



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY

Электронный учебно-методический комплекс

Цитология с основами гистологии

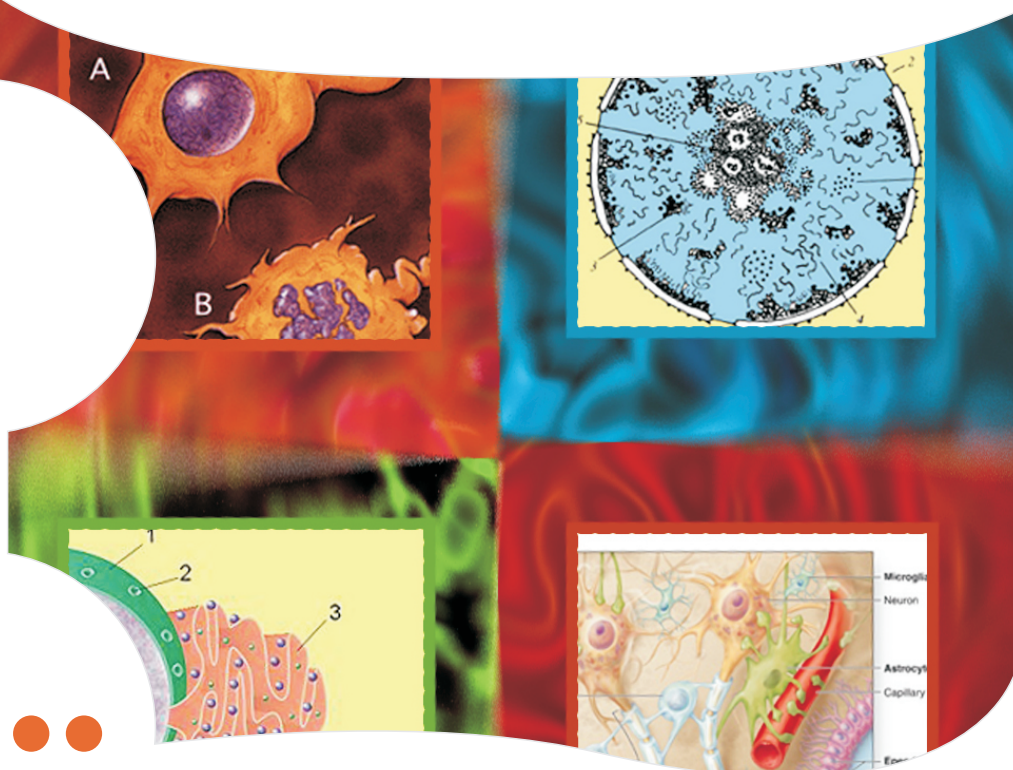
Учебная программа дисциплины

Конспект лекций

- **Лабораторный практикум**

Методические указания по самостоятельной работе

Банк тестовых заданий в системе UniTest



Красноярск
ИПК СФУ
2009

УДК 576:591.8(075)
ББК 28.05+28.666я73
Ц74

Авторы:

**Т. И. Голованова, Н. А. Сетков,
Г. И. Боровкова, Т. Б. Горбанева, А. Н. Иванова**

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Цитология с основами гистологии» подготовлен в рамках реализации Программы развития федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» (СФУ) на 2007–2010 гг.

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;
Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

Ц74 Цитология с основами гистологии [Электронный ресурс] : лаб. практикум / Т. И. Голованова, Н. А. Сетков, Г. И. Боровкова и др. – Электрон. дан. (7 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Цитология с основами гистологии : УМКД № 1317/441-2008 / рук. творч. коллектива Т. И. Голованова). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 50 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows XP SP 2 / Vista* (32 бит) ; *Adobe Reader 7.0* (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*).

ISBN 978-5-7638-1633-4 (комплекса)

ISBN 978-5-7638-1736-2 (лабораторного практикума)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902457 (комплекса)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Цитология с основами гистологии», включающего учебную программу дисциплины, конспект лекций, методические указания по самостоятельной работе, контрольно-измерительные материалы «Цитология с основами гистологии. Банк тестовых заданий», наглядное пособие «Цитология с основами гистологии. Презентационные материалы».

Изложены краткие теоретические сведения об устройстве микроскопа, о строении клеток и тканей животных и растений. Приведены правила работы с современными световыми микроскопами и порядок выполнения заданий лабораторных работ.

Предназначен для студентов направления подготовки бакалавров 020200.62 «Биология» укрупненной группы 020000 «Естественные науки».

© Сибирский федеральный университет, 2009

Рекомендовано к изданию
Инновационно-методическим управлением СФУ

Редактор Л. Ф. Калашник

Разработка и оформление электронного образовательного ресурса: Центр технологий электронного обучения Информационно-телекоммуникационного комплекса СФУ; лаборатория по разработке мультимедийных электронных образовательных ресурсов при КрЦНИТ

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 30.11.2009

Объем 7 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	6
МОДУЛЬ 1. ЦИТОЛОГИЯ КАК НАУКА	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1	7
Правила по технике безопасности	7
Правила оформления работ	8
Правила работы с микроскопом	8
Меры безопасности при работе с микроскопом	9
Устройство микроскопа	10
Настройка освещения микроскопа с вынесенным осветителем	11
Настройка освещения микроскопа с встроенным в основание осветителем	12
Приготовление постоянных и временных препаратов	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2	14
Важнейшие характеристики микроскопа	14
Разрешающая способность объектива	17
Числовая апертура объектива	18
Общее увеличение микроскопа	18
Глубина резкости изображения	19
МОДУЛЬ 2. КЛЕТКА	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3	22
Общий план строения растительной и животной клеток	22
Эндоцитоз	24
Клетки плоского эпителия полости рта человека	24
Межклеточные соединения	25
Плазмодесмы в оболочках клеток запасающей ткани семени хурмы (<i>Diospyros Kaki</i> Thunb.)	26
Эндоплазматический ретикулум	27
Аппарат Гольджи	27
Лизосомы	28
Пероксисомы	28
Строение клеток развивающихся листьев элодеи канадской (<i>Elodea canadensis</i> Michx.)	28
Клетки кожицы листа валлиснерии (<i>Vallisneria spiralis</i> L.)	30
Плазмолиз в клетках кожицы чешуи луковицы репчатого лука (<i>Allium cepa</i> L.)	31
Строение клеток сформированного листа элодеи	32
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	34
Ультраструктурная организация митохондрий	34
Ультраструктурная организация хлоропласта	34



Обнаружение ассимиляционного крахмала в клетках листа элодеи (<i>Elodea canadensis</i> Mich.).....	35
Ультраструктурная организация хромопласта	36
Хромопласты в клетках околоплодников зрелых плодов и корнеплодах моркови	36
Ультраструктурная организация лейкопласта	38
Лейкопласты в клетках кожицы листа традесканции вирджинской (<i>Tradescantia virginiana</i> L.).....	38
Микрофотография амилопласта	39
Микрофотография гранулярного эндоплазматического ретикулума	39
Микрофотографии молодой растительной клетки	40
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5	40
Ультраструктура интерфазных ядер	40
Животная клетка в период дифференциации	42
Ультраструктура ядерной мембраны	42
Ядра растительных клеток. Корешок лука.....	42
Митоз в клетках корешка лука.....	46
Митоз в животной клетке	47
Амитоз эпителиальных клеток	48
Модуль 3. ОСНОВЫ ГИСТОЛОГИИ	50
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6	50
Эпителиальные ткани	50
Клетки призматического эпителия почечных канальцев.....	51
Клетки мерцательного эпителия мантии беззубки.....	52
Многорядный однослойный эпителий.....	53
Многослойный эпителий	53
Переходный эпителий мочевого пузыря.....	54
Обкладочные клетки фундальных желез желудка	54
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7	56
Соединительные ткани	56
Рыхлая соединительная ткань крысы	59
Пигментные клетки кожи головастика.....	60
Жировая ткань	60
Плотная соединительная ткань	61
Гиалиновый хрящ ребра кролика	62
Волокнистый хрящ межпозвоночного диска.....	63
Эластическая связка. Продольный разрез.....	63
Плотная коллагеновая соединительная ткань.	
Сухожилие, продольный разрез.....	63
Плотная коллагеновая соединительная ткань.	
Сухожилие, поперечный разрез	64
Костная ткань. Клетки жаберной крышки.....	64
Берцовая кость человека в поперечном разрезе	65

Развитие кости из соединительной ткани. Нижняя челюсть зародыша свиньи	66
Развитие кости на месте хряща. Трубчатая кость зародыша свиньи	67
Эритроциты лягушки	67
Мазок крови человека	68
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8	69
Мышечная ткань. Нервная ткань	69
Поперечно-полосатая мышечная ткань	70
Гладкая мышечная ткань	71
Сердечная мышечная ткань	72
Нервные клетки сетчатки лошади	72
Двигательные нейроны. Спинной мозг	73
Тигроид в двигательных нейронах	74
Синапсы на нейронах мозжечка	75
Миелиновые нервные волокна	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	77
Приложение	79
КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ И ЦИТОЭМБРИОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ	79

ВВЕДЕНИЕ

При подготовке специалистов-биологов среди общих биологических дисциплин важное место занимает цитология – наука о строении и функциях клетки. Цитология – наука экспериментальная, поэтому в учебном плане подготовки биологов, кроме лекционного времени, по данной дисциплине отводится время на лабораторные занятия.

В задачи лабораторного практикума по цитологии с основами гистологии входят: проверка и закрепление теоретических положений, излагаемых в лекционных курсах и учебниках; ознакомление со строением клеток и тканей животных и растений; знакомство и работа с современными световыми микроскопами; получение навыков научно-исследовательской работы, способности описывать и обобщать полученный материал; приобретение навыков приготовления препаратов как временных, так и постоянных, формирование общенаучных, инструментальных и общепрофессиональных компетенций.

Лабораторные занятия выполняются индивидуально.

Материал курса разделен в лабораторном практикуме на 3 модуля. В каждый из модулей входит от 1 до 5 работ. Каждая работа соответствует одному лабораторному занятию продолжительностью 2 (реже 4) академических часа. В первой половине занятия проводится контроль знаний студентами теоретического материала, для чего используются контрольные вопросы по теме. Вторая часть занятия посвящена изучению и зарисовке микроскопических препаратов под руководством преподавателя. Общая оценка успеваемости студента складывается из его знаний теоретического курса и умения использовать их при микроскопировании цитологических и гистологических препаратов.

К лабораторному практикуму студент допускается только после инструктажа по технике безопасности. Основные положения техники безопасности изложены в инструкциях, которые должны находиться на видном месте в лаборатории.

МОДУЛЬ 1. ЦИТОЛОГИЯ КАК НАУКА

Лабораторная работа 1

Правила по технике безопасности

К работе в лаборатории допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Нужно работать в белом халате из хлопчатобумажной ткани и иметь личное полотенце.

На каждом занятии назначается дежурный, который отвечает за чистоту и порядок.

За каждым студентом закрепляется рабочее место, которое необходимо содержать в чистоте и порядке.

Запрещается держать в лаборатории пищевые продукты, принимать пищу, пить воду из химической посуды.

Перед работой следует проверить исправность нагревательных приборов, вентиляции, защитных средств. Ремонт оборудования может производить только инженер.

Запрещается работать с разбитой посудой, пользоваться реактивами из банок без этикеток.

Необходимо переливать приготовленные растворы в склянки с надписями.

Нельзя оставлять без присмотра включенные приборы и электрооборудование.

Работать с летучими и ядовитыми веществами можно только под тягой.

Использовать для отмеривания кислот, щелочей и ядовитых реактивов нужно цилиндры либо пипетки с резиновой грушей или ватным тампоном.

При работе с едкими веществами следует надевать предохранительные очки, резиновые перчатки и фартуки.

Сливать кислые и щелочные реактивы в раковину можно только после их нейтрализации.

Для нагревания горючих и летучих реактивов нужно пользоваться водяными банями. Нельзя их нагревать на открытом огне или вблизи пламени.

При внезапном отключении тока необходимо выключить все электроприборы.

Тушить огонь при загорании легко воспламеняющихся жидкостей нужно углекислотным огнетушителем, песком или кошмой.

При загорании проводов следует немедленно их обесточить, тушить огонь углекислотным огнетушителем или асбестовым покрывалом.

Работать с ртутными термометрами нужно очень осторожно.



После окончания работы привести в порядок рабочее место (убрать со стола реактивы и оборудование, из ящиков стола мусор, стол вымыть, протереть сухой тряпкой) и сдать дежурному.

Правила оформления работ

Каждый студент ведет рабочую тетрадь, оформление которой должно отвечать следующим требованиям:

на титульном листе указывают предмет, по которому делаются записи, кем они делаются (курс, группа, подгруппа, фамилия, имя, отчество);

каждое занятие отмечают порядковым номером, указывают его дату;

при оформлении работы указывают её заглавие, цель, объект изучения;

результаты фиксируют в виде рисунков с обязательными подписями к ним и описывают текстом или оформляют в виде таблиц (характер оформления работы обычно указан в данном практикуме);

рисунки должны быть размером с четверть тетрадного листа, иметь номер, название, выноски и подписи;

в конце каждой работы делают вывод или заключение, которые обсуждаются при подведении итогов занятия.

Зарисовывание препаратов имеет исключительно важное значение в процессе его изучения. Процесс зарисовки учит студента «читать» препарат, понимать своеобразие и общность клеток и тканей, глубже осмысливать их морфологические, генетические и функциональные особенности.

Все записи необходимо делать в лаборатории. Для проверки академической активности и качества работы студента дневник периодически проверяет преподаватель, дает ему оценку.

Правила работы с микроскопом

Микроскоп необходимо содержать в чистоте и предохранять от повреждений. В нерабочем состоянии микроскоп должен быть накрыт чехлом. Особое внимание следует обращать на чистоту объективов и других оптических деталей.

ВНИМАНИЕ! Нельзя касаться пальцами поверхностей линз. Для предохранения оптических деталей визуальной насадки от пыли следует оставлять окуляры в тубусах или надевать на них колпачки.

Оптические поверхности окуляров, объективов и конденсора можно осторожно протирать чистой ватой, нагнутой на деревянную палочку и смоченной специальной жидкостью для чистки оптических деталей. При загрязнении внутренних поверхностей линз объектива необходимо объектив отправить для чистки в оптическую мастерскую.

ВНИМАНИЕ! Запрещается самим разбирать объективы, окуляры, конденсор.

Рассмотрим важнейшие погрешности при работе с микроскопом, чтобы начинающие исследователи не допускали их с самых первых шагов, добиваясь таким образом максимального использования возможностей микроскопа. К таким ошибочным действиям необходимо отнести следующие действия:

одновременное применение вогнутого зеркала и конденсора, что нарушает принцип освещения препарата;

использование высокоапертурных конденсоров с $NA = 1,2-1,4$ с низкоапертурными объективами с $NA = 0,2-0,4$, ухудшающих качество изображения. Для устранения этой ошибки следует предварительно уменьшить численную апертуру конденсора путем снятия (отвинчивания) его верхней линзы;

произвольное опускание конденсора без учета толщины предметного стекла может привести к появлению артефактов;

регулировка освещенности поля зрения микроскопа при помощи опускания и поднятия конденсора поскольку это влияет на качество изображения;

произвольное изменение величины отверстия апертурной диафрагмы конденсора с целью регулировки освещенности поля зрения микроскопа;

пренебрежение нейтральными светофильтрами и матовыми стеклами для регулировки освещенности поля зрения микроскопа, что ухудшает восприятие препарата и может оказывать отрицательное влияние на зрение исследователя;

применение толстых предметных стекол (толще 1, 2 мм), что препятствует правильной установке освещения при высокоапертурных объективах, поскольку при этом не удастся сфокусировать конденсор на объекте;

применение покровных стекол несоответствующей толщины (толще или тоньше 0,17 мм);

пренебрежение созданием полной иммерсии при работе с объективами, имеющими численную апертуру более 1,2, что не позволяет полностью использовать численную апертуру объектива.

Меры безопасности при работе с микроскопом

При работе с микроскопом с осветителем следует соблюдать меры безопасности, соответствующие мерам, принимаемым при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В.

ВНИМАНИЕ! Замену лампы в осветителе микроскопа производить только при отключении от электрической сети. Во избежание ожога кожи рук о колбу лампы или контактные пластины патрона замену лампы следует производить через 15–20 мин после ее перегорания.

Замену плавкой вставки (предохранителя) в микроскопе следует производить при отключенном от сети микроскопе.

После работы на микроскопе с осветителем необходимо отключить его от сети.

Не рекомендуется оставлять без присмотра включенный в сеть микроскоп.

Устройство микроскопа

Микроскоп представляет собой оптический прибор, дающий увеличенное изображение мелких объектов и их деталей. Хотя различные марки световых микроскопов имеют конструктивные отличия, в каждом из них существуют оптические и механические узлы.

Устройство микроскопа наглядно показано на [рис. 1](#).

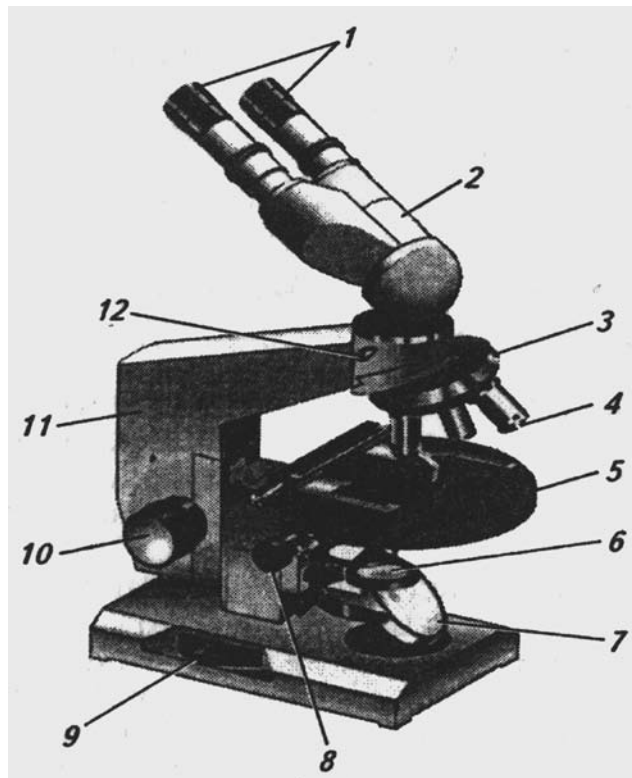


Рис 1. Устройство микроскопа с зеркалом: 1 – окуляры; 2 – бинокулярная насадка; 3 – револьверное устройство; 4 – объектив; 5 – предметный столик; 6 – конденсор; 7 – зеркало; 8 – рукоятка перемещения кронштейна конденсора; 9 – рукоятка тонкой фокусировки; 10 – рукоятка грубой фокусировки; 11 – тубусодержатель; 12 – винт для крепления насадки

Оптический узел составляют осветительная система (конденсор и зеркало), объективы и окуляры вместе с тубусом, все составные части строго центрированы одна в отношении другой.

Механический узел микроскопа состоит из штатива, на котором крепятся оптические детали, предметного столика и механизмов фокусировки микроскопа.

Настройка освещения микроскопа с вынесенным осветителем

В соответствии с принципом Келера при установке освещения для микроскопа типа МБИ-3, а также микроскопов серии Микмед с вынесенным осветителем необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Устанавливают осветитель ОИ-19 (или ОИ-9м) перед микроскопом с помощью соединительной планки, что обеспечивает нормальное расстояние микроскопа от осветителя. Включают его через трансформатор в сеть и, поворачивая корпус, направляют световой поток на плоское зеркало микроскопа.

2. Поднимают конденсор микроскопа в верхнее положение и полностью закрывают его диафрагму.

3. Уменьшают диаметр отверстия ирисовой диафрагмы осветителя до 1–2 мм.

4. Перемещая патрон лампочки осветителя вдоль оси и одновременно поворачивая зеркало микроскопа и корпус осветителя, добиваются получения изображения нити лампочки на закрытой диафрагме конденсора. При этом центр изображения нити лампочки должен находиться в центральной части ирисовой диафрагмы.

5. Открывают отверстие диафрагмы конденсора и осветителя.

6. Уменьшают яркость свечения нити лампочки при помощи реостата.

7. Помещают исследуемый препарат на предметный столик микроскопа, ставят необходимый объектив в рабочее положение и, глядя в окуляры бинокулярной насадки микроскопа, перемещением тубуса фокусируют оптику микроскопа на объект.

8. Почти полностью закрывают диафрагму осветителя и перемещением конденсора добиваются резкого изображения диафрагмы осветителя в поле зрения микроскопа.

9. Поворотом зеркала центрируют изображение диафрагмы осветителя, а затем открывают ее настолько, чтобы изображение диафрагмы было равно (или немного больше) полю зрения микроскопа.

10. Вынимают один окуляр и, глядя в тубус микроскопа, уменьшают диафрагму конденсора до едва заметного появления ее краев на фоне светлого кружка задней линзы объектива.

11. Помещают окуляр на место. В прорези осветителя вставляют синее и матовое стекла. Затем, глядя в микроскоп, при помощи реостата осветителя устанавливают необходимую освещенность препарата.

12. Исследуют препарат.

Примечания:

1. При работе с низкоапертурными объективами малого увеличения (10х и меньше) перед настройкой освещения устанавливают сменный низкоапертурный конденсор или, если это позволяет конструкция конденсора, откручивают (отвинчивают) его верхнюю линзу.

2. Пункт 7 можно выполнить в самом начале при произвольно установленном освещении, а затем внести коррективы в соответствии с принципом Келера.

Настройка освещения микроскопа с встроенным в основание осветителем

Порядок настройки микроскопа со встроенным осветителем:

1. Устанавливают матовое стекло в откидную рамку конденсора.
2. Вводят в ход лучей объектив меньшего увеличения (10x и менее).
3. Вводят в ход лучей матовое стекло и откидную линзу конденсора.
4. Поднимают рукояткой кронштейн с конденсором до упора и полностью раскрывают апертурную диафрагму конденсора.
5. Устанавливают патрон с лампой в шарнир до упора.
6. Устанавливают лампу таким образом, чтобы ее нить располагалась горизонтально.
7. Подключают источник питания к сети и включают лампу.
8. Фокусируют микроскоп на резкое изображение препарата, установленного на предметном столике.
9. Перемещая патрон с лампой за рукоятку вдоль оси и разворачивая его вместе с шарниром в горизонтальной плоскости, добиваются наиболее яркого и равномерного освещения поля зрения микроскопа.
10. При работе с другим объективом повторяют настройку освещения.
11. **ВНИМАНИЕ!** При работе с объективами с увеличением более 10x откидная линза конденсора должна быть выведена из хода лучей.

Приготовление постоянных и временных препаратов

Постоянные препараты являются прекрасным демонстрационным материалом и могут храниться долгие годы. На тонких срезах толщиной 10–22 микрона можно наблюдать проникновение пылевых трубок, подсчитывать число хромосом, изучать митоз и мейоз, развитие зародыша и так далее.

Техника приготовления окрашенных микропрепаратов включает в себя несколько этапов:

1. Подготовка материала к фиксации.
2. Фиксирование материала водным или спиртовым фиксатором (24 часа и до 12 часов соответственно).
3. Промывка зафиксированного материала.
4. Полное обезвоживание промытого материала.
5. Пропитывание материала растворителями парафина (хлороформом, ксилолом или бензолом).

6. Пропитывание материала парафином до полного испарения хлороформа (или ксилола).
7. Заливка материала в парафин (материал, залитый в парафин, можно хранить очень долго).
8. Изготовление блоков из материала, пропитанного парафином.
9. Получение срезов при помощи микротом.
10. Наклейка срезов на предметные стекла.
11. Просушивание препаратов при температуре 40–45 °С, стекла со срезами можно хранить долго, оберегая их от пыли и высокой температуры.
12. Удаление парафина из срезов ксилолом.
13. Удаление ксилола из срезов спиртом.
14. Удаление спирта из срезов дистиллированной водой.
15. Окрашивание препаратов (иногда протравливание и окрашивание) и дифференцировка.
16. Обезвоживание окрашенных срезов 96 %-ным и 100 %-ным спиртами.
17. Замещение спирта в срезах на ксилол (одновременно происходит просветление срезов ксилолом).
18. Заключение срезов в канадский бальзам.
19. Просушивание и подчистка, этикетирование препаратов.
20. Изучение препаратов под микроскопом.

Также широко распространены в микроскопической технике давленные препараты, для изготовления которых не требуется сложной процедуры обезвоживания, заключения в промежуточную жидкость, в парафин и получения микротомных срезов. Давленные препараты применяют при изучении митоза, кариотипов и при работе с животными объектами.

Наиболее часто для приготовления давленных препаратов применяют различные фиксаторы. Зафиксированный материал промывают в 70 %-ном спирте. В нем можно сохранять материал в течение длительного времени, но лучше хранить в холодильнике. При изготовлении давленных препаратов исключительное значение имеют способы мацерации тканей. Обычно для этого используют 45 %-ную уксусную кислоту, 40–45 %-ную пропионовую кислоту, 1 н. соляную кислоту, энзимы.

Окрашивают препараты ацетокармином, реактивом Шиффа, нигрозинном и др.

Лабораторная работа 2

Важнейшие характеристики микроскопа

Микроскоп для цитологических исследований должен иметь набор из 4–7 высокоапертурных объективов-апохроматов, в том числе объективов 90х с нумерической (числовой) апертурой (А) 1,3–1,4; набор компенсационных окуляров; апланатический конденсор прямого и косоугольного освещения с А не менее 1,4; штатив; механизмы фокусировки объективов и перемещения препаратов; бинокулярную насадку для наблюдения в микроскоп обоими глазами; набор светофильтров, а также точную центровку всех оптических и механических деталей микроскопа. Кроме того, микроскоп должен быть оснащен осветителем, который может быть как вынесенным (ОИ-9м для МБР-3), так и встроенным (у микроскопов МБИ-6; МБИ-11; Микмед-1, вариант 2). Освещение устанавливается в соответствии с принципом Кёлера, который заключается в обеспечении условий для максимального использования апертур оптических компонентов микроскопа, т. е. в создании условий наблюдения, при которых числовые апертуры конденсора и объектива совпадают.

