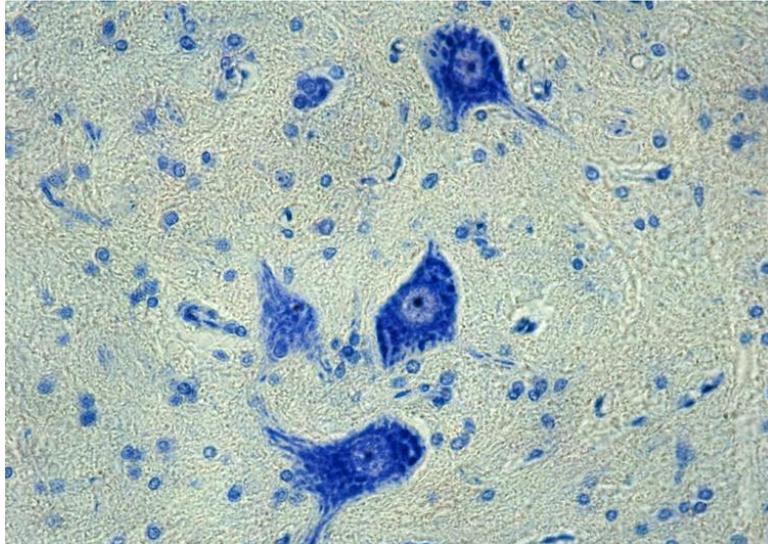


Рис. 22

3. Препарат мякотные нервные волокна (рис. 23) представляет собой расщипанный нерв, состоящий из нервных волокон. Необходимо найти и зарисовать тот участок нервного волокна, где имеется перехват Ранвье.

В центре нервного волокна хорошо виден осевой цилиндр, представляющий собой отросток нервной клетки. Осевой цилиндр покрыт мякотной, или миелиновой, оболочкой (на препарате она темная), которая в перехватах Ранвье отсутствует. Самая поверхностная оболочка – шванновская, или невролемма, в ней лежат ядра шванновских клеток. Иногда бывают видны насечки Лантермана. Зарисовку производить под большим увеличением.

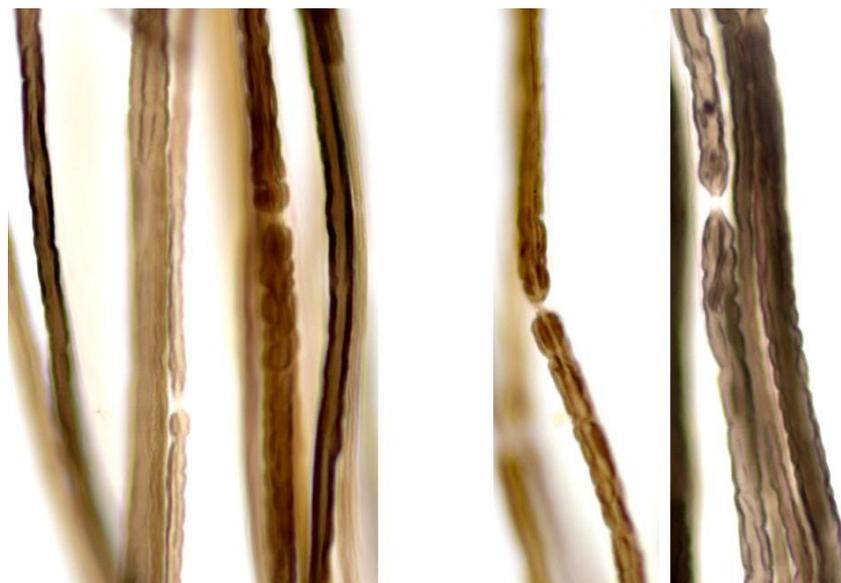


Рис. 23

4. Рассмотреть и зарисовать безмякотное нервное волокно (рис. 24), которое в отличие от мякотного волокна покрыто только одной шванновской оболочкой, мякотной оболочкой оно не имеет.

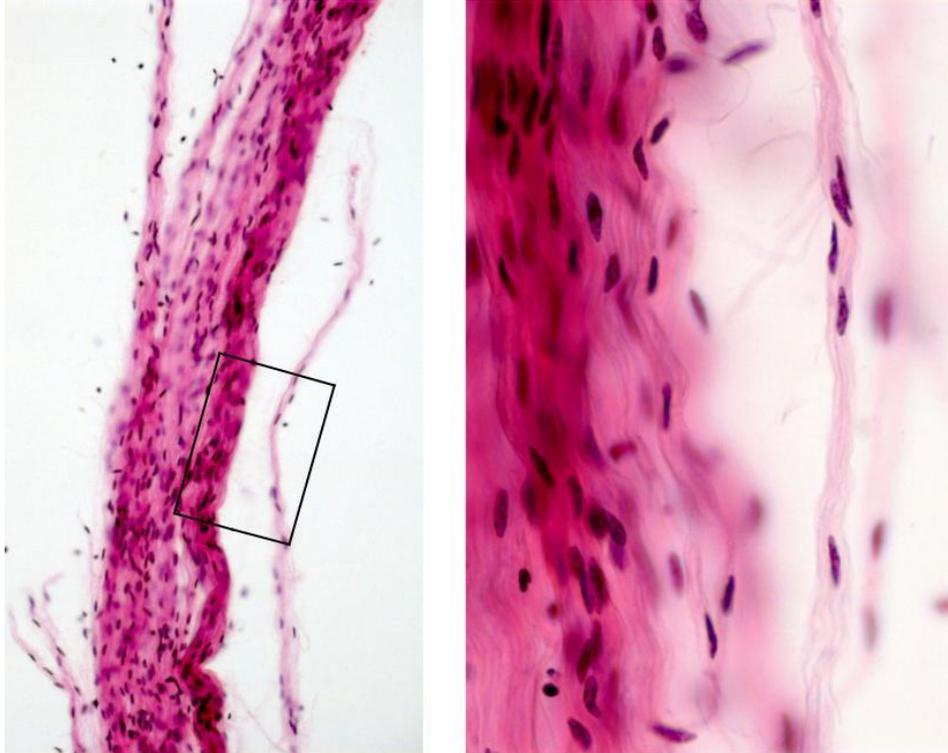


Рис. 24

### Контрольные вопросы

1. Опишите функции нервной системы.
2. Чем представлена нервная система?
3. В чем особенности строения нервной ткани?
4. На какие группы подразделяются нейроны?
5. Почему все нервные клетки имеют отростки?
6. Какую функцию выполняет нейроглия? Назовите разновидности нейроглии.
7. Охарактеризуйте нервные волокна и нервные стволы (нервы).
8. Что такое синапсы?
9. Опишите рефлекторную дугу.

# ЦИТОЛОГИЯ

## Лабораторная работа № 5

### СВЕТОВАЯ МИКРОСКОПИЯ. МЕТОДЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ. СТРОЕНИЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ (СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ ЦИАНОБАКТЕРИИ)

**Оборудование и материалы:** микроскоп, предметные и покровные стекла, водоросли – осциллятория, микроцистис.

**Последовательность выполнения работы:**

- 1) описать методы работы с разными увеличениями микроскопа;
- 2) описать методы приготовления препаратов;
- 3) рассмотреть методом раздавленной капли строение водоросли микроцистис, осциллятории;
- 4) зарисовать строение водорослей, их ультраструктуру.

#### 5.1. Теоретическая часть

##### 1. Методы работы со световым микроскопом

*Световая микроскопия* обеспечивает увеличение до 2 – 3 тыс. раз, цветное и подвижное изображение живого объекта, возможность микрокиносъемки и длительного наблюдения одного и того же объекта, оценки его динамики и химизма. Основные характеристики любого микроскопа – разрешающая способность и контраст. *Разрешающая способность* – минимальное расстояние, на котором находятся две точки, демонстрируемые микроскопом отдельно. Разрешение человеческого глаза в режиме наилучшего видения равно 0,2 мм. *Контраст изображения* – различие яркостей изображения и фона. Если это различие составляет менее 3 – 4 %, то его невозможно уловить ни глазом, ни фотопластинкой; тогда изображение останется невидимым, даже если микроскоп разрешает его детали. На контраст влияют как свойства объекта, которые изменяют световой поток по сравнению с

фоном, так и способности оптики уловить возникающие различия в свойствах луча.

**Увеличение микроскопа** определяется как произведение увеличения объектива на увеличение окуляра. У типичных исследовательских микроскопов увеличение окуляра равно 10, а увеличение объективов – 10, 45 и 100. Соответственно, увеличение такого микроскопа составляет от 100 до 1000. Некоторые из микроскопов имеют увеличение до 2000. Еще более высокое увеличение не имеет смысла, так как при этом разрешающая способность не улучшается (напротив, качество изображения ухудшается).

Существуют несколько **методов световой микроскопии** (освещения и наблюдения). Методы микроскопии выбираются (и обеспечиваются конструктивно) в зависимости от характера и свойств изучаемых объектов, так как последние, как отмечалось выше, влияют на контрастность изображения.

**Метод светлого поля в проходящем свете** применяется при изучении прозрачных препаратов с включенными в них абсорбирующими (поглощающими свет) частицами и деталями. Это могут быть, например, тонкие окрашенные срезы животных и растительных тканей, тонкие шлифы минералов и т. д. В отсутствие препарата пучок света из конденсора, проходя через объектив, дает вблизи фокальной плоскости окуляра равномерно освещенное поле. При наличии в препарате абсорбирующего элемента происходит частичное поглощение и частичное рассеивание падающего на него света, что и обуславливает появление изображения. Применение этого метода возможно и при наблюдении неабсорбирующих объектов, но лишь в том случае, если они рассеивают освещающий пучок настолько сильно, что значительная часть его не попадает в объектив.

**Метод косо́го освещения** – разновидность предыдущего метода. Различие между ними состоит в том, что свет на объект направляют под большим углом к направлению наблюдения. Иногда это помогает выявить «рельефность» объекта за счет образования теней.

**Метод светлого поля в отраженном свете** применяется при исследовании непрозрачных отражающих свет объектов, например шлифов металлов или руд. Освещение препарата (от осветителя и полупрозрачного зеркала) производится сверху, через объектив, который одновременно играет роль конденсора.

**Метод темного поля в проходящем свете** (*Dark-field microscopy*) используется для получения изображений прозрачных неабсорбирующих объектов, которые не могут быть видны, если применить метод светлого поля. Зачастую это биологические объекты. Свет от осветителя и зеркала направляется на препарат конденсором специальной конструкции – так называемым конденсором темного поля. По выходе из конденсора основная часть лучей света, не изменившая своего направления при прохождении через прозрачный препарат, образует пучок в виде полого конуса и не попадает в объектив (который находится внутри этого конуса).

**Проведение темнопольного исследования:** предметные стекла должны быть не толще 1,1 – 1,2 мм, покровные – не толще 0,17 мм, без царапин и загрязнений. При приготовлении препарата следует избегать наличия пузырьков и крупных частиц (эти дефекты будут видны ярко светящимися и не позволят наблюдать препарат). Для темнопольного исследования применяют мощные осветители и максимальный накал лампы. Настройка темнопольного освещения в основном заключается в следующем:

- 1) устанавливают свет по Келеру;
- 2) заменяют светлопольный конденсор темнопольным;
- 3) на верхнюю линзу конденсора наносят иммерсионное масло или дистиллированную воду;
- 4) поднимают конденсор до соприкосновения с нижней поверхностью предметного стекла;
- 5) объектив малого увеличения фокусируют на препарат;
- 6) с помощью центрировочных винтов переводят в центр поля зрения светлое пятно (иногда имеющее затемненный центральный участок);
- 7) поднимая и опуская конденсор, добиваются исчезновения затемненного центрального участка и получения равномерно освещенного светлого пятна. Если этого сделать не удастся, надо проверить толщину предметного стекла (обычно такое явление наблюдается при использовании слишком толстых предметных стекол – конус света фокусируется в толще стекла). После правильной настройки света устанавливают объектив нужного увеличения и исследуют препарат.

**Метод фазового контраста** и его разновидности – так называемый метод «аноптрального» контраста – предназначены для полу-

чения изображений прозрачных и бесцветных объектов, невидимых при наблюдении по методу светлого поля. К таковым относятся, например, живые неокрашенные животные ткани. Суть метода в том, что даже при очень малых различиях в показателях преломления разных элементов препарата световая волна, проходящая через них, претерпевает разные изменения по фазе (приобретает фазовый рельеф). Фазово-контрастная микроскопия применяется также для изучения клеток культуры ткани, наблюдения действия различных вирусов на клетки и т. п. В этих случаях часто применяют биологические микроскопы с обратным расположением оптики – инвертированные микроскопы. У них объективы расположены снизу, а конденсор – сверху.

**Поляризационная микроскопия** – метод наблюдения в поляризованном свете для микроскопического исследования препаратов, включающих оптически анизотропные элементы (или целиком состоящих из таких элементов). Таковыми являются многие минералы, зерна в шлифах сплавов, некоторые животные и растительные ткани и т. д. Наблюдение можно проводить как в проходящем, так и в отраженном свете. Свет, излучаемый осветителем, пропускают через поляризатор. Сообщенная ему при этом поляризация меняется при последующем прохождении света через препарат (или отражении от него). Эти изменения изучаются с помощью анализатора и различных оптических компенсаторов. Анализируя такие изменения, можно судить об основных оптических характеристиках анизотропных микрообъектов: силе двойного лучепреломления, количестве оптических осей и их ориентации, вращении плоскости поляризации, дихроизме.

**Метод интерференционного контраста** (интерференционная микроскопия) состоит в том, что каждый луч раздваивается, входя в микроскоп. Один из полученных лучей направляется сквозь наблюдаемую частицу, другой – мимо нее по той же или дополнительной оптической ветви микроскопа. В окулярной части микроскопа оба луча вновь соединяются и интерферируют между собой. Один из лучей, проходя через объект, запаздывает по фазе (приобретает разность хода по сравнению со вторым лучом). Величина этого запаздывания измеряется компенсатором. Можно сказать, что метод интерференционного контраста сходен с методом фазового контраста: они оба ос-

нованы на интерференции лучей, прошедших через микрочастицу и миновавших ее. Как и фазово-контрастная микроскопия, этот метод дает возможность наблюдать прозрачные и бесцветные объекты, но их изображения могут быть и разноцветными (интерференционные цвета). Оба метода пригодны для изучения живых тканей и клеток и применяются во многих случаях именно с этой целью. Главное отличие интерференционной микроскопии от метода фазового контраста – возможность измерять разности хода, вносимые микрообъектами.

**Метод исследования в свете люминесценции** (люминесцентная, или флуоресцентная, микроскопия) состоит в наблюдении под микроскопом зелено-оранжевого свечения микрообъектов, которое возникает при их освещении сине-фиолетовым светом или невидимыми глазом ультрафиолетовыми лучами. В оптическую схему микроскопа вводятся два светофильтра. Один из них помещают перед конденсором. Он пропускает от источника-осветителя излучение только тех длин волн, которые возбуждают люминесценцию либо самого объекта (собственная люминесценция), либо специальных красителей, введенных в препарат и поглощенных его частицами (вторичная люминесценция). Второй светофильтр, который установлен после объектива, пропускает к глазу наблюдателя (или на фоточувствительный слой) только свет люминесценции. В люминесцентной микроскопии используют освещение препаратов как сверху (через объектив, который в этом случае служит и конденсором), так и снизу, через обычный конденсор. Наблюдение при освещении сверху иногда называют «люминесцентной микроскопией в отраженном свете» (этот термин условен – возбуждение свечения препарата не является простым отражением света).

## **2. Методы приготовления препаратов**

**Метод «раздавленной» капли** (рис. 25). На поверхность обезжиренного предметного стекла наносят каплю исследуемого материала, или суспензию бактерий, и покрывают ее покровным стеклом. Капля должна быть небольшой, не выходящей за край покровного стекла. Микроскопируют препарат с объективом 40X.

