

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Естественно-географический факультет

Кафедра биологии

ЦИТОЛОГИЯ

Часть II

*Методические указания
для выполнения лабораторных работ*

Тирасполь, 2017

УДК 576.3(072.8)
ББК Е05р30
Ц74

Составители:

Г.В. Золотарева, к.б.н.

Т.Н. Звездина, к.с-х.н.

Л.Г. Ионова, ст. преп.

Рецензенты:

С.И. Филиппенко – зав. кафедрой биологии, к.б.н, доцент

Л.И. Гарбус – зав. кафедрой биологии и физиологии человека,
к.б.н, доцент

Цитология, Часть II: Методические указания для выполнения
Ц74 лабораторных работ / Сост. Г.В. Золотарева, Т.Н. Звездина,
Л.Г. Ионова, – Тирасполь, 2017. – 50 с.

Методические указания по цитологии для специальности 06.03.01 «Биология», направления 44.03.01 «Педагогическое образование» профиль «Биология» включают описание методики проведения лабораторных работ в соответствии с утвержденным учебным планом. Включены тестовые задания для проведения текущего контроля. В указаниях предусмотрены перечни вопросов к итоговому контролю. Приведены теоретические сведения по всем работам.

УДК 576.3(072.8)
ББК Е05р30

Утверждено Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Г.В.Золотарева, Т.Н. Звездина, Л.Г. Ионова, составление, 2017

© ПГУ им. Т.Г. Шевченко, 2017

ЦИТОЛОГИЯ
Часть II

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Подписано в печать 24.02.17. Формат 60 × 90/16. Усл. печ. л. 3,125.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11. Ядерный аппарат клетки	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12. Химический состав ядра	9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13. Строение хромосомы. Уровни хроматина	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14. Клеточный цикл. Митоз. Амитоз	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15. Мейоз	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16. Гибель клеток: некроз, апоптоз. . . .	28
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ	33
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ	42
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	42
ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ	43
ГЛОССАРИЙ ПО ЦИТОЛОГИИ	45
ЛИТЕРАТУРА	50

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

При подготовке 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. Методические указания составлены в соответствии с программой курса “Цитология” и являются основным учебно-методическим руководством по проведению его лабораторного практикума.

В задачи лабораторного практикума по цитологии 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.

Уровень знаний и навыков, приобретенный студентами в ходе лабораторного практикума оценивается на зачетном занятии путем диагностики препаратов без этикеток. Приводимые в конце методических указаний контрольные вопросы служат для устной и письменной проверки теоретических знаний студентов по всему курсу.

Каждый студент ведет рабочий альбом для лабораторных работ по цитологии, оформление которого 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 с методического пособия полностью переписывают ее заглавие, описывают цель и принцип метода эксперимента, указывают объект изучения;
- результаты опытов фиксируют в виде рисунков с обязательными подписями к ним, или оформляют в виде таблиц, или описывают текстом (характер оформления работы обычно указан в методическом пособии);
- в конце каждой работы делают вывод или заключение, которые обсуждаются при подведении итогов занятия.

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

Тема
занятия

ЯДЕРНЫЙ АППАРАТ КЛЕТКИ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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). 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 районами (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).

Цель работы: изучить микроскопическое и ультрамикроскопическое строение ядер эукариотических клеток.

Материалы и оборудование: 1. Световой микроскоп. 2. Постоянные микропрепараты.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Рассмотреть микрофотографию интерфазных ядер. Записать схему строения клеточного ядра.

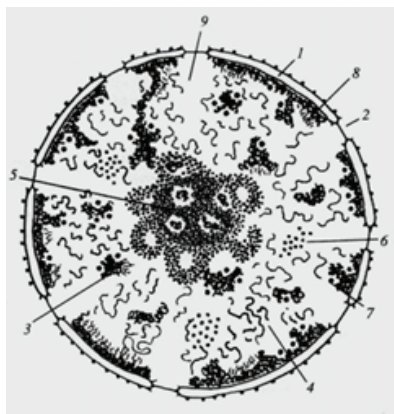
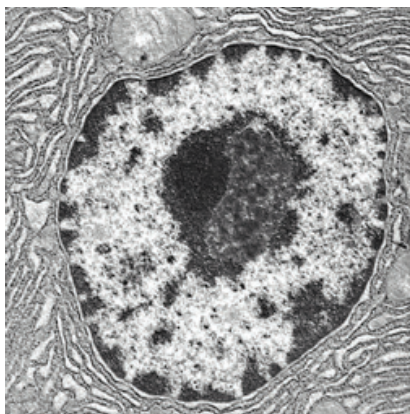


Рис. 1. Схема строения клеточного ядра:

- 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 – карิโอплазма

Задание 2. Рассмотреть микрофотографии ядерной мембраны и зарисовать. Обозначить на рисунке ядро, цитоплазму, внутреннюю ядерную мембрану, наружную ядерную мембрану, перинуклеарное пространство, ядерные поры, хроматин, рибосомы.