Конденсор состоит из двух или трех линз и обеспечивает освещение полей на объекте при работе с объективами с увеличением от 3,5 до 100х. Различают несколько типов конденсоров в зависимости от метода наблюдения в микроскопе: конденсор светлого поля, конденсор темного поля, конденсор для наблюдений по методу фазового контраста, конденсор с апертурной диафрагмой для косоугольного освещения и др. Например, конденсор ОИ-14 кроме прямого освещения объекта обеспечивает косое, что позволяет получить более рельефное и контрастное изображение.

Зеркало микроскопа имеет две поверхности – плоскую и выгнутую, оно располагается под конденсором и направляет в него свет. Из конденсора пучок света попадает на препарат, находящийся на столике микроскопа, а затем попадает в окуляр.

Визуальная насадка микроскопа (тубус), как правило, бинокулярная. Она позволяет устанавливать расстояние между осями окулярных тубусов в соответствии с глазной базой наблюдателя в диапазоне от 54 до 72 мм (на рис. 2 возможность изменения этого расстояния показана стрелками). В левом окулярном тубусе имеется диоптрийный механизм, который с помощью вращения кольца 2 позволяет компенсировать ошибку наблюдателя от плюс 5 до минус 5 дптр. Окулярные тубусы имеют наклон 45°. Увеличение бинокулярной насадки – 1,5х.

В комплект микроскопа может входить монокулярная насадка, которая позволяет проводить исследование объектов только одним глазом. В отличие от бинокулярной насадки она имеет увеличение, равное 1х. При использовании такой насадки можно применять полярофильтры для исследования в поляризованном свете. При работе с объективами, рассчитанными на длину ту-

буса, отличающуюся от стандартной, 160 мм применяется вертикальная насадка с прямым выдвижным тубусом. С помощью шкалы на выдвижном тубусе устанавливается механическая длина тубуса, на которую рассчитан объектив.

Окуляры нередко состоят из двух линз. Они могут иметь различное увеличение и позволяют проводить наблюдения в полях зрения разного диаметра (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика некоторых окуляров

Маркировка окуляра	Увеличение	Диаметр поля зрения, мм
K5x	5	22
K7x	7	18
K10x	10	13
K10x/18	10	18
K15x	15	11
K20x	20	9

Окуляры строят мнимое изображение и увеличивают создаваемое объективами изображение, не выявляя подробностей строения. Маркировка окуляра позволяет определить его увеличение, а в некоторых случаях – диаметр поля зрения.

Револьверное устройство обеспечивает установку четырех объективов. Смена объективов производится вращением револьверного устройства за конусную поверхность до фиксированного положения.

Объективы выполняют главную функцию: в их системе линз формируется первичное изображение, которое передается в окуляры. Объективы рассчитаны на механическую длину тубуса 160 мм, линейное поле в плоскости изображения 18 мм и толщину покровного стекла 0,17 мм.

Большое значение имеет полное или частичное отсутствие в объективе оптических aberrаций, которые могут привести к тому, что изображение объекта может быть искаженным вследствие его размытости, искривления, окрашенности.

Аберрации оптики микроскопа могут быть разного типа. Сферическая aberrация – изображение точки передается в виде кружка рассеяния. Астигматизм – изображение точки передается в виде кружка рассеяния эллипсоидной формы. Кома – резкость изображения снижается от центра к границе поля зрения. Кривизна поля зрения не позволяет одновременно видеть резко центр и края поля зрения. Дисторсия – нарушения подобия между объектом и его изображением вследствие разного линейного увеличения на краях и в центре поля зрения. Хроматические aberrации – хроматизм увеличения и хроматизм положения. Хроматизм положения – изображения, созданные разными цветами, располагаются на неодинаковом расстоянии от оптической системы. Хроматизм увеличения – изображения находятся в одной плоскости, но имеют неодинаковые размеры. Высококачественные объективы-

апохроматы изготавливают с высокой нумерической апертурой. В них устранены сферическая и хроматическая аберрации. Объективы-апохроматы применяются в сочетании с компенсационными окулярами. Характеристики некоторых объективов указаны в [табл. 2](#).

Каждый объектив характеризуется определенной величиной рабочего расстояния в миллиметрах. При работе с объективами следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить линзы. Особенно это важно при работе с объективами с большим увеличением, для которых рабочее расстояние (расстояние между поверхностью покровного стекла и линзой объектива) составляет 0,10–0,12 мм.

Фокусирование на объект осуществляют перемещением тубусодержателя. Грубую фокусировку производят вращением рукояток макровинта, расположенных по обеим сторонам тубусодержателя. Диапазон грубой фокусировки микроскопа – 40 мм. Тонкую фокусировку производят с помощью микровинта, выполненного в виде диска с накаткой. Один оборот диска соответствует перемещению тубусодержателя на 0,5 мм, а вращение диска от упора до упора – не менее 2 мм. Перед началом работы необходимо установить рукоятку тонкой фокусировки приблизительно в среднее положение.

Таблица 2

Некоторые характеристики объективов

Объективы	Увеличение, числовая апертура, наличие иммерсии	Рабочее расстояние, мм
Планахроматы	9 x 0,20	13,13
	10 x 0,20	13,13
Ахроматы	8 x 0,20	8,53
	20 x 0,40	1,70
	40 x 0,65	0,41
	85 x 1,00 (ВИ)*	0,18
	90 x 1,25 (МИ)**	0,10
Апохроматы	10 x 0,30	4,80
	20 x 0,65	0,67
	90 x 1,3	0,12

Примечание: * водная иммерсия; ** масляная иммерсия.

Препарат крепят на предметном столике с помощью клемм или держателей. Предметные столики могут быть различной формы, вращаемыми, оснащенными препаратоводителями с координатным перемещением объекта. В последних держатели можно перемещать относительно друг друга (в зависимости от размера предметного стекла) при помощи винтов ([рис. 1](#)).

Осветительные устройства могут быть вынесенными, накладными и встроенными. В случае вынесенного осветителя используется зеркало. Оно имеет две отражающие поверхности: плоскую и вогнутую. Вогнутую поверхность используют при естественном освещении, в отдельных случаях она может служить для повышения освещенности объекта. Накладные освеще-

тители ОИ-32М или ОИ-35 вставляют в посадочное гнездо в основании микроскопа. Встроенный в основание микроскопа осветитель включает галогенную лампу, коллекторную линзу, вблизи фокуса которой располагается нить лампы.

Разрешающая способность объектива

Каждый объектив характеризуется определенной разрешающей способностью, фокусным расстоянием (глубиной резкости) и увеличением.

Разрешающая способность объектива микроскопа (d) – наименьший диаметр частицы, которую можно увидеть при данном объективе, или то наименьшее расстояние между двумя линиями, при котором они видны как отдельные. Разрешающая способность объектива микроскопа зависит от значений нумерической (числовой) апертуры (A) объектива и конденсора и длины волны источника света (λ). Для пучка лучей, параллельных оптической оси микроскопа, разрешающую способность объектива микроскопа определяют по формуле

$$d = \lambda/A.$$

Для наклонных лучей разрешающая способность в 2 раза выше:

$$d = \lambda/2A,$$

где λ – длина волны, нм; A – числовая апертура объектива.

Длина волны лучей источника света в видимой части спектра может меняться от 0,4 мкм (400 нм) для фиолетовых лучей до 0,7 мкм (700 нм) для красных. Следовательно, чем короче длина волны лучей источника света и чем больше апертура объектива, тем выше разрешающая способность объектива микроскопа, т. е. тем более тонкие структуры мы сможем увидеть в микроскоп. При освещении объекта наклонными лучами разрешающая способность объектива микроскопа в 2 раза выше, чем при освещении прямо падающими лучами. Освещая препарат синими лучами ($\lambda = 0,47$ мкм), т. е. применяя в осветителе синий светофильтр, можно изучать более тонкие структуры, чем при освещении обычным белым светом.

Пример: для объектива с $A = 1,4$ при освещении белым светом ($\lambda = 0,55$ мкм) диаметр наименьшей видимой частицы при прямо падающем свете равен 0,39 мкм, при косом освещении – 0,20 мкм, а при освещении синим светом – 0,34 и 0,17 мкм соответственно. Максимальное разрешение, которое можно получить при использовании светового микроскопа – 0,20–0,35 мкм. Увеличить разрешающую способность можно при использовании ультрафиолетового света (длина волны 0,26–0,28 мкм), что позволяет получить разрешение 0,13–0,14 мкм.

Числовая апертура объектива

Числовая, или нумерическая, апертура (A) объектива характеризует светособирательную способность и определяется по формуле

$$A = n \cdot \sin \alpha,$$

где n – показатель преломления среды между фронтальной линзой объектива и покровным стеклом; α – половинный угол входного отверстия объектива (угол, одна сторона которого совпадает с оптической осью, другая образована линией, соединяющей точку выхода лучей из объектива с границей действующего отверстия объектива) (рис. 2).

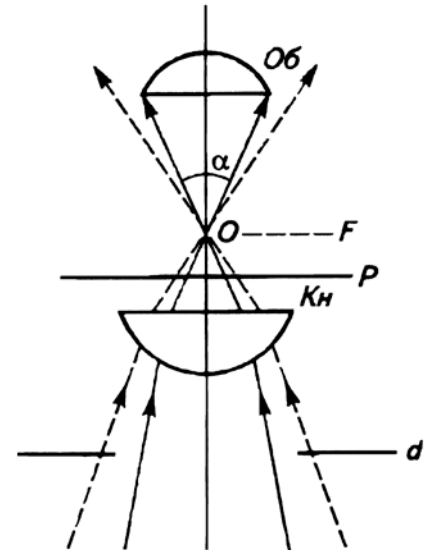


Рис. 2. Угол отверстия объектива микроскопа: Об – объектив; Кн – конденсор; P – плоскость препарата; F – фронтальная плоскость; α – угол отверстия объектива

Общее увеличение микроскопа

Увеличение объектива указано на оправе, там же указана и числовая апертура. Конденсоры тоже имеет определенную числовую апертуру. Если апертура конденсора меньше апертуры объектива, то возможности объектива таким образом используются в работе неполностью.

Общее увеличение микроскопа определяется как произведение увеличения объектива ($V_{об}$) на увеличение окуляра ($V_{ок}$):

$$V = V_{об} \cdot V_{ок}$$

Если объектив имеет увеличение 90x, а окуляр 15x, то общее увеличение равно 1350. Увеличения, превышающие эту величину, не имеют значения, и их называют бесполезными. Это связано с тем, что структуру препарата окуляр может увеличить настолько, чтобы она просматривалась под тем же углом зрения, что и в объективе. Это увеличение называется полезным, и оно равно $1000 A$. Расчеты показывают, что полезное увеличение не может превышать 1300–1450 раз. Большее увеличение не выявляет новых деталей на изображении, а освещенность его становится меньше.

Глубина резкости изображения

Глубина резкости изображения (глубина фокуса) – способность объектива одновременно давать резкие изображения точек, находящихся от него на разном расстоянии, или глубина препарата, видимая одновременно резко. Она зависит от увеличения микроскопа и апертуры объектива. Каждый объектив позволяет видеть препарат на определенную глубину в одной плоскости. На большом увеличении необходимо поочередно фокусировать объектив в разных плоскостях. На малых увеличениях и малой апертуре глубина резкости больше, чем при больших увеличениях. Показатель глубины резкости следует особенно учитывать при микрофотографии, когда необходимо четко видеть изображение объекта в одной плоскости зрения. Глубина резкости (T) – это глубина препарата, видимая одновременно резко. Её определяют по формуле

$$T = (1000/7A \cdot V) + (\lambda/2A^2).$$

При небольших увеличениях и малой апертуре глубина резкости больше, чем при больших увеличениях и высокой апертуре.

Качество микроскопа определяется не увеличением, а разрешающей способностью оптических устройств.

В случае сухих объективов (без использования жидких сред – иммерсии) коэффициент преломления равен единице ($n = 1$) и $NA < 0,95$.

При иммерсионной системе у объектива микроскопа пространство между фронтальной линзой и рассматриваемым предметом заполнено жидкостью с более высоким показателем преломления, чем воздух. Для иммерсионных объективов нумерическая апертура зависит от показателя преломления жидкости, находящейся между препаратом и объективом. Поэтому для водно-иммерсионных объективов NA меньше либо 1,25 (вода имеет $n = 1,33$), а для масляно-иммерсионных объективов NA меньше либо равно 1,4 (кедровое масло имеет $n = 1,515$). На [рис. 3](#) представлен ход лучей при использовании масляной иммерсии и сухого объектива.

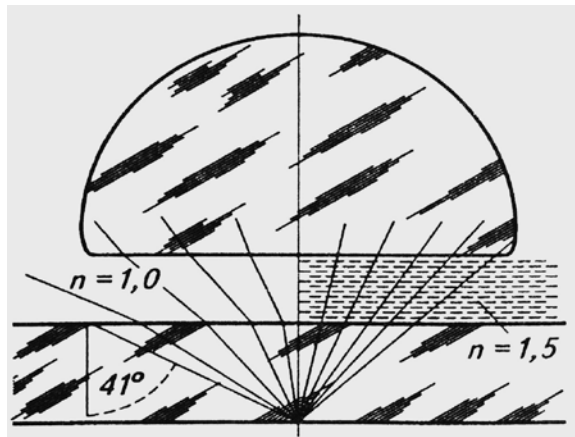


Рис. 3. Сравнение хода лучей при использовании сухого (слева) и иммерсионного масляного (справа) объективов

Как видно из этого рисунка, в сухой системе некоторая часть лучей не попадает в объектив, так как при выходе из покровного стекла, они отклоняются. Лучи, которые в месте выхода к поверхности стекла образуют угол больше 41° (предельный угол), полностью отражаются. Для стекла и воды предельный угол равен 41° , для кедрового масла и стекла он не существует по причине равенства показателей их преломления. Для улучшения качества изображения часто применяется полная иммерсия, когда иммерсионную жидкость наносят и на конденсор.

При работе с иммерсионными объективами следует соблюдать осторожность, чтобы при опускании тубуса не повредить линзу.

Иммерсионную жидкость наносят между линзой и объективом в виде капли на поверхность покровного стекла препарата и, опуская затем тубус, погружают линзу в каплю иммерсии. Иммерсионную жидкость можно нанести и на поверхность линзы объектива либо по капле и на препарат, и на объектив. Главное требование – создание иммерсии без пузырьков воздуха.

Только в случае соответствия апертур коллектора осветителя, конденсора и объектива разрешающая способность оптики микроскопа используется полностью.

Задание 1. Ознакомиться с объективами, окулярами и конденсором биологического микроскопа. Приготовить временный препарат кожицы лука и рассмотреть его при разных длинах волн, используя цветные светофильтры, красный и синий. Зарисовать препарат при трех длинах волн. Определить, при какой длине волны видны более мелкие детали. Рассчитать разрешающую способность и глубину резкости. Результаты занести в [табл. 3](#).

Таблица 3

Зависимость разрешающей способности и глубины резкости от длины волны света

Показатель	Увеличение	$\lambda = 440$ нм	$\lambda = 570$ нм	$\lambda = 680$ нм
d	8х			
d	40х			
T	8х			
T	40х			

Сделать вывод о зависимости d и T от длины волны λ .

МОДУЛЬ 2. КЛЕТКА

Лабораторная работа 3

Общий план строения растительной и животной клеток

Клетка является элементарной самовоспроизводящейся единицей структуры и функции абсолютно всех живых существ, обнаруживаемых на планете Земля. Среди живых организмов встречается два типа организации клеток. К наиболее простому типу строения можно отнести клетки бактерий и сине-зеленых водорослей, которые принято называть прокариотическими, к более организованному – клетки всех остальных живых существ, начиная от низших растений и кончая человеком, эукариотические. На [рис. 4](#), [5](#) показаны схемы строения клеток про- и эукариот.

Прокариотические клетки отличаются от эукариотических более простым (примитивным) строением. Прокариотическая клетка не имеет оформленного ядра – его функции выполняет нуклеоид. В прокариотической клетке отсутствуют центриоли, а также одномембранные и двумембранные органоиды – их функции выполняют мезосомы. Рибосомы, органоиды движения и оболочки прокариотических клеток имеют специфическое строение.

Учитывая уникальную роль растений как источников создания органических веществ, знакомство с эукариотическими клетками целесообразно начать с рассмотрения клетки зеленого растения. При этом основное внимание следует обратить на строение живой клетки, для изучения которой используют световой микроскоп.

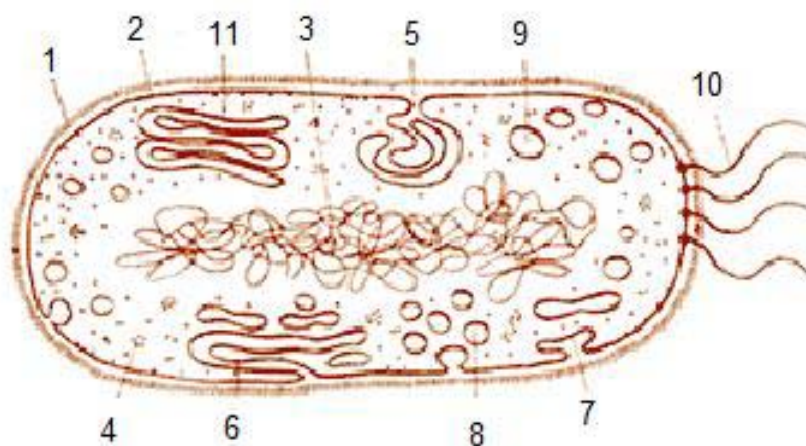


Рис. 4. Комбинированная схема прокариотической клетки: 1 – клеточная стенка; 2 – плазматическая мембрана; 3 – ДНК нуклеоида; 4 – полирибосомы цитоплазмы; 5 – мезосома; 6 – ламеллярные структуры; 7 – впячивания плазмалеммы; 8 – скопления хроматозом; 9 – вакуоли с включениями; 10 – бактериальные жгутики; 11 – пластинчатые тилакоиды

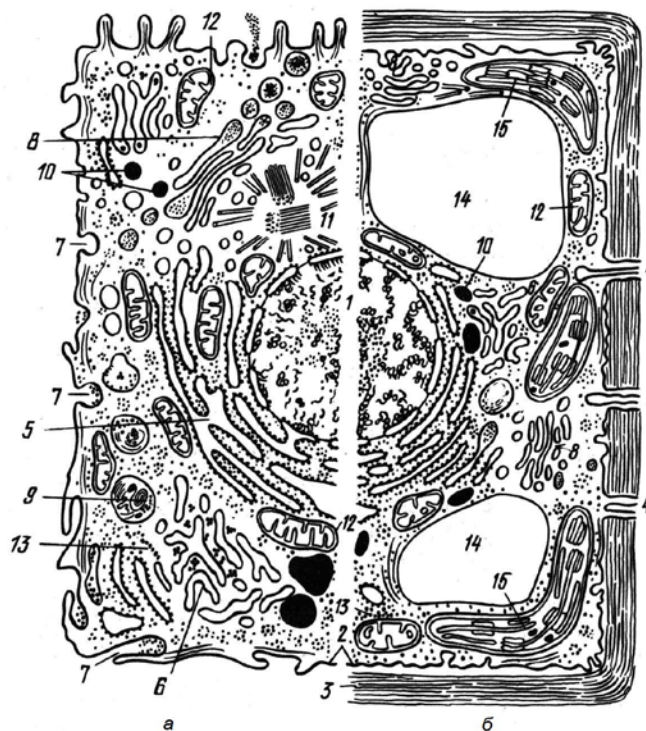


Рис. 5. Комбинированная схема строения эукариотической клетки: *а* – животного происхождения; *б* – растительного происхождения: 1 – ядро с хроматином; 2 – плазматическая мембрана; 3 – клеточная оболочка; 4 – плазмодесмы; 5 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 6 – агранулярная эндоплазматическая сеть; 7 – образующиеся пиноцитозные вакуоли; 8 – комплекс Гольджи; 9 – лизосома; 10 – жировые включения; 11 – центриоль и микротрубочки; 12 – митохондрии; 13 – полирибосомы; 14 – вакуоли; 15 – хлоропласты

В отличие от клеток животных клетки растений имеют плотную, обычно углеводную оболочку, окружающую живую часть клетки (протопласт), пластиды, из которых наибольшее значение имеют хлоропласты, осуществляющие процесс фотосинтеза, и крупные вакуоли, заполненные сильно обводненным клеточным соком. Однако перечисленные признаки не универсальны. Так, некоторые клетки растений, например гаметы и зооспоры водорослей, не имеют оболочки, от внешней среды они отграничены плазматической мембраной, идентичной мембране, окружающей клетку животных организмов. Зеленые пластиды свойственны лишь растениям, использующим для синтеза органических веществ энергию солнечного света. У гетеротрофных организмов, пользующихся готовыми органическими веществами (грибы), их нет.

Вакуоли характерны для взрослых клеток, уже закончивших рост. В клетках образовательных тканей (меристем), находящихся в кончике корня и на верхушке побега, а также в клетках семян вакуолей обычно нет или они очень мелкие.

Таким образом, специфичность структуры растительной клетки определяется характером ее жизнедеятельности, возрастным состоянием и таксономическими особенностями.

У низших растений клетка нередко представляет собой целый, самостоятельно живущий организм. Примерами таких одноклеточных растений могут быть зеленые водоросли (хлорелла, хламидомонада) и некоторые грибы (дрожжи). Тело многоклеточного растения состоит из многих комплексов клеток, имеющих разные размеры, форму, внутреннее строение и выполняющих разные функции. Клетки, утратившие в процессе развития живое содержимое, могут участвовать в проведении воды, некоторые из них защищают растение от механических воздействий, колебаний температур и так далее.

Поэтому в ботанике термин «клетка» употребляют не только для тех структурных единиц, которые имеют протопласт, дифференцированный на цитоплазму, ядро, пластиды, митохондрии и другие органоиды, но и для оболочек, оставшихся после отмирания протопластов.

Плазматическая мембрана или плазмалемма – поверхностная периферическая структура, ограничивающая клетку снаружи. Играет роль барьера, ограничивает свободный поток низко- и высокомолекулярных веществ в обе стороны через мембрану. Также она выступает как структура, рецептирующая различные химические вещества и регулирующая избирательно транспорт этих веществ в клетку.

Эндоцитоз

Задание 1. Рассмотреть микрофотографию эндоцитоза в животной клетке. Зарисовать в тетрадь, обозначить плазматическую мембрану, пиноцетозные ямки, пиноцетозные вакуоли, ядро, аппарат Гольджи.

Клетки плоского эпителия полости рта человека

Клетки плоского эпителия полости рта человека лучше всего рассматривать в фазово-контрастном или темнопольном микроскопе, можно использовать и обычный микроскоп с сильно закрытой конденсорной диафрагмой. На препарате видны плавающие в жидкости отдельные крупные плоские клетки, содержащие ядра ([рис. 6](#)).

Большая часть клеток мертвые, они имеют сильно структурированное ядро. Так как поверхностные клетки покровного эпителия являются высоко-

дифференцированными клетками, в которых затухают синтетические процессы, в ядрах этих клеток отсутствуют ядрышки или они очень мелкие.

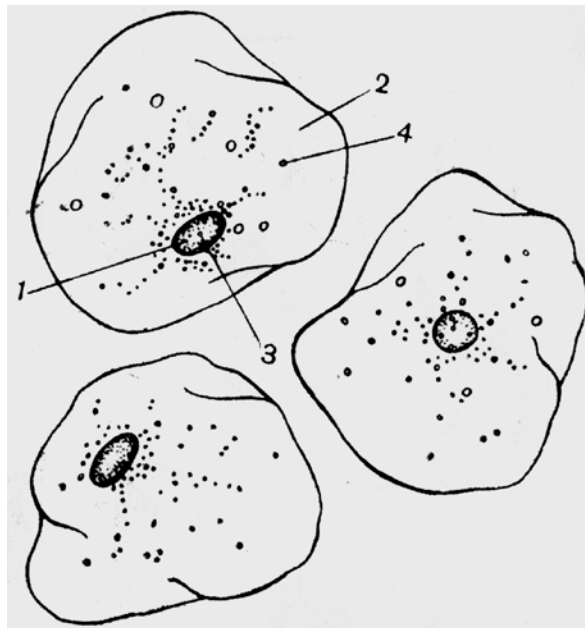


Рис. 6. Клетки плоского эпителия полости рта человека: 1 – ядра клеток; 2 – цитоплазма клеток; 3 – половой хроматин; 4 – митохондрия

Если взять соскоб этих клеток у женщины, то в ядрах многих клеток можно увидеть так называемые тельца Барра – это не что иное, как половая X хромосома в интерфазном ядре (половой хроматин) – плотный участок хроматина, прилежащий непосредственно к периферии ядра. В цитоплазме живых клеток можно также видеть множество мелких гранул – митохондрий и мелких пузырьков.

Задание 2. Приготовить препарат клеток плоского эпителия полости рта человека. Для того чтобы приготовить препарат, достаточно стерильным стеклянным шпателем провести с легким нажимом по небу или по деснам. При этом на кончике шпателя в капельке слюны окажутся слущенные клетки эпителия, выстилающего полость рта. Зарисовать себе в тетрадь. На рисунке обозначить все компоненты клетки.

Межклеточные соединения

Клеточная стенка растений формируется при участии плазматической мембраны и является экстраклеточным многослойным образованием, защищающим поверхность клетки и служащим наружным скелетом растительной клетки. Она состоит из двух компонентов: аморфного пластичного гелеоб-

разного матрикса (основы) с высоким содержанием воды и опорной фибриллярной системы из структурных полисахаридов, гемицеллюлозы и пектиновых веществ. Также в клеточную стенку могут входить различные включения лигнина и минеральных веществ, таких как оксид кремния или оксид кальция. На поверхностной клеточной оболочке могут скапливаться различные вещества: кутин, суберин, воск.

Аморфные вещества матрикса синтезируются в вакуолях аппарата Гольджи и выделяются через плазмалемму путем экзоцитоза. Фибриллы целлюлозы синтезируются ферментами, встроенными в плазмалемму.

В первичной оболочке имеются каналцы, через которые проходят цитоплазматические тяжи – плазмодесмы. С окончанием роста клетки формируется вторичная клеточная оболочка за счет образования новых слоев со стороны клеточной мембраны. Фибриллы целлюлозы, составляющие основу этих отложений, более мощные, чем у первичной оболочки, располагаются параллельно. Однако направление их расположения в каждом новом слое иное, что способствует повышению прочности вторичной клеточной оболочки. Вторичная оболочка имеет поры, через которые от клетки к клетке проходят плазмодесмы.