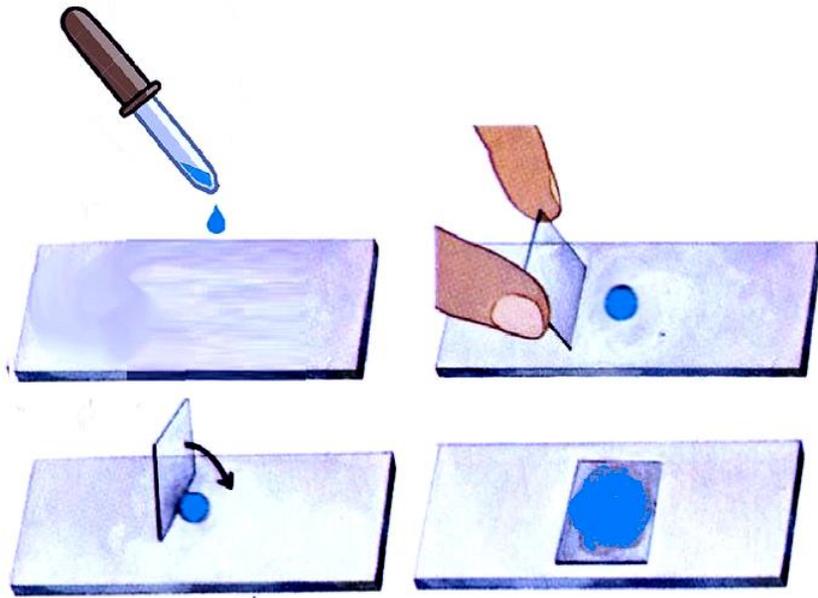


Рис. 25

**Метод «висячей капли»** (рис. 26). Препарат готовят на покровном стекле, в центр которого наносят одну каплю бактериальной культуры. Затем предметное стекло с лункой, края которой предварительно смазывают вазелином, прижимают к покровному стеклу так, чтобы капля находилась в центре лунки. Быстрым движением переворачивают препарат покровным стеклом вверх. В правильно приготовленном препарате капля должна свободно висеть над лункой, не касаясь ее дна или края.

Для микроскопии вначале используют малый сухой объектив 8X, под увеличением которого находится край капли, а затем устанавливают объектив 40X и исследуют препарат.

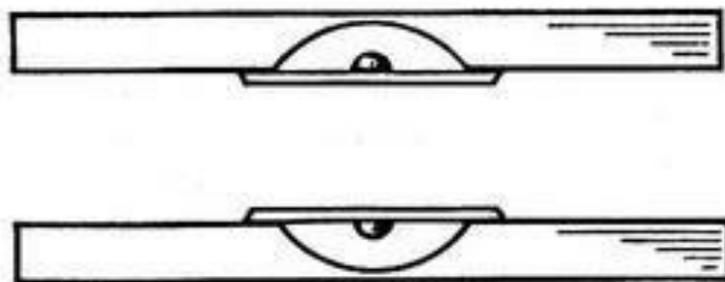


Рис. 26

**Отпечаток.** Для приготовления препаратов (отпечатки) берут небольшой кусочек пораженной ткани, кладут его на фильтровальную бумагу, сложенную вчетверо. Затем чистыми обезжиренными предметными стеклами слегка надавливают на эти кусочки ткани и высушивают их на воздухе.

### **3. Цианобактерии, особенности сине-зеленых водорослей**

**Цианобактерии** (лат. *Cyanobacteria*, от греч. κυανός – сине-зеленый), или **сине-зеленые водоросли, цианопрокариоты**, – значительная группа крупных грамотрицательных бактерий, способных к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода.

**Систематика цианобактерий** разработана недостаточно. Хроококковые и плеврокапсовые объединяют одиночные или колониальные сравнительно простые формы; в порядке осцилляториевых, ностоковых, стигонемовых входят нитчатые высокоорганизованные формы. Современная систематика распределяет цианобактерии по морфологии на пять порядков. «Высокоорганизованные» порядки содержат нитчатые формы, разница между ними – в наличии или отсутствии истинного ветвления и дифференцированных клеток (гетероцист и гормогониев). Внесистематической группой цианобактерий считаются «прохлорофиты» – цианобактерии, содержащие помимо хлорофилла *a* какой-либо другой хлорофилл (*b*, *c* или *d*). Некоторые из них не имеют фикобилипротеинов (хотя это – один из основных признаков цианобактерий). Все одноклеточные и колониальные формы объединены в порядок *Chroococcales*. Порядок *Oscillatoriales* включает в себя нитчатые безгетероцистные виды. Нитчатые формы, имеющие гетероцисты, делятся на виды с настоящим ветвлением (*Stigonematales*), неветвящиеся и виды с ложным ветвлением (*Nostocales*).

**Цианобактерии обладают полноценным фотосинтетическим аппаратом**, характерным для кислородвыделяющих фотосинтетиков. Фотосинтетическая электронтранспортная цепь включает фотосистему (ФС) II, *b<sub>6</sub>f*-цитохромный комплекс и ФС I. Конечным акцептором электронов служит ферредоксин, донором электронов – вода, расщепляемая в системе окисления воды, аналогичной таковой высших растений. Светособирающие комплексы представлены особыми пигментами – фикобилинами, собранными (как и у красных

водорослей) в фикобилисомы. При отключении ФСII способны к использованию других, нежели вода, экзогенных доноров электронов: восстановленных соединений серы, органических соединений в рамках циклического переноса электронов с участием ФСI. Однако эффективность такого пути фотосинтеза невелика, и он используется преимущественно для переживания неблагоприятных условий.

**Цианобактерии отличаются чрезвычайно развитой системой внутриклеточных вмятин** цитоплазматической мембраны (ЦПМ) тилакоидов; высказаны предположения о возможном существовании у них системы тилакоидов, не связанных с ЦПМ, что до сих пор считалось невозможным у прокариот. Накопленная в результате фотосинтеза энергия используется в темновых процессах фотосинтеза для производства органических веществ из атмосферного CO<sub>2</sub>. **Большинство цианобактерий – облигатные фототрофы**, которые, однако, способны к непродолжительному существованию за счет расщепления накопленного на свету гликогена в окислительном пентозофосфатном цикле и в процессе гликолиза (достаточность одного гликолиза для поддержания жизнедеятельности подвергается сомнению). Цикл трикарбоновых кислот (ЦТК) не может участвовать в получении энергии из-за отсутствия  $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназы.

«Разорванность» ЦТК, в частности, приводит к тому, что цианобактерии отличаются повышенным уровнем экспорта метаболитов в окружающую среду.

**Азотфиксация** обеспечивается ферментом нитрогеназой, который отличается высокой чувствительностью к молекулярному кислороду. Поскольку кислород выделяется при фотосинтезе, в эволюции цианобактерий реализованы две стратегии: пространственного и временного разобщения этих процессов. У одноклеточных цианобактерий пик фотосинтетической активности наблюдается в светлое, а пик нитрогеназной активности – в темное время суток. Процесс регулируется генетически на уровне транскрипции; цианобактерии являются единственными прокариотами, у которых доказано существование циркадных ритмов (причем продолжительность суточного цикла может превышать продолжительность жизненного цикла). У нитчатых цианобактерий процесс азотфиксации локализован в специализированных терминально дифференцированных клетках гетероцистах, отличающихся толстыми покровами, которые препятствуют проникновению кислорода.

## 5.2. Практическая часть

Необходимо рассмотреть и зарисовать клетки цианобактерий.

1. Осциллятории (рис. 27) – многоклеточные цианобактерии, имеющие нитчатое строение.

**Надцарство: Доядерные (*Procaryota*)**

**Царство: Бактерии (*Bacteria*)**

**Тип: Цианобактерии (*Cyanobacteria*)**

**Порядок: *Oscillatoriales***

**Семейство: Осцилляториевые (*Oscillatoriaceae*)**

**Род: Осциллятория (*Oscillatoria*)**

Особенность цианобактерий, отнесенных в порядок *Oscillatoriales*, – недифференцированность трихома (последний состоит только из вегетативных клеток) и его рост путем деления клеток в одной плоскости. Цианобактерии этой таксономической группы различаются строением трихомов и отдельных клеток, особенностями соединения клеток в трихоме, наличием или отсутствием чехла, способностью к движению и некоторыми другими морфологическими признаками. Для большинства представителей этой группы характерны прямые трихомы, клетки в которых дисковидные или цилиндрические плотно прилегают друг к другу или разделены глубокой перетяжкой. Трихомы могут быть окружены общим чехлом разной толщины. Скользящее движение свойственно цианобактериям, не образующим чехла или со слабым развитием последнего. К этой же группе относятся цианобактерии, имеющие подвижные спиралевидные трихомы, состоящие из клеток разной формы, не окруженные чехлом.

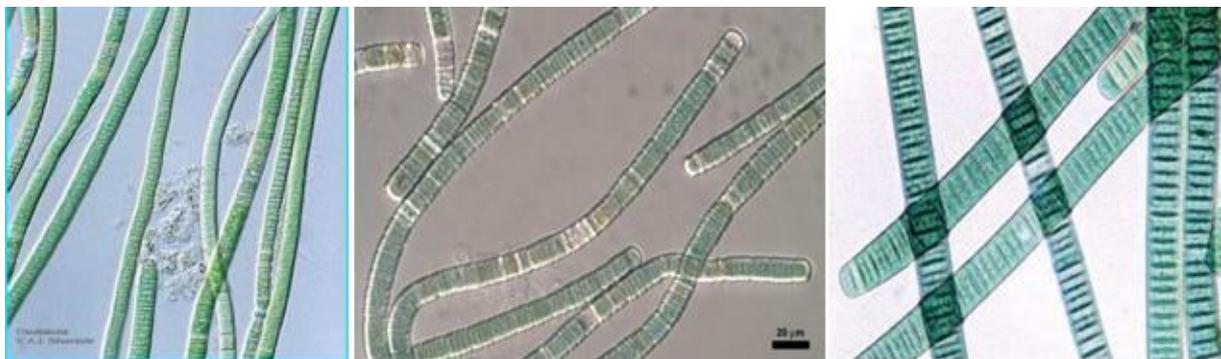


Рис. 27

2. Микроцистис (рис. 28) – микроскопические, большей частью бесформенные комочки слизи, в которые погружена масса беспорядочно расположенных мелких шаровидных клеток.

**Отдел:** Сине-зеленые, или циановые, водоросли (*Cyanophyta*)

**Класс:** Хроококковые (*Chroococcophyceae*)

**Порядок:** Хроококковые (*Chroococcales*)

**Семейство:** Микроцистиевые (*Microcystidaceae*)

**Род:** Микроцистис (*Microcystis*)



Рис. 28

Колонии микроцистиса могут иметь шаровидную, эллипсоидную формы, но чаще неправильную, продырявленную. Очертания слизи колонии могут быть отчетливыми или более или менее расплывающимися. Клетки у большей части видов микроцистиса содержат газовые вакуоли, которые обеспечивают им парение в воде. Виды этого рода – частые возбудители «цветения» воды почти во всех климатических зонах, некоторые содержат или выделяют ядовитые вещества. Род охватывает 20 – 25 трудноопределяемых видов, из которых наиболее обычен *Microcystis aeruginosa*.

### Контрольные вопросы

1. Каков предел разрешения светового микроскопа?
2. В чем особенности флуоресцентной микроскопии?
3. На чем основана фазово-контурная микроскопия?
4. Дайте определение электронной микроскопии.
5. Перечислите методы приготовления микропрепаратов.
6. Каковы особенности строения прокариотических клеток?

## Лабораторная работа № 6

### СТРОЕНИЕ КЛЕТОК ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ. ОБЩИЙ ТИП СТРОЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК: ОБОЛОЧКА КЛЕТКИ, ЦИТОПЛАЗМА, ХЛОРОПЛАСТЫ. ЗАПАСНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

**Оборудование и материалы:** микроскоп, растения – валлиснерия, элодея канадская, кожица лука, клетки клубня картофеля, раствор йода.

#### **Последовательность выполнения работы:**

- 1) рассмотреть и зарисовать клетки листа валлиснерии, отметить видимые части клетки;
- 2) рассмотреть и зарисовать клетки элодеи канадской;
- 3) рассмотреть, зарисовать, отметить характерные особенности клеток кожицы лука;
- 4) сделать тонкий срез клубня картофеля, рассмотреть препарат после окрашивания йодом.

### 6.1. Теоретическая часть

Особенности строения растительных клеток и функции видимых органелл клеток:

**Растительная клетка** состоит из более или менее жесткой клеточной оболочки и протопласта.

**Клеточная оболочка** – это клеточная стенка и цитоплазматическая мембрана.

Термин «**протопласт**» происходит от слова «протоплазма», которое долгое время использовалось для обозначения всего живого. Протопласт – это протоплазма индивидуальной клетки. Протопласт состоит из цитоплазмы и ядра.

В **цитоплазме** находятся органеллы (рибосомы, микротрубочки, пластиды, митохондрии) и мембранные системы (эндоплазматический ретикулум, диктиосомы). Цитоплазма включает в себя еще цитоплазматический матрикс (основное вещество), в которое погружены органеллы и мембранные системы.

От **клеточной стенки** цитоплазма отделена плазматической мембраной, которая представляет собой элементарную мембрану.

В отличие от большинства животных клеток растительные клетки содержат одну или несколько *вакуолей*. Это пузырьки, заполненные жидкостью и окруженные элементарной мембраной (тонопластом).

**Плазматическая мембрана** представляет собой бислойную фосфолипидную структуру. Для растительных клеток свойственны впячивания плазматической мембраны. Плазматическая мембрана выполняет следующие функции: участвует в обмене веществ между клеткой и окружающей средой; координирует синтез и сборку целлюлозных микрофибрилл клеточной стенки; передает гормональные и внешние сигналы, контролирующие рост и дифференцировку клеток.

**Ядро** – это наиболее заметная структура в цитоплазме эукариотической клетки. Оно выполняет две важные функции: контролирует жизнедеятельность клетки, определяя, какие белки и в какое время должны синтезироваться; хранит генетическую информацию и передает ее дочерним клеткам в процессе клеточного деления. Ядерная оболочка в некоторых местах объединяется с эндоплазматическим ретикуломом.

Вакуоли, целлюлозная клеточная стенка и **пластиды** – характерные компоненты растительных клеток. Каждая пластида имеет собственную оболочку, состоящую из двух элементарных мембран. Внутри пластиды различают мембранную систему и различной степени гомогенное вещество – строму. Зрелые пластиды классифицируют на основании содержащихся в них пигментов.

**Хлоропласты** – полуавтономные органеллы, напоминающие бактерии. Например, рибосомы бактерий и хлоропластов имеют достаточно высокое сходство. Они меньше рибосом эукариот. Синтез белка на рибосомах бактерий и хлоропластов подавляется хлорамфениколом, не оказывающим влияния в клетках эукариот. Кроме того, и бактерии и хлоропласты имеют схожего типа нуклеоиды, организованные сходным образом. Несмотря на то что образование хлоропластов и синтез находящихся в них пигментов в значительной степени контролируется хромосомной ДНК клетки, тем не менее в отсутствие собственной ДНК хлоропласты не формируются.

**Хромoplastы** – пигментированные пластиды. Многообразные по форме, они не имеют хлорофилла, но синтезируют и накапливают каротиноиды, которые придают желтую, оранжевую, красную окраску цветкам, старым листьям, плодам и корням. Хромoplastы могут

развиваться из хлоропластов, которые при этом теряют хлорофилл и внутренние мембранные структуры, накапливают каротиноиды. Это происходит при созревании многих плодов. Хромопласты привлекают насекомых и других животных, с которыми они вместе эволюционировали.

**Лейкопласты** – непигментированные пластиды. Некоторые из них синтезируют крахмал (амилопласты), другие способны к образованию различных веществ, в том числе липидов и белков. На свету лейкопласты превращаются в хлоропласты.

**Митохондрии.** Как и хлоропласты, митохондрии окружены двумя элементарными мембранами. Внутренняя мембрана образует множество складок и выступов – крист, которые значительно увеличивают внутреннюю поверхность митохондрии. Они значительно меньше, чем пластиды (имеют около 0,5 мкм в диаметре), и разнообразны по длине и форме.

**Вакуоли** – это отграниченные мембраной участки клетки, заполненные жидкостью – клеточным соком. Они окружены тонопластом (вакуолярной мембраной).