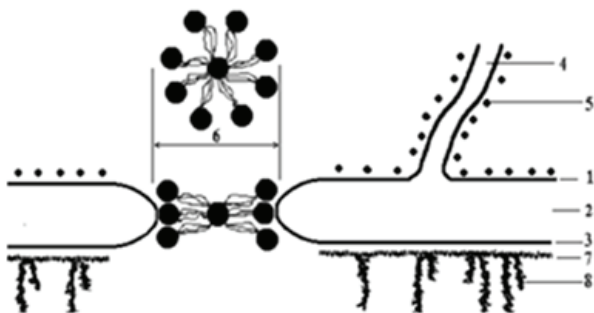


Рис 2.Строение поверхностного аппарата ядра:

- 1 – наружная мембрана; 2 – перинуклеарное пространство;
3 – внутренняя мембрана; 4 – гранулярная ЭПС; 5 – рибосомы;
6 – ядерная пора; 7 – ламина; 8 – хроматин

Задание 3. Рассмотреть микрофотографии ядерной поры и зарисовать схему строения и сделать подписи к схеме.

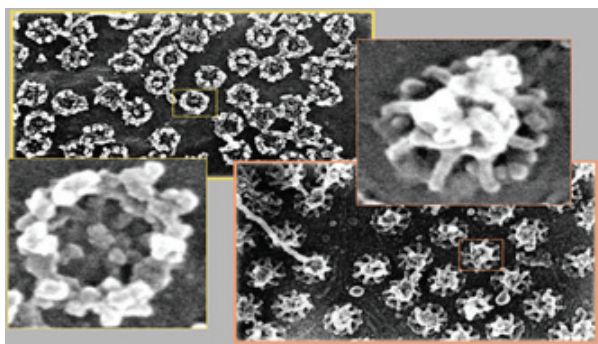


Рис 3. Микрофотография ядерных пор

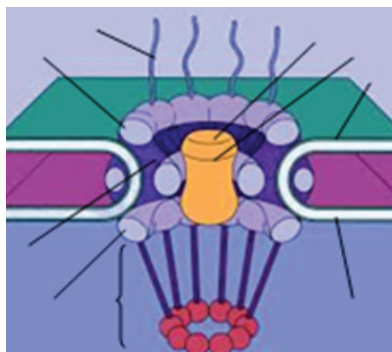


Рис 4. Схема ядерной поры:

- 1 - спицеподобные кольцевые белковые структуры; 2,3 - наружное и внутреннее ядерные кольца, образованные белковыми глобулами (всего 16); 4 - центральный канал; 5 – белковый филамент; 6 - ядерная корзина, сформированная фибриллами (диаметр 9 – 40 нм); 7,8 - наружная и внутренняя ядерные мембраны; 9 – центральная глобула

Задание 4. Рассмотреть микрофотографии ядрышка и зарисовать схему строения.

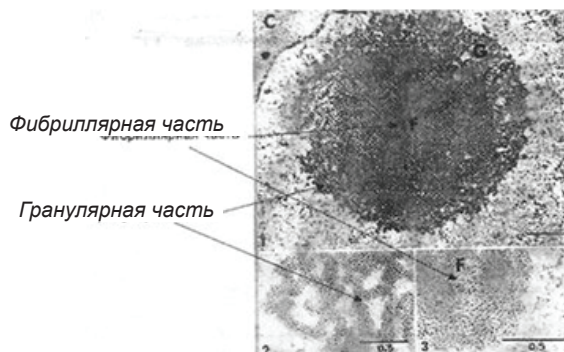
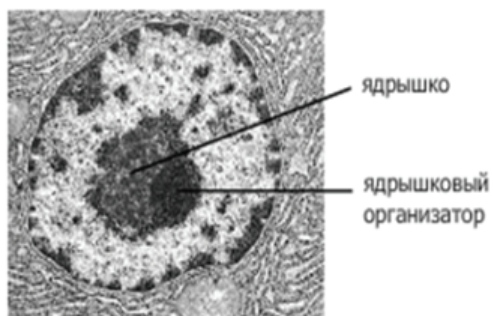


Рис 5. Микрофотография ядрышка

Сделать вывод о микроскопическом и ультрамикроскопическом строении ядерного аппарата клетки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