Задание 3. Рассмотреть микрофотографию межклеточных соединений в клетках печени, полученную с помощью электронного микроскопа. Зарисовать себе в тетрадь. На рисунке обозначить плазматическую мембрану, межклеточное пространство, десмосому, щелевой контакт.

Плазмодесмы в оболочках клеток запасющей ткани семени хурмы (*Diospyros Kaki Thunb.*)

Клетки эндосперма в очертании многоугольные, соединены плотно, без межклетников. Клетки имеют очень толстые оболочки, между которыми обычно хорошо заметны межклеточные пластинки. Толщина оболочек обусловлена мощным отложением в них гемицеллюлозы как вещества запаса.

Во многих клетках видны пересекающиеся оболочки группы тонких каналцев с плазмодесмами, соединяющими протопласты соседних клеток (рис. 7).

Задание 4. Для приготовления препарата пригодны свежие и хранящиеся в глицерине семена. Сняв кожуру, бритвой сделать тонкий поперечный срез запасющей ткани (эндосперма), положить его в каплю раствора йода в водном растворе

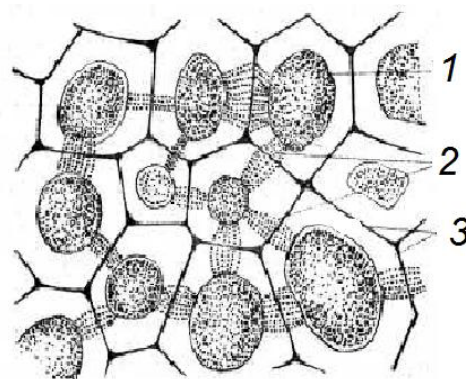


Рис. 7. Первичные оболочки с плазмодесмами в клетках эндосперма хурмы: 1 – содержимое клетки; 2 – плазмодесмы; 3 – оболочка

йодида калия, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать несколько клеток, на рисунке обозначить содержимое клетки, клеточную стенку, плазмодесмы.

Эндоплазматический ретикулум

Эндоплазматический ретикулум представляет собой систему ветвящихся канальцев и уплотненных полостей, пронизывающих всю цитоплазму эукариотических клеток и занимающих около 10 % от общего объема клетки. Вся эта лабиринтная структура ограничена одной непрерывной мембраной. Функционально делится на две различные структуры: гладкий эндоплазматический ретикулум (не содержит рецепторов для рибосом) и шероховатый (или гранулярный), получивший свое название из-за множества рибосом, расположенных на его обращенной к цитозолю поверхности.

Гладкий ЭР играет ведущую роль в биосинтезе липидов, а также в нем происходит накопление ионов кальция до 5 ммоль. Производной гладкого ЭР является центральная вакуоль растительных клеток.

Функцией шероховатого эндоплазматического ретикулума является биосинтез белков, которые при удлинении полипептидной цепи поступают в полость ЭР, где происходит формирование их вторичной, а затем и третичной структуры. Также в полости ЭР происходит ковалентное присоединение к вновь образованным белкам остатков сахаров.

Задание 5. Рассмотреть электронную фотографию участка цитоплазмы клетки. Зарисовать в тетрадь и обозначить на рисунке гладкий и гранулярный ЭР.

Аппарат Гольджи

Аппарат Гольджи (АГ) состоит из уложенных в стопку 4–6 уплощенных в центре и несколько расширяющихся ближе к периферии одномембранных цистерн диаметром около 1 мкм. С ним всегда ассоциирована масса мелких ограниченных одинарной мембраной пузырьков диаметров 60 нм. Обычно аппарат Гольджи расположен рядом с эндоплазматическим ретикулумом ближе к клеточной поверхности. При этом АГ строго поляризован и имеет две функционально различные стороны: обращенную к ЭР формирующую (цис-сторону) и зрелую (транс-сторону), обращенную к внешней стороне клетки.

Мембранные элементы АГ участвуют в сегрегации и накоплении продуктов, синтезированных в ЭПР, участвуют в перестройке олигосахаридных компонентов гликопротеинов. В цистернах АГ происходит синтез полисахаридов, их взаимосвязь с белками, приводящая к образованию мукопротеидов.

Задание 6. Рассмотреть микрофотографию аппарата Гольджи, полученную с помощью электронного микроскопа. Зарисовать в тетрадь и обозначить на рисунке цистерны АГ, диктиосомы, ампулярные расширения цистерн.

Лизосомы

Лизосомы – это специализированные компартменты эукариотической клетки, в которых обеспечиваются оптимальные условия для контролируемого внутриклеточного расщепления макромолекул. В полости лизосомы содержится более 50 различных гидролитических ферментов. Кроме участия в переваривании поглощенных частиц и растворов, лизосомы могут играть роль внутриклеточных структур, изменяющих клеточные продукты. Также существуют аутолизосомы, работа которых заключается в отборе и уничтожении измененных, «сломанных» клеточных компонентов.

Задание 7. Рассмотреть микрофотографию «Вторичные лизосомы в клетках культуры СПЭВ». Зарисовать в тетрадь и обозначить на рисунке лизосомы.

Пероксисомы

Пероксисомы представляют собой округлые, окруженные одинарной мембраной органеллы. Внешне пероксисомы напоминают лизосомы и секреторные пузырьки, но принципиально отличаются от них как по выполняемым функциям, так и по механизму возникновения. В полости пероксисомы белки достаточно часто формируют крупные кристаллические образования, нередко заполняющие все их внутреннее пространство и хорошо различимые под электронным микроскопом. Основная функция пероксисом – осуществление широкого спектра биохимических реакций с использованием кислорода. В них содержится большое количество ферментов-оксидаз, а также у растений пероксисомы содержат ферменты глиоксалатного цикла, превращающие жирные кислоты в углеводы.

Пероксисомы часто локализуются вблизи мембран ЭПР. У зеленых растений пероксисомы часто находятся в тесном контакте с митохондриями и пластидами.

Задание 8. Рассмотреть микрофотографию «Пероксисома в растительной клетке». Зарисовать в тетрадь и обозначить на рисунке пероксисому, белковое включение, хлоропласт, митохондрию.

Строение клеток развивающихся листьев элодеи канадской (*Elodea canadensis* Michx.)

Элодея – пресноводное растение с мутовками продолговато-овальных листьев на тонком стебле. Наиболее молодые клетки, структура которых еще не сформирована, составляют мелкие зачатки листьев, расположенные на верхушке побега под конусом нарастания. Размеры и форма клеток зависят от размеров развивающейся листовой пластинки. Самые молодые листовые зачатки, которые удается отделить от стебля, состоят из клеток, очертания

которых довольно сильно варьируют. Большинство клеток многоугольные, некоторые – узкие, удлинённые. Часто встречаются клетки только что возникшие в результате деления. Оболочки клеток очень тонкие, плотно сомкнутые. Клетки заполнены густой цитоплазмой, окружающей крупное, хорошо заметное ядро. Мелкие тельца, также расположенные в цитоплазме, представляют собой хлоропласты (рис. 8, а, б).

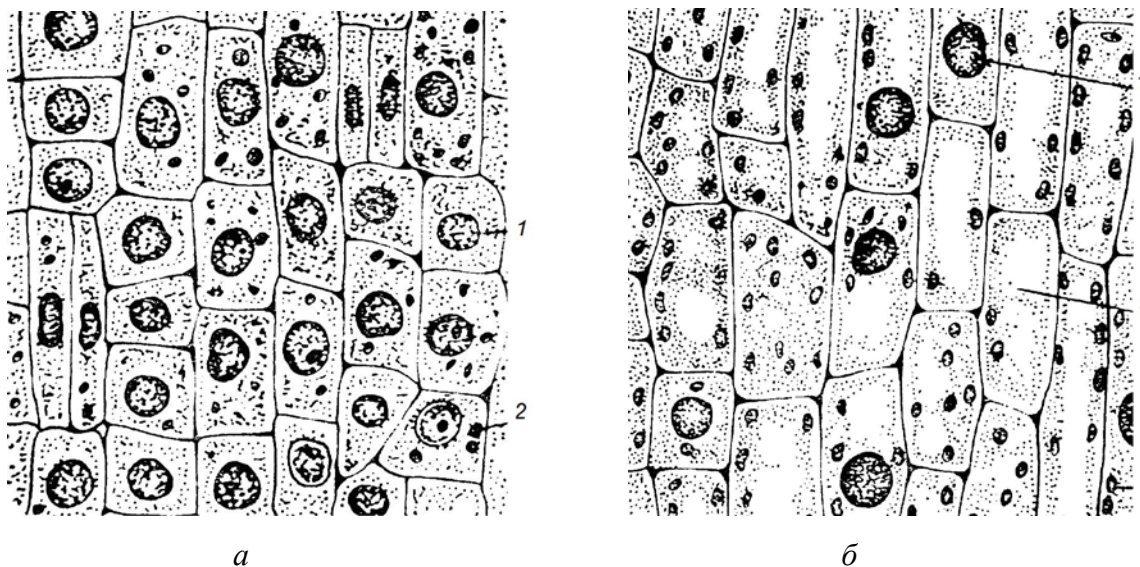


Рис. 8. Строение клеток листа элодеи: а, б – последовательные стадии развития клеток; 1 – ядра; 2 – пластиды; 3 – вакуоли

В нижерасположенных листьях по мере увеличения размеров клеток число пластид и их размеры увеличиваются, содержимое клеток становится более светлым, прозрачным вследствие появления вакуолей с водянистым клеточным соком; ядра заметны не во всех клетках. У молодых клеток может быть несколько мелких вакуолей, которые по мере роста и дифференцировки клетки сливаются друг с другом и образуют одну или несколько крупных вакуолей, занимающих до 90 % всего объема клеток. Центральная вакуоль отделена от цитоплазмы одинарной мембраной, сходной по толщине с плазмалеммой. Такая мембрана называется тонопласт. Вакуоли выполняют разнообразные функции. Одной из главных функций является поддержание тургорного давления клеток. Растворенные в соке вакуолей молекулы определяют его осмотическую концентрацию. Также вакуоли могут использоваться клетками в качестве накопительных резервуаров, где не только откладываются запасные вещества, но и собираются метаболиты, предназначенные для экскреции. Чтобы увидеть ядра, листья можно обработать раствором йода в водном растворе йодида калия (убивающего клетку), от этого реактива ядра становятся бурыми.

Задание 9. Приготовить временный препарат зачатка листа. Для приготовления препарата верхушку побега (не более 1 см длиной) положить на

предметное стекло в большую каплю воды и осторожно под микроскопом или лупой двумя препаровальными иглами удалить крупные листья. Самые мелкие чешуевидные листья, скученные на верхушке побега, оторвать от стебля, расправить, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом, а затем при большом увеличении микроскопа. Зарисовать молодую и развивающуюся клетку. Сделать подписи к рисункам. Описать различия молодой и развивающейся клетки.

Клетки кожицы листа валлиснерии (*Vallisneria spiralis* L.)

Клетки кожицы листа валлиснерии (рис. 9) либо вытянуты по длине листа, либо имеют квадратные или многоугольные очертания. Оболочки клеток тонкие, прозрачные, плотно примыкающие одна к другой. В клетках видны многочисленные зеленые тельца – хлоропласты, или хлорофилловые зерна. Хлоропласт имеет форму двояковыпуклой линзы, фронтальная сторона которой всегда обращена к клеточной стенке.

При внимательном наблюдении можно видеть, что пластиды перемещаются вдоль клеточных стенок. Это происходит вследствие движения вокруг центральной вакуоли цитоплазмы. Такое движение называют круговым или ротационным (циклоз).

Движение цитоплазмы играет важную роль в осуществлении обменных процессов и распределении веществ внутри клетки. В естественных условиях цитоплазма движется очень медленно, под влиянием физических или химических раздражителей движение обычно ускоряется. Это движение называют вторичным. Довольно быстрое движение цитоплазмы в клетках валлиснерии вызвано механическим повреждением листа в связи со снятием кожицы. Сначала оно заметно лишь в некоторых, а затем почти во всех клетках. Движение можно ускорить, если лист на несколько минут положить в теплую воду или добавить в нее каплю спирта.

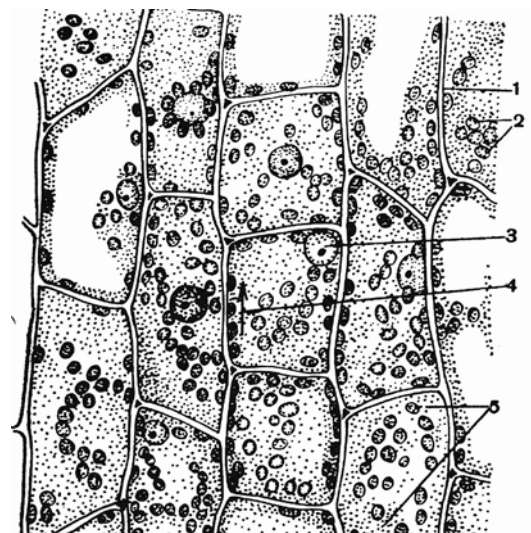


Рис. 9. Кожица листа валлиснерии: 1 – оболочка клетки; 2 – хлоропласты; 3 – ядро; 4 – направления движения цитоплазмы; 5 – цитоплазма

Задание 10. Приготовить временный препарат кожицы листа валлиснерии. Для приготовления препарата на любой из сторон линейного листа валлиснерии скальпелем или препаровальной иглой надрезать кожицу, кусочек которой содрать с листовой пластинки, положить в каплю воды на пред-

метное стекло, осторожно накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать клетку и видимые органеллы. Сделать подписи к рисунку. Описать препарат.

Плазмолиз в клетках кожицы чешуи луковицы репчатого лука (*Allium cepa* L.)

Для ознакомления со строением клеток и особенностями плазмолиза можно использовать кожицу, покрывающую внутренние чешуи луковицы лука. Слегка надрезанная скальпелем или препаровальной иглой кожица обычно легко сдирается.

Клетки кожицы разных размеров, многоугольные, с тонкими, плотно сомкнутыми стенками (рис. 10). В некоторых местах стенки пересечены узкими канальцами – порами, которые посередине перегорожены тонкой мембраной. В клетке хорошо видно ядро с ядрышком. Ядро окружено цитоплазмой, составляющей так называемый ядерный кармашек, соединенный тяжами с постенным слоем цитоплазмы. В цитоплазме встречаются капли эфирных масел, а в вакуолях – мелкие кубические или призматические кристаллы щавелевокислого кальция.

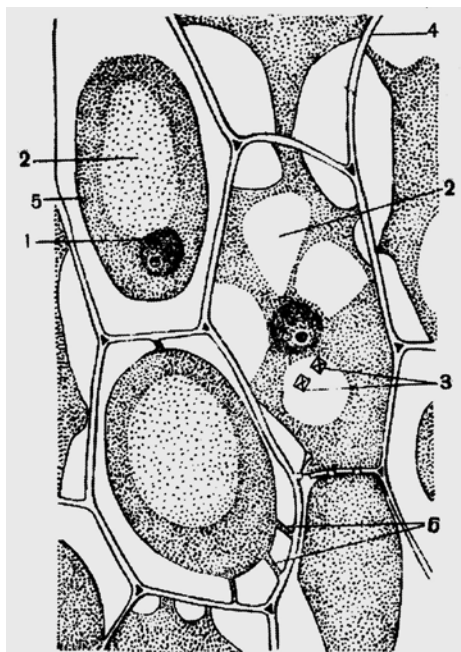


Рис. 10. Плазмолизованные клетки чешуи лука: 1 – ядро; 2 – вакуоли; 3 – кристалл оксалата кальция; 4 – оболочка клетки; 5 – плазмалемма; 6 – нити Гехта

Цитоплазма в клетках кожицы лука более вязкая, чем у водных растений. О высокой вязкости цитоплазмы можно судить по характеру плазмолиза. Во многих клетках плазмолиз вогнутый. Отошедшие от стенок искривленные участки протопласта обращены к стенкам вогнутыми сторонами. В некоторых местах протопласт связан с клеточными стенками тонкими цитоплазматическими тяжами – «нитеми Гехта», часть которых со временем разрывается.

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

Задание 11. Приготовить временный препарат чешуи лука. Рассмотреть препарат в воде под покровным стеклом при малом

и большом увеличении. Зарисовать клетки эпидермиса внутренней чешуи луковицы лука: общий вид и плазмализированные клетки. Сделать подписи к рисунку. Описать препарат.

Строение клеток сформированного листа элодеи

Лист элодеи состоит из двух слоев клеток, причем клетки верхнего слоя, обращенного к наблюдателю, крупнее клеток нижнего слоя. Уже при малом увеличении обращает на себя внимание неравномерная окраска листовой пластинки, в середине которой вдоль листа располагается «средняя жилка», состоящая из более светлых клеток. Краевые клетки листа почти прозрачные. Некоторые клетки выступают наружу в виде острых зубцов (рис. 11, а) с концами, обращенными к верхушке листа. В клетках основания листовой пластинки зубцов нет (рис. 11, б). Наружные стенки зубцов очень толстые, красновато-бурые.

Параллельно «средней жилке» вдоль листа проходят узкие темные полосы разной длины. Они представляют собой систему межклетников – пространств между клетками верхней и нижней сторон листа, заполненных воздухом. Под микроскопом межклетники выглядят темными из-за большой разницы в показателях преломления света воздуха ($n = 1$) и клеточных оболочек ($n = 1,5$). Когда вода, показатель преломления света которой близок показателю преломления оболочек ($n = 1,33$), войдет в межклетники через поврежденные места и вытеснит из них воздух, межклетники станут незаметными.

Клетки имеют тонкие прозрачные стенки, плотно соединенные между собой. Размеры, форма клеток, а также число содержащихся в них зеленых пластид – хлоропластов варьируют.

Клетки «средней жилки» узкие, сильно вытянутые по длине листа, пластид в них немного, большинство из них располагается вдоль боковых стенок. Очертания этих пластид овальные.

Клетки, прилегающие к «средней жилке», более широкие, квадратные, многоугольные или продолговатые. В клетках много пластид, в плане они округлые, в боковой проекции – овальные или эллиптические. Ядро, цитоплазма и вакуоль в клетке не видны, так как показатели преломления света всех этих структур примерно одинаковы. Ядро становится заметным, если лист обработать раствором йода в водном растворе йодида калия, однако следует помнить, что этот реактив убивает клетку.

О наличии цитоплазмы и об условных границах клеточной вакуоли можно судить лишь по перемещению пластид, происходящему вдоль клеточных стенок по часовой или против часовой стрелки, что характерно для кругового, или ротационного, движения. В таких клетках цитоплазма, окружающая крупную центральную вакуоль, занимает постенное положение. В клетках только что оторванного листа цитоплазма обычно не движется или движется очень медленно, но спустя несколько минут движение становится

хорошо заметным сначала в клетках средней жилки, а затем и в прилегающих к ней клетках.

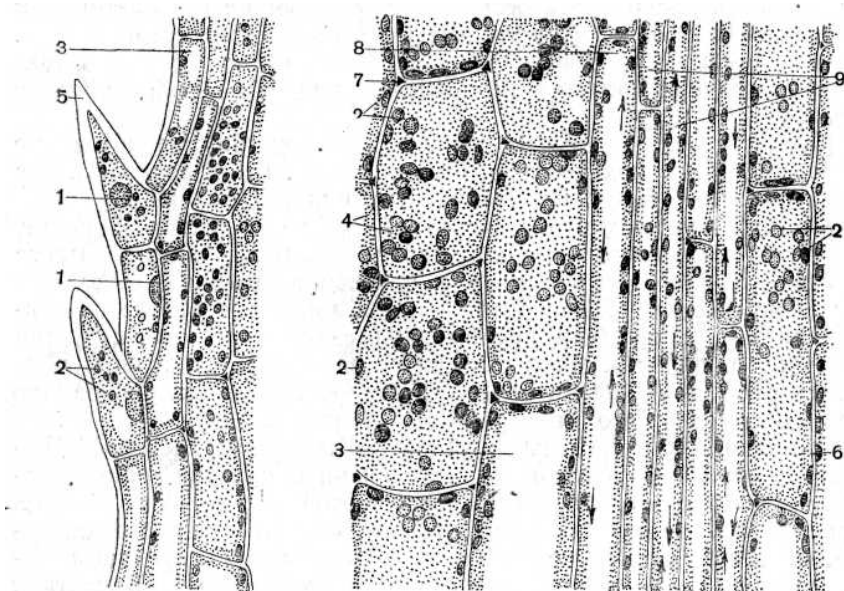


Рис. 11. Клетки сформированного листа элодеи: 1 – ядро; 2 – хлоропласты; 3 – вакуоль; 4, 8 – цитоплазма; 5 – зубчик листа; 6 – оболочка клетки; 7 – межклетник; 9 – клетки «средней жилки»

Клетки, расположенные по краю листовой пластинки, вытянуты в длину, но значительно короче клеток средней жилки. Их наружные стенки толще внутренних. Клетки бедны содержимым, находящиеся в них немногочисленные пластиды значительно мельче, чем в остальных клетках. При внимательном рассмотрении в краевых клетках, в том числе и в зубцах, можно видеть ядра, представляющие собой светлые мелкозернистые тельца.

Задание 12. Ознакомьтесь с общим планом строения листа, более детально рассмотреть особенности слагающих его клеток при большом увеличении.

Приготовить временный препарат сформированного листа элодеи. Оторванный от стебля лист положить нижней стороной в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Лист элодеи значительно больше поля зрения микроскопа, поэтому даже при работе с малым увеличением препарат приходится передвигать. Зарисовать и описать препарат. Сделать подписи к рисункам.

Лабораторная работа № 4

Ультраструктурная организация митохондрий

Основная функция митохондрий связана с окислением органических соединений и использованием освобождающейся при этом энергии для синтеза молекул АТФ. По своему строению они представляют собой цилиндрические органеллы, встречающиеся в эукариотической клетке в количестве от нескольких сот до нескольких тысяч. Размеры митохондрий различны у разных организмов так же, как и форма.

Митохондрии окружены двойной мембраной. Наружная мембрана отделяет митохондрию от цитоплазмы, в ней большое количество каналобразующего белка – порина, в результате чего она оказывается свободно проницаема для достаточно крупных молекул. Внутренняя мембрана окружает жидкий матрикс, в котором находятся ДНК, РНК, белки, рибосомы. Характерной чертой внутренней митохондриальной мембраны является образование многочисленных впаиваний (крист), за счет которых площадь внутренних мембран увеличивается. Состав внутренней мембраны позволяет ей быть абсолютно непроницаемой для протонов водорода. В матриксе митохондрий находятся ферментные системы окисления пирувата и жирных кислот, а также ферменты цикла трикарбоновых кислот (цикла Кребса). ДНК митохондрий существует в виде замкнутой двуспиральной молекулы.

Задание 1. Рассмотреть микрофотографии и зарисовать внутреннее строение митохондрии. Обозначить на рисунке наружную мембрану, матрикс, внутреннюю мембрану, кристы.

Ультраструктурная организация хлоропласта

Одним из основных отличий растительной клетки от животной является наличие пластид. К ним относятся лейкопласты (бесцветные) и хромопласты (окрашенные) пластиды. К лейкопластам относят, например, амилопласты, элайопласты, а к хромопластам – хлоропласты, каротиноидопласты. Пластиды осуществляют функции фотосинтеза (хлоропласты); синтеза крахмала (лейкопласты) и каротиноидов – каротина и ксантофилла (каротиноидопласты, красные хромопласты). Между разновидностями пластид возможен ряд взаимных превращений.

Генетическая система хлоропластов представлена циклическими молекулами ДНК достаточно большой длины – 120–180 т. п. н. (тысяч пар нуклеотидов). При этом в отличие от ядерной ДНК хлоропластов не образует комплексов с гистонами. В хлоропластах выявлены все типы РНК и рибосомы, участвующие в синтезе хлоропластных белков.

Наиболее сложное строение, приспособленное для осуществления фотосинтеза, имеют хлоропласты. Больше всего хлоропластов в клетках листа и периферической зоны молодого стебля.

В строму хлоропласта погружены короткие тилакоиды в виде дисков. Они собраны стопками, расположенными перпендикулярно поверхности пластиды. Группы этих дисков называют гранами. Граны соединены между собой тилакоидами стромы, представленными многочисленными анастомозирующими уплощенными двойными мембранами или трубочками. Нередко встречаются хлоропласты, не имеющие гран. Пигменты ассоциированы с мембранами тилакоидов, больше всего их в гранах.

В строме хлоропласта встречаются зерна ассимиляционного крахмала и липиды в виде глобул, чернеющих после фиксации осмиевой кислотой. Их называют осмиофильными глобулами.

Лейкопласты – бесцветные пластиды. Они встречаются в клетках эпидермиса и запасующих тканей. В лейкопластах происходит полимеризация веществ, поступающих из цитоплазмы, и образуются высокомолекулярные соединения, откладывающиеся в запас.

Лейкопласты имеют слабо развитую систему тилакоидов, которые могут быть по-разному ориентированы по отношению к оболочке пластиды.

Хромопласты – пластиды желто-оранжевого цвета. Их окраска обусловлена каротиноидами, из которых наиболее распространены различные модификации оранжево-красного каротина и желтого ксантофилла. Хромопласты могут развиваться из лейкопластов, накапливающих каротиноиды, откладывающиеся в строме пластиды в виде отдельных зерен. В клетках околоплодников и в листьях многих древесных растений осенью хромопласты образуются из хлоропластов, в которых разрушается хлорофилл, маскировавший окраску каротиноидов. Этот процесс идет одновременно с дегенерацией тилакоидов и накоплением липидов и каротиноидов. Хромопласты либо сохраняют форму хлоропластов, либо приобретают причудливые очертания вследствие кристаллизации каротина. Мелкие кристаллы каротина окружены стромой с остатками мембран, крупные – иногда свободно лежат в цитоплазме.

Задание 2. Рассмотреть микрофотографии и зарисовать внутреннее строение хлоропласта. Обозначить на рисунке наружную мембрану, строму, внутреннюю мембрану, зерна крахмала, граны, тилакоиды гран.

Обнаружение ассимиляционного крахмала в клетках листа элодеи (*Elodea canadensis* Mich.)

При хороших условиях освещения в хлоропластах происходит активный фотосинтез и образуется большое количество ассимиляционного крахмала, который можно выявить с помощью йодной реакции. Так как йод убивает клетку, хлоропласты выглядят несколько разбухшими по сравнению с пластидами живой клетки. Внутри хлоропластов можно заметить зерна ассимиляционного крахмала ([рис. 12](#)), которые от йода приобретают темно-

синий или темно-фиолетовый цвет, а белковая строма, окружающая крахмал, становится бурой.