**Рибосомы** – маленькие частицы (17 – 23 нм), состоящие примерно из равного количества белка и РНК. В рибосомах аминокислоты соединяются с образованием белков. Их больше в клетках с активным обменом веществ. Рибосомы располагаются в цитоплазме клетки свободно или же прикрепляются к эндоплазматическому ретикулуму (80S). Их обнаруживают и в ядре (80S), митохондриях (70S), пластидах (70S).

**Аппарат Гольджи** – этот термин используется для обозначения всех диктиосом, или телец Гольджи, в клетке. Диктиосомы – это группы плоских, дисковидных пузырьков, или цистерн, которые по краям разветвляются в сложную систему трубочек. Диктиосомы у высших растений состоят из 4 – 8 цистерн, собранных вместе.

## 6.2. Практическая часть

1. Зарисовать и охарактеризовать особенности строения клеток растения валлиснерии (рис. 29, 30).

Видимые органеллы клетки (рис. 30):

- 1) оболочка;
- 2) хлоропласты.



Рис. 29

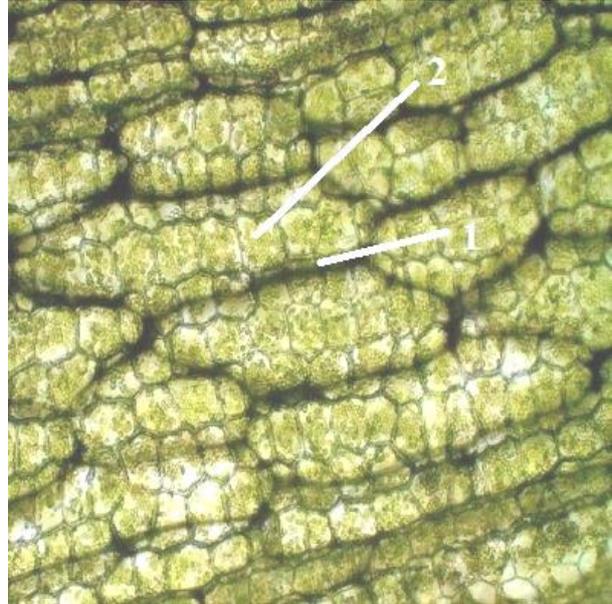


Рис. 30

2. Зарисовать клетки элодеи (рис. 31) и описать функции видимых частей клетки.

Видимые органеллы клетки:

- 1) оболочка;
- 2) хлоропласты.

3. Зарисовать вид клеток кожицы лука под микроскопом (рис. 32).

Видимые органеллы клетки:

- 1) оболочка;
- 2) ядро;
- 3) цитоплазма.

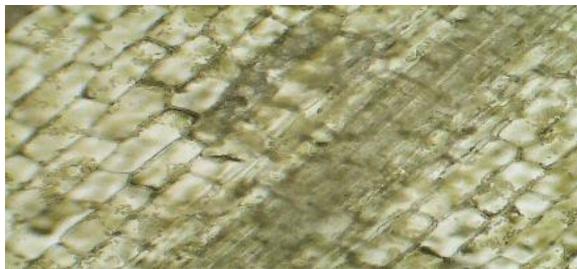


Рис. 31



Рис. 32

4. Изучить особенности строения клеток клубня картофеля (рис. 33). Описать функции запасных питательных веществ.

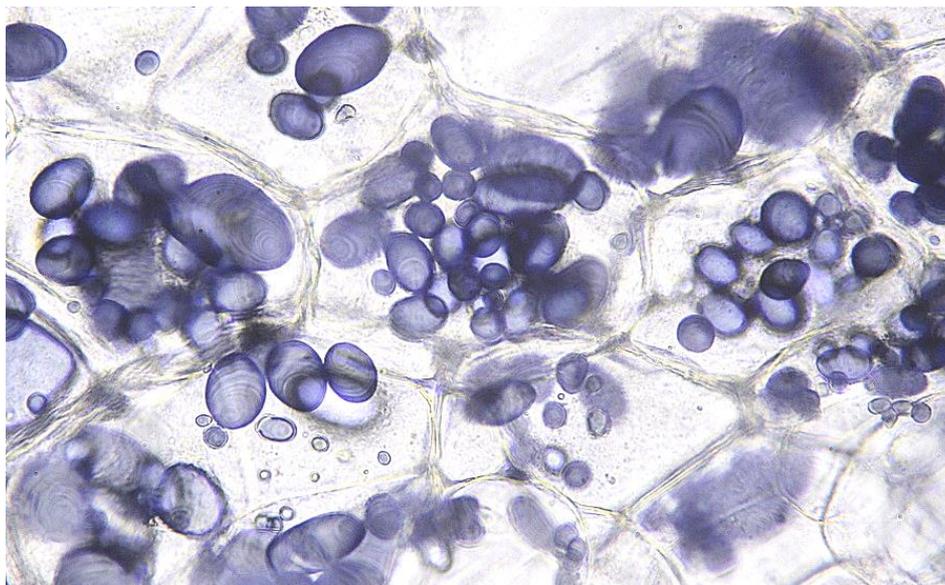


Рис. 33

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы отличительные особенности эукариотических организмов?
2. Перечислите видимые в световой микроскоп части клетки и функции этих органелл.
3. Какова функция органелл, характерных для растительных клеток?
4. Перечислите органеллы клеток, выполняющих функции запаса питательных веществ.

### **Лабораторная работа № 7**

#### **ОБЩИЙ ТИП СТРОЕНИЯ КЛЕТОК ЖИВОТНЫХ. ПИНОЦИТОЗ И ФАГОЦИТОЗ. СЕКРЕЦИЯ**

**Оборудование и материалы:** микроскоп, эпителий полости рта человека, эритроциты лягушки, препарат тонкой кишки собаки, купферовские клетки, препарат всасывания жира в тонкой кишке.

#### **Последовательность выполнения работы:**

- 1) рассмотреть и зарисовать эпителий полости рта человека;
- 2) рассмотреть и зарисовать эритроциты лягушки;
- 3) рассмотреть и зарисовать всасывание жира в тонкой кишке;
- 4) рассмотреть и зарисовать фагоцитоз купферовских клеток.

## 7.1. Теоретическая часть

**Общий тип строения клеток животных.** Плазматическая мембрана называется также плазмалеммой, наружной клеточной мембраной. Это биологическая мембрана толщиной около 10 нанометров, которая обеспечивает в первую очередь разграничительную функцию по отношению к внешней для клетки среде. Кроме этого, она выполняет транспортную функцию. На сохранение целостности своей мембраны клетка не тратит энергии: молекулы удерживаются.

**Структура цитоплазмы.** Цитоплазма состоит из гликокаликса, плазмалеммы и молекул жира (гидрофобных частей молекул), которым термодинамически выгоднее располагаться в непосредственной близости друг к другу. Гликокаликс представляет собой «заякоренные» в плазмалемме молекулы олигосахаридов, полисахаридов, гликопротеинов и гликолипидов. Гликокаликс выполняет рецепторную и маркерную функции. Плазматическая мембрана животных клеток в основном состоит из фосфолипидов и липопротеидов с вкрапленными в нее молекулами белков, в частности, поверхностных антигенов и рецепторов. В кортикальном (прилежащем к плазматической мембране) слое цитоплазмы находятся специфические элементы цитоскелета – упорядоченные определенным образом актиновые микрофиламенты. Основной и самой важной функцией кортикального слоя (кортекса) являются псевдоподиальные реакции – выбрасывание, прикрепление и сокращение псевдоподий. При этом микрофиламенты перестраиваются, удлиняются или укорачиваются. От структуры цитоскелета кортикального слоя зависит также форма клетки (например, наличие микроворсинок). Жидкую составляющую цитоплазмы также называют цитозолем. Под световым микроскопом кажется, что клетка заполнена чем-то вроде жидкой плазмы или золя, в котором «плавают» ядро и другие органоиды. На самом деле это не так. Внутреннее пространство эукариотической клетки строго упорядочено. Передвижение органоидов координируется при помощи специализированных транспортных систем, так называемых микротрубочек, служащих внутриклеточными «дорогами», и специальных белков – динеинов и кинезинов, играющих роль «двигателей». Отдельные белковые молекулы также не диффундируют свободно по всему внутриклеточному пространству, а направляются в необходимые компартменты при помощи специальных сигналов на их поверхности, узнаваемых транспортными системами клетки.

**Эндоплазматический ретикулум.** В эукариотической клетке существует система переходящих друг в друга мембранных отсеков (трубок и цистерн), которая называется эндоплазматическим ретикулумом (ЭПР), или эндоплазматической сетью (ЭПС). Ту часть ЭПР, к мембранам которого прикреплены рибосомы, относят к **гранулярному** (или **шероховатому**) эндоплазматическому ретикулуму, на его мембранах происходит синтез белков. Те компартменты, на стенках которых нет рибосом, относят к **гладкому** (или **агранулярному**) ЭПР, принимающему участие в синтезе липидов. Внутренние пространства гладкого и гранулярного ЭПР не изолированы, а переходят друг в друга и сообщаются с просветом ядерной оболочки.

**Аппарат Гольджи.** Аппарат Гольджи представляет собой стопку плоских мембранных цистерн, несколько расширенных ближе к краям. В цистернах аппарата Гольджи созревают некоторые белки, синтезированные на мембранах гранулярного ЭПР и предназначенные для секреции или образования лизосом. Аппарат Гольджи асимметричен – цистерны, располагающиеся ближе к ядру клетки (**цис-Гольджи**), содержат наименее зрелые белки, к этим цистернам непрерывно присоединяются мембранные пузырьки – везикулы, отпочковывающиеся от эндоплазматического ретикулума. По-видимому, при помощи таких же пузырьков происходит дальнейшее перемещение созревающих белков от одной цистерны к другой. В конце концов от противоположного конца органеллы (**транс-Гольджи**) отпочковываются пузырьки, содержащие полностью зрелые белки.

**Ядро.** Клеточное ядро содержит молекулы ДНК, на которых записана генетическая информация организма. В ядре происходит репликация – удвоение молекул ДНК, а также транскрипция – синтез молекул РНК на матрице ДНК. В ядре же синтезированные молекулы РНК претерпевают некоторые модификации (например, в процессе сплайсинга из молекул матричной РНК исключаются незначительные, бессмысленные участки), после чего выходят в цитоплазму. Сборка рибосом также происходит в ядре, в специальных образованиях, называемых ядрышками. Компартмент для ядра – кариотека – образован за счет расширения и слияния друг с другом цистерн эндоплазматической сети таким образом, что у ядра образуются двойные стенки за счет окружающих его узких компартментов ядерной оболочки. Полость ядерной оболочки называется **люменом**, или **перинуклеарным пространством**. Внутренняя поверхность ядерной оболочки

подстилагается ядерной ламиной, жесткой белковой структурой, образованной белками-ламинами, к которой прикреплены нити хромосомной ДНК. В некоторых местах внутренняя и внешняя мембраны ядерной оболочки сливаются и образуют ядерные поры, через которые происходит материальный обмен между ядром и цитоплазмой.

**Лизосомы.** Лизосома – небольшое тельце, ограниченное от цитоплазмы одинарной мембраной. В ней находятся литические ферменты, способные расщепить все биополимеры. Основная функция – автолиз, т. е. расщепление отдельных органоидов, участков цитоплазмы клетки.

**Цитоскелет.** К элементам цитоскелета относят белковые фибриллярные структуры, расположенные в цитоплазме клетки: микротрубочки, актиновые и промежуточные филаменты. Микротрубочки принимают участие в транспорте органелл, входят в состав жгутиков, из микротрубочек строится митотическое веретено деления. Актиновые филаменты необходимы для поддержания формы клетки, псевдоподиальных реакций. Роль промежуточных филаментов, по-видимому, также заключается в поддержании структуры клетки. Белки цитоскелета составляют несколько десятков процентов от массы клеточного белка.

**Центриоли.** Центриоли – цилиндрические белковые структуры, расположенные вблизи ядра клеток животных (у растений центриолей нет). Центриоль представляет собой цилиндр, боковая поверхность которого образована девятью наборами микротрубочек. Количество микротрубочек в наборе может колебаться для разных организмов от одного до трёх.

Вокруг центриолей находится так называемый центр организации цитоскелета – район, в котором группируются минус-концы микротрубочек клетки.

Перед делением клетка содержит две центриоли, расположенные под прямым углом друг к другу. В ходе митоза они расходятся к разным концам клетки, формируя полюса веретена деления. После цитокинеза каждая дочерняя клетка получает по одной центриоли, которая удваивается к следующему делению. Удвоение центриолей происходит не делением, а путем синтеза новой структуры, перпендикулярной существующей.

Центриоли, по-видимому, гомологичны базальным телам жгутиков и ресничек.

**Митохондрии.** Митохондрии – особые органеллы клетки, основной функцией которых является синтез АТФ – универсального носителя энергии. Дыхание (поглощение кислорода и выделение углекислого газа) происходит также за счет энзиматических систем митохондрий.

Внутренний просвет митохондрий, называемый *матриксом*, ограничен от цитоплазмы двумя мембранами, *наружной* и *внутренней*, между которыми располагается *межмембранное пространство*. Внутренняя мембрана митохондрии образует складки – *кристы*. В матриксе содержатся различные ферменты, принимающие участие в дыхании и синтезе АТФ. Центральное значение для синтеза АТФ имеет водородный потенциал внутренней мембраны митохондрии.

Митохондрии имеют свой собственный ДНК-геном и прокариотические рибосомы, что, безусловно, указывает на симбиотическое происхождение этих органелл. В ДНК митохондрий закодированы совсем не все митохондриальные белки, большая часть генов митохондриальных белков находится в ядерном геноме, а соответствующие им продукты синтезируются в цитоплазме, а затем транспортируются в митохондрии. Геномы митохондрий отличаются по размерам: например, геном человеческих митохондрий содержит всего 13 генов. Самое большое число митохондриальных генов (97) из изученных организмов имеется у простейших.

**Пиноцитоз и фагоцитоз.** Эти два процесса, происходящие с поглощением энергии, обеспечивают попадание в клетку еще более крупных частиц, чем проникающие через поры мембран четвертого типа.

**А. Пиноцитоз.** При пиноцитозе мембрана (обычно это мембрана первого типа) образует впячивания, которые в конечном итоге преобразуются в пузырьки. Таким образом осуществляется проникновение через мембрану молекул, размер которых слишком велик для того, чтобы они могли диффундировать обычным путем, особенно белков. Благодаря пиноцитозу вещества, находившиеся вне клетки, оказываются внутри нее, и наоборот.

**Б. Фагоцитоз.** За счет фагоцитоза, обладающего известным сходством с пиноцитозом, происходит перемещение еще более крупных частиц. Так, методом электронной микроскопии было отчетливо показано, что твердые частицы проходят через клеточные мембраны

капилляров у млекопитающих, причем для этой цели, по-видимому, может использоваться вся поверхность капилляра. Ферменты и гормоны зачастую как бы выдавливаются из клеток в виде пузырьков, заключенных в липидную мембрану. Именно таким образом пять гидролитических проферментов поджелудочной железы выдавливаются все вместе в виде так называемых «зимогеновых гранул».

**Секреция.** Секреция (от лат. *secretio* – отделение) – выработка и выделение железистыми клетками секретов. По существу, в каждой клетке организма в ходе ее жизнедеятельности образуются некоторые продукты метаболизма, выделяемые либо во внешнюю среду, либо во внутреннюю. Если секреторная функция становится основной для выполняющих ее специализированных, железистых, клеток, то ее называют секрецией. Различают секрецию внешнюю, или экзокринную, когда продукты, вырабатываемые железой, выделяются из организма во внешнюю среду (секрет сначала поступает в проток железы, а затем выводится на поверхность тела или в половые органы), и внутреннюю (эндокринную) секрецию, или инкрецию, когда синтезируемые вещества выделяются в кровь или лимфу.

## 7.2. Практическая часть

1. Рассмотреть и зарисовать препарат эпителия полости рта человека (рис. 34).