Тема
занятия

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЯДРА

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основную массу сухого вещества ядра составляют белковые соединения (60-70%) и нуклеиновые кислоты (19-25%); кроме того, в ядре содержатся липиды и все другие вещества, характерные для цитоплазмы клеток. Из неорганических веществ в ядре больше всего ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Na^+ , K^+ . Белки ядра относятся к двум типам: 1) гистоны (основные белки); их количество относительно постоянно и пропорционально содержанию ДНК, с которой они образуют комплекс дезоксирибонуклеопротеид (он входит в состав хромосом); 2) негистонные (кислые) белки; к ним относится основная часть ферментов ядра, в том числе ферментов, обеспечивающих авторепродукцию молекул ДНК и образование молекул РНК на ДНК-матрицах. Основные белки входят в состав хроматина ядра; кислые белки преимущественно локализованы в оболочке ядра, ядрышке и кариоплазме. Нуклеиновые кислоты – ДНК и РНК – содержатся во всех без исключения ядрах, причем вся ДНК клетки локализована в ядре. В гигантской двухцепочечной молекуле ДНК азотистые основания – тимин, аденин, гуанин и цитозин – соединяются так, что тимину одной цепочки соответствует аденин в другой, а гуанину комплементарен цитозин. Количество ДНК в ядрах клеток организмов различных видов может очень резко варьировать, но для неделящихся диплоидных ядер каждого вида оказывается постоянным. В созревших половых клетках содержится половинный (гаплоидный) набор хромосом и соответственно половинное количество ДНК. В ядре вся ДНК связана с хромосомами. Рибонуклеиновые кислоты ядра – информационная, рибосомальная и транспортная – являются одноцепочечными молекулами, в которых, в отличие от ДНК, вместо тимина содержится урацил. Большая часть РНК локализована в ядрышке, но она также находится в хроматине и в кариоплазме. Количество РНК в ядре непостоянно и сильно изменяется в зависимости от функционального состояния клетки. Липиды присутствуют в ядре в небольшом количестве и локализованы главным образом в оболочке.

Цель работы: познакомиться с гистохимическими реакциями на нуклеиновые кислоты и основами радиоавтографического метода изучения ядра.

Материалы и оборудование: 1. Световой микроскоп. 2. Постоянные микропрепараты: «ДНК печени», «РНК поджелудочной железы», «Метка 3Н-тимидин в клетках культуры СПЭВ».

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать строение клетки печени. Отметить ядро, цитоплазму, ядрышко, гетерохроматин и эухроматин. Указать гистохимическую реакцию на ДНК (реакция Фельгена). Обратить внимание на глыбчато-нитчатую структуру хроматина в ядрах клеток. Отметить, что ДНК в ядре клеток окрашивается по Фельгену в **сиренево-фиолетовый цвет**, а прочие вещества и структуры - **в зелёный**.

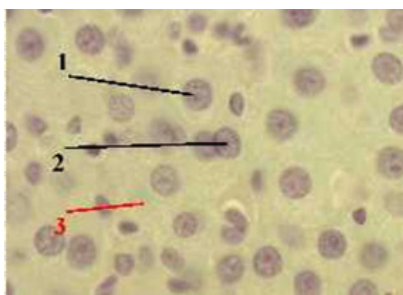
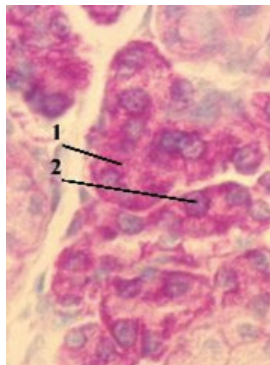


Рис. 6. Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) в ядре клетки. Окраска по методу Фельгена

На снимке мы видим, что, действительно, в ядрах (1) клеток содержится ДНК. Исключения составляют ядрышки (2): в них содержание ДНК низкое, отчего они, как и цитоплазма (3), имеют на препарате **зелёный цвет**.

Задание 2. Рассмотреть и зарисовать строение клеток поджелудочной железы. Отметить ядро, ядрышко, цитоплазму. Указать гистохимическую реакцию на РНК (метод Браше).

А



Б

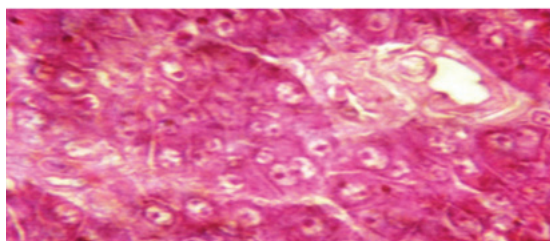


Рис 7. РНК в цитоплазме и ядрышках клеток поджелудочной железы (А) и поджелудочной железы (Б). Окраска по Браше (метиловым зелёным - пиронином)

Чтобы выявить транскрипционную активность клеточных ядер, животным *in vivo* вводят в кровь раствор радиоактивного уридина. Данное соединение в клетках превращается в H^3 -УТФ (уридинтрифосфат) - один из четырёх нуклеотидов, используемых при синтезе РНК. Поэтому вскоре после введения метки она оказывается в составе новосинтезированных цепей РНК. При образовании ДНК вместо уридилового нуклеотида используется тимидиловый; так что H^3 -УТФ включается только в РНК. Готовят срезы изучаемых тканей. Срезы покрывают фотозмульсией. В местах нахождения радиоактивного соединения происходит разложение фотозмульсии и образуются гранулы серебра. Т.е. последние являются маркёрами радиоактивной метки. Затем срез (после промывки и закрепления) красят как обычный гистологический препарат. На представленном снимке мы видим, что меченое вещество сосредоточено, главным образом, в ядрах клеток. Это и отражает тот факт, что в ядрах происходит синтез всех видов РНК – мРНК, тРНК и рРНК. Наличие метки в других частях препарата объясняется тем, что какая-то часть меченого вещества (H^3 -уридина) не успела включиться в состав РНК, а какая-то часть новообразованной РНК, наоборот, уже успела выйти из ядра в цитоплазму.