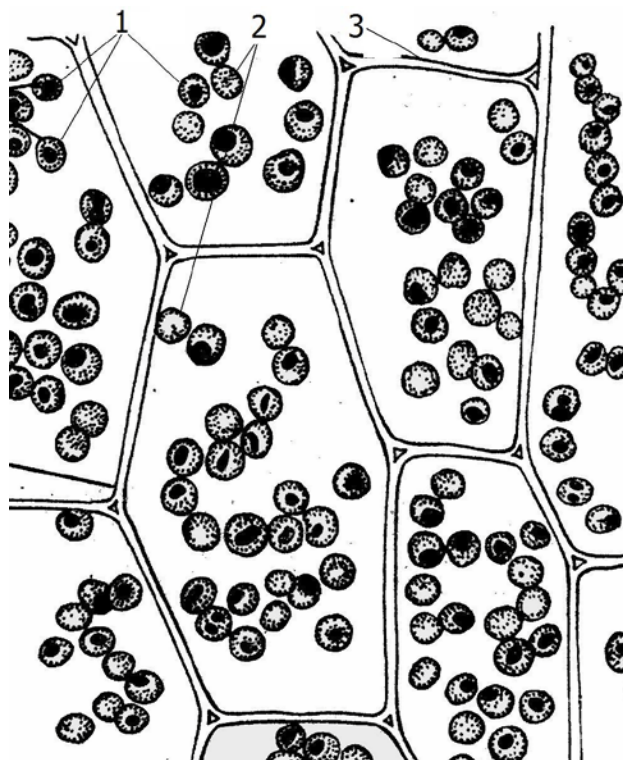


Рис. 12. Ассимиляционный крахмал в клетках листа элодеи: 1 – хлоропласты с ассимиляционным крахмалом; 2 – хлоропласты; 3 – оболочка клетки

Задание 3. Приготовить временный препарат листа элодеи. Для этого свежий лист элодеи, предварительно выдержанный на свету, положить в раствор йода в водном растворе йодида калия, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при большом увеличении микроскопа. Рассмотреть, зарисовать и описать препарат. Сделать подписи к рисункам.

Ультраструктурная организация хлоропласта

Задание 4. Рассмотреть микрофотографии и зарисовать внутреннее строение хлоропласта. Обозначить на рисунке наружную мембрану, строму, внутреннюю мембрану, зерна крахмала, кристаллы каротина.

Хлоропласты в клетках околоплодников зрелых плодов и корнеплодах моркови

Для изучения пригодны ягоды ландыша, плоды рябины, шиповника, кизильника, томатов, паслена и других растений ([рис. 13](#)).

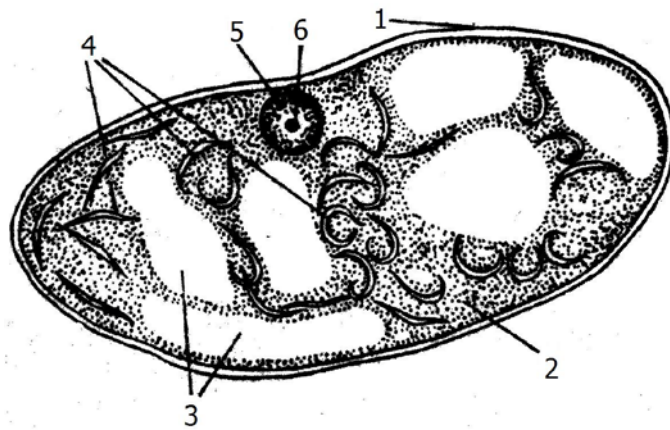


Рис. 13. Хромопласты в клетках кизильника черноплодного: 1 – оболочка клетки; 2 – цитоплазма; 3 – вакуоль; 4 – хромопласты; 5 – ядро; 6 – ядрышко

Созревание плодов обычно сопровождается разъединением клеток вследствие растворения находящихся между ними пектиновых веществ. Этот процесс называют мацерацией. Мацерированные клетки околоплодников имеют округлые, овальные или слегка угловатые очертания. Клетки очень тонкостенные, поэтому при приготовлении препарата покровное стекло надо опускать осторожно, чтобы на оболочках не образовались складки. Клетки богаты клеточным соком, однако границы между цитоплазмой и вакуолями, как правило, не видны.

В цитоплазму погружены многочисленные желтые пластиды – хромопласты. Если в клетке видно ядро, то пластиды преимущественно локализуются вокруг него (рис. 13).

У разных растений пластиды различаются размерами и формой. У ландыша (*Convallaria majalis* L.), паслена (*Solanum dulcamara* L.) и в некоторых клетках шиповника (*Rosa*) хромопласты по форме почти не отличаются от хлоропластов, из которых они образовались. У рябины (*Sorbus aucuparia* L.) они игольчатые. Наиболее причудливые очертания характерны для хромопластов черноплодного кизильника (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch, exBlytt). У этих растений при формировании хромопласта происходит кристаллизация каротина и образовавшиеся кристаллы растягивают строму пластиды. В клетках томатов (*Lycopersicon esculentum* Mill.) наряду с пластидами, имеющими более или менее округлые очертания и содержащими небольшие кристаллы, встречаются и одиночные, видимо, не окруженные стромой довольно крупные кристаллы каротина.

Очень сильная кристаллизация каротина, который накапливается в лейкопластах, происходит в клетках корнеплодов моркови (*Daucus carota* L.), которые следует рассматривать на тонких поперечных или продольных срезах. Кристаллы обычно свободно лежат в цитоплазме клеток.

Задание 5. Приготовить временный препарат. Для этого небольшой кусочек мякоти зрелого плода кизильника или томата перенести препаровальной иглой в каплю воды на предметное стекло, слегка размешать, чтобы на препарате не было комков, накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать и описать препарат. Сделать подписи к рисункам.

Ультраструктурная организация лейкопласта

Задание 6. Рассмотреть микрофотографии и зарисовать внутреннее строение лейкопласта. Обозначить на рисунке наружную мембрану, строму, внутреннюю мембрану.

Лейкопласты в клетках кожицы листа традесканции вирджинской (*Tradescantia virginiana* L.)

Клетки кожицы листа традесканции крупные, тонкостенные, обычно многоугольные, плотно соединенные между собой ([рис. 14](#)).

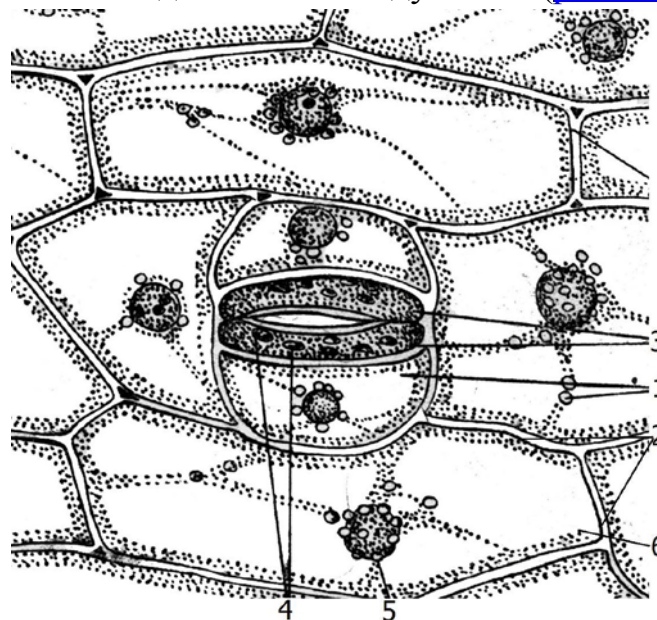


Рис. 14. Клетки эпидермиса традесканции: 1 – клетки с лейкопластами; 2 – оболочка клеток; 3 – замыкающие клетки; 4 – хлоропласт; 5 – ядро; 6 – цитоплазма

Почти во всех клетках хорошо заметны ядра. Ядро окружено цитоплазматическим ядерным кармашком, от него к постенному слою цитоплазмы отходят тяжи, толщина которых и число их в клетках варьируют. Вокруг ядра и в цитоплазматических тяжах, пересекающих клетку, находятся мелкие шаровидные тельца – лейкопласты. Показатели преломления света у лейко-

пластов, ядра и цитоплазмы примерно одинаковы, поэтому пластиды лучше рассматривать при почти закрытой диафрагме.

Задание 7. Приготовить временный препарат. Для этого с верхней или нижней стороны линейного листа традесканции содрать кусочек кожицы, положить его на предметное стекло в каплю сладкой воды (1–2 чайных ложки сахарного песка на стакан воды), накрыть покровным стеклом и рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать и описать препарат. Сделать подписи к рисункам.

Микрофотография амилопласта

Задание 8. Рассмотреть микрофотографии и зарисовать внутреннее строение амилопласта. Обозначить на рисунке наружную мембрану, крахмальные зерна, внутреннюю мембрану.

Микрофотография гранулярного эндоплазматического ретикулума

Отличительной особенностью гранулярного эндоплазматического ретикулума является наличие полисом на его мембранах. Это говорит о том, что гранулярный ЭР является важным местом синтеза белков. Рибосомы (рис. 15), образующие полисомы, представляют собой элементарные клеточные машины синтеза любых белков клетки. У всех растительных (да и животных) организмов они идентичны. Их размеры варьируют от 17 до 23 нм в диаметре, вследствие чего они не видны в световой микроскоп. В состав эукариотической рибосомы входят четыре молекулы РНК, различающиеся по длине: от 120 до 4700 нуклеотидов, которые связаны с белком. Число рибосом в клетке, как правило, чрезвычайно велико (до 10^7 шт.). Рибосомы могут образовывать комплексы, называемые полирибосомами или полисомами. Клетки, активно синтезирующие белки, имеют, как правило, много полисом.

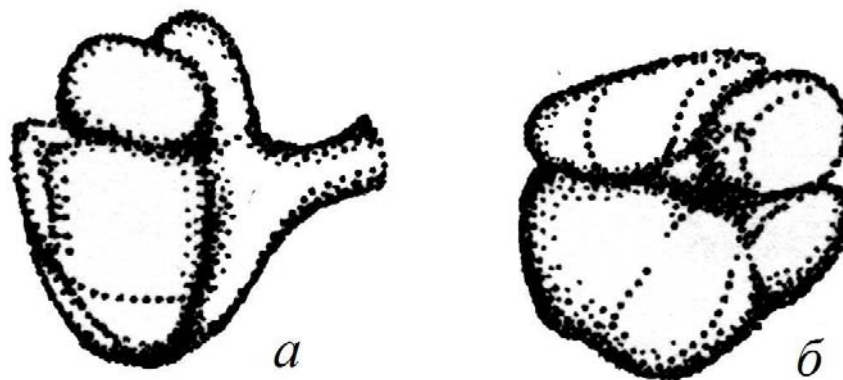


Рис. 15. Внешний вид рибосомы: *а* – вид сверху; *б* – вид сбоку

Задание 9. Рассмотреть микрофотографии гранулярного эндоплазматического ретикулума и зарисовать. Обозначить на рисунке эндоплазматический ретикулум, рибосомы.

Микрофотографии молодой растительной клетки

Задание 10. Рассмотреть микрофотографии и зарисовать. Обозначить на рисунке органеллы клетки и рибосомы.

Лабораторная работа 5

Ультраструктура интерфазных ядер

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

В настоящее время в ядре различают следующие компоненты: ядерная оболочка, хроматин (хромосомный материал), ядрышко и ядерный сок (кариоплазма) ([рис. 16](#)).

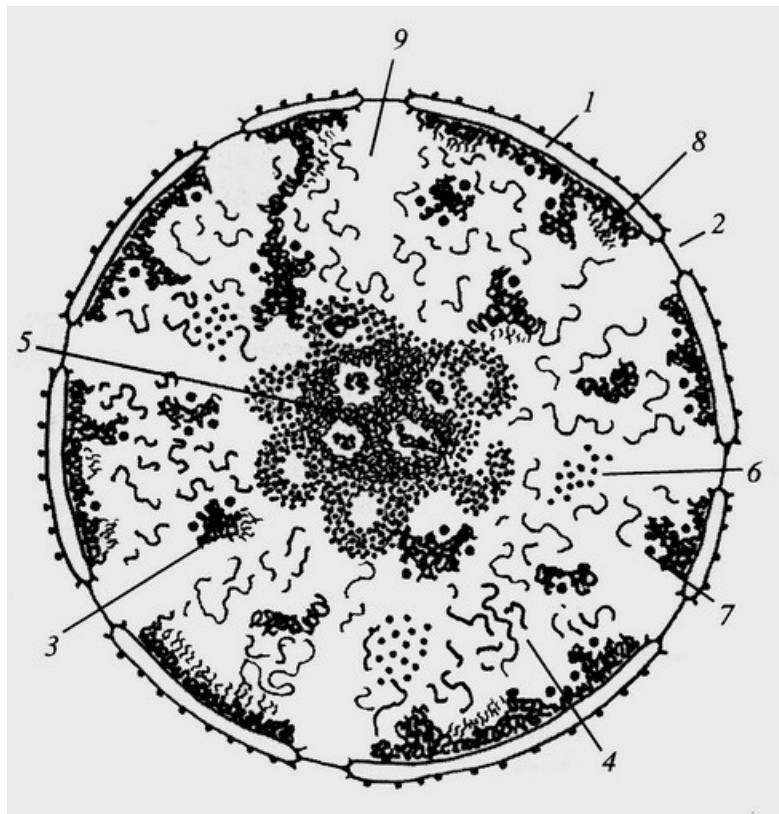


Рис. 16. Схема строения клеточного ядра: 1 – ядерная оболочка (две мембраны и перинуклеарное пространство); 2 – ядерная пора; 3 – конденсированный хроматин; 4 – диффузный хроматин; 5 – ядрышко (гранулярный и фибриллярный компонент, в светлых зонах находится рДНК); 6 – интерхроматиновые гранулы; 7 – перихроматиновые гранулы; 8 – перихроматиновые фибриллы; 9 – кариоплазма

Эти компоненты отличаются друг от друга по своему биохимическому составу и ультраструктуре, так как несут различные функциональные нагрузки. Необходимо еще раз подчеркнуть, что, несмотря на эти различия, работа всех компонентов ядра направлена на выполнение генетической функции хромосомного материала – репликацию ДНК и синтез РНК.

Ядро выполняет две важнейшие функции: контроль жизнедеятельности клеток и хранение и передача генетической информации. Ядро содержит нуклеиновые кислоты: ДНК и РНК, белки, небольшие молекулы и ионы. Почти у всех растительных клеток оно имеет сферическую форму и состоит из нуклеоплазмы, хроматина и ядерной оболочки. Хроматином называют комплексы ДНК с белками.

У растений ядро клетки включает также небольшое сферическое тельце, получившее название ядрышка, которое представляет собой область внутри ядра, где локализованы гены, ответственные за синтез рибосомной РНК. У некоторых видов растений в ядрах клеток имеется несколько ядрышек. Участки хромосом, в которых происходит формирование ядрышка, называются ядрышковыми организаторами или ядрышкоорганизующими рай-

онами (ЯОР). Хроматин состоит из комплекса, образуемого молекулами ДНК и белками основной природы – гистонами. Кроме них в состав хромосом могут входить высокомолекулярные белки и РНК. Диаметр ядра у высших организмов обычно колеблется от 10 до 30 мкм.

Ядерная оболочка является дифференцированной частью эндоплазматической сети. Оболочка состоит из двух мембран, разделенных перинуклеарным пространством. Ядерная оболочка пронизана порами, которые контролируют обмен между ядром и цитоплазмой. Через поры проходят мелкие молекулы, ионы, а также макромолекулы, в частности такие, как рибонуклеопротеиды.

В ядрышках протекает синтез рибосомных РНК. Ядрышки часто прилегают к той части хроматина, где они образуются. Их размеры и в некоторых случаях количество характеризуют повышенную степень активности клетки (синтез белков).

Задание 1. Рассмотреть микрофотографии интерфазных ядер и зарисовать. Обозначить на рисунке ядерную оболочку, ядрышко, нуклеоплазму, диффузный хроматин.

Животная клетка в период дифференциации

Задание 2. Рассмотреть микрофотографию животной клетки в период дифференциации и зарисовать. Обозначить на рисунке клеточную мембрану, ядро, ядерную оболочку, ядрышко, нуклеоплазму, хроматин, ядерные поры.

Ультраструктура ядерной мембраны

Задание 3. Рассмотреть микрофотографии ядерной мембраны и зарисовать. Обозначить на рисунке ядро, цитоплазму, внутреннюю ядерную мембрану, наружную ядерную мембрану, перинуклеарное пространство, ядерные поры, хроматин, рибосомы.

Ядра растительных клеток. Корешок лука

Ядра растительных клеток по своей структуре отличаются от ядер клеток животных несколько иной упаковкой в них хроматина. Именно на это должны обратить внимание студенты, рассматривая светомикроскопический препарат и электронограмму растительной клетки. В качестве объекта для наблюдения можно использовать корешки лука или корешки проростков его семян.

Под малым увеличением микроскопа в кончике корня можно видеть чехлик, состоящий из многоугольных уплотненных клеток, и меристему, представленную столбцами клеток в основном прямоугольных или близких к прямоугольным очертаниям. Интересно, что клетки одного ряда представляют потомство одной клетки. Форма и структура ядер в меристематических клетках и клетках чехлика различны.

Под иммерсионным объективом в центре меристематической клетки видно крупное шаровидное или слегка вытянутое ядро с одним или двумя большими сферическими ядрышками. В отличие от ядер многих клеток животных организмов ядра клеток растений часто имеют в своём составе так называемую хроматиновую сеть. Она представляет собой скопление тонких нитей, очень плотных и интенсивно красящихся. Видны глыбки и зерна хроматина разных размеров. Крупные глыбки называют хромоцентрами. Некоторые хромоцентры располагаются вблизи ядрышка.

Деление растительной клетки начинается с деления ядра. В соматической клетке оно носит название митоза – непрямого или кариокинетического деления, который протекает в меристематических тканях. В результате этого деления из одной клетки образуются две дочерние, имеющие такое же число хромосом, какое было у родительской клетки. Период от окончания одного митоза до окончания следующего получил название клеточного цикла (рис. 17). Между двумя клеточными делениями проходит период, во

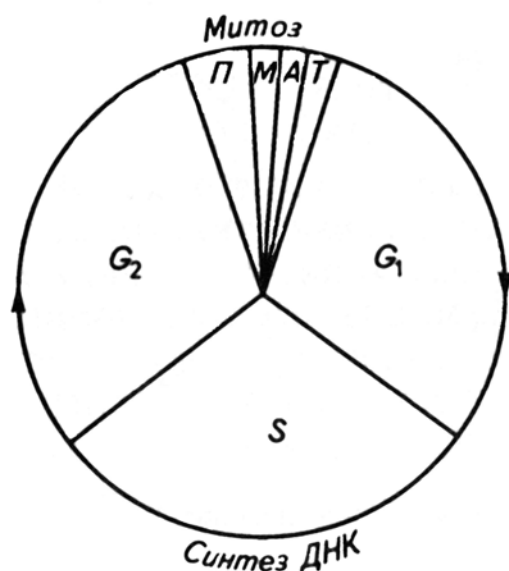


Рис. 17. Схема периодов клеточного цикла: G_1 – пресинтетический период; S – синтетический период; G_2 – постсинтетический период

время которого внешне клетка находится в состоянии покоя. Это стадия интерфазы. Однако этот покой только видимый, а в клетке интенсивно протекают процессы на молекулярном уровне, подготавливающие вновь образовавшиеся клетки к новому делению. Интерфаза включает пресинтетический период (G_1), синтетический период (S), постсинтетический период (G_2).

В период G_1 продолжается рост клеток, синтезируются специфические белки и нуклеотиды, необходимые для синтеза ДНК.

Период S характеризуется синтезом ДНК (ее количество в клетке удваивается) и гистонов. Удвоение со-

держания ДНК связано с репликацией хромосом. В конце этого периода каждая из хромосом состоит из двух хроматид.

Период G_2 характеризуется накоплением веществ и энергии, необходимых для протекания митоза. В этот период начинаются процессы конденсации хромосом. Перед расхождением в дочерние клетки хромосомы постепенно переходят в метаболически неактивное состояние.

Продолжительность клеточного цикла очень сильно варьирует в зависимости от ткани, вида растения и внешних условий. Например, по данным К. Свенсона и П. Уэбстера, в кончиках боковых корешков конских бобов (*Vicia faba*) средняя продолжительность клеточного цикла в меристематических клетках при 22 °С составила 14 ч: период G_1 занимал 2,5 ч, период S – 6 ч, период G_2 – 3,5 ч и собственно митоз продолжался 2 ч. Внутри клеточного цикла наиболее сильно варьирует продолжительность периода G_1 , который может практически отсутствовать в активно делящихся клетках или казаться практически постоянным в случае специализированных тканей. В случае последних часто используют характеристику G_0 , т. е. неактивной фазы G_1 .

В митозе выделяют два взаимосвязанных процесса – кариокинез (деление ядра) и цитокинез (деление цитоплазмы). Митоз состоит из следующих стадий: профазы, метафазы, анафазы и телофазы (рис. 18).

Профаза характеризуется продолжением процесса конденсации хроматина, в результате чего хромосомы становятся видимыми в световой микроскоп. На этой стадии исчезает ядрышко (ядрышки). В конце профазы появляются микротрубочки и начинает формироваться веретено деления.

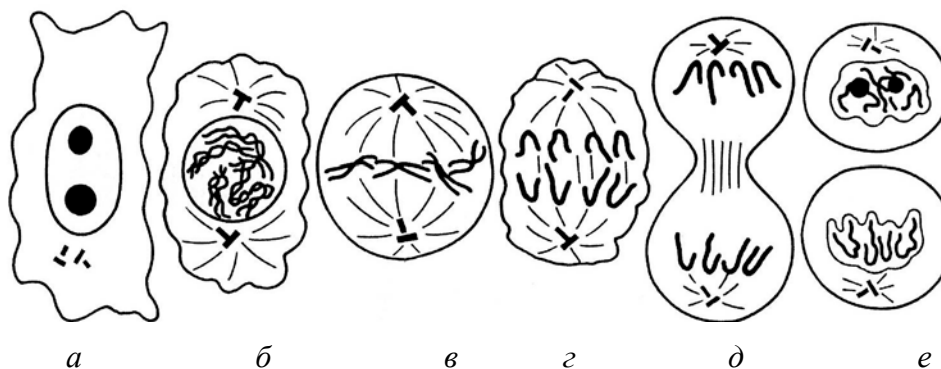


Рис. 18. Схема митотического деления клетки: а – интерфаза; б – профазы; в – метафаза; г – анафаза; д – ранняя телофаза; е – поздняя телофаза

Затем клетка плавно переходит в метафазу. К началу метафазы ядерная оболочка разрушается, а хромосомы достигают максимального уровня конденсации. В то же время окончательно формируется веретено деления, состоящее из пучков микротрубочек: опорных – идущих от полюса к полюсу и тянущих – от полюсов к центромерам дихроматидных хромосом. Хромосомы выстраиваются перпендикулярно к нитям веретена на равном удалении от полюсов, образуя метафазную пластинку.

В анафазе центромеры делятся в продольном направлении и хроматиды (теперь это самостоятельные хромосомы) под действием тянущих нитей ве-

ретена начинают движение к полюсам. Деление центромер происходит синхронно за счет разделения белков когезинов. К концу анафазы в экваториальной плоскости клетки на опорных нитях веретена образуются небольшие узелки, которые в дальнейшем (по завершению телофазы) сливаются и дают начало первичной клеточной перегородке.

Заключительная фаза митоза – телофаза. Во время этой фазы начинается деконденсация хромосом, восстанавливаются ядрышки и формируется ядерная оболочка, начинает закладываться клеточная перегородка. Митоз завершается формированием клеточной стенки, а два дочерних ядра в двух новых клетках вступают в интерфазу.

Митоз свойствен всем эукариотам. Его биологическое значение заключается в том, что в результате обе дочерние клетки имеют одинаковое с родительской число хромосом.

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

Амитоз – это прямое деление ядра, при котором оно делится перетяжкой на две части. Затем происходит разделение цитоплазмы клетки и возникает клеточная перегородка. Амитотическое деление приводит к неравномерному распределению ДНК в дочерних клетках. Амитоз, как правило, свойствен клеткам высокополиплоидных дифференцированных тканей, таких, как клетки стенок завязи, крахмалообразующие клетки клубней картофеля, клетки перисперма и др.

Эндомиоз. При этом типе деления ([рис. 19](#)) ядерная оболочка не распадается. Удвоение хромосом, как и при митозе, происходит во время предшествующей интерфазы. Процесс удвоения проходит неоднократно, поэтому число хромосом в ядре и размеры самого ядра увеличиваются. Эндомиоз впервые был обнаружен в клетках тапетума шпината (*Spinacia sativa*), а затем в антиподах семейств астровых (*Asteraceae*) и лютиковых (*Ranunculaceae*). При эндомиозе хромосомы проходят те же стадии, что и при нормальном митозе. Встречаются два типа этого деления, отличающиеся тем, что в одном случае хроматиды в эндоанафазе расходятся, а в другом – нет. Последний приводит к политении.