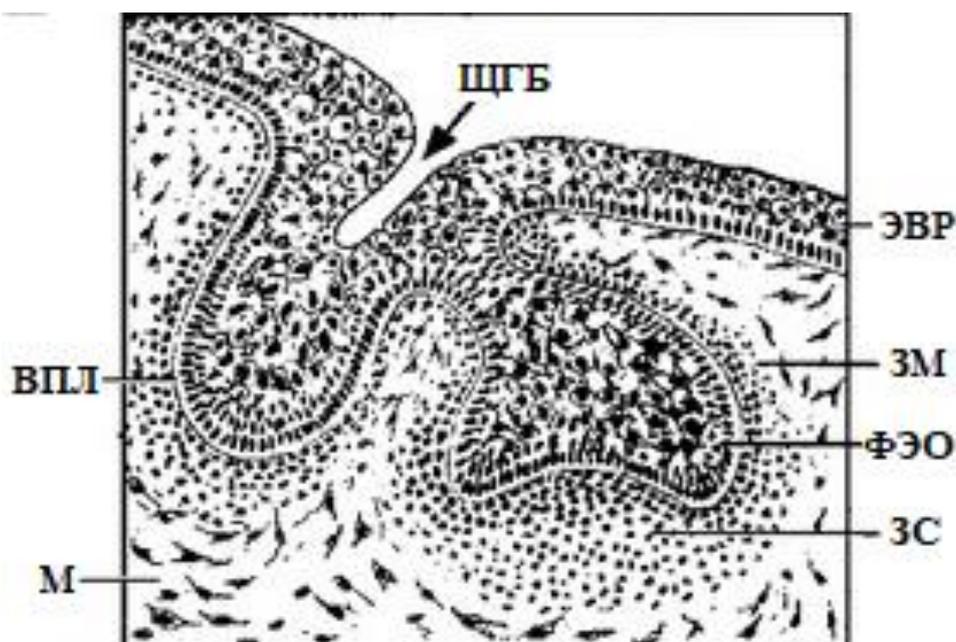


Рис. 34

Стерильным стеклянным шпателем провести с легким нажимом по нёбу или по деснам. При этом на кончике шпателя в капельке слюны окажутся слущенные клетки эпителия.

На препарате видны отдельно плавающие в жидкости плоские клетки, содержащие ядра.

Большая часть клеток – мертвые, так как они имеют сильно структурированное ядро. Так как поверхностные клетки покровного эпителия являются высокодифференцированными клетками, в которых затухают синтетические процессы, в их ядрах отсутствуют ядрышки или они очень мелкие.

2. Рассмотреть и зарисовать эритроциты лягушки (рис. 35).

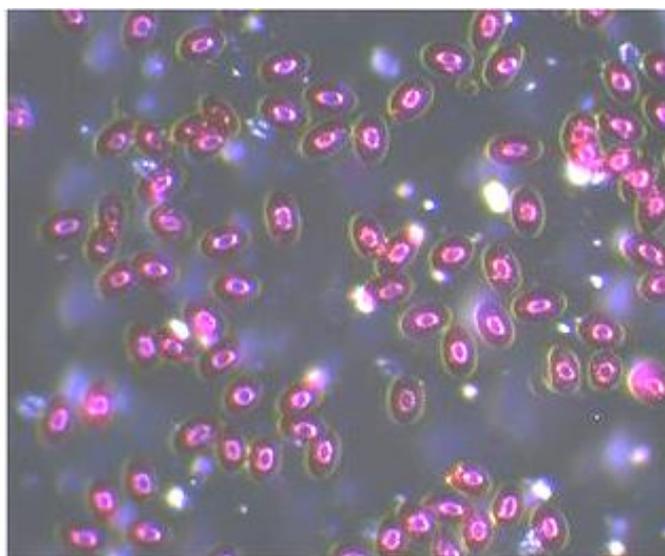


Рис. 35

Большинство клеток имеют овальную форму и овально-плотное ядро, окрашивающееся гематоксилином в сине-фиолетовый цвет. Цитоплазма этих клеток закрашивается эозином в оранжево-красный цвет за счет гемоглобина, растворенного в теле этой клетки.

3. Рассмотреть и зарисовать препарат всасывания жира в тонкой кишке (рис. 36).

На поперечном срезе видны ворсинки, выстланные высоким призматическим эпителием. Окрашенные осмием в черный цвет капли жира обнаруживаются в просвете кишечника и самих эпителиальных клетках. Отдельные жировые капли видны за пределами клеток эпителия в подлежащей рыхлой соединительной ткани ворсинки.

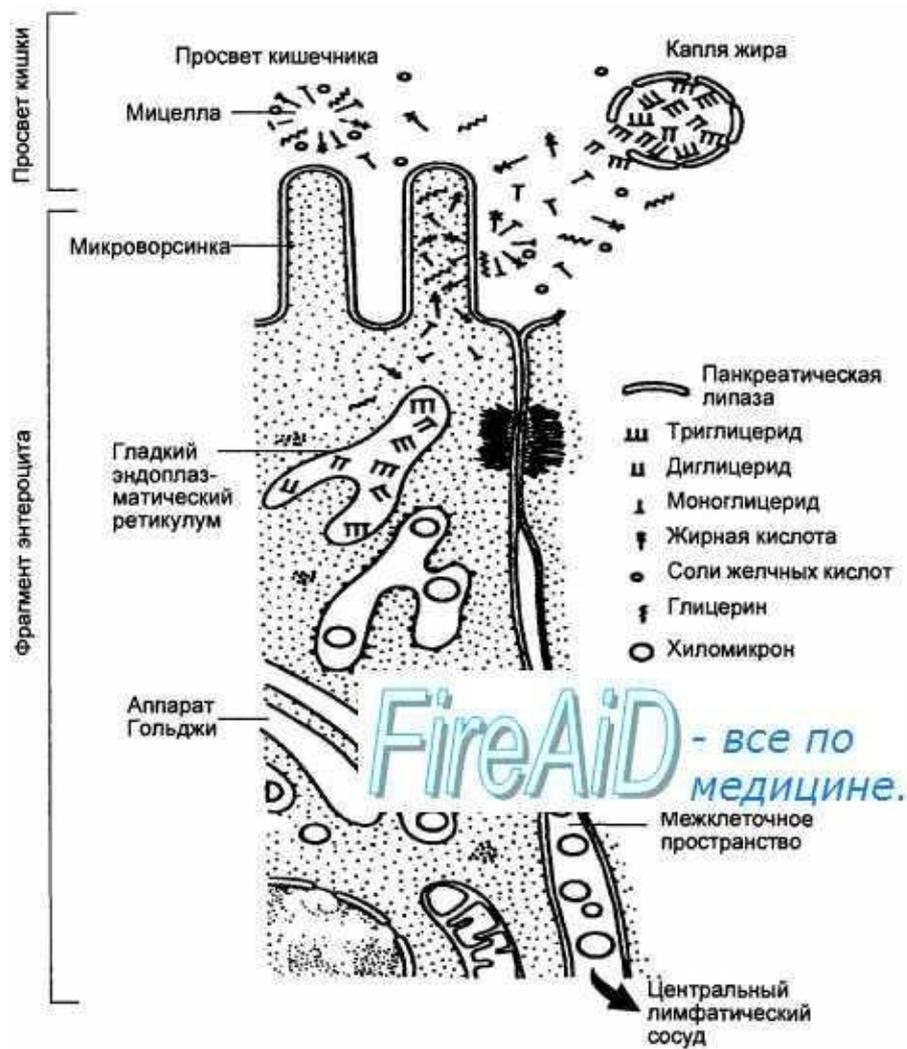


Рис. 36

4. Рассмотреть и зарисовать препарат фагоцитоза купферовских клеток (рис. 37).

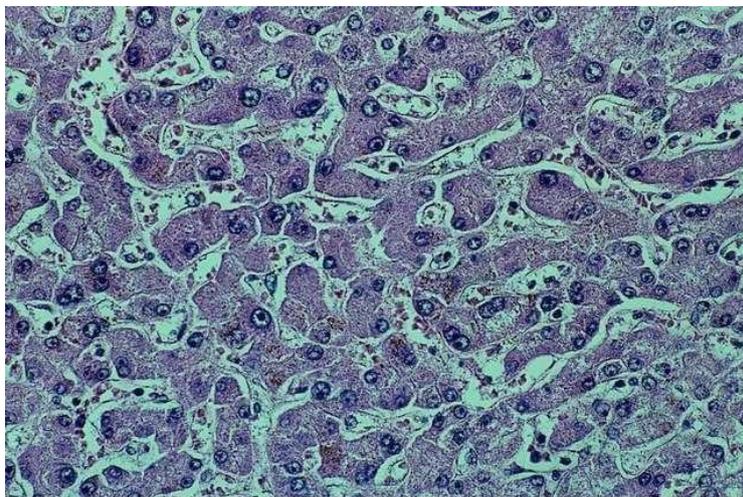


Рис. 37

На препарате видны клетки с крупными овальными ядрами; на фоне слабоокрашенных квасцовым кармином клеток четко выделяются меньшего размера и неправильной формы купферовские клетки. Они хорошо заметны благодаря наличию в их цитоплазме частиц черной туши.

### **Контрольные вопросы**

1. В результате какой диффузии в клетку поступают вода, аминокислоты, глюкоза?
2. Почему вещества, содержащиеся в клетке в более высокой концентрации, чем в окружающей среде, не покидают клетку?
3. Каким экспериментом можно доказать, что пиноцитоз не просто поглощение воды, а способ питания?
4. Какой способ поглощения питательных веществ оказывается более распространенным у животных клеток – пиноцитоз или фагоцитоз?
5. Какие клетки организма человека способны к фагоцитозу?
6. В чем заключается различие между экзоцитозом и эндоцитозом?
7. Что такое активный транспорт веществ?

### **Лабораторная работа № 8**

#### **УЛЬТРАСТРУКТУРА ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ, ЭПС, АППАРАТ ГОЛЬДЖИ, РИБСОМЫ, ЛИЗОСОМЫ**

**Оборудование и материалы:** микропрепараты (тигроид в нейронах спинного мозга; аппарат Гольджи в клетках спинно-мозгового узла кошки), электронная фотография аппарата Гольджи, электронная фотография лизосомы из клетки печени мыши, микрофотографии (гигантская полисома в клетке, зараженной вирусом полиомиелита; изолированные рибосомы бактерии кишечной палочки).

#### **Последовательность выполнения работы:**

Зарисовать тигроид, спинно-мозговые узелки кошки, лизосомы и рибосомы.

## 8.1. Теоретическая часть

**Цитоплазматическая мембрана** (рис. 38) – это тонкая структура, которая отделяет содержимое клетки от окружающей среды. Она состоит из двойного слоя липидов с белковыми молекулами толщиной примерно 75 ангстрем.

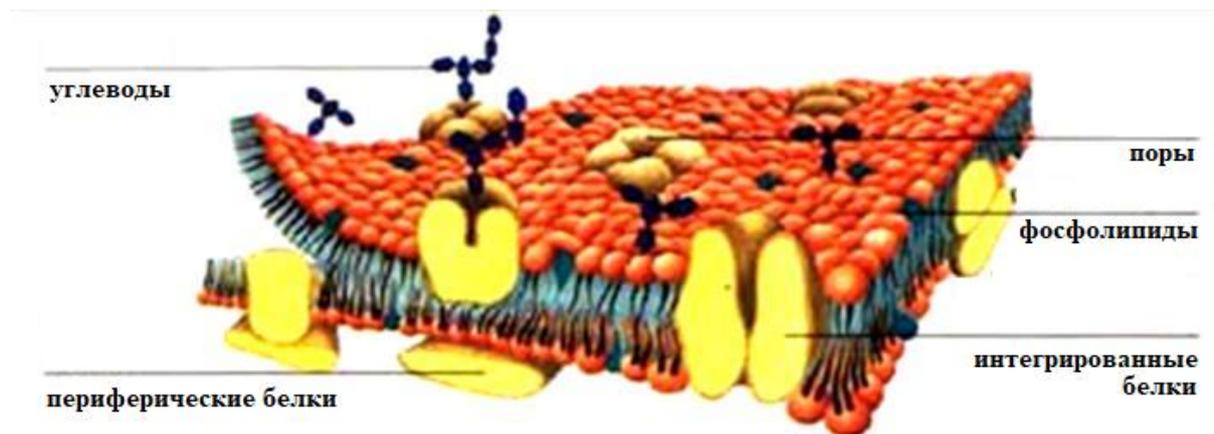


Рис. 38

Функции наружной цитоплазматической мембраны: 1) барьерная; 2) транспортная; 3) матричная; 4) механическая; 5) энергетическая; 6) рецепторная; 7) ферментативная; 8) осуществление генерации и проведения биопотенциалов.

Клеточная мембрана сплошная, но у нее имеются многочисленные складки, извилины и поры, что позволяет регулировать прохождение через нее веществ. Важное свойство биологических мембран – текучесть. Все клеточные мембраны представляют собой подвижные текучие структуры: большая часть составляющих их молекул липидов и белков способна достаточно быстро перемещаться в плоскости мембраны. Другое свойство мембран – их асимметрия: оба их слоя различаются по липидному и белковому составу, что отражает функциональные различия их поверхностей.

**Эндоплазматическая сеть** (рис. 39) – внутриклеточный органоид, представленный системой плоских цистерн, канальцев и пузырьков, ограниченных мембранами; обеспечивает главным образом передвижение веществ из окружающей среды в цитоплазму и между внутриклеточными структурами. Впервые ЭПС была выявлена в 1945 году американским ученым К. Портером путем электронной микроскопии.

Строение и количество элементов ЭПС зависят от функциональной активности клетки, стадии клеточного цикла и дифференцировки. Толщина мембран ЭПС 5 – 6 нм, ширина просвета между мембранами 70 – 500 нм. Различают два типа ЭПС – гранулярную, к мембранам которой прикреплены рибосомы, и агранулярную. Гранулярная ЭПС принимает участие в синтезе, агранулярная ЭПС – в синтезе и транспорте липидов, стероидов, в синтезе и распаде гликогена, в процессе нейтрализации различных токсических и лекарственных веществ. Обоим типам ЭПС свойственны накопление продуктов синтеза в просветах мембран и их транспортировка в зону комплекса Гольджи.

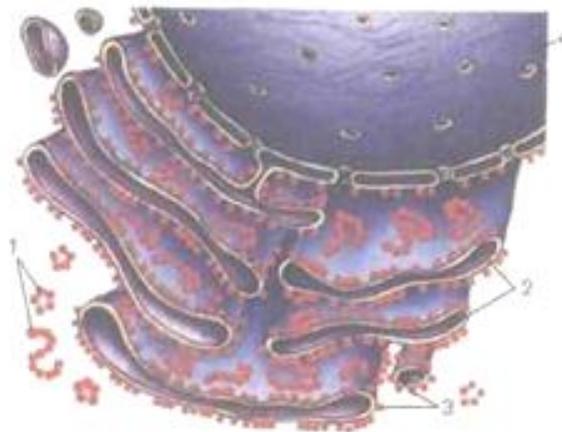


Рис. 39

Схема строения эндоплазматической сети (см. рис. 39):

- 1) свободные рибосомы;
- 2) полости;
- 3) рибосомы, прикрепленные к мембранам;
- 4) ядерная оболочка.

К мембранам эндоплазматической сети прикреплено большое число рибосом – мельчайших органоидов клетки. На рибосомах происходит синтез белков.

**Комплекс Гольджи.** Открыт в 1898 году в нервных клетках. Структурно-функциональная единица – диктиосома. В клетке содержится до 20 (редко – более) диктиосом. Область комплекса Гольджи практически лишена рибосом, в животных клетках она часто окружает центриоли. В секреторных клетках комплекс Гольджи располагается в апикальной части клетки, и в его состав входят формирующиеся секреторные гранулы. Функции комплекса Гольджи: модификация

белков – гликозилирование, сульфатирование, фосфорилирование, частичное расщепление полипептидных цепей, упаковка секретиремых продуктов в гранулы, синтез некоторых полисахаридов, формирование клеточной мембраны, образование лизосом. Белки поступают в комплекс Гольджи из гранулярной ЭПС в мембранных пузырьках. В комплексе Гольджи из них образуются сложные белки (липопротеиды, мукопротеиды, мукополисахариды). Транспорт пузырьков осуществляется с помощью микротрубочек. При делении клетки комплекс Гольджи распадается на отдельные диктиосомы, которые случайно распределяются между дочерними клетками.