РНК содержится и в самом хроматине (в связи с синтезом мРНК, тРНК, а также, возможно, в связи с регуляторной ролью каких-то цепей РНК). Но особенно велика концентрация РНК (рРНК) в ядрышках. Поэтому при окраске по Браше РНК выявляется в ядре только в ядрышках (2), которые окрашиваются *в малиновый цвет*. Этот же препарат иллюстрирует и наличие РНК в цитоплазме (1) (в составе рибосом).

Задание 3. Рассмотреть и зарисовать клетки культуры СПЭВ (почки эмбриона свиньи) с меткой $3H$ -уридина. Отметить ядро, ядрышко, цитоплазму, зёрна серебра.

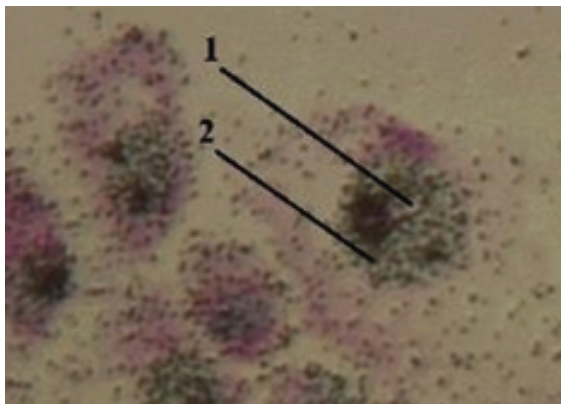


Рис 8. Включение H^3 -уридина в РНК. Окраска гематоксилин-эозином.
(1- ядра, 2 - гранулы серебра)

На автографе клеток, фиксированных через 10 мин (метка в виде зёрен серебра располагается во всех клетках в основном над ядрышками), можно насчитать до 10-15 зёрен, и отдельные зёрна видны над кариоплазмой. Через 20 мин после импульсного мечения число зёрен над кариоплазмой резко возрастает и достигает своего максимума через 1 ч. Значит, к этому сроку РНК, синтезированная в ядрышке, выходит в кариоплазму, однако часть меченной РНК остаётся в ядрышке. На автографах клеток, фиксированных через 2 и 4 ч, помимо ядрышка и ядра сильно меченой оказывается цитоплазма, интенсивность мечения которой превосходит ядерную метку. Таким образом, по расположению зёрен серебра на автографах клеток, фиксированных через различные сроки после короткого пребывания изотопа в среде культивирования, можно проследить перемещение РНК, включившей радиоактивный предшественник, от места синтеза (ядрышка) – к месту работы (в цитоплазму).

Сделать вывод о химическом составе ядра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

Тема
занятия

СТРОЕНИЕ ХРОМОСОМЫ. УРОВНИ ХРОМАТИНА

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Хромосомы эукариот имеют сложное строение. Основу хромосомы составляет линейная (не замкнутая в кольцо) макромолекула дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) значительной длины (например, в молекулах ДНК хромосом человека насчитывается от 50 до 245 миллионов пар азотистых оснований). В растянутом виде длина хромосомы человека может достигать 5 см. Помимо неё, в состав хромосомы входят пять специализированных белков H1, H2A, H2B, H3 и H4 (так называемые гистоны) и ряд негистоновых белков. Последовательность аминокислот гистонов высококонсервативна и практически не различается в самых разных группах организмов. В интерфазе хроматин не конденсирован, но и в это время его нити представляют собой комплекс из ДНК и белков. Макромолекула ДНК обвивает октомеры (структуры, состоящую из восьми белковых глобул) гистоновых белков H2A, H2B, H3 и H4, образуя структуры, названные нуклеосомами. В целом вся конструкция несколько напоминает бусы. Последовательность из таких нуклеосом, соединённых белком H1, называется нуклеофиламентом (nucleofilament), или нуклеосомной нитью, диаметром около 10 нм. В ранней интерфазе (фаза G1) основу каждой из будущих хромосом составляет одна молекула ДНК. В фазе синтеза (S) молекулы ДНК вступают в процесс репликации и удваиваются. В поздней интерфазе (фаза G2) основа каждой из хромосом состоит из двух идентичных молекул ДНК, образовавшихся в результате репликации и соединённых между собой в районе центральной последовательности. Перед началом деления клеточного ядра хромосома, представленная на этот момент цепочкой нуклеосом, начинает спирализовываться, или упаковываться, образуя при помощи белка H1 более толстую хроматиновую нить, или хроматиду (chromatin fiber) диаметром 30 нм. В результате дальнейшей спирализации диаметр хроматиды достигает ко времени метафазы 700 нм. Значительная толщина хромосомы (диаметр 1400 нм) на стадии метафазы позволяет, наконец, увидеть её в световой микроскоп. Конденсированная хромосома имеет вид буквы X (часто с неравными плечами), поскольку две хроматиды, возникшие в результате репликации, по-прежнему соединены между собой в районе центромеры. Основную массу хроматина составляют белки гистоны. Гистоны являются компо-