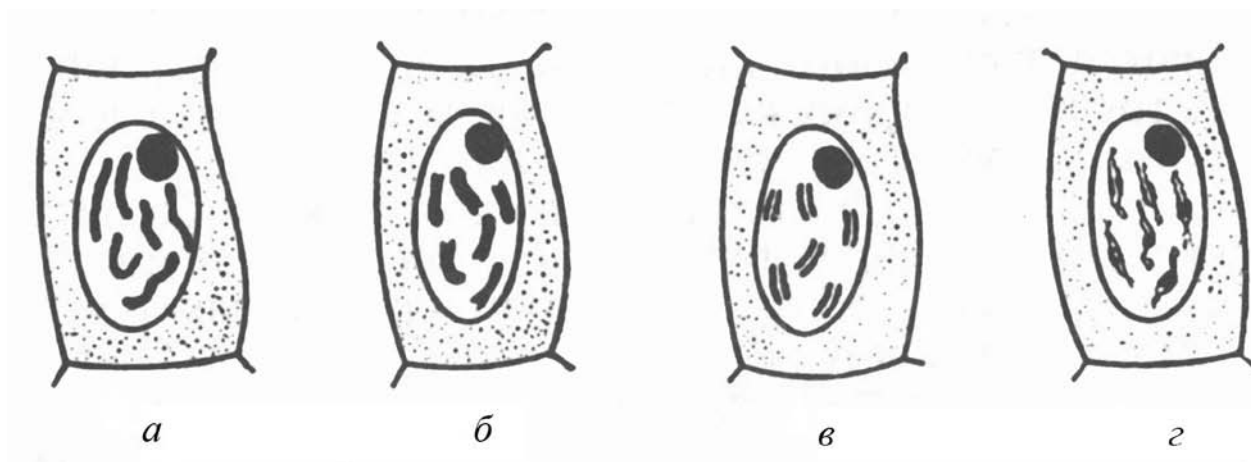


Рис. 19. Схема эндомитоза в клетках тапетума *Spinacia oleracea*: а – эндопрофаза; б – эндометафаза; в – эндоанафаза; г – эндотелофаза

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

Задание 4. Рассмотреть микрофотографии растительного ядра. Приготовить временный препарат кожицы лука. Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа. Зарисовать и описать препарат. Сделать подписи к рисункам.

Митоз в клетках корешка лука

Деление клеток происходит только в зоне деления. При большом увеличении микроскопа в ней можно найти как неделящиеся клетки (стадия интерфазы), так и клетки во всех стадиях митоза.

В интерфазе клетки имеют прямоугольные очертания, окружены хорошо заметной оболочкой. Ядра округлые и овальные, в них видны 1–2 окрашенных в черный цвет округлых, крупных ядрышка и мелкие глыбки хроматина.

В профазе в ядре заметны более крупные глыбки хроматина.

Затем в результате дальнейшей конденсации хромосом, в ядре появляется клубок вначале тонких, а позднее более толстых и коротких нитей. В ранней профазе еще хорошо заметны ядрышки и ядерная оболочка, а к концу профазы ядрышко и ядерная оболочка исчезают. Хромосомы в виде коротких нитей оказываются лежащими в центральной части цитоплазмы.

Для следующей стадии деления – метафазы характерны два процесса: 1) завершение образования (начавшегося еще в профазе) митотического аппарата деления, состоящего из тонких нитей, тянущихся от одного полюса клетки к другому. Следует обратить внимание на то, что в клетках высших растений митотический аппарат деления формируется без участия клеточного центра; 2) перемещение хромосом к центру клетки (метакинез) и расположение их в виде экваториальной пластинки. При этом часть нитей веретена (так называемые прикрепленные нити) оканчиваются на лежащих в центральной области хромосомах – кинетохорах. Остальные нити веретена деления идут через всю клетку от одного ее полюса к другому. Хромосомы в экваториальной пластинке располагаются центромерными участками друг к другу, а концы их обращены наружу. Поэтому при рассмотрении их сверху они образуют фигуру, напоминающую звезду (стадия материнской звезды).

В метафазе каждая хромосома состоит из двух хроматид (сестринских хромосом). Следует помнить, что удвоение хромосом происходит в интерфазе в синтетическом S-периоде. Условно концом метафазы можно считать тот момент, когда хроматиды начинают отходить друг от друга и соединены лишь в области центромеров.

В анафазе митоза обеспечивается равномерное распределение генетического материала по дочерним клеткам. В ранней анафазе хромосомы повернуты центромерами к полюсам клетки, а концы их обращены к центру клетки. В поздней анафазе хромосомы уже собираются на полюсах клетки. Расхождение хромосом происходит очень быстро.

В телофазе хромосомы начинают деконденсироваться, становится заметным матрикс хромосом. Появляется ядерная оболочка и восстанавливаются ядрышки. Одновременно в поздней анафазе и ранней телофазе в центре клетки в области веретена начинает образовываться перегородка, которая растет от центра клетки к периферии и делит клетку на две дочерние клетки.

Задание 5. Рассмотреть препарат, найти и зарисовать клетки корешка лука со стадиями митоза соответственно схеме митоза ([рис. 18](#)). Обозначить на рисунке стадии митоза, ядро, хроматин, хромосомы, веретено деления, цитокинез.

Митоз в животной клетке

В интерфазе в сперматогониях видны округлые ядра с 1–2 ядрышками, глыбками и нитями хроматина. В профазе хромосомы начинают конденсироваться и становятся видны в ядре в виде крупных, темноокрашенных глыбок, заполняющих все ядро. В ранней профазе имеются ядрышко и ядерная оболочка. В поздней профазе ядрышко растворяется, а затем разрушается ядерная оболочка.

В метафазе заканчивается формирование митотического аппарата деления, образование которого начинается еще в профазе. На препарате на ста-

дии метафазы ахроматиновое веретено деления имеет вид бочонка, состоящего из тонких, темноокрашенных нитей (микротрубочек). Концы нитей собираются на полюсах клетки. В этих местах лежат круглые, окрашенные в черный цвет гранулы – центриоли. В клетках животных в отличие от клеток высших растений клеточный центр принимает участие и в образовании митотического аппарата деления (ахроматинового веретена). Хромосомы, имеющие форму коротких палочек, многочисленные, в начале метафазы они перемещаются к центру клетки, и здесь хромосомы располагаются по экватору веретена и образуют широкую экваториальную пластинку, в которой трудно различить отдельные хромосомы. Часть ахроматиновых нитей веретена прикрепляется к кинетохорам хромосом в центрoмерном участке.

На следующей стадии – анафазе происходит расхождение хроматид (сестринских хромосом), образующих метафазную хромосому. Следует помнить, что удвоение ДНК и, соответственно, хромосом происходит в синтетическом (S) периоде интерфазы, а в анафазе осуществляется расхождение хромосом к полюсам клетки. В этой фазе обеспечивается равномерное распределение генетического материала по дочерним клеткам.

На препарате можно найти как раннюю, так и позднюю анафазу. Они отличаются лишь расстоянием хромосом от экватора клетки. В поздней анафазе начинает делиться тело клетки. По периферии клетки образуется перетяжка, борозда, которая постепенно углубляется и в дальнейшем делит клетку на две части.

В последней стадии деления – телофазе идет реконструкция ядер дочерних клеток. Хромосомы деспирализуются (деконденсируются), нити его слипаются, бледнеют, и веретено постепенно исчезает. Следует обратить внимание на то, что деление тела животной клетки идет с периферии, в то время как в клетках высших растений деление тела клетки идет от центра, где образуется пластинка, растущая от центра к периферии.

Задание 6. Рассмотреть при иммерсионном увеличении микроскопа препарат спермогонии речного рака. Найти и зарисовать стадии митоза животной клетки. Отметить отличия цитокинеза растительной и животной клетки.

Амитоз эпителиальных клеток

При малом увеличении видны различной величины и формы ядра эпителиальных клеток слизистой оболочки мочевого пузыря. Слабо оксифильная цитоплазма этих клеток почти неразличима, однако с опущенным конденсором и прикрытой диафрагмой можно видеть клетки различной величины. В крупных, неправильной формы округлых клетках содержится одно, два, три и более ядер ([рис. 20](#)). Среди неделящихся ядер можно видеть также ядра, находящиеся на разных стадиях амитотического деления. Эти ядра надо изучить при большом увеличении. Во время прямого деления ядро остается в интерфазном состоянии и клетка не перестает функционировать. О начале амитоза свидетельствуют изменения формы ядра. Оно вытягивается в длину, в средней части образуется перетяжка, которая быстро истончается и разрывается. Клетка становится двуядерной. В дальнейшем может произойти цито-

томия. Нередко цитотомия задерживается или вообще не наступает, в результате чего возникают многоядерные клетки. Иногда видно деление ядрышка, которое удлиняется и перешнуровывается.

Прямое деление клеток эпителия мочевого пузыря является дегенеративной формой, так как предшествует отмиранию этих клеток.

Гибель отдельных клеток или целых групп постоянно встречается у многоклеточных организмов.

Причины гибели, процессы морфологического и биохимического характера развития клеточной смерти могут быть различны. Но они четко делятся на две категории: некроз и апоптоз (рис. 21). Некроз связан с нарушением внутреннего гомеостаза в результате нарушения проницаемости клеточных мембран, с необратимыми изменениями митохондрий. Апоптоз – гибель клеток без их химического и физического повреждения на всех стадиях онтогенеза. Это процесс, приводящий не к лизису, не к растворению клеток, а к их фрагментации, распаду. Биологическая роль – удаление отработавших или ненужных на данном этапе клеток, а также удаление измененных или патологических клеток, особенно мутантных или зараженных вирусами.

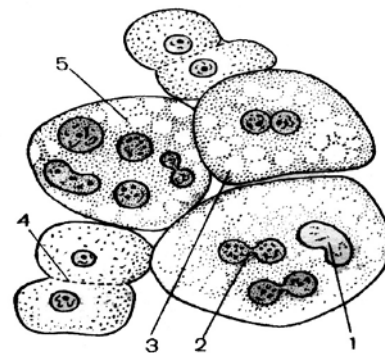


Рис. 20. Амитоз в клетках эпителия: 1 – ядро; 2 – перетяжка; 3 – двуядерная клетка; 4 – цитотомия; 5 – многоядерные клетки

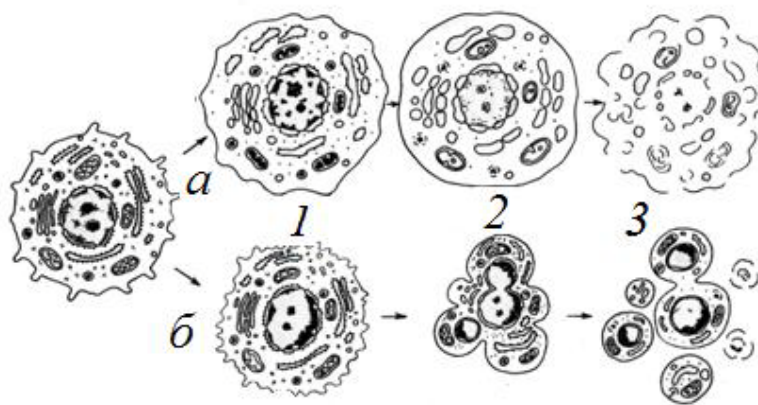


Рис. 21. Два пути клеточной гибели: *a* – апоптоз: 1 – специфическое сжатие клетки и конденсация хроматина; 2 – фрагментация ядра; 3 – фрагментация тела клетки на ряд апоптических телец; *б* – некроз: 1 – набухание клетки, вакуолярных компонентов, конденсация хроматина (кариорексис); 2 – набухание мембранных органоидов, лизис хроматина ядра (кариолизис); 3 – разрыв мембранных компонентов клетки – лизис

Задание 7. Рассмотреть амитоз в клетках эпителия слизистой оболочки мочевого пузыря. Зарисовать и описать все стадии.

МОДУЛЬ 3. ОСНОВЫ ГИСТОЛОГИИ

Лабораторная работа 6

Эпителиальные ткани

Эпителиальные ткани – однослойные или многослойные пласты, покрывающие внутренние или внешние поверхности любого органа (рис. 22). Развиваются: из эктодермы – эпителий кожи, нервной системы, эпителиальная выстилка переднего и заднего отделов пищеварительного тракта; из энтодермы – эпителий остальных отделов пищеварительного тракта, печени, поджелудочной железы.

Внутреннюю выстилку кровеносных сосудов образует эндотелий, который нельзя считать истинным эпителием, так как он развивается из мезодермы.

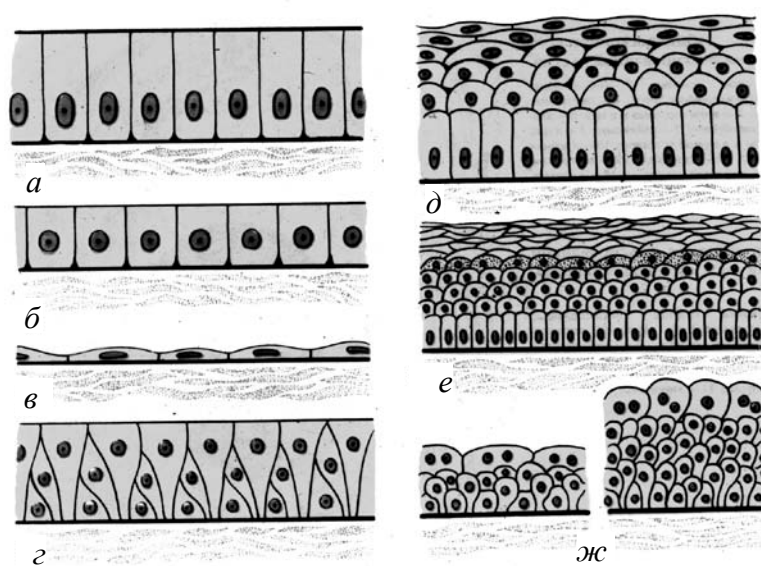


Рис. 22. Схема строения различных типов эпителия: *а* – однослойный цилиндрический эпителий; *б* – однослойный кубический; *в* – однослойный плоский; *г* – многорядный эпителий; *д* – многослойный плоский неороговевающий эпителий; *е* – многослойный плоский ороговевающий; *ж* – переходный эпителий в разных состояниях стенки органа

Эпителиальные клетки удерживаются между собой небольшим количеством цементирующего вещества, которое содержит гиалуроновую кислоту. Нижний слой клеток лежит на базальной мембране. Она состоит из переплетения коллагеновых волокон, которые секретируются нижележащими тканями. Так как эпителий не снабжается кровью, кислород и питательные вещества поступают в его клетки путем диффузии из лимфатических сосудов, которые разветвляются в примыкающих межклеточных пространствах.

Основная функция – защита от механических воздействий, защита от инфекций.

Эпителиальная ткань делится в зависимости от числа клеточных слоев и форм отдельных клеток на покровную и железистую. Покровный эпителий бывает простой и сложный. Простой: плоский, кубический, цилиндрический, реснитчатый и многорядный; сложный: многослойный и переходный.

Железистый эпителий содержит секреторные клетки бокаловидной формы. Различают 2 типа секреторных клеток: экзокринные и эндокринные.

Продукты их железистых клеток могут выводиться тремя путями: 1) мерокриновый путь – секрет выделяется через клеточную мембрану на свободную поверхность без потерь цитоплазмы (потовые железы, ацинусы поджелудочной железы); 2) апокриновый путь – верхняя часть цитоплазмы отторгается при образовании секрета (в молочных железах); 3) голокриновый путь – разрушается вся клетка, и секрет выталкивается через эпителий (сальные железы).

Соединительные ткани – ткани мезенхимного генеза, имеющие широкое распространение, характеризующиеся разнообразием клеточных форм и хорошо развитым межклеточным веществом. Физико-химические особенности межклеточного вещества и строение его в значительной степени определяют функциональное значение разновидностей соединительных тканей.

Клетки призматического эпителия почечных канальцев

Клетки пограничной ткани – эпителия тесно прилегают друг к другу, образуя сплошной слой или пласт клеток. Они имеют характерную призматическую, кубическую или плоскую форму.

Удобным объектом изучения эпителиальных клеток является ткань почки, образованная сложной системой почечных канальцев ([рис.23](#)).

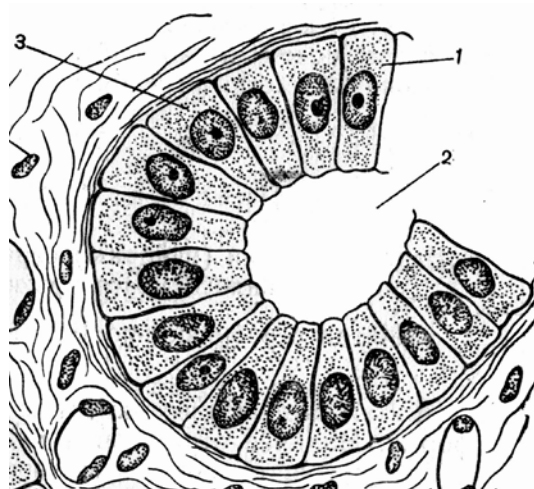


Рис. 23. Клетки призматического эпителия почечных канальцев: 1 – стенка канальца; 2 – просвет канальца; 3 – призматические эпителиальные клетки

Канальцы на срезе почки имеют округлую или овальную форму с просветом внутри. Их стенка выстлана одним слоем клеток. Лучше всего рас-

смотреть форму эпителиальных клеток на примере канальцев, выстланных клетками цилиндрической формы. Их основание в несколько раз меньше высоты. Каждая клетка содержит одно ядро. Клетки в стенке канальца примыкают друг к другу, образуя плотный пласт. Каждый каналец окружен соединительной тканью.

На этом срезе можно легко найти другие канальцы, стенки которых образованы клетками кубической или плоской формы.

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать клетки призматического эпителия почечных канальцев.

Клетки мерцательного эпителия мантии беззубки

Основу мантии составляет соединительная ткань с сильно развитым межклеточным промежуточным веществом и единичными клетками – фибробластами. Соединительная ткань покрыта однослойным мерцательным эпителием. На границе между эпителием и соединительной тканью, как всегда, располагается базальная мембрана.

Однослойный эпителий, выстилающий мантию, состоит из высоких цилиндрических клеток. Ядра в этих клетках располагаются на разных уровнях, но всегда в базальных частях клеток. Ядра имеют овальную, иногда довольно вытянутую вдоль оси клетки форму. В них очень часто видны глыбки хроматина и ядрышки. Свободная (апикальная) поверхность клеток покрыта близко расположенными друг к другу ресничками (рис. 24). Синхронное движение ресничек и создает непрерывный ток воды.

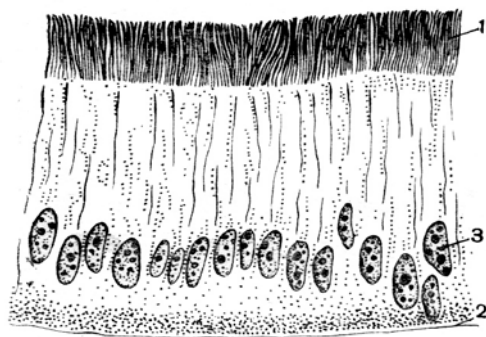


Рис. 24. Реснитчатый эпителий мантии беззубки: 1 – реснички; 2 – базальная мембрана; 3 – ядра клеток

При изучении с иммерсионной системой апикальных частей эпителиальных клеток видно, что у основания ресничек располагается прерывистая линия. Она состоит из близко расположенных друг к другу базальных зерен, от каждого из которых отходит ресничка.

Задание 2. Рассмотреть препарат, зарисовать клетки реснитчатого эпителия. Обозначить реснички, базальное тельце, секреторирующие клетки, базальную мембрану.

Многорядный однослойный эпителий

Все клетки эпителиального пласта располагаются на базальной мембране (рис. 25). Высота и форма клеток различна. Низкие вставочные клетки пирамидной формы расширенным основанием обращены к базальной мембране. Эти клетки являются камбиальными. Суженными вершинами они внедряются между более высокими вставочными клетками, имеющими веретенообразную форму.

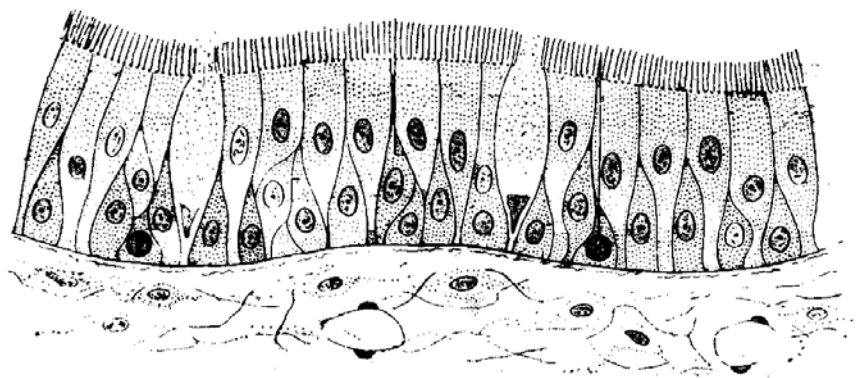


Рис. 25. Многорядный эпителий

Самые высокие эпителиальные клетки начинаются от базальной мембраны узкой ножкой и достигают свободной поверхности эпителиального пласта. Эти клетки могут быть дифференцированы как мерцательные или железистые. Они отличаются от мерцательных клеток бокаловидной формой с треугольным, интенсивно окрашенным ядром.

Вследствие различной формы и вышины клеток их ядра лежат на разных уровнях, образуя несколько рядов, что оправдывает название эпителия – многорядный.

Задание 3. Рассмотреть препарат, зарисовать многорядный эпителий и обозначить все компоненты.

Многослойный эпителий

Многослойный эпителий, покрывающий поверхность кожи, стоит из нескольких слоев (рис. 26). В самом глубоком слое, лежащем на границе с соединительной тканью, находятся цилиндрические, активно делящиеся митозом клетки. Над ними располагаются шиповатые клетки. Над шиповатыми клетками локализуется зернистый слой.

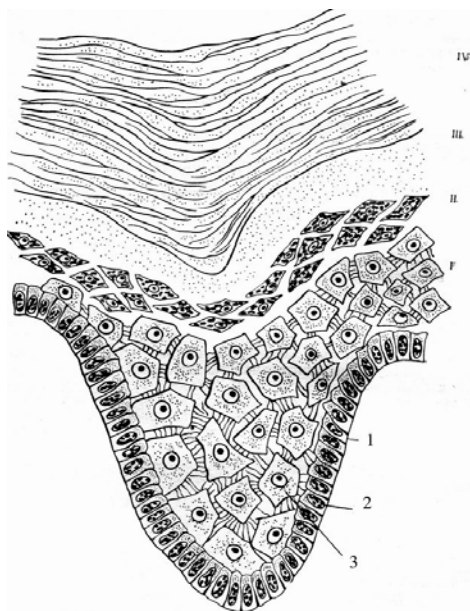


Рис. 26. Строение многослойного эпителия кожи: I – ростковый слой; II – зернистый слой; III – блестящий слой; IV – роговой слой; 1 – базальная мембрана; 2 – базальные клетки; 3 – шиповатые клетки

В клетках этого слоя появляются зерна кератогиалина – предшественника рогового вещества. В некоторых участках поверхности тела над зернистым слоем находится блестящий бесструктурный блестящий слой. Наконец, на самой поверхности – толстый вой слой, состоящий из остатков клеток – роговых чешуек.

Разновидностью многослойного эпителия является плоский неороговевающий эпителий роговицы.

Задание 4. Рассмотреть препарат плоского ороговевающего эпителия кожи пальца, зарисовать и описать его. Обозначить базальный слой, шиповатый слой, зернистый слой, блестящий слой, роговой слой. Рассмотреть препарат плоского неороговевающего эпителия роговицы, зарисовать его, обозначить базальный слой, шиповатый слой, слой плоских клеток, строму роговицы.

Переходный эпителий мочевого пузыря

Переходный эпителий по количеству слоев является двухслойным. Базальный слой состоит из клеток различной формы, расположенных на базальной мембране. Одни клетки мелкие и низкие, другие – крупные и высокие. Покровный слой образован гигантскими клетками, не связанными с базальной мембраной. Гистофизиологическая особенность переходного эпителия связана с возможностью изменения конфигурации и расположения образующих его клеток.

Задание 5. Рассмотреть препарат эпителия мочевого пузыря, зарисовать и описать его. Обозначить базальный слой, промежуточный слой, поверхностный слой.

Обкладочные клетки фундальных желез желудка

Одна из основных функций желудка в организме животных состоит в образовании особого, сложного по составу секреторного продукта – желудочного сока.

Особый интерес представляют фундальные железы дна желудка, формирующие внутреннюю поверхность достаточно широкой слизистой оболочки дна желудка. Эти железы располагаются в слое соединительной ткани под однослойным призматическим эпителием. По своему строению они представляют собой простые трубчатые железы. Соединительно-тканые прослойки между трубчатыми железами дна желудка очень тонкие, богаты кровеносными капиллярами, поэтому соседние железы тесно прилегают друг к другу, образуя сплошной железистый слой.

Каждая железа состоит из тела железы и короткого неразвитого протока. Стенки секреторного отдела такой железы образованы клетками различного типа (рис. 27). Среди относительно мелких, так называемых главных, секреторных клеток призматической формы, выделяющих гранулированный секрет белковой природы и составляющих основную массу тела и дна железки, легко обнаружить на препарате относительно крупные клетки округлой формы или слегка вытянутой, нередко выступающие в просвет железы, – это обкладочные клетки. Они содержат одно ядро, расположенное в центре клетки; редко попадаются двуядерные клетки.

Обкладочные клетки обладают особой системой внутриклеточных секреторных канальцев. На световом уровне они выглядят как пустые щелевидные или округлой формы пространства внутри цитоплазмы клеток. Нередко значительная часть цитоплазмы обкладочных клеток заполнена такими светлыми участками.

При окраске фундальных желез смесью двух красителей, из которых один основной (азур), а другой кислотный (эозин), клетки, образующие стенку железы, окрашиваются по-разному: цитоплазма главных клеток, обладающая базофилией, так как богата эргастоплазмой, окрашивается азуром в синий цвет. Нередко главные клетки бывают заполнены гранулами секрета, концентрирующимися в апикальной части клеток. В таких клетках базофильные участки заполняют базальную околоядерную часть цитоплазмы.