**Лизосомы** – мембранные пузырьки, которые наполнены гидролитическими ферментами. Лизосомы (от греч. lysis – «разложение, растворение, распад» и soma – «тело») – это пузырьки диаметром 200 – 400 мкм. Имеют одномембранную оболочку, которая снаружи иногда бывает покрыта волокнистым белковым слоем. Содержат набор ферментов (кислых гидролаз), которые осуществляют при низких значениях рН гидролитическое (в присутствии воды) расщепление веществ (нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов). Основная функция – внутриклеточное переваривание различных химических соединений и клеточных структур. Выделяют первичные (неактивные) и вторичные лизосомы (в них протекает процесс переваривания). Вторичные лизосомы образуются из первичных. Они подразделяются на гетеролизосомы и аутолизосомы.

**Рибосома** (от «рибонуклеиновая кислота» и греч. soma – тело) – органоид, синтезирующий белки. Представляет собой сферическую частицу диаметром около 20 нм, состоящую из двух субъединиц, которые могут разъединяться и вновь объединяться. В клетках эукариот рибосомы формируются в ядрышке. Субъединицы рибосомы выходят из ядра в цитоплазму, и здесь завершается формирование полноценных рибосом. В цитоплазме рибосомы свободно находятся в цитоплазматическом матриксе (гиалоплазме) или прикрепляются к внешним мембранам ядра и *эндоплазматической сети*. Рибосомы на мембранах образуют комплексы – полирибосомы, которые синтезируют белки, поступающие через эндоплазматическую сеть в аппарат Гольджи. Количество рибосом в клетке зависит от интенсивности биосинтеза белка – их больше в клетках активно растущих тканей (меристем растений, зародышей и т. д.). В хлоропластах и митохондриях есть свои собственные мелкие рибосомы, они обеспечивают этим органоидам автономный (независимый от ядра) биосинтез белков.

Строение аппарата Гольджи и схема транспортировки проиллюстрированы на рис. 40.

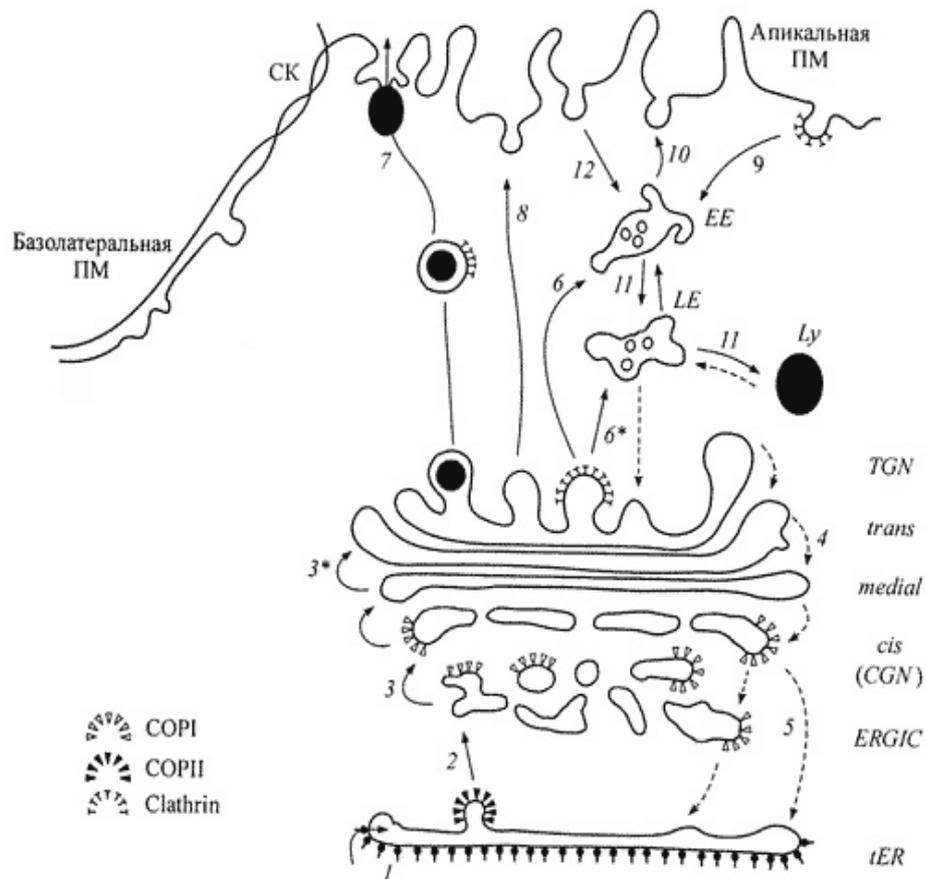


Рис. 40

## 8.2. Практическая часть

Необходимо зарисовать:

а) тигроид – ЭПС (рис. 41). Зарисовать фрагменты электронных микрофотографий, демонстрирующих ультраструктуру тигроидного вещества.

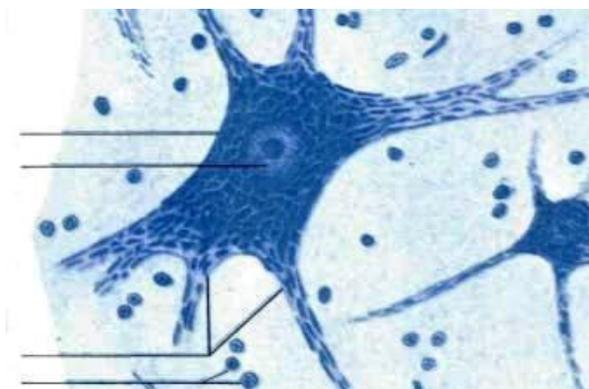


Рис. 41

На рис. 42 изображена ультраструктура глыбок тигроидного вещества нервной клетки. При зарисовке необходимо отметить каналы и пузырьки ЭПС и рибосомы;

б) спинно-мозговые узелки кошки – аппарат Гольджи (или диктиосомы). Следует познакомиться с ультраструктурой аппарата Гольджи.

Ультраструктура аппарата Гольджи – клетки гермафродитной железы *Helix pomatia* – показана на рис. 43. Параллельно расположенные мембраны образуют сферическую диктиосому, в зоне которой много мелких пузырьков;

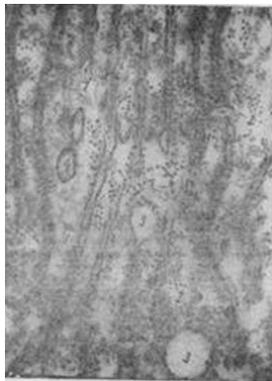


Рис. 42

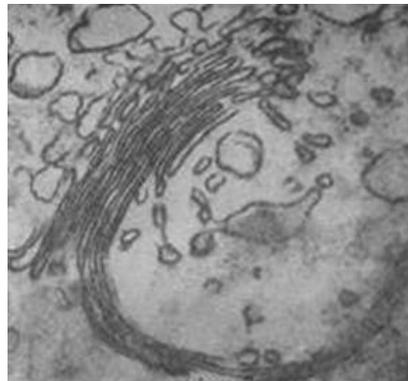


Рис. 43

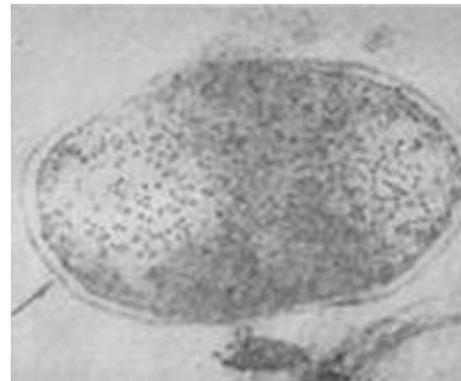


Рис. 44

в) лизосому. Лизосома из клетки печени мыши изображена на рис. 44;

г) рибосомы – рассмотреть все электронные микрофотографии, иллюстрирующие рибосомы.

Гигантская полисома в клетке, зараженной вирусом полиомиелита, изображена на рис. 45. Полисома рельефно выделяется благодаря примененному методу позитивного контраста. Электронная микрофотография изолированных рибосом бактерии кишечной палочки приведена на рис. 46. У рибосом хорошо различимы малая и большая субъединицы. Светлые булавовидные образования, видимые среди рибосом, – фаги, поразившие бактерию.



Рис. 45

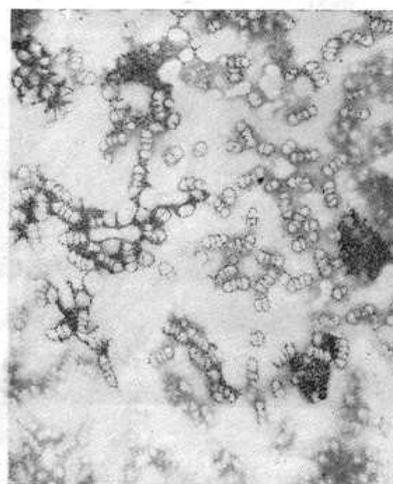


Рис. 46

### Контрольные вопросы

1. Имеется ли разница в ультраструктуре плазматической мембраны растительной и животной клеток?
2. Каким клеткам организма человека свойственны микроворсинки?
3. В каких клетках гранулярная ЭПС выявляется микроскопически и почему?
4. С какими структурами клетки связана локализация рибосом?
5. Какие клетки организма человека особенно богаты лизосомами и почему?
6. Какие органоиды общего назначения выполняют в клетке транспортную функцию?

### Лабораторная работа № 9

#### СТРОЕНИЕ МИТОХОНДРИЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ

**Оборудование и материалы:** микроскоп, постоянные микропрепараты – клетки кишечного эпителия аскариды; митохондрии инфузории; митохондрии амебы; мерцательный эпителий кишечника беззубки; ультраструктура жгутика.

#### Последовательность выполнения работы:

- 1) рассмотреть микропрепарат с клетками кишечного эпителия аскариды;

- 2) рассмотреть микропрепараты митохондрий инфузории и амёбы;
- 3) рассмотреть микропрепарат мерцательного эпителия кишечника беззубки;
- 4) рассмотреть микропрепарат ультраструктуры жгутика.

### 9.1. Теоретическая часть

**Митохондрии.** Животные клетки, являясь гетеротрофными, неспособны к непосредственному использованию солнечной энергии. В процессе эволюции они приспособились к извлечению энергии, заключенной в химических связях питательных веществ. При этом у них выработалось два способа извлечения этой энергии: эволюционно более древний гликолиз и окислительное фосфорилирование, иначе, клеточное дыхание. Клеточное дыхание и гликолиз в клетке пространственно разобщены: гликолиз совершается в гиалоплазме, а клеточное дыхание на митохондриях. Однако эти два процесса тесно связаны друг с другом.

При нормальной физиологической нагрузке все энергозатраты клетки покрываются за счет клеточного дыхания, и в этом случае гликолиз выступает лишь как подготовительная фаза расщепления углеводов до пировиноградной кислоты, которая поступает в цикл Кребса. Водород, отщепляемый от промежуточных продуктов цикла Кребса, поступает на митохондрии. Он служит тем субстратом, из которого клетка извлекает энергию в процессе дыхания.

Доминирование клеточного дыхания над гликолизом – эффект Пастера – имеет место до тех пор, пока клеточное дыхание компенсирует все энергозатраты клетки. Но при их дальнейшем возрастании подключается гликолиз, который в этом случае будет идти параллельно с дыханием и до конца, т. е. до образования молочной кислоты. Митохондриям отводится регулирующая функция в подключении гликолиза. При понижении уровня АТФ в митохондриях из них выделяются в гиалоплазму вещества, условно названные усиливающим фактором, который приводит в действие всю систему гликолитических ферментов и тем самым подключает гликолиз.

**Биологические формы движения.** Движение – наиболее очевидное проявление жизни. В постоянном движении находится гиалоплазма клетки, иногда приобретая строго направленное круговое течение

(циклоз), возможны самостоятельные движения большинства структур клетки: ядра, митохондрий, центриолей, хромосом, рибосом и т. д.

Разнообразны биологические формы движения, связанные с перемещением клеток и целых организмов в пространстве: амeboидное движение, при котором клетка может перемещаться любой частью своего тела, движение с помощью специальных органоидов (ресничек и жгутиков) и, наконец, самая совершенная форма – мышечное сокращение, осуществляемое специальными сократительными структурами – миофибриллами. Любая форма движения связана с сократимостью белков протоплазмы, молекулы которых претерпевают обратимые конформационные изменения. И, кроме того, все формы движения являются результатом прямого перехода химической энергии АТФ в механическую под действием АТФ-ной активности самих контрактильных белков.

## 9.2. Практическая часть

1. Рассмотреть микропрепарат с клетками кишечного эпителия аскариды, найти митохондрии, зарисовать:

- 1) ядро;
- 2) оболочку;
- 3) митохондрии.

2. Рассмотреть микропрепараты митохондрий инфузории и амeбы (рис. 47), зарисовать:

- 1) кристы;
- 2) тилакоиды.



Рис. 47

3. Рассмотреть микропрепарат мерцательного эпителия кишечника беззубки (рис. 48), зарисовать, отметить основные составляющие эпителия:

- 1) мерцательные клетки;
- 2) соединительную ткань;
- 3) вставочные клетки;
- 4) базальную мембрану.



Рис. 48

4. Рассмотреть микропрепарат ультраструктуры жгутика (рис. 49), зарисовать, отметить основные составляющие:

- 1) микротрубочки;
- 2) плазматическую мембрану;
- 3) цитоплазму.

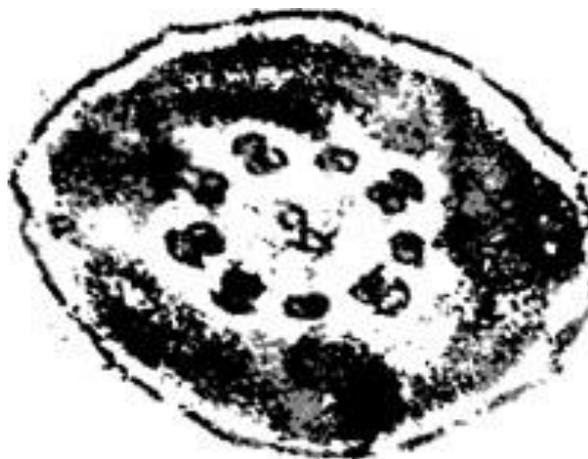


Рис. 49

## Контрольные вопросы

1. Какие организмы возникли на Земле раньше – гетеротрофы или автотрофы?
2. Назовите существующие способы освобождения клетками энергии.
3. Почему гликолиз, несмотря на низкую эффективность, сохранился у всех ныне существующих организмов?
4. В каких участках митохондрий совершается процесс фосфорилирования?
5. Какие формы биологического движения связаны с перемещением клетки в пространстве?
6. Какие структуры клетки способны к движению?
7. Какая форма биологического движения эволюционно наиболее древняя?
8. В чем сходство между амебоидным движением, движением с помощью ресничек, жгутиков и мышечным сокращением?
9. Чем отличаются органоиды специальные от органоидов общего назначения?

## Лабораторная работа № 10

### ЯДРО КЛЕТКИ, ХРОМАТИН, ЯДРЫШКО, ХРОМОСОМЫ, ЦЕНТРИОЛИ

**Оборудование и материалы:** микроскоп, предметные и покровные стекла; микропрепарат мазка крови человека; микропрепарат яйцеклетки лягушки; микропрепарат политенных хромосом клетки слюнной железы личинки комара; микропрепарат полового хроматина в нейроне кошки; микропрепарат тельца Барра в ядре эпителиальной клетки женщины; микропрепарат полового хроматина «барабанная палочка» в нейтрофильном лейкоците женщины.

#### **Последовательность выполнения работы:**

- 1) рассмотреть микропрепарат крови человека, зарисовать его;
- 2) рассмотреть микропрепарат, знакомящий с множественными ядрышками в овоцитах лягушки, зарисовать его;
- 3) рассмотреть микропрепарат политенных хромосом клетки слюнной железы личинки комара, зарисовать его;
- 4) рассмотреть микрофотографии, демонстрирующие половой хроматин в виде тельца Барра и барабанной палочки.