нентом нуклеосом, надмолекулярных структур, участвующих в упаковке хромосом. Нуклеосомы располагаются довольно регулярно, так что образующаяся структура напоминает бусы. Нуклеосома состоит из белков четырех типов: H2A, H2B, H3 и H4. В одну нуклеосому входят по два белка каждого типа всего восемь белков. Гистон H1, более крупный, чем другие гистоны, связывается с ДНК в месте ее входа на нуклеосому. Нить ДНК с нуклеосомами образует нерегулярную соленоид-подобную структуру толщиной около 30 нанометров, так называемую 30 нм фибриллу. Дальнейшая упаковка этой фибриллы может иметь различную плотность. Если хроматин упакован плотно его называют конденсированным или гетерохроматином, он хорошо видим под микроскопом. ДНК, находящаяся в гетерохроматине не транскрибируется, обычно это состояние характерно для незначущих или молчащих участков. В интерфазе гетерохроматин обычно располагается по периферии ядра.

Цель работы: ознакомиться со строением метафазных хромосом и уровнями организации хроматина.

Материалы и оборудование:

1. Электронные микрофотографии хромосомы.
2. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Рассмотреть микрофотографии хромосом.

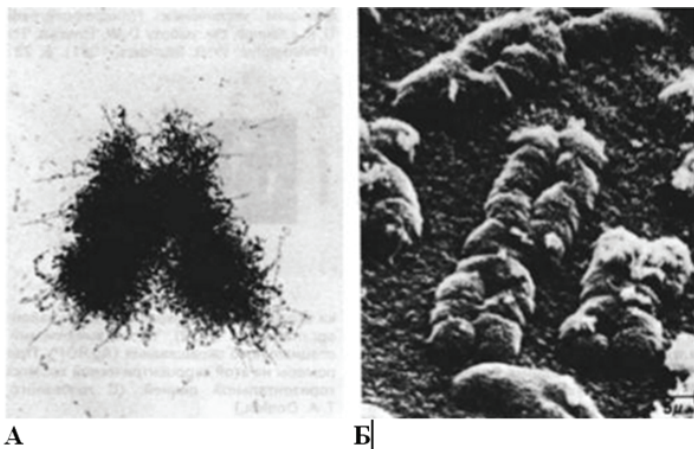


Рис. 9. А - электронная микрофотография субметацентрической хромосомы; увеличение 30000. Б - фотография некоторых хромосом человека, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа

Задание 2. Зарисовать и сделать обозначения на схемах строения метафазных хромосом.

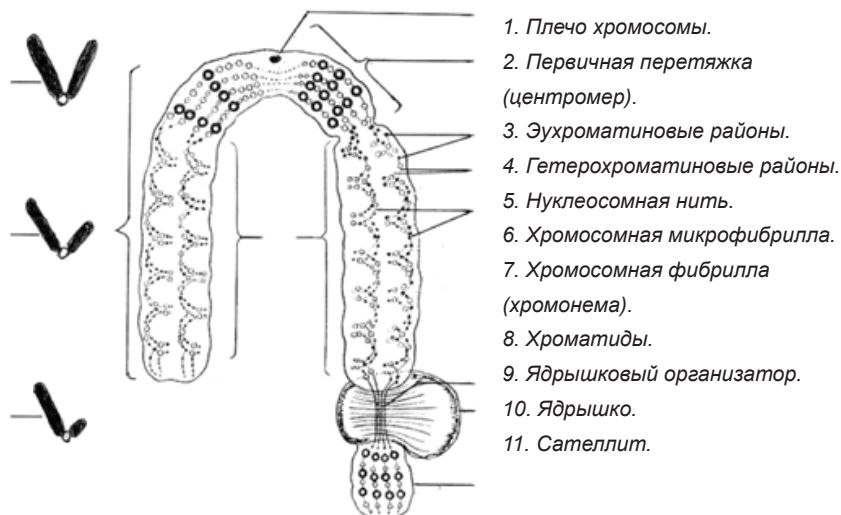


Рис 10. Метафазная хромосома:

А. Метacentрическая хромосома. Б. Субметacentрическая хромосома.
В. Акроцентрическая хромосома.