Цитоплазма обкладочных клеток, напротив, не имеет эргастоплазмы и бедна рибосомами. Поэтому она оксифильна и окрашивается эозином в чисто

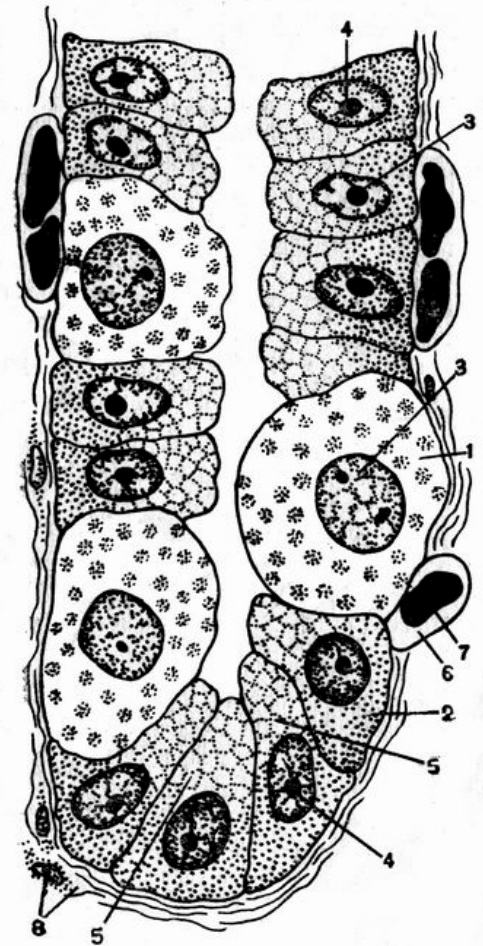


Рис. 27. Обкладочные клетки фундальных желез (железа дна желудка) крысы: 1 – обкладочные клетки; 2 – главные клетки; 3 – ядро; 4 – ядрышко; 5 – гранулы секрета; 6 – кровеносный капилляр; 7 – эритроциты; 8 – соединительная ткань

розовый цвет. В цитоплазме содержатся гранулярные структуры, окрашивающиеся на препаратах в более интенсивный розовый цвет. Обкладочные клетки выделяют хлориды, по всей видимости, в комплексе с белком, поэтому их цитоплазма бедна базофильными структурами, обычно связанными с синтезом белка, и дает при окраске кислыми красителями четко выраженную оксифилию. В просвете желудка из хлоридов образуется соляная кислота – обязательный компонент желудочного сока. Ядра клеток стенки желез дна желудка при окраске азурином окрашиваются азурином в синий цвет.

Задание 6. Рассмотреть препарат желудочных желез, зарисовать и описать его.

Лабораторная работа 7

Соединительные ткани

Соединительные ткани выполняют механическую, опорную, формообразующую, защитную, пластическую и трофическую функции.

Группу соединительных тканей составляют: собственно соединительные ткани, соединительные ткани со специальными свойствами и скелетные соединительные ткани. Собственно соединительную ткань подразделяют на волокнистые соединительные ткани (рыхлую и плотную), к соединительной ткани со специальными свойствами относятся ретикулярная, жировая и др. Плотная волокнистая соединительная ткань подразделяется на неоформленную и оформленную.

Рыхлая волокнистая соединительная ткань обнаруживается во всех органах, окружает и сопровождает кровеносные и лимфатические сосуды, располагается под базальной мембраной любого эпителия, образует прослойки и перегородки внутри всех паренхиматозных органов и слои в составе оболочек полых органов.

Клетки рыхлой волокнистой соединительной ткани представлены фибробластами, макрофагами, плазмочитами, тканевыми базофилами (тучные клетки), адипоцитами, пигментоцитами (меланоциты), адвентициальными клетками, перицитами сосудов и лейкоцитами, которые мигрировали из крови.

Фибробласт – уплощенная клетка звездчатой формы, образует широкие клиновидные отростки; содержит крупное овальное ядро, несколько ядерных вкрапинок; в цитоплазме располагается хорошо развитый шероховатый эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, много митохондрий; имеются лизосомы, секреторные пузырьки, гликоген, многочисленные микрофиламенты и микротрубочки.

Макрофаги – вторая по численности группа клеток рыхлой неоформленной соединительной ткани. Макрофаги образуются из стволовой гемопоэтической клетки в результате дифференцировки моноцитов. Это профессиональные фагоциты, которые присутствуют во всех органах и тканях. Это

очень мобильная популяция клеток, способная быстро перемещаться. Строение макрофагов зависит от их активности и локализации. Ядро макрофагов неправильной формы, в котором различаются глыбки хроматина. В цитоплазме присутствуют митохондрии, свободные рибосомы, хорошо выраженный комплекс Гольджи, гранулярная эндоплазматическая сеть, лизосомы, фаголизосомы, остаточные тельца.

Тучные клетки морфологически и функционально сходны с базофилами крови, хотя являются клетками различного клеточного типа. Тучные клетки происходят из предшественника в костном мозге, но окончательную дифференцировку претерпевают в соединительной ткани. Располагаются обычно вокруг кровеносных сосудов, много этих клеток в коже, в слизистой оболочке органов дыхательной и пищеварительной систем, матке, молочных железах, тимусе, миндалинах. Форма тканевых базофилов разнообразна – от округло-овальной до отростчатой с размерами от 4 до 14 мкм в ширину и до 20 мкм в длину. В цитоплазме очень много базофильных гранул, содержащих гепарин, гистамин и другие биологически активные вещества. Секретируемый клетками гепарин участвует в понижении свёртываемости крови, а гистамин участвует в воспалительных и аллергических реакциях. В целом тучные клетки регулируют местный гомеостаз.

Плазмоциты (плазматические клетки) образуются из иммунологически активированных В-лимфоцитов, синтезируют и секретируют Ig. По морфологии имеют сходство с лимфоцитами, хотя есть свои особенности. Ядро округлое или овальное, располагается несколько эксцентрично и содержит диспергированный гетерохроматин в виде пирамид, обращенных к центру острой вершиной и отграниченных друг от друга радиальными полосками. В цитоплазме хорошо развит аппарат Гольджи, гранулярная ЭПС. Цитоплазма базофильна, со светлым «двориком» около ядра. Величина плазмоцитов колеблется от 7 до 10 мкм.

Липоциты (адипоциты, жировые клетки) обладают способностью накапливать в больших количествах резервный жир, участвуют в питании, энергообразовании и метаболизме воды. Адипоциты могут собираться в группы и/или находиться по одиночке и, как правило, сопровождают кровеносные сосуды.

Зрелая жировая клетка обычно содержит одну большую каплю жира, которая оттесняет все внутриклеточные органоиды, в том числе и ядро, к периферии. В липоците обнаруживаются ферменты жирового обмена, которые обеспечивают высокий уровень метаболизма. Новые жировые клетки человека могут развиваться при усиленном питании из адвентициальных клеток.

Пигментоциты (меланоциты) лишь формально относятся к соединительной ткани, так как расположены в ней. В цитоплазме этих клеток содержится пигмент меланин. У людей черной и желтой расы пигментные клетки более распространены, чем у людей с белым цветом кожи.

К скелетным типам тканей внутренней среды относятся хрящевая и костная ткани, выполняющие опорную, защитную, механическую функции и принимающие участие в водно-солевом обмене.

Хрящевая ткань состоит из клеток – хондроцитов и хондробластов, а также из большого количества межклеточного вещества, отличающегося прочностью и упругостью. Плотное межклеточное вещество (матрикс) представлено аморфным и волокнистым компонентами. Хрящевая ткань содержит 10–12 % органических соединений, 4–6 % минеральных солей, и остальную долю составляет вода. Хрящевая ткань, как и покровный эпителий, не содержит кровеносных сосудов. При развитии хрящевой ткани из мезенхимы мезенхима уплотняется, при этом клетки теряют свои отростки, усиленно пролиферируют и образуют скелетогенный зачаток, из которого хондрогенные клетки дифференцируются в хондробласты. Молодые хондробласты начинают создавать тонкие прослойки межклеточного вещества и образуют первичную хрящевую ткань или прехондриальную ткань. По периферии хрящевой закладки на границе с мезенхимой возникает надхрящница, или перихондрий, состоящий из наружного соединительного и внутреннего хондрогенного слоев.

Костная ткань – особая форма соединительной ткани, в которой около 70 % от её сухого вещества приходится на неорганические соединения. У позвоночных в постнатальном периоде развития организма из такой ткани сформированы кости скелета. Остеогенные клетки происходят из мезенхимы, имеют веретеновидную форму. Остеобласты представляют собой популяцию неделящихся отростчатых клеток, имеющих кубическую, полиганальную или цилиндрическую форму. Ядро расположено эксцентрично, цитоплазма резко базофильна. Размеры тела остеобластов составляют 15–20 мкм. Основная функция остеобластов связана с синтезом и секрецией костного матрикса. Остеобласты синтезируют белок коллаген и гликозаминогликаны. За счет этих компонентов формируется органический матрикс костной ткани. Затем эти же клетки обеспечивают минерализацию межклеточного вещества посредством выделения солей кальция. Постепенно, выделяя межклеточное вещество, они как бы замуровываются и превращаются в остеоциты.

Остеоциты – зрелые неделящиеся клетки, расположенные в костных полостях или лагунах, повторяющих контуры остеоцита. Длина полостей варьирует от 22 до 55 мкм, а ширина – от 6 до 14 мкм. Эти клетки имеют отростки, которые находятся в костных канальцах. В цитоплазме локализовано крупное компактное ядро, органеллы развиты слабо. В ядре преобладает гетерохроматин. Остеоциты обладают незначительной функциональной активностью, которая заключается в поддержании обмена веществ между клетками и межклеточным веществом.

Остеокласты – костеразрушающие клетки, в сформированной костной ткани отсутствуют. Но они содержатся в надкостнице и в местах разрушения и перестройки костной ткани. Остеокласты – крупные (диаметр 90 мкм и более), многоядерные клетки, дифференцируются из моноцитов и относятся к системе мононуклеарных фагоцитов. Поскольку в онтогенезе непрерывно

осуществляются локальные процессы перестройки костной ткани, то в этих местах обязательно присутствуют и остеокласты.

Кровь – это ткань внутренней среды с защитно-трофической функцией, состоящая из жидкого межклеточного вещества (плазмы), постклеточных структур (эритроцитов и тромбоцитов) и клеток как периферической крови и лимфы, так и клеток на всех стадиях своего развития и кроветворных органах.

Рыхлая соединительная ткань крысы

Межклеточное вещество рыхлой соединительной ткани (рис. 28) содержит большое количество основного вещества с рыхло расположенными, волокнистыми структурами. Толстые коллагеновые волокна идут во всех направлениях в виде прямых или волнообразно изогнутых тяжей. Тонкие эластические волокна образуют крупнопетлистую сеть. В межклеточном веществе находятся многочисленные клетки рыхлой ткани. Чаще всего можно обнаружить фибробласты. С их деятельностью связано образование основного вещества и волокон, они участвуют в заживлении ран, развитии рубцовой ткани, образовании соединительно-тканной капсулы вокруг инородного тела. Примерно в таком же количестве встречаются гистиоциты, они располагаются поодиночке или группами, имеют круглую, вытянутую или неправильную форму, могут образовывать псевдоподии. Выполняют трофическую и защитную функции.

Кроме ретикулярных клеток в рыхлой соединительной ткани к малодифференцированным элементам относят адвентициальные клетки, расположенные вокруг капилляров, с неправильной звездчатой, вытянутой или веретенообразной формой. Жировые клетки – липоциты располагаются вблизи кровеносных сосудов, являются производными адвентициальных элементов, гистиоцитов и фибробластов.

Плазматические клетки – плазмоциты круглой или овальной формы, принимают участие в защитных реакциях организма, синтезируя антитела и глобулины плазмы. Тучные клетки могут быть округлыми, овальными, вытянутыми, с широкими отростками. Они выделяют вещества типа гепарина, препятствующего свертыванию кро-

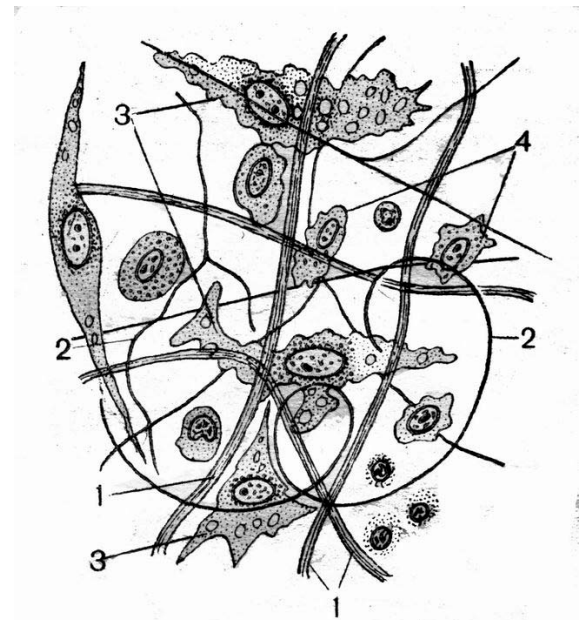


Рис. 28. Рыхлая волокнистая соединительная ткань: 1 – коллагеновое волокно; 2 – эластические волокна; 3 – фибробласты; 4 – гистиоциты

ви, и содержат гистамин. Также они выделяют медиатор серотонин и принимают участие в образовании межклеточного вещества.

Задание 1. Рассмотреть препарат ареолярной соединительной ткани, зарисовать его. Найти макрофаги, фибробласт, эластичное волокно, коллагеновое волокно.

Пигментные клетки кожи головастика

При малом увеличении видно, что неокрашенные структурные элементы представляют как бы фон, на котором выделяются крупные пигментные клетки с отростками – меланофоры (рис. 29). При большом увеличении в цитоплазме можно увидеть значительное количество глыбок меланина, которые могут маскировать ядра. Отростки меланофоров способны изменять длину, вследствие чего меняется количество пигментных включений на единицу объема цитоплазмы и интенсивность окраски этих клеток, а следовательно, и цвет кожи животного.

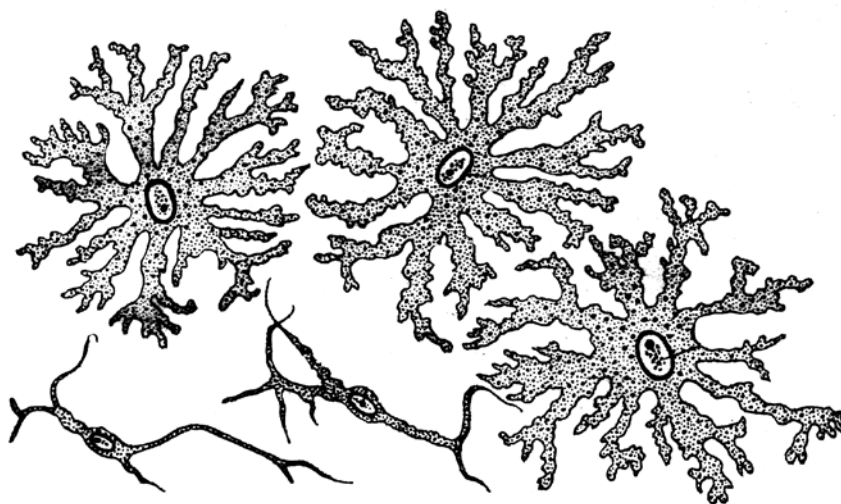


Рис. 29. Меланофоры

Меланофоры встречаются в эпидермисе и соединительной ткани кожи, в сосудистых оболочках и сетчатке глаза, а также в некоторых внутренних органах человека и животных.

Задание 2. Рассмотреть препарат клеток кожи головастика. Найти пигментные клетки. Зарисовать их.

Жировая ткань

Рыхлая соединительная ткань может содержать огромное количество жировых клеток (рис. 30). Они лежат в рыхлой соединительной ткани боль-

шими массами, имеющими дольчатое строение, небольшими группами и по одиночке.

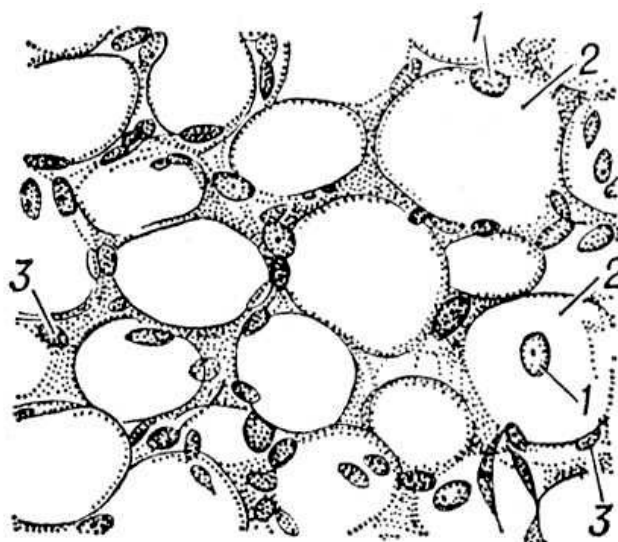


Рис. 30. Подкожная жировая ткань человека: 1 – ядро жировой клетки; 2 – жировая капля; 3 – ядро соединительно-тканной клетки

В группах из-за взаимного сдавливания клетки приобретают овальные или многоугольные очертания. В отдельно лежащих клетках видно оттененное жировой каплей уплощенное ядро и узкий цитоплазматический ободок.

Задание 3. Рассмотреть препарат, зарисовать жировую ткань.

Плотная соединительная ткань

Плотная волокнистая соединительная ткань характеризуется большим количеством соединительно-тканых волокон коллагеновой природы, незначительным количеством аморфного вещества и клеточных компонентов. Соединительно-тканые волокна могут располагаться упорядоченно и неупорядоченно, создавая оформленную и неоформленную плотную волокнистую соединительную ткань соответственно ([рис. 31 а, б](#)).

Клетки этой ткани представлены в подавляющем большинстве фибробластами и фиброцитами, в небольшом количестве встречаются макрофаги, тучные клетки, плазмоциты, малодифференцированные клетки. К оформленной плотной волокнистой соединительной ткани относятся сухожилия, связки, фасции, а к неоформленной – сетчатый слой дермы, капсулы паренхиматозных органов.

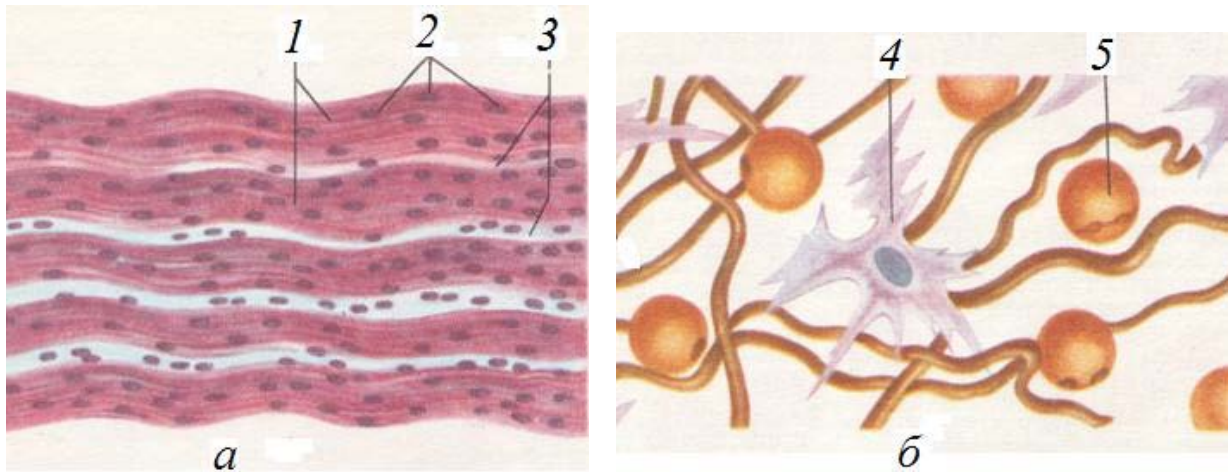


Рис. 31. Плотная оформленная (а) и рыхлая неоформленная (б) волокнистая соединительная ткань: 1 – пучки коллагеновых волокон; 2 – фиброциты; 3 – прослойки рыхлой соединительной ткани; 4 – фибробласты; 5 – лимфоцит

В плотной волокнистой соединительной ткани между коллагеновыми волокнами встречаются прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани с кровеносными сосудами и нервными волокнами.

Задание 4. Рассмотреть и описать препараты белой волокнистой соединительной ткани и желтой эластической соединительной ткани.

Гиалиновый хрящ ребра кролика

Гиалиновый хрящ (рис. 32) состоит из плотного гомогенного межклеточного вещества и хрящевых клеток, располагающихся поодиночке или группами. Различают поверхностную, промежуточную и глубокую зоны хряща.

В поверхностной зоне молодые хрящевые клетки – хондробласты с уплощенной, вытянутой параллельно поверхности хряща формой.

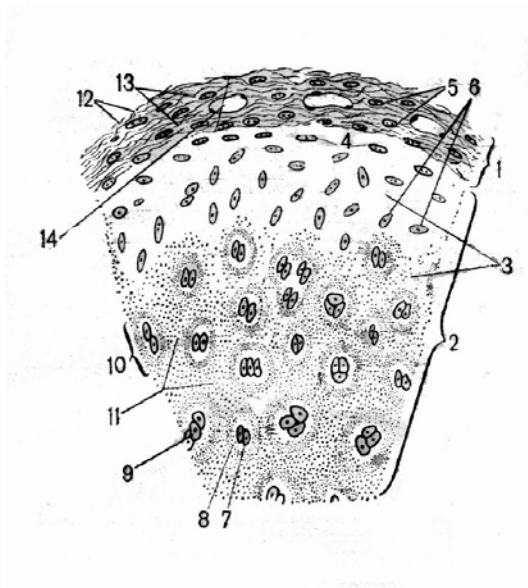


Рис. 32. Гиалиновый хрящ: 1 – надхрящница; 2 – хрящ; 3 – межклеточное вещество; 4 – хондробласты; 5 – клетки надхрящницы; 6 – хондроциты; 7 – капсулы; 8 – базофильные участки; 9 – гиалиновые изогенные группы; 10 – клеточная территория; 11 – интертерриториальное вещество; 12 – наружный слой перихондра; 13 – внутренний слой перихондра; 14 – кровеносный сосуд в надхрящнице

Постепенно хондробласты дифференцируются и превращаются в хондроциты, лежащие в полостях, образованных межклеточным веществом, и окруженные капсулами. В промежуточной зоне хондроциты неправильной, округлой, треугольной или вытянутой формы с круглыми ядрами. Хондроциты могут делиться митозом и поэтому в капсулах возникают изогенные группы из 2–4 хондроцитов. Глубокая зона старого хряща характеризуется наличием различной дифференцировки межклеточного вещества и наличием изогенных групп, состоящих из значительного количества хондроцитов.

Задание 5. Рассмотреть препарат, зарисовать и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Волокнистый хрящ межпозвоночного диска

При большом увеличении видно, что в месте перехода находятся параллельно направленные пучки коллагеновых волокон. Продольная исчерченность коллагеновых волокон отражает их фибриллярную структуру. В хрящевых полостях аморфного вещества располагаются хондроциты веретенообразной, округлой или сдавленной формы.

Задание 6. Рассмотреть препарат при малом увеличении, найти гиалиновый хрящ, проследить постепенный его переход в ткань волокнистого хряща, зарисовать препарат и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Эластическая связка. Продольный разрез

В промежуточном веществе находятся различные по толщине и густоте расположения эластические волокна, хорошо заметные на фоне склеивающего их светлоокрашенного аморфного вещества. Хондробласты вытянутой, уплощенной формы располагаются в капсулах поодиночке, параллельно поверхности хряща.

Задание 7. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Плотная коллагеновая соединительная ткань. Сухожилие, продольный разрез

Межклеточное вещество содержит большое количество толстых прямых или волнистой формы коллагеновых пучков, лежащих параллельно друг другу. Ориентированное направление коллагеновых волокон определяется силой натяжения сухожилия, действующего постоянно и в одном направлении. Пучки состоят из тонких коллагеновых волокон, склеенных небольшим количеством аморфного вещества. Имеется небольшое количество эластических волокон, выявляющихся при специальной окраске. Между пучками

коллагеновых волокон в один ряд параллельными цепочками располагаются ядра фиброцитов – сухожильных клеток. Их цитоплазма и пластинчатые отростки на продольном срезе не видны. Нередко ядра фиброцитов лежат рядом, что может быть следствием их amitotического деления.

Задание 8. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Плотная коллагеновая соединительная ткань. Сухожилие, поперечный разрез

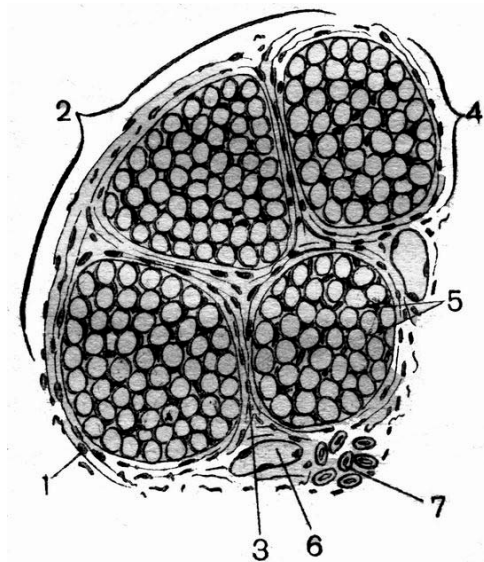


Рис. 33. Сухожилие теленка (поперечный разрез): 1 – перитеноний; 2 – пучок третьего порядка; 3 – эндотеноний; 4 – пучки второго порядка; 5 – фиброциты; 6 – кровеносные сосуды; 7 – нервные стволы

Сухожилие (рис. 33) окружено перитенонием, ограничивающим пучок третьего порядка, от которого отходит прослойка рыхлой соединительной ткани в глубь сухожилия, образуя эндотеноний, ограничивающий пучки второго порядка, округлой, клиновидной или многоугольной формы.

Внутри пучков второго порядка соединительная ткань не проникает, и пучки первого порядка отделены друг от друга только фиброцитами. Фиброциты (сухожильные клетки), сдавленные коллагеновыми пучками, имеют треугольную, звездчатую или напоминающую птицу форму. Разнообразие форм пучков первого порядка свидетельствует о том, что они представляют не ленты, а довольно толстые тяжи неправильной округлой формы, состоящие из большого

количества спаянных между собой тонких протофибрилл.

Задание 9. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Костная ткань. Клетки жаберной крышки

Костные тельца представляют беспорядочно расположенные полости, форма которых зависит от количества отходящих костных канальцев, пронизывающих твердое пропитанное известковыми солями промежуточное вещество (рис. 34).