## 10.1. Теоретическая часть

**Ядро.** Ядро (рис. 50) имеется в клетках всех эукариот за исключением эритроцитов млекопитающих. У некоторых простейших имеется два ядра, но, как правило, клетка содержит только одно ядро. Ядро обычно принимает форму шара или яйца; по размерам (10 – 20 мкм) оно является самой крупной из органелл. Ядро отграничено от цитоплазмы ядерной оболочкой, которая состоит из двух мембран (наружной и внутренней), имеющих такое же строение, как и плазматическая мембрана. Между ними находится узкое пространство, заполненное полужидким веществом. Через множество пор в ядерной оболочке осуществляется обмен веществ между ядром и цитоплазмой (в частности, выход И-РНК в цитоплазму). Внешняя мембрана часто бывает усеяна рибосомами, синтезирующими белок.

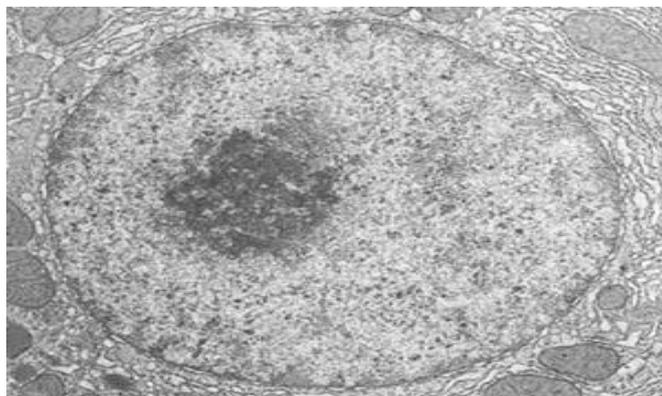


Рис. 50

Под ядерной оболочкой находится кариоплазма (ядерный сок), в которую поступают вещества из цитоплазмы. Кариоплазма содержит хроматин – вещество, несущее ДНК, и ядрышки. Ядрышко – это округлая структура внутри ядра, в которой происходит формирование рибосом.

Совокупность хромосом, содержащихся в хроматине, называют хромосомным набором. Число хромосом в соматических клетках диплоидное ( $2n$ ), в отличие от половых клеток, имеющих гаплоидный набор хромосом ( $n$ ).

Важнейшая функция ядра – сохранение генетической информации. При делении клетки ядро также делится надвое, а находящаяся в нем ДНК копируется (реплицируется). Благодаря этому у всех дочерних клеток также имеются ядра.

**Ядрышко.** Ядрышко находится внутри ядра и не имеет собственной мембранной оболочки, однако хорошо различимо под световым и электронным микроскопом. Основная функция ядрышка – синтез рибосом. В геноме клетки имеются специальные участки, так называемые **ядрышковые организаторы**, содержащие гены рибосомной РНК (рРНК), вокруг которых и формируются ядрышки. В ядрышке происходит синтез РНК (рРНК) полимеразой I, ее созревание, сборка рибосомных субчастиц, локализуются белки, принимающие участие в этих процессах. Некоторые из этих белков имеют специальную последовательность – сигнал ядрышковой локализации (NoLS, от англ. *Nucleolus Localization Signal*). Следует отметить, что самая высокая концентрация белка в клетке наблюдается именно в ядрышке. В этих структурах было локализовано около 600 видов различных белков, причем считается, что лишь небольшая их часть действительно необходима для осуществления ядрышковых функций, а остальные попадают туда неспецифически.

Под электронным микроскопом в ядрышке выделяют несколько субкомпартов. Так называемые **фибрилярные центры** окружены участками **плотного фибриллярного компонента**, где и происходит синтез рРНК. Снаружи от плотного фибриллярного компонента расположен **гранулярный компонент**, представляющий собой скопление созревающих рибосомных субчастиц.

**Хромосомы.** Хромосомы (рис. 51) являются обязательной структурой ядра. Однако они выявляются микроскопически не во все периоды жизненного цикла клетки. В интерфазе хромосомы деспирализованы и поэтому видны как глыбки хроматина. Конденсируясь и спирализуясь во время митоза, они становятся хорошо заметными, особенно в метафазе и анафазе.

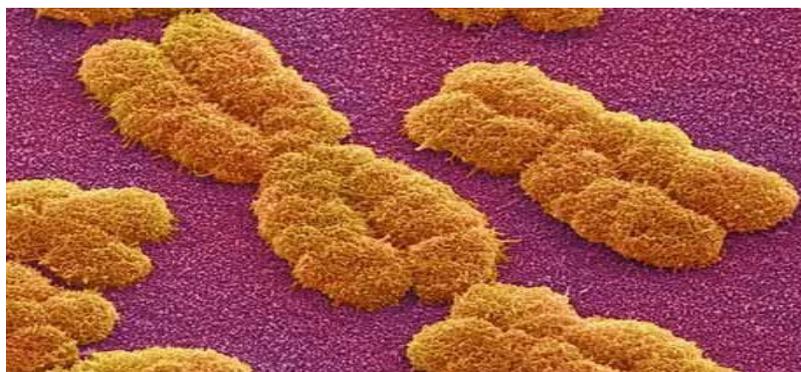


Рис. 51

Каждый вид растений и животных обладает своим кариотипом, т. е. определенным числом хромосом с определенной морфологией и величиной. Морфологическая классификация хромосом основана на локализации первичной перетяжки, которая делит хромосому на два плеча. В соответствии с этим различают метацентрические, или равноплечные, хромосомы, субметацентрические, если одно плечо несколько больше другого, и акроцентрические, когда разница в длине плеч очень велика. Некоторые хромосомы имеют вторичную перетяжку, соединяющую ее со спутником. В этом случае хромосома называется спутничной.

**Хроматин.** Огромная длина молекул ДНК эукариот предопределила появление специальных механизмов хранения, репликации и реализации генетического материала. Хроматином называют молекулы хромосомной ДНК в комплексе со специфическими белками, необходимыми для осуществления этих процессов. Основную массу составляют «белки хранения», так называемые гистоны. Из этих белков построены **нуклеосомы** – структуры, на которые намотаны нити молекул ДНК. Нуклеосомы располагаются довольно регулярно, так что образующаяся структура напоминает бусы. Нуклеосома состоит из белков четырех типов: Н2А, Н2В, Н3 и Н4. В одну нуклеосому входят по два белка каждого типа – всего восемь белков. Гистон Н1, более крупный, чем другие гистоны, связывается с ДНК в месте ее входа на нуклеосому. Нуклеосома вместе с Н1 называется **хроматосомой**.

Нить ДНК с нуклеосомами образует нерегулярную соленидоподобную структуру толщиной около 30 нанометров, так называемую **30-нанометровую фибриллу**. Дальнейшая упаковка этой фибриллы может иметь различную плотность. Если хроматин упакован плотно, его называют **конденсированным**, или **гетерохроматином**, он хорошо виден под микроскопом. ДНК, находящаяся в гетерохроматине, не транскрибируется, обычно это состояние характерно для незначущих или молчащих участков. В интерфазе гетерохроматин обычно располагается по периферии ядра (пристеночный гетерохроматин). Полная конденсация хромосом происходит перед делени-

ем клетки. Если хроматин упакован неплотно, его называют *эу-* или *интерхроматином*. Этот вид хроматина гораздо менее плотный при наблюдении под микроскопом и обычно характеризуется наличием транскрипционной активности. Плотность упаковки хроматина во многом определяется модификациями гистонов – ацетилированием и фосфорилированием. Считается, что в ядре существуют так называемые *функциональные домены хроматина* (ДНК одного домена содержит приблизительно 30 тыс. пар оснований), т. е. каждый участок хромосомы имеет собственную «территорию». К сожалению, вопрос пространственного распределения хроматина в ядре изучен пока недостаточно. Известно, что теломерные (концевые) и центромерные (отвечающие за связывание сестринских хроматид в митозе) участки хромосом закреплены на белках ядерной ламины.

*Ядерная оболочка, ядерная ламина и ядерные поры (кариолемма)*. От цитоплазмы ядро отделено ядерной оболочкой, образованной из-за расширения и слияния друг с другом цистерн эндоплазматической сети таким образом, что у ядра образовались двойные стенки за счет окружающих его узких компартментов. Полость ядерной оболочки называется *люменом*, или *перинуклеарным пространством*. Внутренняя поверхность ядерной оболочки подстилается ядерной *ламиной* – жесткой белковой структурой, образованной белками-ламинами, к которой прикреплены нити хромосомной ДНК. Ламины прикрепляются к внутренней мембране ядерной оболочки при помощи заякоренных в ней трансмембранных белков – *рецепторов ламинов*. В некоторых местах внутренняя и внешняя мембраны ядерной оболочки сливаются и образуют так называемые ядерные поры, через которые происходит материальный обмен между ядром и цитоплазмой. Пора не является дыркой в ядре, а имеет сложную структуру, организованную несколькими десятками специализированных белков – нуклеопоринов. Под электронным микроскопом она видна как восемь связанных между собой белковых гранул с внешней и столько же с внутренней стороны ядерной оболочки.

**Ядерный матрикс.** Ядерным матриксом некоторые исследователи называют нерастворимый внутриядерный каркас. Считается, что матрикс построен преимущественно из негистоновых белков, формирующих сложную разветвленную сеть, сообщающуюся с ядерной ламиной. Возможно, ядерный матрикс принимает участие в формировании функциональных доменов хроматина. В геноме клетки имеются специальные незначащие А-Т-богатые **участки прикрепления к ядерному матриксу** (англ. *S/MAR – Matrix/Scaffold Attachment Regions*), служащие, как предполагается, для заякоривания петель хроматина на белках ядерного матрикса. Впрочем, не все исследователи признают существование ядерного матрикса.

**Центриоль** (от лат. *centrum*, греч. *kentron* – срединная точка, центр) – органоид клеток животных и некоторых растений. Впервые описан В. Флеммингом в 1875 году. Центриоли могут входить в состав митотического аппарата клетки. В диплоидной клетке содержатся две пары центриолей, в каждой паре – диплосоме – одна центриоль зрелая, материнская, другая – незрелая, дочерняя – уменьшенная копия материнской. Удвоение центриоли происходит в синтетическом периоде митотического цикла или после него. Дочерняя центриоль образуется рядом с материнской путем самосборки. В профазе митоза диплосомы расходятся к полюсам клетки, и вблизи от них формируются микротрубочки веретена. Но центры организации микротрубочек могут и не иметь центриолей, например в клетках высших растений, некоторых грибов и водорослей, у ряда простейших. Функции центриоли в делении клетки неясны. В неделящихся клетках центриоли часто располагаются вблизи аппарата Гольджи, нередко рядом с ядром. В полиплоидной клетке число центриолей соответствует числу хромосомных наборов, в политенных клетках центриоли утрачиваются. Каждая центриоль имеет форму полого цилиндра длиной около 0,3 – 0,5 мкм и шириной 0,15 мкм, построенного из девяти триплетов микротрубочек. Центриоль окружена тонковолокнистым матриксом. Такие же по строению центриоли образуют базальные тельца ресничек и жгутиков во многих животных клетках, у простейших и в зооспорах водорослей, мхов, низших грибов.

На рис. 52 изображены центриоли в клетке культуры ткани (почка эмбриона свиньи) в метафазе: М – материнская центриоль; Д – дочерняя центриоль; мт – микротрубочки веретена; тр – триплеты центриоли; с – связки между триплетами.

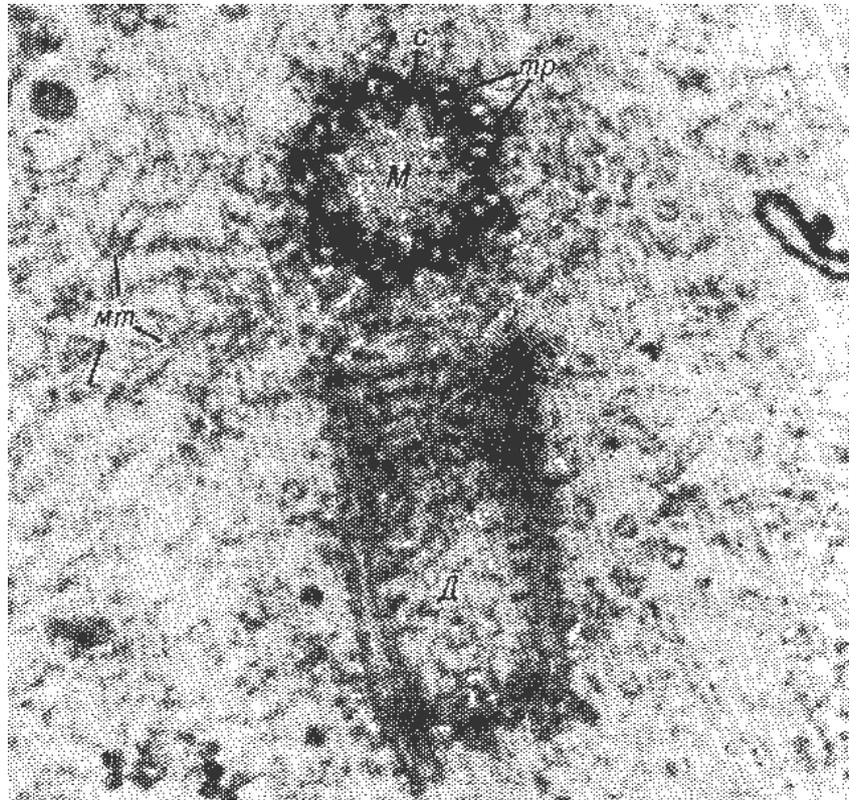


Рис. 52

**Половой хроматин.** Половой хроматин, как правило, свойственен клеткам женских организмов и отсутствует у мужских индивидумов. Его наличие связано с тем, что одна из двух имеющихся в ядре X-хромосом в интерфазе не деспирализуется, а остается в гетеропикнотическом состоянии. Оставаясь спирализованной, она выявляется микроскопически в виде небольшого образования – тельца Барра или в виде так называемой барабанной палочки.

При некоторых патологических состояниях тельца Барра выявляются и у мужчин. Это связано с дисбалансом половых хромосом и, в частности, с появлением дополнительных X-хромосом и в кариотипе мужчин.

Тельца Барра в клетках женщин могут быть множественными при наличии в их кариотипе более двух половых хромосом, и они отсутствуют, если X-хромосома будет одна.