Задание 3. Зарисовать и обозначить уровни организации хромосом

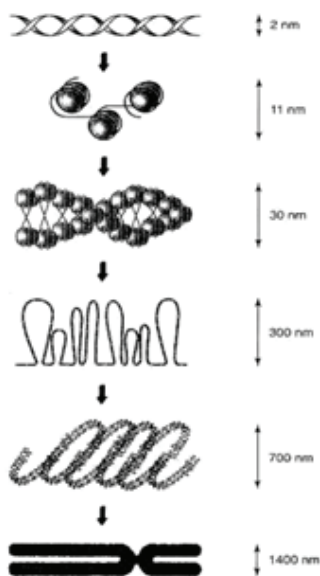


Рис 11. Уровни хроматина

1. ДНК.
2. Нуклеосомная нить.
3. Хромосомная микрофибрилла.
4. Хромосомная фибрилла.
5. Хроматида.
6. Хромосома.

Сделать вывод о строении хромосом и уровнях организации хроматина.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

Тема занятия	КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ. МИТОЗ. АМИТОЗ
-----------------	-------------------------------

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Клеточный цикл – это период жизнедеятельности клетки от конца одного деления до конца следующего, который состоит, таким образом, из стадии относительного покоя, или интерфазы, и деления клетки. В интерфазе хромосомы находятся в деспирализованном (раскрученном) состоянии и поэтому не видны под световым микроскопом. Именно поэтому поначалу исследователи полагали, что ядро, пребывающее в неделящемся состоянии, наводится в состоянии покоя. На самом деле именно в интерфазе в ядре отмечается наибольшая активность метаболических (обменных и синтетических) процессов, а клетка выполняет свои обычные для нее функции или подготавливается к последующему делению. В интерфазе выделяют три стадии: G1 – пресинтетическая, S – синтетическая и G2 – постсинтетическая. Если число хромосом в гаплоидном (одиночном) наборе обозначить, как «n», а количество ДНК, как «с», то в диплоидном (двойном) наборе генетического материала будет соответственно 2n2с. Сразу после предшествующего деления клетка вступает в период G1. Это период, в течение которого клетка готовится к началу синтеза ДНК, происходящего в течение фазы S; клетка растет, синтезируются РНК, различные белки, происходит накопление продуктов, необходимых для удвоения хромосом, увеличивается количество рибосом и митохондрий. Набор генетического материала будет 2n2с. Главное событие, происходящее в S-фазе, – это репликация (удвоение) количества ДНК (2n4с). В постсинтетический период (G2) происходит активное накопление энергии и ферментов, необходимых для последующего деления (2n4с). После G2-фазы наступает не прямое деление клетки, или митоз. Собственно митотическое деление занимает лишь незначительную часть клеточного цикла.

Митоз – наиболее универсальным способом деления соматических клеток, т.е. клеток тела (от греч. soma - тело). В 1874 году московский ботаник И. Д. Чистяков наблюдал и описал отдельные фазы клеточного деления в спорах плаунов и хвощей. В 1882 году немецким гистологом В. Флемингом был предложен термин «митоз» (от греч. mitos – нить), который впоследствии стал общепринятым. В. Флеминг описал поведение нитчатых структур в ядре в период деления в разных тканях саламандры и её личинок. При митотическом делении ядро клетки претерпевает ряд строго упорядоченных последовательных изменений с

образованием специфических нитчатых структур. В митозе выделяют несколько фаз: профазу, прометафазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Профаза – первая стадия подготовки к делению. В профазе сетчатая структура ядра постепенно превращается в видимые (хромосомные) нити за счет спирализации, укорочения и утолщения хромосом. В этот период можно наблюдать двойную природу хромосом, т.к. каждая хромосома выглядит продольно удвоенной. Эти половинки хромосом (результат редупликации (удвоения) хромосом в S-фазе), называемые сестринскими хроматинами, удерживаются вместе одним общим участком – центромерой. Начинается расхождение центриолей к полюсам и образование веретена деления ($2n4c$).

В прометафазе продолжается спирализация хромосомных нитей, происходит исчезновение ядерной оболочки, смешение кариолимфы и цитоплазмы с образованием миксоплазмы, которая облегчает движение хромосом к экваториальной плоскости клетки ($2n4c$).

В метафазе все хромосомы располагаются в зоне экватора клетки, образуя так называемую «метафазную пластинку». На стадии метафазы хромосомы имеют самую малую длину, поскольку в это время они наиболее сильно спирализованы и конденсированы. Эта стадия наиболее пригодна для подсчета числа хромосом в клетке, изучения и описания их строения, определения размеров и т.д. Расположение хромосом по отношению друг к другу является случайным. Веретено деления полностью сформировано, и нити веретена прикрепляются к центромерам хромосом ($2n4c$).