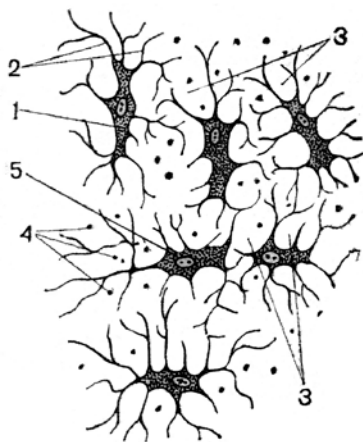


Рис. 34. Жаберная крышка селедки: 1 – полости; 2 – костные каналцы; 3 – промежуточное вещество; 4 – блестящие точки; 5 – зернистая масса

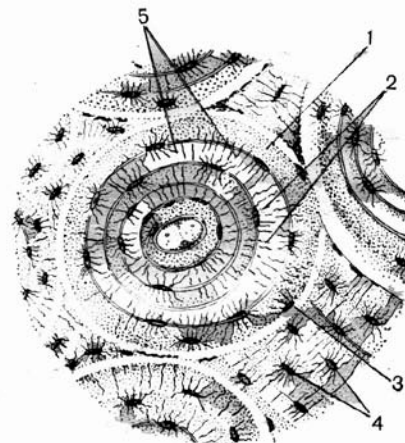


Рис. 35. Берцовая кость (поперечный разрез): 1 – зернистая пластинка; 2 – волокнистые пластинки; 3 – спайная линия; 4 – костная полость; 5 – костные каналцы

Форма костных полостей и каналов повторяет форму располагавшихся в них костных клеток – остеоцитов.

Задание 10. При малом увеличении на препарате найти тонкий участок костной ткани, в котором на фоне гомогенного светлого основного вещества располагаются костные тельца – образования вытянутой, веретенообразной или уплощенной формы, лучше видимые в затемненном поле зрения. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Берцовая кость человека в поперечном разрезе

При малом увеличении видно, что межклеточное вещество костной ткани ([рис. 35](#)) организовано в тонкие пластинки, отличающиеся по форме и толщине. Большинство этих пластинок имеет форму полых цилиндров различного диаметра, вставленных один в другой и образующих гаверсовы системы или остеоны. Расположение пластинок гаверсовых систем определяется направлением кровеносных сосудов, проходящих в основном по длине кости. На поперечном срезе остеоны представлены концентрически располагающимися гаверсовыми пластинками. В центре остеона находится полость – гаверсов канал, служащий для прохождения кровеносных сосудов и нервов.

Строение костных пластинок однотипное, так как они образованы межклеточным веществом и состоят из плотного аморфного вещества и тонких коллагеновых волокон.

В промежуточном веществе пластинчатой кости находятся костные полости, повторяющие звездчатую, несколько вытянутую форму остеоцитов. Костные полости переходят в костные каналцы – места расположения отро-

стков остеоцитов. Последние пронизывают пластинки, анастомозируют друг с другом и с канальцами соседних полостей, образуя единую, вытянутую в радиальном направлении сеть.

Задание 11. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Развитие кости из соединительной ткани. Нижняя челюсть зародыша свиньи

При малом увеличении виден гистогенез тканей (рис. 36).

Особенностью эмбрионального эпителия является ровная граница с подлежащей соединительной тканью, резкое выделение базального слоя за счет богатых хроматином ядер его клеток. Эмбриональная соединительная ткань представлена клетками веретенообразной или звездчатой формы и межклеточным веществом, содержащим тонкие волокна. Развивающаяся костная ткань образует скелетогенные закладки в виде островков неправильной формы. Промежуточное вещество скелетогенных островков резко оксифильно, в нем замурованы остеоциты.

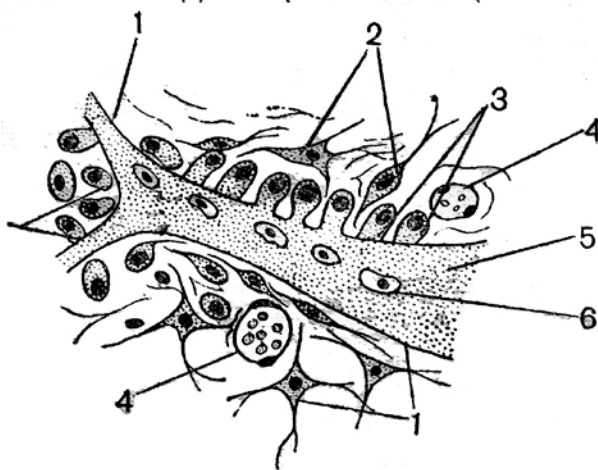


Рис. 36. Развитие кости из эмбриональной соединительной ткани: 1 – развивающаяся кость; 2 – клетки зародышевой соединительной ткани; 3 – остеобласты; 4 – кровеносные сосуды; 5 – промежуточное вещество костной ткани; 6 – остеоциты

На поверхности развивающейся кости находится остеогенная костеобразующая ткань. Её клетки теряют отростки, округляются и превращаются в остеобласты. Остеобласты имеют низко призматическую, многоугольную, угловатую или вытянутую форму и располагаются на поверхности скелетогенной закладки. Промежуточное вещество остеогенной ткани плотнее, чем мезенхимное, не содержит волокон. Остеобласты образуют промежуточное вещество костной ткани, они дифференцируются, теряют способность к делению, замуровываются в промежуточном веществе и превращаются в остеоциты, располагающиеся в костных полостях. Рост

скелетогенной закладки происходит за счет дифференцировки новых остеобластов, расположенных на её поверхности и образующихся из зародышевой соединительной ткани. Постепенно скелетогенная закладка превращается в грубоволокнистую костную ткань. На более поздних стадиях остеогенеза грубоволокнистая костная ткань замещается пластинчатой.

Задание 12. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Развитие кости на месте хряща. Трубчатая кость зародыша свиньи

Большинство костей закладывается в эмбриогенезе в виде хрящевых моделей в общем повторяющих форму будущих костей (рис. 37).

Гиалиновый хрящ постепенно заменяется грубоволокнистой костной тканью, дальнейшее преобразование которой завершается развитием пластинчатой кости. Остеогенез начинается с перестройки надхрящницы средней части диафиза, утолщения её, дифференцировки остеобластов и превращения надхрящницы в надкостницу. Остеобласты образуют промежуточное вещество грубоволокнистой ткани и замуровываются в нем, превращаясь в остециты.

Формируется костная манжетка, охватывающая среднюю часть диафиза. В межклеточном веществе откладываются соли, появляется так называемая точка обызвествления хряща. Хрящ постепенно разрушается, в нем образуются пространства, напоминающие ниши или пещеры. На поверхности оставшихся участков обызвещенного хряща располагаются остеобласты, образующие вокруг ниш пластинчатую костную ткань.

Задание 13. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

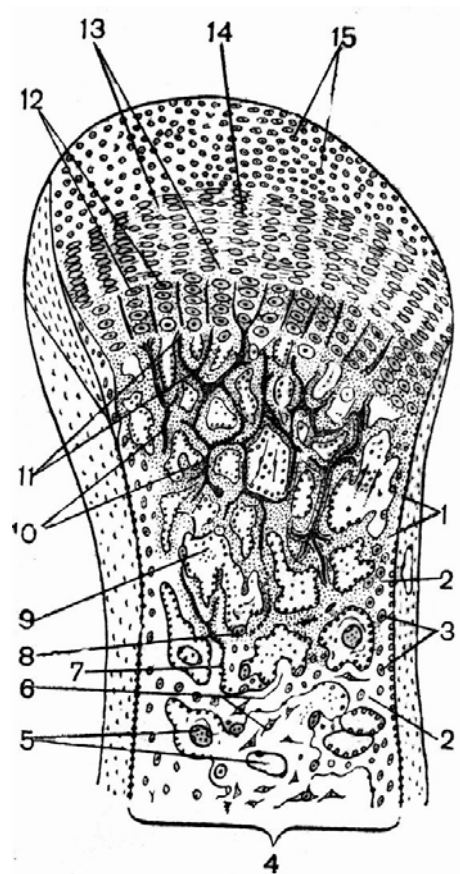


Рис. 37. Развитие кости на месте хряща: 1 – остеобласты; 2 – промежуточное вещество; 3 – остециты; 4 – костная манжетка; 5 – кровеносные сосуды; 6 – пещеристые ниши; 7 – остеобласты; 8 – остеокласты; 9 – пространства костномозговой полости; 10 – зона разрушения хряща; 11 – зона обызвествления хряща; 12 – зона набухших хрящевых клеток; 13 – зона хрящевых клеток; 14 – хондроциты в виде столбиков; 15 – зона неизмененного хряща

Эритроциты лягушки

Примером клеток, расположенных по отдельности и имеющих лую или овальную форму, могут быть клетки крови лягушки (рис. 38).

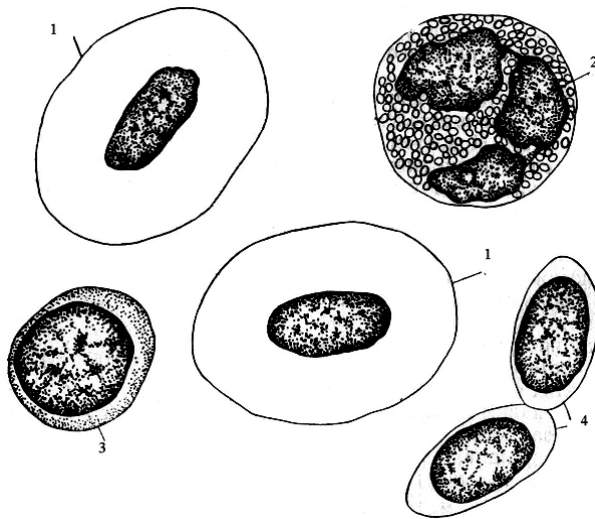


Рис. 38. Клетки крови лягушки: 1 – эритроциты; 2 – эозинофил; 3 – лимфоцит; 4 – тромбоциты

Большинство клеток мазка принадлежит эритроцитам. Они имеют овальную форму и овальное плотное ядро, интенсивно окрашивающееся гематоксилином в синефиолетовый цвет. Цитоплазма этих клеток закрашивается эозином в оранжево-красный цвет за счет гемоглобина, растворенного в теле этой клетки.

Кроме эритроцитов на мазке крови встречаются лейкоциты: среди них эозинофилы – округлые клетки, по величине превышающие эритроциты, с 3–4 сегментным плотным ядром и ярко-оранжевой

зернистостью в цитоплазме. Часто попадает и другая разновидность лейкоцитов – лимфоциты. Это округлые клетки, более мелкие, чем эозинофилы и эритроциты, с плотным округлым ядром и узкой каймой голубой (базофильной) цитоплазмы. Часто эти клетки имеют короткие, неправильной формы псевдоподии.

Задание 14. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Мазок крови человека

Эритроциты вследствие значительного численного преобладания занимают почти все поле зрения. Зрелые эритроциты не способны к синтезу нуклеиновых кислот и гемоглобина. На предметном стекле выглядят круглыми с более светлой, чем по краям, средней частью. Лейкоциты имеют шаровидную форму. Большинство лейкоцитов крупнее эритроцитов и всегда жат ядро. Чаще остальных форм встречаются сегментоядерные нейтрофилы. Ядра нейтрофилов разделены перетяжками на сегменты и часто располагаются эксцентрично (рис. 39).

Стерильным скарификатором проколоть продезинфицированный палец. Выдавить каплю крови на предметное стекло. Вторым предметным стеклом размазать каплю по поверхности стекла. Накрывать покровным стеклом.

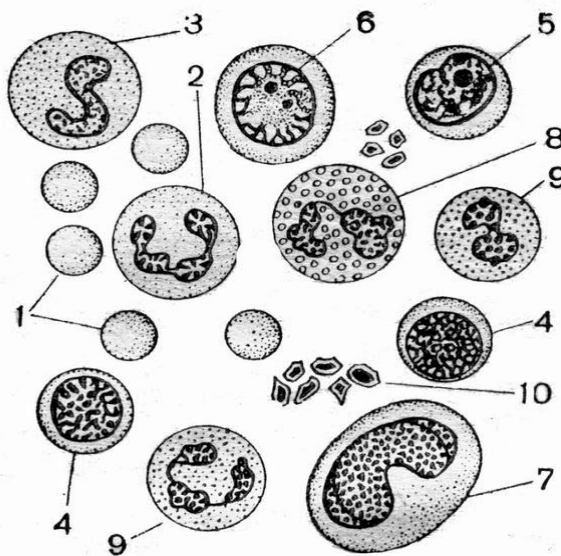


Рис. 39. Мазок крови человека: 1 – эритроциты; 2 – нейтрофилы; 3 – палочкоядерные нейтрофилы, малые лимфоциты; 5 – средние лимфоциты; 6 – большие лимфоциты; 7 – моноциты; 8 – эозинофилы; 9 – базофилы; 10 – кровяные пластинки

Задание 15. Найти и зарисовать все форменные элементы крови. Зарисовать мазок крови человека, сравнить с рисунком (рис. 39) и сделать все необходимые подписи к нему

Лабораторная работа 8

Мышечная ткань. Нервная ткань

Мышечная ткань осуществляет двигательные функции организма. Во всех сократительных элементах мышечной ткани функционирует актиномиозиновый хемомеханический преобразователь. Кроме актина и миозина в процессе сокращения – расслабления мышечных элементов участвуют регуляторные белки и Ca^{2+} . У части гистологических элементов мышечной ткани видны сократительные единицы – саркомеры, которые выявляют поперечно-полосатую исчерченность ткани, а у другой части мышечной ткани такая исчерченность отсутствует. Это обстоятельство позволяет различать два типа мышечной ткани: поперечно-полосатую (исчерченную) мышечную ткань, которая в свою очередь подразделяется на скелетную и сердечную, и гладкую (неисчерченную) мышечную ткань.

Сокращение гладких мышц инициируется нервными импульсами, некоторыми гормонами и не зависит от воли человека, так как их тонус не контролируется нашим сознанием. К гладким мышцам относятся мышцы внутренних органов, системы пищеварения, стенок кровеносных сосудов, кожи и матки.

Функционально сердечная мышца отличается от скелетной и занимает промежуточное положение между гладкими и скелетными мышцами. Сердечная мышца сокращается ритмично с последовательно меняющимися циклами сокращения (систола) и расслабления (диастола) независимо от воли человека, произвольно. Ее сокращение регулируется гормонами.

Скелетная мускулатура относится к поперечно-полосатой мускулатуре и обеспечивает перемещение человека в пространстве. Проявление различных двигательных качеств человека, особенно силы и скорости, зависит от морфологического строения мышц, особенностей протекания биохимических процессов в них, а также от регуляторного воздействия нервной системы

Нервная ткань лежит в основе нервной системы организма – сложной пространственной структуры в виде единой сети с многочисленными связями как на уровне отдельной клетки, так и клеточных ансамблей. Нервная система регулирует и координирует физиологические процессы отдельных клеток, тканей, органов, их систем и организма в целом, хранит информацию, интегрирует, перерабатывает сигналы, поступающие из внешней и внутренней среды.

Гистологические элементы нервной ткани (нейроны и глиоциты) и органов чувств развиваются из нескольких источников. Их совокупный эффект приводит к образованию нервной системы, функционирование которой определяют синапсы – специализированные межклеточные контакты между нейронами, а также между нейронами и исполнительными элементами (мышечными и секреторными).

Нервная ткань состоит из нейронов, выполняющих специфическую функцию, и нейроглии, обеспечивающей существование и специфическую функцию клеток нервной ткани и осуществляющей опорную, трофическую, разграничительную, секреторную и защитную функции.

Нейробласты – клетки с большим округлым ядром, плотным ядрышком и бледной цитоплазмой – дают начало всем нейронам ЦНС. Нейроны – классический пример клеток, относящихся к статической популяции. Ни при каких условиях они *in vivo* не способны к пролиферации и обновлению. Обонятельные нейроны (происходят из обонятельных плакод) эпителиальной выстилки носовых ходов – единственное известное исключение.

Глиобласты – предшественники макроглии (астроциты и олегодендроглиоциты – глиоциты). Все типы макроглии способны к пролиферации.

Поперечно-полосатая мышечная ткань

Мышечные волокна – вытянутые в длину образования цилиндрической формы, суживающиеся на концах, покрытые оболочкой – сарколеммой. Под сарколеммой в саркоплазме находятся многочисленные ядра вытянутой по оси волокна формы. Иногда ядра лежат попарно или цепочкой, что указывает

на их способность к делению. Поперечно-полосатые мышечные волокна имеют продольную и поперечную исчерченность. Первая связана с наличием в саркоплазме миофибрилл, располагающихся вдоль мышечного волокна. Поперечная исчерченность связана с неоднородностью строения, различной физико-химической организацией и разными оптическими свойствами миофибрилл по их длине.

Миофибрилла состоит из чередующихся темных, способных к двойному лучепреломлению участков – анизотропных дисков, и светлых, не обладающих этой способностью – изотропных дисков. Миофибриллы относятся к специальным органоидам и являются морфологическим субстратом основной специфической функции мышечной ткани – сократимости.

Задание 1. Рассмотреть препарат, зарисовать его и сделать все необходимые подписи к рисунку.

Гладкая мышечная ткань

Структурные элементы гладкой мышечной ткани – мышечные клетки. В продольном сечении они веретенообразные, темноокрашенные (рис. 40). Их палочковидные ядра вытянуты вдоль клеток. В поперечном сечении мышечные клетки имеют форму округлых или многоугольных площадок различного диаметра.

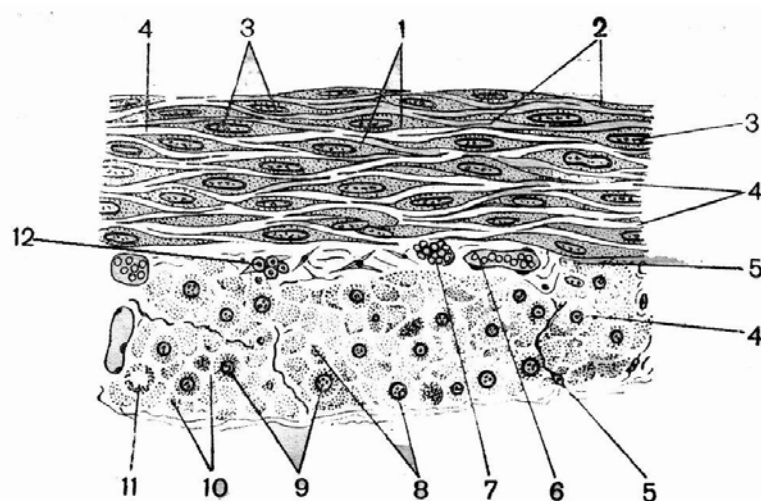


Рис. 40. Гладкая мышечная ткань: 1 – толстый ядерный отдел клетки; 2 – заостренные концы клеток; 3 – ядра; 4 – прослойки базальной мембраны; 5 – прослойки ареолярной ткани; 6 – сосуды; 7 – нервы; 8, 9, 10, 11 – поперечные сечения мышечных клеток; 12 – нервные клетки нервного сплетения

Заостренные концы одних мышечных клеток вклиниваются между расширенными участками других, формируя мышечный пласт, в котором клетка контактирует со значительным количеством соседних, объединяющихся в «эффектор» – моторную единицу.

Ядра мышечных клеток имеют вытянутую форму с глыбками хроматина и ядрышками. Форма и структура ядер позволяет узнать гладкую мышечную ткань, когда границы отдельных клеток определить не удастся.

Гладкие мышечные клетки одеты обычной плазмалеммой и базальной мембраной, ограничивающей их от тончайших прослоек соединительной ткани.

Задание 2. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком (рис. 40) и сделать все необходимые подписи к нему.

Сердечная мышечная ткань

Миоциты сердечной мускулатуры имеют структурные, цитологические и функциональные особенности (рис. 41). Сердечные миоциты в продольном сечении почти прямоугольные. В центральной части клетки расположено ядро овальной формы, вытянутое по оси. В периферических отделах саркоплазмы находятся пучки миофибрилл, обуславливающих поперечную исчерченность.

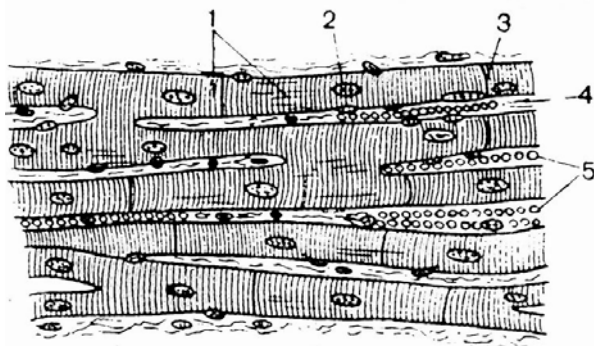


Рис. 41. Сердечная мышечная ткань: 1 – сердечные миоциты; 2 – ядро, вставочные диски; 4 – соединительная ткань; 5 – капилляры

Характерным морфологическим признаком сердечной мышцы являются специфически организованные контакты смежных миоцитов. Они выглядят темными полосками и называются вставочными дисками. Они образованы внутренними листками сарколеммы соседних миоцитов.

Таким образом, с помощью вставочных дисков сердечные миоциты объединяются в мышечные комплексы, обеспечивающие сокращение миокарда как единого целого.

комплексы, обеспечивающие сокращение миокарда как единого целого.

Задание 3. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком (рис. 41) и сделать все необходимые подписи к нему.

Нервные клетки сетчатки лошади

Препарат сетчатки глаза дает возможность ясно видеть не только тела нервных клеток, но и многочисленные отростки на сравнительно значительном протяжении (рис. 42).

При малом увеличении на разной глубине препарата видны мультиполярные нейроны различной величины. При большом увеличении перикарион с отростками имеет звездчатую форму. Многочисленные отростки неодинаковы в морфологическом и функциональном отношении. Один из них аксон – наиболее тонкий, длинный, одинаковой толщины по всей длине, не ветвится. Он выполняет функции проведения нервного импульса от перикариона к другому нейрону. Остальные отростки короткие, их называют дендриты.

Они воспринимают нервный импульс и проводят его к телу клетки.

Задание 4. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком ([рис. 42](#)) и сделать все необходимые подписи к нему.

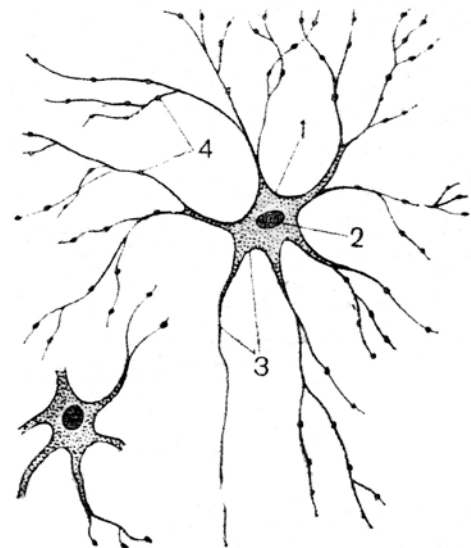


Рис. 42. Нервные клетки сетчатки: 1 – перикарион; 2 – ядро; 3 – аксон; 4 – дендриты

Двигательные нейроны. Спинной мозг

При малом увеличении видно, что серое вещество состоит из нейронов и нейроглии ([рис. 43](#)).

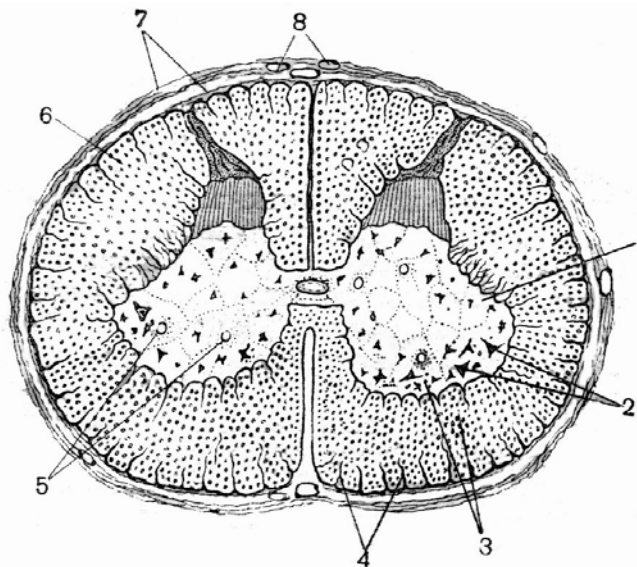


Рис. 43. Спинной мозг, двигательные нейроны: 1 – серое вещество; 2 – нейроны; 3 – ядра клеток нейроглии; 4 – радиальные перегородки; 5 – сосуды; 6 – миелиновые нервные волокна; 7 – соединительно-тканые оболочки мозга; 8 – кровеносные сосуды

Темноокрашенные нейроны мультиполярной формы располагаются поодиночке или группами, формируя ядра серого вещества. Наиболее крупные – двигательные нейроны, располагаются в передних рогах серого вещества, объединяясь в двигательное ядро спинного мозга. Между нейронами видны темноокрашенные ядра клеток нейроглии. Их отростки выходят за пределы серого вещества и вместе с рыхлой соединительной тканью участвуют в образовании радиально расходящихся перегородок в белом веществе. Нейроглия располагается вокруг сосудов и на поверхности спинного мозга, образуя тонкую пограничную оболочку.

Белое вещество состоит из прилежащих друг к другу миелиновых нервных волокон, являющихся отростками нейронов, лежащих в спинном и головном мозге и за пределами центральной нервной системы.

Задание 5. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком (рис. 43) и сделать все необходимые подписи к нему.

Тигроид в двигательных нейронах

Двигательные нейроны имеют бедное хроматином пузырьковидное ядро, 1–2 ядрышка (рис. 44). В нейроплазме видны глыбки базофильного вещества, названного в честь описавшего их Ниссля. Крупные, неправильной формы глыбки Ниссля располагаются наиболее плотно вокруг ядра. На периферии перикариона и в дендритах они мельче, вытянуты в длину и располагаются реже.