## 10.2. Практическая часть

Рассмотреть и зарисовать следующие микропрепараты:

а) мазок крови человека (рис. 53). Видимые органеллы клетки:

- 1) ядра малых и средних лимфоцитов;
- 2) ядро моноцита;
- 3) ядра зернистых лейкоцитов;

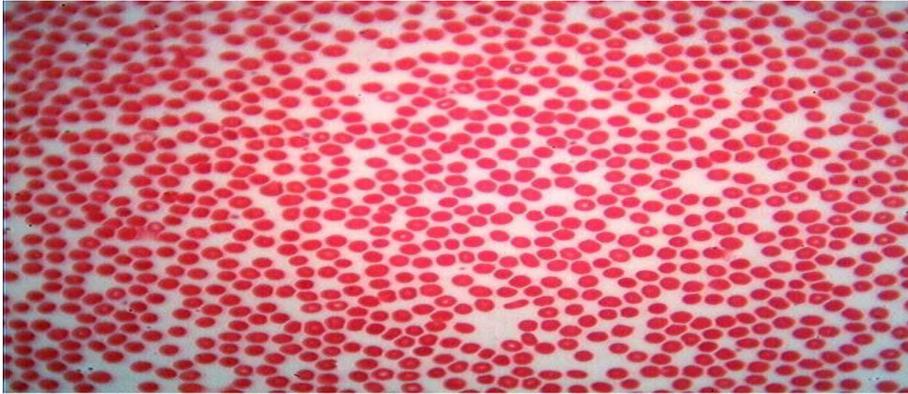


Рис. 53

б) яйцеклетку лягушки (рис. 54). Видимые органеллы клетки:  
множественность ядрышек в ядрах овоцитов лягушки;

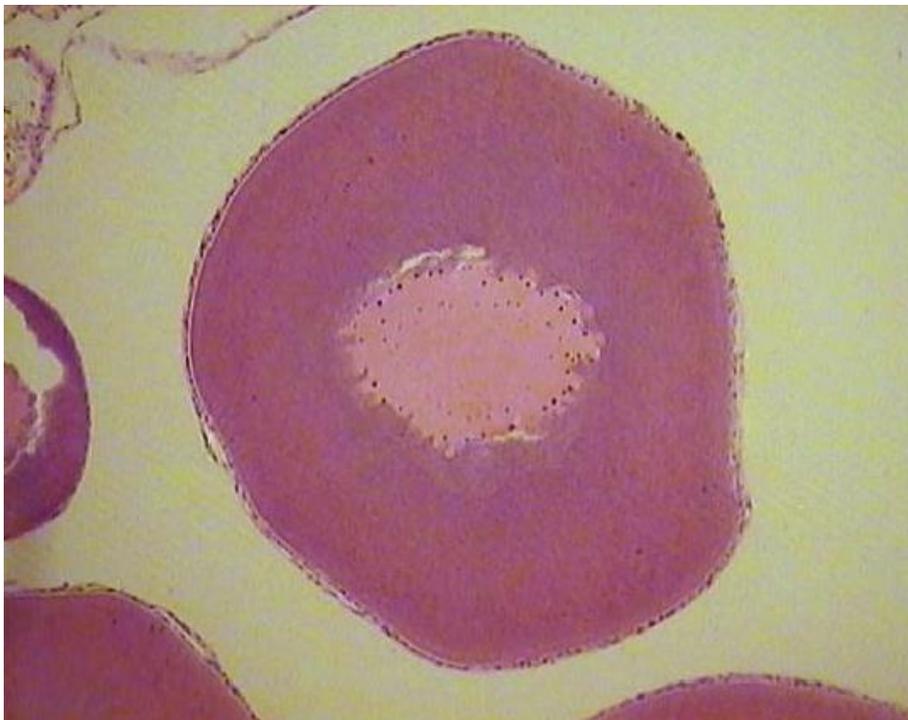


Рис. 54

в) политенные хромосомы клетки слюнной железы личинки комара (рис. 55). Видимые органеллы клетки: политенные хромосомы;

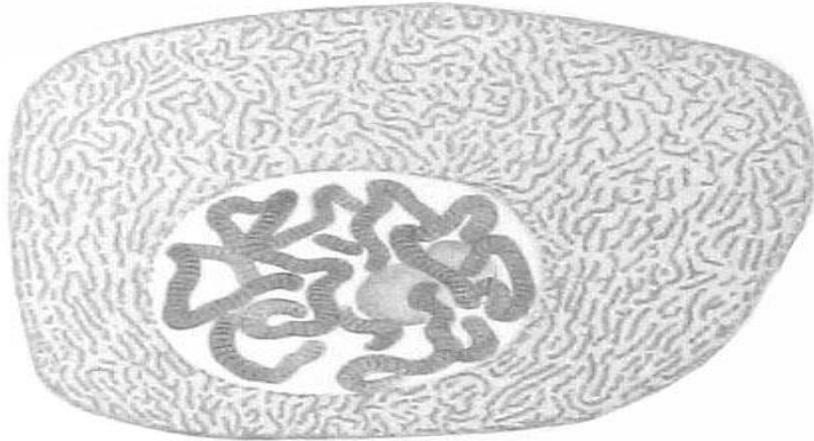


Рис. 55

г) половой хроматин в нейроне кошки (рис. 56). Видимые органеллы клетки:

- 1) цитоплазма;
- 2) ядро;
- 3) ядрышко;
- 4) тельце Барра;

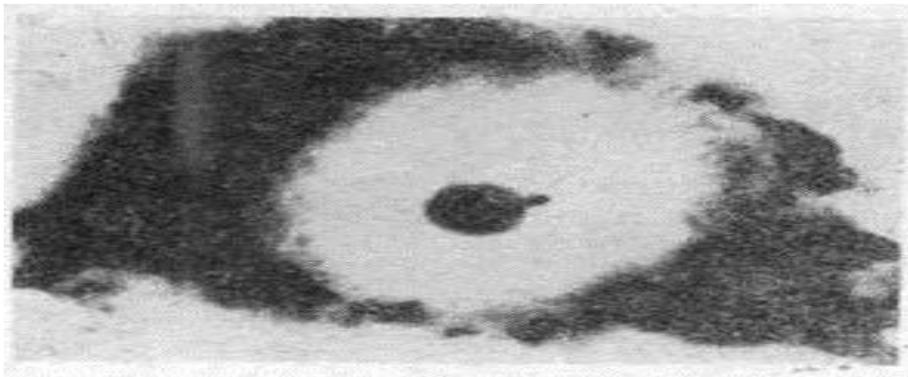


Рис. 56

д) тельце Барра в ядре эпителиальной клетки женщины (рис. 57). Видимые органеллы клетки:

- 1) тельце Барра;
- 2) хроматин;
- 3) половой хроматин;



Рис. 57

е) половой хроматин – «барабанная палочка» в нейтрофильном лейкоците женщины (рис. 58). Видимые органеллы клетки:

- 1) нейтрофил;
- 2) половой хроматин.

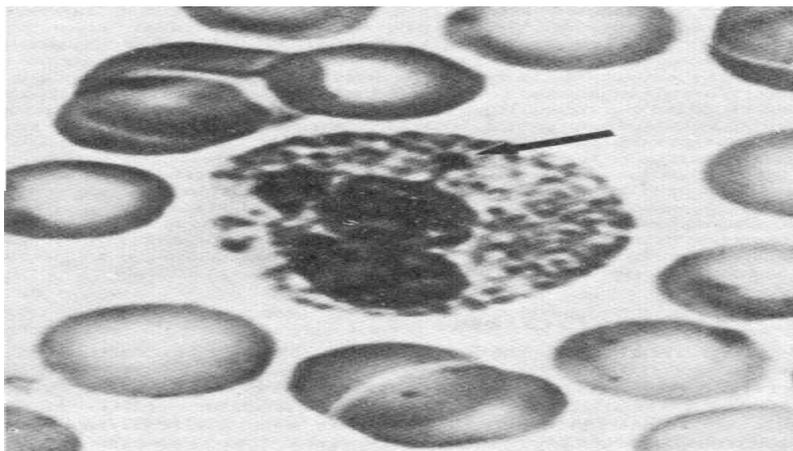


Рис. 58

### Контрольные вопросы

1. Является ли ядро органоидом клетки?
2. Есть ли разница между кариоплазмой и кариолимфой?
3. Почему хромосомы микроскопически не выявляются в интерфазном ядре?
4. Каково число хромонем в профазной хромосоме?
5. Сколько хромонем содержит телофазная хромосома?
6. Чем отличается политенная хромосома от обычной?
7. Какова природа полового хроматина?

## Лабораторная работа № 11

### ВИДЫ КЛЕТОЧНОГО ДЕЛЕНИЯ: МИТОЗ, МЕЙОЗ, АМИТОЗ

**Оборудование и материалы:** микроскоп, микропрепараты, микрофотографии, электронные микрофотографии.

**Последовательность выполнения работы:**

- 1) рассмотреть микропрепараты и фотографии, иллюстрирующие различные формы клеточного деления;
- 2) зарисовать все стадии митоза животной и растительной клеток, сделав соответствующие обозначения. Провести сравнение митоза растительной и животной клеток, указать имеющиеся различия;
- 3) зарисовать последовательные этапы амитоза по любому из предложенных препаратов.

#### 11.1. Теоретическая часть

Одно из положений клеточной теории гласит: все клетки возникают из себе подобных в результате их деления. Делятся клетки как прокариотические, так и эукариотические. Деление клеток играет большую роль в сохранении жизни на Земле, так как обеспечивает рост популяций одноклеточных, рост, размножение и развитие многоклеточных организмов. Деление лежит в основе процессов регенерации – замещения отмерших и погибших клеток.

Эукариотическим клеткам свойственны митоз с его разновидностями и амитоз, или прямое деление.

Наиболее распространенная форма клеточного деления – митоз. При нем обеспечивается сохранение постоянства числа хромосом и постоянство генотипа. Образуются дочерние генетически равноценные клетки. Это достигается благодаря предшествующей репликации хромосомного материала и особому механизму распределения хромосом между дочерними клетками.

Наряду с обычным митозом у растений и животных встречается его разновидность – эндомиоз, иначе, эндорепродукция. При эндомиозе сохраняется репликация хромосомного материала и, в частности, репликация ДНК, но выпадает одна из фаз митотического цикла. Это приводит к тому, что материнская клетка не делится на две дочерние. В результате в клетке происходит кратное увеличение числа хромосом – полиплоидия, или хромосомы становятся политенными, т. е. оказываются состоящими из большого числа хромонем.

Для всех организмов, которые размножаются половым путем, характерна еще одна форма клеточного деления – мейоз. При мейозе не сохраняется постоянство числа хромосом, а имеет место редукция, т. е. уменьшение их числа вдвое. Она приводит к уменьшению генетической разнородности, так как дочерние клетки получают не пары гомологичных хромосом, а лишь отдельных партнеров из этих пар. Тем самым они лишаются аллельных генов. Но, с другой стороны, при мейозе имеет место кроссинговер – обмен между гомологичными хромосомами определенными участками, что служит, в свою очередь, известным источником генетической разновидности.

**Амитоз** – довольно редкая форма клеточной репродукции. Ее своеобразие заключается в том, что клетка делится, не прерывая своих функций, находясь, по существу, в интерфазе. При этом хромосомы, будучи деспирализованными, микроскопически не выявляются. Разделение клетки на дочерние совершается путем образования перетяжек на ядрышке и ядре. Цитотомия наблюдается не всегда, что приводит к возникновению многоядерных клеток. Поскольку репликация хромосомного материала имеет место не во всех случаях, появляются клетки с ядрами различной ploidy.

**Митоз** (от греч. *mítos* – нить) – кариокинез, непрямое деление клетки – наиболее распространенный способ воспроизведения (репродукции) клеток, обеспечивающий тождественное распределение генетического материала между дочерними клетками и преемственность хромосом в ряду клеточных поколений.

Стадии митоза: профазы, метафазы, анафазы и телофазы.

В профазе происходят реорганизация ядра с конденсацией и спирализацией хромосом, разрушение ядерной оболочки и формирование митотического аппарата путем синтеза белков и «сборки» их в ориентированную систему веретена деления клетки. Метафаза заключается в движении хромосом к экваториальной плоскости (метакинез, или прометафаза), формировании экваториальной пластинки («материнской звезды») и разъединении хроматид, или сестринских хромосом. Анафаза – стадия расхождения хромосом к полюсам. Анафазное движение связано с удлинением центральных нитей веретена, раздвигающего митотические полюсы, и с укорочением хромосомальных микротрубочек митотического аппарата. Удлинение центральных нитей веретена происходит либо за счет поляризации «запасных» макромолекул, достраивающих микротрубочки веретена, либо за счет дегидратации этой структуры. Укорочение хромосомальных микротру-

бочек обеспечивается свойствами сократительных белков митотического аппарата, способных к сокращению без утолщения. Телофаза заключается в реконструкции дочерних ядер из хромосом, собравшихся у полюсов, разделении клеточного тела (цитотомия, цитокинез) и окончательном разрушении митотического аппарата с образованием промежуточного тельца.

## 11.2. Практическая часть

1. Рассмотреть и зарисовать митоз клетки в корешке лука (рис. 59).

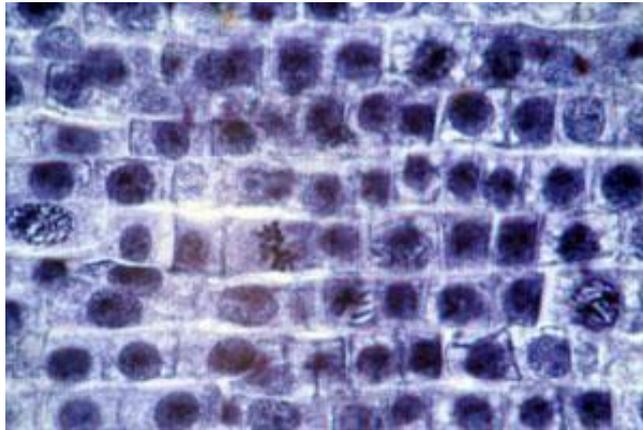


Рис. 59

2. Митоз в дробящихся яйцеклетках аскариды показан на рис. 60. На нем цифрами отмечены следующие элементы: 1 – хромосомы, 2 – центриоли, 3 – сияние вокруг центриолей, 4 – веретено, 5 – оболочка яйцеклетки. Зарисовать.

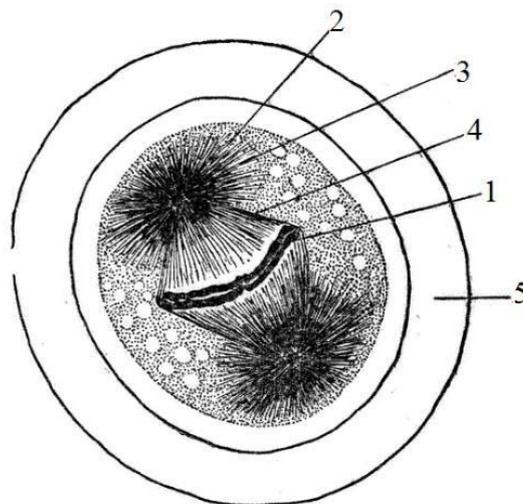


Рис. 60

3. Зарисовать амитоз клеток эпителия мочевого пузыря мыши, проиллюстрированный поэтапно на рис. 61 – 63.

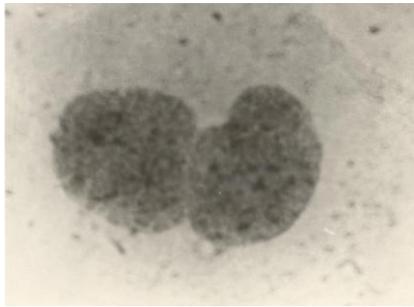


Рис. 61



Рис. 62

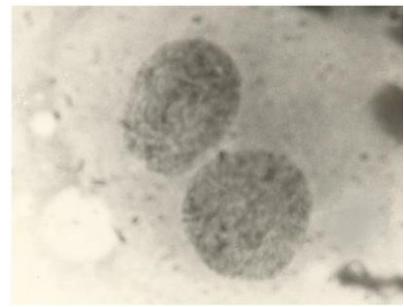


Рис. 63

### **Контрольные вопросы**

1. Какая форма клеточного деления наиболее распространена?
2. Каково назначение интерфазы, предшествующей делению клетки?
3. В чем отличие мейоза от митоза?
4. В чем сущность кроссинговера, каково его значение?
5. Чем объясняется суточная ритмика митозов?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Гистология

1. *Иглина, Н. Г.* Гистология : учеб. для высш. педагог. проф. образования по направлению «Педагогическое образование», профиль «Биология» / Н. Г. Иглина. – М. : Академия, 2011. – 222 с. – ISBN 978-5-7695-4595-5.

2. *Самусев, Р. П.* Анатомия и гистология человека : энцикл. слов. / Р. П. Самусев. – М. : Рипол Классик, 2008. – 783 с. – ISBN 978-5-386-00462-0.

3. *Хржановский, В. Г.* Курс общей ботаники. Цитология, гистология, органография, размножение : учеб. для высш. с.-х. учеб. заведений / В. Г. Хржановский. – М. : Высш. шк., 1976. – 272 с.

### Цитология

4. Практические работы по курсу «Цитология» : метод. разработ. для студентов / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых ; сост. Л. С. Скрипченко. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2013. – 48 с.

5. *Быков, В. Л.* Цитология и общая гистология (функциональная морфология клеток и тканей человека) : учеб. для студентов мед. ин-тов / В. Л. Быков. – СПб. : Сотис, 2003. – 520 с. – ISBN 5-85503-080-6.

6. *Стволинская, Н. С.* Цитология : учеб. для бакалавров по направлению подгот. «Педагогическое образование», профиль «Биология» / Н. С. Стволинская. – М. : Прометей, 2012. – 237 с. – ISBN 978-5-7042-2354-2.