Анафазой называют следующую фазу митоза, когда делятся центромеры хромосом. Нити веретена деления растаскивают сестринские хроматиды, которые с этого момента можно называть дочерними хромосомами, к различным полюсам клетки. Этим обеспечивается согласованное и точное распределение хромосомного материала в дочерние клетки ($2n2c$).

В телофазе дочерние хромосомы деспирализуются и постепенно утрачивают видимую индивидуальность. Образуется оболочка ядра, начинается симметричное разделение тела клетки с формированием двух независимых клеток ($2n2c$), каждая из которых вступает в период G1, интерфазы. И цикл повторяется снова.

Амитоз – это прямое деление ядра, при котором оно делится перегородкой 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.

Эндомитоз. При этом типе деления 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 увеличи-

ваются. Эндомитоз впервые был обнаружен в клетках тапетума шпината (*Spinacia sativa*), а затем в клетках-антиподах семейств астровых (*Asteraceae*) и лютиковых (*Ranunculaceae*).

При эндомитозе хромосомы проходят те же стадии, что и при нормальном митозе. Встречаются два типа этого деления, отличающиеся тем, что в одном случае хроматиды в эндоанафазе расходятся, а в другом – нет. Последний приводит к политении.

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

Цель работы: ознакомиться с основными этапами клеточного цикла, изучить митотическое и амитотическое деление в растительной и животной клетках.

Материалы и оборудование: 1. Световой микроскоп. 2. Постоянные микропрепараты: «Митоз корешка лука», «Митоз в дробящихся яйцах аскариды». 3. Проросшие луковицы. 4. Ацетокармин. 5. 45% уксусная кислота. 6. Предметное и покровные стекла 7. Препаровальные иглы, пинцеты, фильтры. 8. Микроскоп.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Рассмотрите и зарисуйте схему клеточного цикла.

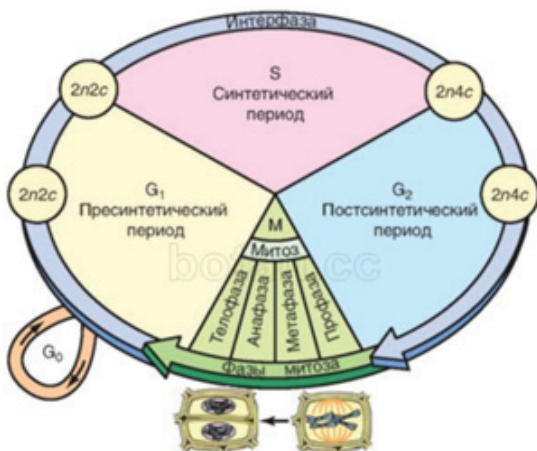


Рис 12. Схема клеточного цикла

Задание 2. Приготовить временный препарат корешка лука и рассмотреть в микроскоп

1. Подготовить корешки лука для фиксации (прорастить длиной до 8-10 мм).

2. Положить корешок на предметное стекло.

3. Отделить кончик корешка с чехликом.

4. Кончиком пинцета или препаровальной иглой размельчить кончик корешка (стекло держать на столе, а не в руке).

5. Капнуть каплю 45% уксусной кислоты и накрыть покровным стеклом.

6. Мягким ударом кончика препаровальной иглы распределить клетки под покровным стеклом.

7. Накрывать покровные стекло 2-мя слоями фильтровальной бумаги и, придерживая бумагу и стекло большим пальцем правой руки, несколько раз надавить на покровное стекло (чтобы хромосомы легли в одной плоскости).

8. Исследовать препарат под микроскопом.

Задание 3. Рассмотреть и зарисовать фазы митотического деления в клетках корешка (апикальной меристемы) лука.

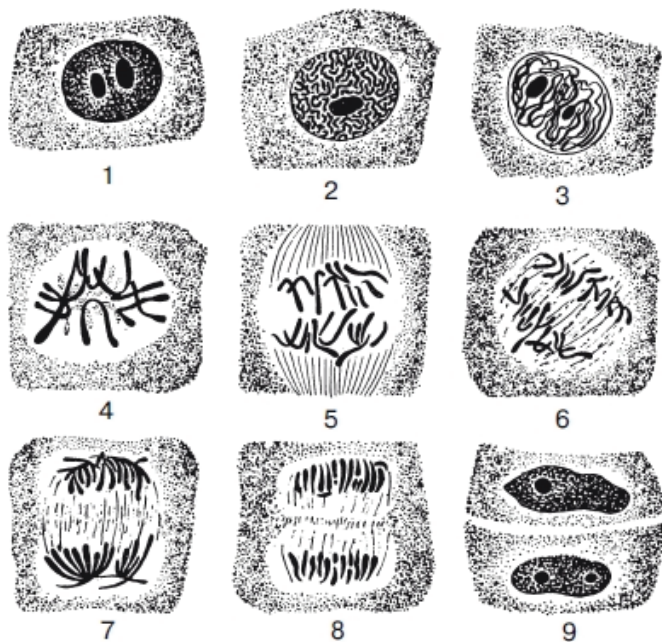


Рис. 13. Схема митоза в клетках корешка лука:
1- интерфаза; 2,3 - профаза; 4 - метафаза; 5,6 - анафаза;
7,8 - телофаза; 9 - образование двух клеток