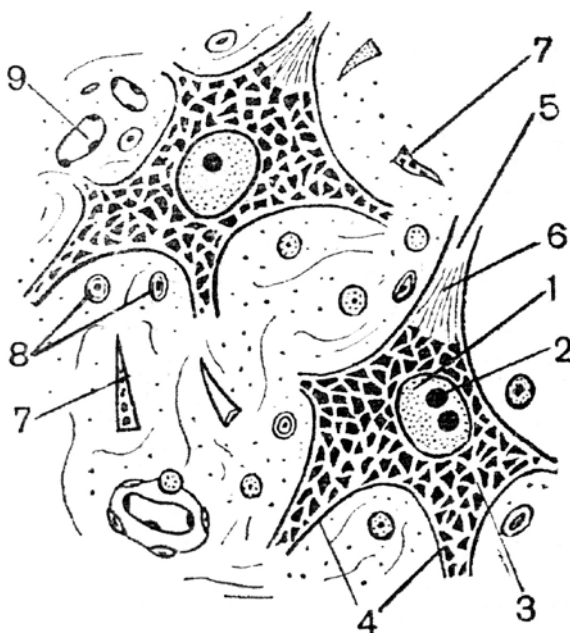


Рис. 44. Тигроид в двигательных нейронах: 1 – ядро; 2 – ядрышко; 3 – глыбки Ниссля; 4 – дендриты; 5 – аксон; 6 – аксональный бугорок; 7 – отростки нейронов; 8 – ядра глиоцитов; 9 – кровеносные сосуды

Базофильное вещество Ниссля никогда не встречается в аксоплазме, а также в месте отхождения аксона от перикариона – аксональном бугорке. Крупные глыбки Ниссля придают перикариону пятнистый вид, поэтому это вещество часто называют тигроидным веществом.

Задание 6. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком (рис. 44) и сделать все необходимые подписи к нему.

Синапсы на нейронах мозжечка

Поверхность среза мозжечка образует извилины, разделенные бороздами (рис. 45). Снаружи лежит серое вещество, под ним – белое вещество, представленное миелиновыми волокнами. Нейроны коры мозжечка располагаются слоями, отличающимися толщиной и окраской.

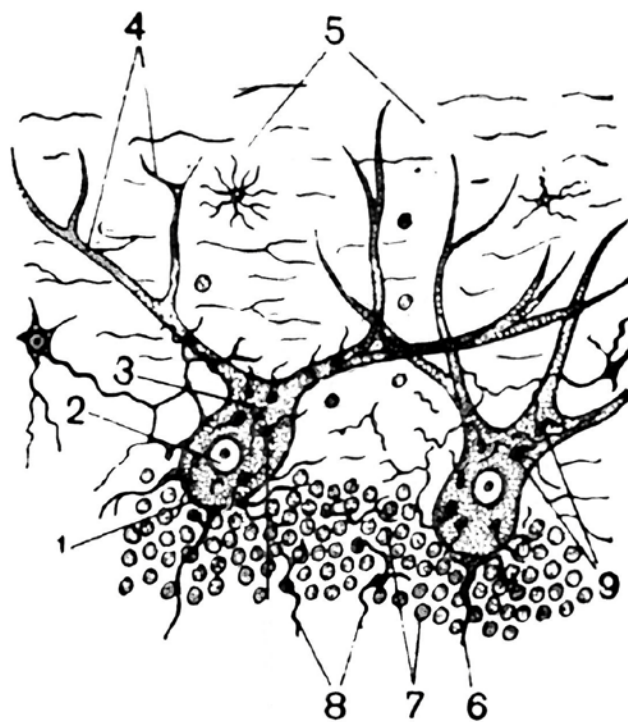


Рис. 45. Клетки мозжечка: 1 – клетка Пуркиня; 2- ядро; 3 – нейрофибриллы; 4 – дендриты; 5 – молекулярный слой; 6 – нейрит; 7 – зернистый слой; 8 – отрезки нейритов

Между темно- и светлоокрашенными слоями лежит ганглиозный слой, образованный нейронами грушевидной формы – клетками Пуркиня.

В теле грушевидных нейронов ядро крупное, центрально расположенное с темными ядрышками. В нейроплазме находятся нейрофибриллы. От верхнего полюса отходят дендриты, формирующие в молекулярном слое древовидные разветвления. От нижнего полюса отходит тонкий нейрит, спускается в зернистый слой и следует к нейронам одного из ядер мозжечка.

Задание 7. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком (рис. 45) и сделать все необходимые подписи к нему.

Миелиновые нервные волокна

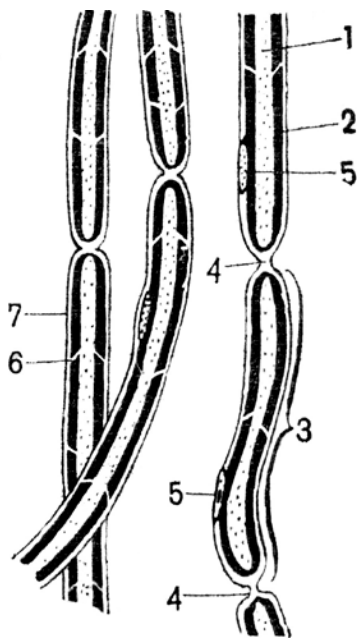


Рис. 46. Миелиновые нервные волокна: 1 – осевой цилиндр; 2 – миелиновая оболочка; 3 – леммоциты; 4 – перехваты Ранвье; 5 – глиальные клетки с ядрами; 6 – насечки нервного волокна; 7 – наружный слой оболочки миелинового волокна

Толщина нервного волокна по всей длине неодинакова. Через некоторые интервалы она многократно истончается, образуя на поверхности короткие узловатые перехваты, или перехваты Ранвье.

Миелиновое волокно состоит из сравнительно толстого, светлого осевого цилиндра. Осевого цилиндра может быть аксоном двигательного или дендритом чувствительного нейрона. Он одет в миелиновую оболочку. Она образована леммоцитами – клетками, аналогичными олигодендроцитам центральной нервной системы. Леммоциты располагаются цепочками. Их границы соответствуют перехватам Ранвье. Отрезок, расположенный между перехватами, называют сегмент (междоузлие). Его оболочка представлена одной глиальной клеткой с ядром, лежащим приблизительно в центре сегмента. В оболочке миелинового волокна различают внутренний толстый и наружный тонкий слой, состоящий из цитоплазмы, леммоцитов и их ядер (рис. 46).

Задание 8. Рассмотреть препарат, зарисовать его, сравнить с рисунком (рис. 45) и сделать все необходимые подписи к нему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верещагина, В. А. Основы общей цитологии / В. А. Верещагина. – М. : Академия, 2007. – 176 с.
2. Цитология и гистология : метод. указания к лаб. занятиям по курсу для студентов биол. фак. / сост. : С .В. Глушен, В. В. Гринев, М. П. Куницкая, М. А. Титок. – Минск, 2004.
3. Горшкова, Т. А. Растительная клеточная стенка как динамическая система / Т. А. Горшкова. – М. : Наука, 2007. – 431 с.
4. Гусев, М. В. Микробиология : учеб. для студентов биол. специальностей / М. В. Гусев, Л. А. Минеева. – М.: Академия, 2007. – 463 с.
5. Гистология : учеб. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Чельшева. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2002. – 598 с.
6. Данилов, Р. К. Гистология / Р. К. Данилов, А. А. Клишов, Т. Г. Боровая. – СПб. : ЭЛБИ-СПБ, 2004. – 368 с.
7. Дерябин, Д. Г. Функциональная морфология клетки : учеб. пособие / Д. Г. Дерябин. – М. : ЛДУ, 2005. – 320 с.
8. Иванова, С. В. Мейоз / С. В. Иванова. – М. : РГАУ-МСХА им. К. А. Темиряева, 2006. – 42 с.
9. Кларк, Д. Молекулярная биология / Д. Кларк, Л. Рассел. – М. : Компания КОНД, 2004. – 248 с.
10. Генетика развития растений / Л. А. Лутова, Н. А. Проворов, О. Н. Тиходеев, И. А. Тихонович, Л. Т. Ходжайова, С. О. Шишкова. – СПб. : Наука, 2000. – 539 с.
11. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Колос, 1978. – 256 с.
12. Пухальский, В. А. Цитология и цитогенетика : руководство к лаб.-практ. занятиям / В. А. Пухальский, А. А. Соловьев, В. Н. Юрьев. – М. : Изд-во МСХА, 2004.
13. Пухальский, В. А. Практикум по цитологии и цитогенетике растений / В. А. Пухальский, А. А. Соловьев. – М. : Колос, 2007.
14. Ролан, Ж.-К. Атлас по биологии клетки / Ж.-К. Ролан, А. Селоши, Д. Селоши. – М. : Мир, 1978. – 113 с.
15. Селезнева, Т. Д. Гистология / Т. Д. Селезнева, А. С. Мишин, В. Ю. Барсуков. – М. : Эксмо, 2007. – 352 с.
16. Самусев, Р. П. Атлас по цитологии, гистологии и эмбриологии / Р. П. Самусев, Г. И. Пупышева, А. В. Смирнов. – М. : ОНИКС XXI век, 2004. – 400 с.

17. Фаллер, Д. М. Молекулярная биология клетки / Д. М. Фаллер, Д. Шилде. – М. : БИНОМ, 2006. – 256 с.
18. Ченцов, Ю. С. Практикум по цитологии / Ю. С. Ченцов. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 295 с.
19. Ченцов, Ю. С. Введение в клеточную биологию / Ю. С. Ченцов. – М. : Академкнига, 2004. – 495 с.
20. Чухлебowa, Н. С. Ботаника (цитология, гистология, анатомия) / Н. С. Чухлебowa, Л. М. Бугинова, Н. В. Ледовская. – М. : Колос, 2007. – 148 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Краткий словарь цитогенетических и цитозэмбриологических терминов

Аберрация – разрыв хромосомы или хроматиды, возникающий в результате действия мутагенных факторов.

Автополиплоид – организм, содержащий в клетках несколько хромосомных наборов одного и того же вида.

Агранулоциты – незернистые лейкоциты.

Адвентициальные клетки – наименее дифференцированные, но гистологически распознаваемые клетки рыхлой соединительной ткани.

Адиipoциты – жировые клетки, развивающиеся из адвентициальных клеток.

Аллополиплоид – организм, содержащий в клетках хромосомные наборы нескольких видов.

Амитоз – прямое деление клетки без компактизации хромосом и образования веретена.

Аморфное вещество – бесструктурная основа, в которой находятся клетки и волокна соединительной ткани.

Анафаза – фаза митоза и мейоза, во время которой хромосомы или хроматиды расходятся к полюсам.

Андроцей – совокупность мужских генеративных органов цветка.

Апикальная клетка – одна из двух клеток, образующихся при первом делении зиготы. В дальнейшем из этой клетки развивается зародыш.

Апогамия – развитие зародыша без оплодотворения из синергид или антипод.

Апокриновая секреция – при образовании секрета отторжение верхней части цитоплазмы клетки.

Апомиксис – развитие зародыша без оплодотворения.

Апоспория – развитие зародыша без оплодотворения из клетки нуцеллуса или интегумента семяпочки.

Аппозиционный рост – увеличение и рост хряща за счет наложения на хрящевую закладку все новых и новых слоев молодой ткани.

Археспорий – материнские клетки тетрады микроспор или тетрады мегаспор (макроспор).

Асинdez – отсутствие конъюгации хромосом при редукционном делении у межвидовых гибридов.

Аутосома – хромосома, не отличающаяся у особей мужского и женского пола.

Базальная клетка – одна из двух клеток, образующихся при первом делении зиготы, обращенная к микропиле. В дальнейшем из этой клетки развивается подвесок зародыша.

Базальный тип развития – тип развития эндосперма, промежуточный между нуклеарным и целлюлярным типом.

Базальная пластинка – структура, участвующая в формировании эпителиально-соединительно – тканых взаимоотношений.

Базофилы – зернистые лейкоциты, гранулы, которых содержат гепарин, гистамин, серотонин и т.д.

Бивалент – пара гомологичных хромосом, сблизившихся во время редукционного деления.

Бокаловидная клетка – клетка, секретирующая слизь.

Вакуоль – внутриклеточная полость, наполненная жидкими продуктами обмена веществ различных клеточных органоидов.

Вегетативная клетка – более крупная клетка мужского гаметофита.

Веретено деления – комплекс протеиновых нитей, осуществляющих расхождение хромосом к полюсам.

Гамета – половая клетка.

Гаметогенез – процесс, в результате которого образуются гаметы.

Гаметофит – половое поколение у цветковых растений, которое имеет гаплоидное (л) число хромосом.

Гаплоид – организм с редуцированным (половинным) для данного вида числом хромосом.

Гаверсова система (остеон) – система пластинок с гаверсовым каналом в середине.

Ген – единица наследственности.

Геном – гаплоидный набор хромосом у диплоидных видов.

Гетероплоидия – явление увеличения или уменьшения диплоидного числа хромосом на одну или несколько хромосом.

Гетерохроматин – участки хромосом с постоянно конденсированным хроматинном.

Гинецей – совокупность женских генеративных органов цветка – пестиков.

Гистиоциты – макрофаги, находящиеся в спокойном состоянии.

Глиоциты – клетки нейроглии, мелкие отростчатые клетки.

Голокриновая секреция – в процессе секреции разрушение всей клетки и секретируемого продукта, выталкиваемого через эпителиальный слой.

Гомологичные хромосомы – парные (по морфологии и структуре) хромосомы в диплоидном наборе.

Гранулоциты – зернистые лейкоциты.

Двойное оплодотворение – процесс оплодотворения у покрытосеменных растений, при котором один спермий сливается с яйцеклеткой, а второй – с центральным ядром зародышевого мешка.

Деления – утрата хромосомой сегмента.

Детерминация – процесс определения пути, направления, программы развития материала эмбриональных зачатков с образованием специализированных тканей.

Диакинез – заключительная стадия профазы мейоза, во время которой компактизация хромосом достигает максимума и биваленты располагаются по периферии ядра.

Дивергенция – термин, обозначающий расхождение хромосом.

Диплоид – особь, несущая в соматических клетках удвоенное число хромосом ($2n$). Образуется при слиянии двух гамет (л) в процессе оплодотворения.

Дистальное прикрепление – прикрепление спутника к длинному плечу у неравноплечей хромосомы.

Диплотена – стадия профазы I мейоза, во время которой гомологичные хромосомы бивалента в некоторых местах начинают отходить друг от друга.

Диспермия – слияние яйцеклетки с двумя спермиями.

Дифференциация – стойкое структурно-функциональное преобразование клеток в различные специализированные клетки.

Дифферон – совокупность клеточных форм, составляющих линию дифференцировки.

Дифферон эпителиоцитов – источник развития ведущего клеточного дифферона.

Дупликация – удвоение участка хромосомы в гаплоидном наборе хромосом.

Железистый эпителий – эпителии, обладающие способностью вырабатывать секреты.

Зигота – диплоидная клетка, образующаяся в результате слияния мужской и женской гамет. Из зиготы развивается новый организм.

Зародышевый мешок – женский гаметофит.

Зиготена – стадия профазы I мейоза, во время которой гомологичные хромосомы располагаются попарно.

Идиограмма – схематическое изображение кариотипа с учетом размеров и морфологических особенностей отдельных хромосом.

Изогенные группы – группы, состоящие из 3 – 5 хрящевых клеток, которые образуются при делении одной клетки.

Инверсия – поворот какого-либо сегмента хромосомы на 180° , в результате которого порядок расположения генов в хромосоме изменяется на обратный.

Интегумент – покров семяпочки.

Интерстициальный рост – рост внутри хрящевой закладки.

Интеркинез – стадия покоя клетки между I и II мейотическими делениями.

Интерфаза – период между двумя митотическими делениями клетки.

Интина – внутренняя оболочка пыльцевого зерна.

Кариотип – специфический для данного вида набор хромосом.

Кариолимфа – ядерный сок.

Кинетехор – белковая структура, располагающаяся в центромере хромосомы.

Клейстогамия – самоопыление при закрытом цветении.

Комплекс Гольджи – морфологическая структура клетки, принимающая участие в углеводном и жировом обменах в качестве секреторного аппарата.

Конъюгация хромосом – прилегание гомологичных хромосом друг к другу во время мейоза.

Красинуцеллярная семяпочка – семяпочка с сильно разросшимся нуцеллусом.

Кровь – ткань внутренней среды защитно-трофической функции, состоящая из плазмы, постклеточных структур и клеток как периферической крови и лимфы, так и клеток на всех стадиях своего развития в кроветворных органах

Ксеногамия – перекрестное опыление.

Лакуна – полости, в которых заключены хондробласты.

Лейкоциты – белые клетки крови.

Лептотена – стадия профазы I мейоза I, во время которой хромосомы ядра очень слабо компактизованы и располагаются отдельно друг от друга.

Лимфоциты – это агранулоциты.

Макрофаги – полиморфные клетки, способные к амёбовидному движению и к поглощению бактерий и других чужеродных частиц.

Мегаспора – гаплоидная клетка, образующаяся в результате мейоза, из которой развивается в последующем зародышевый мешок.

Мегаспорогенез – процесс образования тетрады мегаспор с гаплоидным набором хромосом в каждой мегаспоре.

Мезогамия – вращение пыльцевой трубки в зародышевый мешок через интегументы и нуцеллус.

Мезенхима – один из эмбриональных зачатков, представляющий собой разрыхленную часть среднего зародышевого листка – мезодермы.

Мегакариоцит – гигантские клетки красного костного мозга.

Мейоз – особый тип деления ядра спорогенной клетки, при котором происходит редукция (уменьшение вдвое) числа хромосом, свойственного данному виду.

Меланоциты – отростчатые пигментные клетки нейроглиальной природы, расположенные в глиальном слое эпидермиса.

Мерокриновая секреция – выведение секрета непосредственно через клеточную мембрану на свободную поверхность клеток.

Меристема – образовательная ткань.

Метафаза – фаза митоза и мейоза, во время которой хромосомы располагаются в экваториальной плоскости, образуя метафазную пластинку.

Микрогаметогенез – образование спермиев в пыльцевом зерне.

Микропиле – пыльцевход, образованный несросшимися интегументами в верхней части семяпочки.

Митоз – непрямоe деление ядра, свойственное меристематическим тканям.

Митохондрии – тельца размером 10–15 нм, находящиеся в цитоплазме и являющиеся основными генераторами внутриклеточной энергии.

Миотом – дорсомедиальная часть сомита.

Многорядный эпителий – однослойный эпителий, в которых ядра расположены на разных уровнях

Моноциты – агранулоциты, выполняющие защитную, фагоцитарную функции.

Моносомик – индивидуум данного вида, имеющий на одну хромосому меньше.

Мутаген – фактор, под действием которого возникают мутации.

Нерасхождение хромосом – явление, при котором гомологичные хромосомы на стадии анафазы мейоза отходят к одному полюсу.

Нейроны – высокоспециализированная клетка, которая воспринимает раздражения, перерабатывает их и передает их различным органам тела.

Нейтрофилы – округлые подвижные клетки, относящиеся к малым фагоцитам.

Нуклеарный тип – развитие эндосперма, при котором деление центрального ядра зародышевого мешка вначале не сопровождается цитокинезом.

Нуллисомик – организм, у которого оба гомологичных члена одной хромосомной пары отсутствуют ($2n - 2$).

Нуцеллус – центральная часть семяпочки.

Однорядный эпителий – однослойный эпителий, у которого ядра всех клеток лежат на одном уровне.

Ороговение – постепенное перерождение цитоплазмы, которое начинается в зернистых клетках, продолжается в блестящих и завершается образованием верхнего рогового слоя.

Остеобласты – клетки, вырабатывающие межклеточное костное вещество.

Остеокласты – крупные многоядерные клетки, являющиеся производными стволовой кроветворной клетки.

Остеоны – структурно-функциональные единицы пластинчатой кости как органа.

Остеоциты – зрелые высокодифференцированные клетки костной ткани

Партеногенез – образование зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки.

Партенокарпия – образование бессемянного плода.

Пахитена – стадия профазы I мейоза, во время которой происходит усиленная компактизация хромосом и кроссинговер.

Перисперм – питательная ткань, образующаяся при накоплении запасных питательных веществ в клетках нуцеллуса.

Перимизий – прослойки рыхлой соединительной ткани, соединяющие пучки мышечных волокон.

Перихондрий (надхрящница) – тонкий поверхностный слой хрящевой ткани.

Плазма крови – жидкое межклеточное вещество, в котором во взвешенном состоянии находятся форменные элементы крови.

Плазмодесмы – цитоплазменные тяжи, проходящие через поры клеточной оболочки и обеспечивающие связь между цитоплазмами соседних клеток.

Пластиды – мембранные органоиды, находящиеся в цитоплазме растительной клетки.

Плацента – место заложения семяпочки.

Плотная соединительная ткань – волокна, погруженные в матрикс.

Пограничность – расположение ткани на границе двух сред, отделяющие организм или органы от окружающей среды. Это основное свойство эпителиев.

Полиплоидия – увеличение всего хромосомного набора по отношению к обычному диплоидному числу 2n.

Полисомик – организм, у которого диплоидный набор хромосом увеличен на одну или несколько хромосом.

Полиспермия – проникновение в яйцеклетку нескольких спермиев.

Полиэмбриония – развитие нескольких зародышей в одном семени.

Порогамия – вращание пыльцевой трубки в зародышевый мешок через микропиле.

Профаза – первая фаза митоза и мейоза, во время которой происходит компактизация хромосом.

Протерандрия – явление, при котором пыльники цветка созревают раньше пестика.

Протерогиния – явление, при котором пестик цветка созревает раньше пыльников.

Пыльцевое зерно – мужской гаметофит, состоящий из вегетативной и генеративной клеток и двух оболочек (интины и экзины). У многих видов растений в пыльцевом зерне генеративная клетка делится, образуя два спермия.

Редукционное деление – (см. мейоз).

Рибосомы – цитоплазматические гранулы, играющие важную роль в белковом синтезе. Их размеры от 5 до 15 нм.

Рыхлая соединительная ткань – ткань, состоящая из клеток, разбросанных в межклеточном веществе, и волокон, образующих рыхлое неупорядоченное переплетение.

Саркомер – структурно-функциональная единица миофибриллы.

Семяпочка – мегаспорангий покрытосеменных растений, состоящий из нуцеллуса, зародышевого мешка (женского гаметофита), одного или двух интегументов и ножки семяпочки (фуникулюса).

Симпласт – многоядерные цитоплазматические образования, в которых отсутствует деление на клетки.

Сингамия – объединение гамет при оплодотворении.

Синцитий – клеточные скопления, где клетки как бы связаны своими отростками.

Спутник – сегмент хромосомы, отделенный от остальной части хромосомы вторичной перетяжкой.

Стволовые клетки – исходные клетки гистогенетического ряда – самоподдерживающаяся популяция клеток, способных дифференцироваться в различных направлениях.

Сферосомы – мембранные пузырьки (диаметром 0,1–0,5 мкм) в клетках растений, в которых происходит накопление липидов (масла).

Тапетум – слой клеток, окружающий материнские клетки пыльцы или материнскую клетку зародышевого мешка и передающий им питательные вещества.

Телофаза – заключительная фаза митоза или мейоза, во время которой происходит декомпактизация хромосом и образуется клеточная перегородка.

Тетрады – четыре гаплоидные клетки, которые образуются у цветковых растений в результате мейоза.

Тонoplast – слой цитоплазмы, окружающий вакуоль.

Ткань – фило- и онтогенетически сложившаяся система клеточных дифференциров и их неклеточных производных, функции и регенераторная способность которой определяется гистогенетическими свойствами ведущего клеточного дифферона.

Трабекула – тонкие анастомозирующие костные элементы.

Триады – комплекс, состоящий из поперечной трубочки и профилей двух цистерн саркоплазматической сети, расположенных симметрично по обе стороны от T-трубочки.

Тромбоцит – кровяные пластинки

Тучные клетки – клетки, участвующие в образовании матрикса, секретирующие гепарин и гистамин.

Унивалент – неконъюгировавшая хромосома в мейозе.

Фибробласты – ведущие клетки рыхлой соединительной ткани, продуцирующие компоненты межклеточного вещества.

Фиброциты – фибробласты, закончившие цикл развития.

Физиологическая регенерация – обновление клеток в процессе их нормального функционирования.

Форменные элементы – клеточные и постклеточные структуры периферической крови.

Халаза – нижняя часть семяпочки, примыкающая к плаценте.

Халазогамия – вращение пыльцевой трубки в зародышевый мешок через халазу.

Хиазмы – места соединения хроматид при кроссинговере.

Хроматида – полухромосома.

Хроматин – вещество хромосомы, хорошо окрашивающееся специальными красителями.

Хромеры – специфические участки хроматид, различающиеся между собой по величине, форме и содержанию ДНК.

Хромосома – органоид, входящий в состав клеточного ядра.

Целлюлярный тип развития эндосперма – клеточное развитие эндосперма, которое характеризуется тем, что деление центрального ядра зародышевого мешка и каждое последующее деление ядер эндосперма сопровождается цитокinesisом.

Центромера – динамический центр хромосомы, осуществляющий ее ориентацию в митозе и мейозе.

Цитокинез – образование клеточной перегородки.

Цитология – учение о клетке.

Цитоплазма – содержимое клетки за исключением ядра.

Цитокератины – белки, являющиеся цитохимическим маркером эпителиоцитов.

Экзина – наружная оболочка пыльцевого зерна.

Экзокринные железы – железы, секрет которых выделяется на свободную поверхность эпителия.

Эмбриология – отрасль науки, изучающая возникновение и развитие мужского и женского гаметофитов, процессы оплодотворения, развитие зародыша и эндосперма.

Эндомитоз – особый цикл развития ядра, при котором происходит редупликация хромосом внутри неделящегося ядра.

Эндоплазматический ретикулум – часть вакуолярной системы клетки, состоящая из мелких вакуолей и каналов.

Эндосперм – особая питательная ткань, образующаяся при оплодотворении центрального ядра зародышевого мешка одним из двух спермиев.

Эндокринные железы – железы, секрет которых выделяется непосредственно в кровоток.

Эпидермис – разновидность покровных эпителиев.

Эпителий – пограничная ткань, представляющая собой однослойные или многослойные пласты, покрывающие внутренние или внешние поверхности любого организма.

Эпителиоциты – клетки базального слоя, способные интенсивно делиться митозом.

Эмбриогенез – морфогенетический процесс, в ходе которого из отцовской и материнской половых клеток формируется новый многоклеточный организм, способный к самостоятельной жизнедеятельности в условиях внешней среды.

Эмбриональный гистогенез – комплекс координированных во времени и пространстве процессов пролиферации, клеточного роста, миграции, межклеточных взаимодействий, дифференциации, детерминации, программированной гибели клеток.

Эндомизий – рыхлая соединительная ткань внутри мышечных пучков.

Эозинофилы – зернистые лейкоциты, обладающие фагоцитарной активностью.

Эухроматин – основная масса хроматина хромосомы за исключением участков гетерохроматина.

Ядрышко – небольшое округлой формы тельце, находящееся в ядре, но отличающееся от него по своим физико-химическим свойствам. Состоит из ДНК (2–12 %), РНК (5–14 %) и белков.