7. *Верещагина, В. А.* Основы общей цитологии : учеб. пособие для студентов вузов / В. А. Верещагина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2007. – 176 с.

8. *Плышевская, Е. В.* Основы цитологии : метод. разработка для слушателей подгот. отд-ния / Е. В. Плышевская. – Владимир : ВГПУ, 2006. – Ч. 2. – 36 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Способы приготовления гистологических и цитологических препаратов относятся к категории микроскопической техники. Существует очень много методов, позволяющих на постоянных или временных препаратах рассмотреть различные органеллы, включения в клетку растений и животных.

Часто гистологический или цитологический препарат представляет из себя мазок или отпечаток ткани (крови, взвеси клеток и т. д.), тотальный препарат, давленный препарат (корешки растений при рассмотрении в них процессов митоза), а также срезы различных тканей и клеток.

Студентам необходимо ознакомиться с элементарными приемами приготовления и окраски, например мазков крови, а также тотальных неокрашенных препаратов растений, срезов тканей растений и животных с их последующей окраской.

Препараты по гистологии и цитологии бывают постоянными и временными. Постоянный препарат представляет из себя убитые и окрашенные клетки, а на временных могут находиться живые клетки или находящиеся в состоянии паранекроза. Эти препараты изготавливают на предметных стеклах, которые покрывают тонкими покровными стеклами (0,17 – 0,20 мм), и рассматривают структуры препаратов как при малом, так и при большом увеличении микроскопа.

Методы приготовления постоянных препаратов предусматривают несколько этапов обработки. Это фиксация клеток, обезвоживание и заливка в парафин.

### **I. Фиксация клеток и тканей**

При фиксации клеток в постоянном препарате необходимо, чтобы клетка была убита, так как может произойти автолиз или гетеролиз клеток. Убитая клетка за счет использования фиксирующего вещества должна сохранить наживную структуру в максимальной сте-

пени. Хотя сохранить наживную структуру клеток очень сложно, поскольку гибель клетки сопровождается значительными конформационными изменениями белков, а также осаждением ряда веществ из раствора и т. д.

Необходимо кроме фиксации осадить и связать имеющиеся в клетке вещества и структуры, чтобы они были недоступными для извлечения или разрушения при дальнейшей обработке ткани. Фиксирующий материал должен повышать способность структур клетки или ткани принимать гистологический краситель и усиливать разницу в показателях преломления клеточных компонентов, а это дает возможность рассматривать фиксированный препарат и без окраски.

## **Фиксирующие смеси и красители для обработки препаратов**

### ***1. Формалин***

Формалин – это 40%-ный водный раствор формальдегида. Обладает резким запахом и может вызывать раздражение слизистой оболочки дыхательных путей (рекомендуется работать с ним под тягой).

Используется для фиксации клеток при изучении их морфологии и рассмотрении в них жиров, гликогена. Формалин может быть использован в сложных фиксирующих смесях.

### ***2. Этанол***

Этиловый спирт может использоваться для фиксации в чистом виде, но очень редко, так как сморщивает и уплотняет ткани, а также денатурирует белки. Этанолом гликоген осаждается, а жиры растворяются. Спирт быстро проникает в ткани, при этом отнимает воду.

### ***3. Четырехокись осмия***

Для общецитологического исследования четырехокись осмия считается одним из лучших фиксаторов. Условие для фиксации – быстрое погружение в фиксирующую смесь, объем при этом должен быть в 50 – 100 раз больше, чем объект.

Мазки и отпечатки после фиксации можно подсушить и рассматривать без покровного стекла в капле иммерсионного масла.

#### ***4. Фиксатор Навашина***

Используется для растительных объектов. Обладает способностью быстро проникать в ткани, консервирует и уплотняет их. В состав фиксатора входит ледяная уксусная кислота – 1 ч.; 40%-ный формалин – 4 ч.; 1%-ная хромовая кислота – 10 ч.

#### ***5. Фиксатор Левицкого***

Употребляется при исследовании растительных клеток, позволяет сохранить митохондрии.

Состав: 1%-ная хромовая кислота – 3 ч.; 10%-ный формалин – 17 ч.

#### ***6. Ядерные красители***

«Основные» – азуран А и В, метиленовый синий, метиленовый зеленый; «Протравные» красители – гематоксилин, кармин, ализарин.

#### ***7. Приготовление мазков крови и окраска гематоксилином и эозином***

На обезжиренное, чистое предметное стекло наносится капля свежей крови поблизости от края и делается мазок (для этого к капле на столе прикладываются ребром другие предметные стекла под углом 30°). При соприкосновении стекла с каплей кровь растекается на границе двух стекол и размазывается ровной полоской. Подсушивают мазок на воздухе и фиксируют 10 – 20 мин в метиловом спирте. Мазок окрашивают гематоксилином Бемера, а затем 0,1%-ным раствором эозина.

#### ***8. Светлый зеленый***

Этот препарат используется для докраски цитоплазмы клеток (0,10%-ный раствор красителя на дистиллированной воде), окрашивается 30 – 60 с.

#### ***9. Реакция на крахмал***

Реактив на крахмал – это раствор йода в водном растворе йодида калия; дает сине-фиолетовое окрашивание препарата. В небольшом количестве воды производят растворение 0,5 г йодида калия, добавляют 1 г кристаллического йода и прибавляют воды до 100 см<sup>3</sup>.

На предметное стекло наносят препарат, каплю раствора и накрывают покровным стеклом: реакция происходит моментально и окрашивает крахмал в сине-фиолетовый цвет.

#### ***10. Реакция на одревесневшую клетчатку***

Быстродействующий реактив – серноокислый анилин – даст с ней желтое окрашивание (1 г серноокислого анилина растворяют в 100 см<sup>3</sup> воды и прибавляют к раствору 5 капель серной кислоты). Срезы помещают в реактив и рассматривают под микроскопом.

***11. Соляная кислота*** – жидкость с резким запахом, применяется при проведении флороглюциновой реакции на одревесневшие оболочки.

#### ***12. Флороглюцин***

Используется 0,5%-ный спиртовой раствор. Обычно сочетается с соляной кислотой и считается хорошим реактивом на одревесневшие оболочки, давая малиново-красное окрашивание. На срез наносят каплю реактива и через 1 – 2 мин оттягивают реактив фильтровальной бумагой. Далее препарат обрабатывают дымящей соляной кислотой. Через две минуты появляется малиновая окраска. Реактив оттягивают фильтровальной бумагой, а на срез наносят глицерин и покрывают срез покровным стеклом.

#### ***13. Реакция на клетчатку***

Хлор-цинк-йод – реактив дает синее или фиолетовое окрашивание.

Швейцеров реактив (аммиачный раствор окиси меди) наносят на срез и покрывают покровным стеклом. Через несколько минут клеточные оболочки (состоящие из целлюлозы) набухают, а затем растворяются.

#### ***14. Реакции на жир, суберин и кутин***

Жироподобные вещества – жир, суберин, кутин – обнаруживают при окрашивании суданом. Судан готовят, растворяя 0,1 г судана в 10 г 96%-ного спирта, и добавляют 10 г глицерина. Смесь отстаивают и сливают с осадка. Срезы помещают в раствор на 10 – 30 мин., затем переносят в глицерин и накрывают покровным стеклом. При окрашивании жироподобные вещества принимают розовый цвет.

## II. Список терминов, используемых в процессе изучения курса «Гистология с основами цитологии»

1. *Антоцианы* (греч. anthos – цветок, суанос – синий) – пигменты растений, которые содержатся в вакуолях растений, окрашивая их в красный, голубой, фиолетовый цвета.

2. *Вакуоль* – (лат. *vacuum* – пустой) – полость в цитоплазме, ограниченная полупроницаемой мембраной (тонопластом) и заполненная клеточным соком. Образуется эндоплазматической сетью и аппаратом Гольджи. Регулирует водно-солевой обмен, поддерживает тургор, является местонахождением запасных питательных веществ и воды, конечных продуктов обмена веществ.

3. *Вид* – основная единица систематики. Характеризуется популяционной структурой, морфологическим габитусом, фенологической изоляцией от других веществ, определенными эколого-географическими и историческими параметрами.

4. *Волютин* – запасное питательное вещество у цианей, бактерий, водорослей и грибов. Часто откладывается в цитоплазме в виде гранул и полифосфатов.

5. *Воспроизведение* – способность живого образовывать себе подобных, одна из основных характерных особенностей жизни. В результате воспроизведения происходит чередование поколений.

6. *Газовые вакуоли* – псевдовакуоли – полости в цитоплазме циановых водорослей, наполненные азотом и рассеянные по всей цитоплазме. Могут быть постоянными или возникать на определенной стадии.

7. *Гиалоплазма* (греч. hyalos – стекло, plasma – вылепленный) – матрикс цитоплазмы – бесцветная коллоидная часть цитоплазмы растительной и животной клеток, в которой находятся все органоиды и продукты обмена веществ. Объединяет все клеточные структуры, способствуя их химическому взаимодействию.

8. *Гипертонический раствор* (греч. hyper – над, сверх, tonos – напряжение) – раствор, который имеет более высокое осмотическое давление, чем клеточный сок. При помещении растения в этот раствор происходит плазмолиз клеток.

9. *Гипотонический раствор* (греч. hypo – под, tonos – напряжение) – раствор, имеющий более низкое осмотическое давление, чем клеточный сок. При помещении растения в этот раствор происходит деплазмолиз.

10. *Гологамия* (греч. *holos* – полный, весь, *gamos* – брак) – половой процесс у одноклеточных организмов, при котором наблюдается слияние целой особи без образования гамет.

11. *Деплазмолиз* (лат. *de* – отрицание, *plasma* – оформленный) – явление, обратное плазмолизу, т. е. восстановление тургора путем поглощения воды плазмолизированной клеткой. Происходит при погружении в раствор. Гипотонический по отношению к клеточному соку.

12. *Дифференциация* (лат. *differentia* – различие) – возникновение физиологических и морфологических различий между относительно не специализированными однородными клетками. В результате формируются специализированные клетки и ткани.

13. *Изогамия* – слияние гамет, не различающихся морфологическими признаками. Встречается у водорослей и низших грибов.

14. *Кариогамия* (греч. *karpos* – плод, *gamos* – брак) – слияние ядер при половом процессе.

15. *Клеточный сок* – содержимое вакуолей, которое представляет собой водный раствор продуктов жизнедеятельности протопласта (углеводов, органических кислот, алкалоидов, гликозидов и др.).

16. *Ламелла* (лат. *lamella* – тонкая пластинка).

17. *Липиды* (греч. *lipos* – жир, *eidos* – вид) – органические вещества (жиры и жироподобные вещества), нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в органических растворителях. Структурные компоненты клетки и эргастические вещества.

18. *Мацерация* (лат. *maceratio* – размягчение) – искусственное или естественное разъединение растительных клеток в результате распада межклеточного вещества.

19. *Нуклеоид* (лат. *nucleus* – ядро, греч. *eidos* – вид) – центральная часть клеток прокариот, содержащая ДНК. Ядерная оболочка отсутствует, имеются ядрышки и хромосомы.

20. *Осмоз* (греч. *osmos* – толчок, давление) – процесс диффузии молекул воды через цитоплазматическую мембрану, разделяющую растворы с разной концентрацией. Этот процесс характеризует перемещение молекул из раствора с меньшей концентрацией к раствору с большей концентрацией.

21. *Плазмалемма* (греч. plasma – вылепленный, lemma – оболочка) – наружная поверхностная мембрана цитоплазмы. Она регулирует обмен веществ между клеткой и окружающей средой и продуцирует клеточную оболочку.

22. *Плазмолиз* (греч. plasma – вылепленный, lysis – разложение, распад) – процесс отделения цитоплазмы от жесткой клеточной оболочки в результате уменьшения объема протопласта. Происходит под действием плазмолитика (гипертонического по отношению к клеточному соку).

23. *Пояски Каспари* – лентовидные видоизменения первичной клеточной оболочки, образовавшиеся в результате внедрения гидрофобных веществ, таких как лигнин и субериноподобные вещества.

24. *Прозенхимная клетка* (греч. pros – по направлению, enchyma – ткань) – сильно вытянутая в длину клетка с заостренными концами. Отношение длины к ширине 1:5.

25. *Рафиды* (греч. raphis – швейная игла) – мелкие игольчатые кристаллы оксалата кальция, объединенные в пачки.

26. *Тонопласт* (греч. tonos – натяжение, plastos – вылепленный) – цитоплазматическая мембрана, которая ограничивает вакуоль благодаря полупроницаемости, регулируя осмотическое давление в клетке.

27. *Тургор* (лат. turgor – вздутие, наполнение) – напряженное состояние клеточной оболочки, обусловленное гидростатическим давлением. Благодаря этому растения обладают упругостью и сохраняют вертикальное положение.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
----------------	---

## ГИСТОЛОГИЯ

Лабораторная работа № 1. ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ .....	4
1.1. Теоретическая часть .....	4
1.2. Практическая часть .....	8
Лабораторная работа № 2. СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ, ИЛИ ОПОРНО-ТРОФИЧЕСКАЯ, ТКАНЬ .....	11
2.1. Теоретическая часть .....	11
2.2. Практическая часть .....	15
2.3. Теоретическая часть .....	16
2.4. Практическая часть .....	20
Лабораторная работа № 3. МЫШЕЧНАЯ ТКАНЬ .....	23
3.1. Теоретическая часть .....	23
3.2. Практическая часть .....	27
Лабораторная работа № 4. НЕРВНЫЕ КЛЕТКИ .....	30
4.1. Теоретическая часть .....	30
4.2. Практическая часть .....	33

## ЦИТОЛОГИЯ

Лабораторная работа № 5. СВЕТОВАЯ МИКРОСКОПИЯ. МЕТОДЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ. СТРОЕНИЕ ПРОКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ (СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ, ИЛИ ЦИАНОБАКТЕРИИ) .....	36
5.1. Теоретическая часть .....	36
5.2. Практическая часть .....	44

Лабораторная работа № 6. СТРОЕНИЕ КЛЕТОК ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ. ОБЩИЙ ТИП СТРОЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК: ОБОЛОЧКА КЛЕТКИ, ЦИТОПЛАЗМА, ХЛОРОПЛАСТЫ. ЗАПАСНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА .....	46
6.1. Теоретическая часть .....	46
6.2. Практическая часть .....	48
Лабораторная работа № 7. ОБЩИЙ ТИП СТРОЕНИЯ КЛЕТОК ЖИВОТНЫХ. ПИНОЦИТОЗ И ФАГОЦИТОЗ. СЕКРЕЦИЯ .....	50
7.1. Теоретическая часть .....	51
7.2. Практическая часть .....	55
Лабораторная работа № 8. УЛЬТРАСТРУКТУРА ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ, ЭПС, АППАРАТ ГОЛЬДЖИ, РИБОСОМЫ, ЛИЗОСОМЫ .....	58
8.1. Теоретическая часть .....	59
8.2. Практическая часть .....	62
Лабораторная работа № 9. СТРОЕНИЕ МИТОХОНДРИЙ. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ .....	64
9.1. Теоретическая часть .....	65
9.2. Практическая часть .....	66
Лабораторная работа № 10. ЯДРО КЛЕТКИ, ХРОМАТИН, ЯДРЫШКО, ХРОМОСОМЫ, ЦЕНТРИОЛИ .....	68
10.1. Теоретическая часть .....	69
10.2. Практическая часть .....	75
Лабораторная работа № 11. ВИДЫ КЛЕТОЧНОГО ДЕЛЕНИЯ: МИТОЗ, МЕЙОЗ, АМИТОЗ .....	78
11.1. Теоретическая часть .....	78
11.2. Практическая часть .....	80
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	83

# ГИСТОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ЦИТОЛОГИИ

Методические указания к лабораторным работам

Составитель

СКРИПЧЕНКО Лилия Степановна

Редактор Е. В. Невская

Технический редактор Е. А. Лебедева

Корректор Н. В. Пустовойтова

Компьютерная верстка Л. В. Макаровой

Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент Е. П. Грачёва

Подписано в печать 28.12.20.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,35. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.