Задание 4. Рассмотреть и зарисовать фазы митотического деления в яйцах аскариды

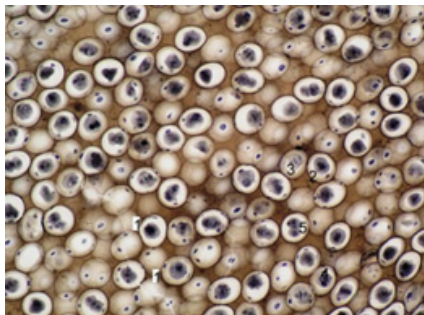


Рис. 14. Митоз в клетках яиц аскариды $\times 100$

Задание 5. Рассмотреть amitotическое деление и зарисовать его, отметив, что при амитозе происходит неравномерное разделение хроматина между двумя дочерними ядрами.

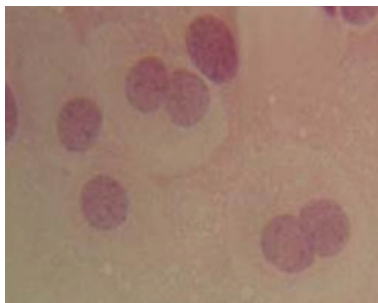
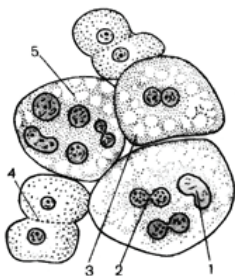


Рис. 15. Амитоз в клетках эпителия: 1 – ядро; 2 – перетяжка; 3 – двуядерная клетка; 4 – цитотомия; 5 – многоядерные клетки. $40\times$

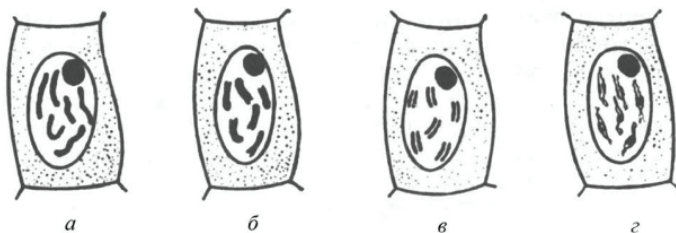


Рис. 16. Схема эндомитоза в клетках тапетума *Spinacia oleracea*: а – эндпрофаза; б – эндометафаза; в – эндоанафаза; г – эндотелофаза

Сделать вывод о делении соматических клеток.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

Тема
занятия

МЕЙОЗ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Мейоз – особый способ деления эукариотических клеток, в результате которого образуются клетки с уменьшенным в два раза набором хромосом, образованные клетки имеют различный набор аллелей генов – генетически неодинаковы, эти клетки превращаются в гаметы (у животных) или споры (у растений и грибов). Мейоз состоит из двух последовательных делений, которым предшествует однократная репликация ДНК.

Первое мейотическое деление (мейоз 1) называется *редукционным*, поскольку именно во время этого деления происходит уменьшение числа хромосом вдвое: из одной диплоидной клетки ($2n4c$) образуются две гаплоидные ($1n2c$).

Интерфаза 1 (в начале – $2n2c$, в конце – $2n4c$) происходит обычно и сопровождается ростом, синтезом и накоплением веществ и энергии, необходимых для осуществления обоих делений, увеличением числа органоидов, удвоением центриолей, репликацией ДНК, которая завершается в профазе 1.

Профаза 1 ($2n4c$). Самая продолжительная и сложная фаза мейоза. Состоит из ряда последовательных стадий.

Лептотена, стадия тонких нитей. Хромосомы слабо конденсированы. Они уже двуххроматидные (каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид), но хроматиды настолько сближены, что хромосомы имеют вид длинных одиночных тонких нитей. Теломеры хромосом еще прикреплены к ядерной мембране с помощью особых структур – *прикрепительных дисков*.

Зиготена, стадия сливающихся нитей. Гомологичные хромосомы начинают притягиваться друг к другу сходными участками и конъюгируют. *Конъюгацией* называют процесс тесного сближения гомологичных хромосом. (Процесс конъюгации также называют *синапсисом*). Начинается распад ядерной оболочки на фрагменты, происходит расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления, «исчезновение» ядрышек, продолжается конденсация двуххроматидных хромосом. Происходит процесс, отсутствующий при митозе – *конъюгация*, процесс тесного сближения и гомологичных хромосом. Пару конъюгирующих гомологичных хромосом называют *бивалентом* (это пара хромосом), или *тетрадой* (в биваленте четыре хроматиды).

Полагают, что каждый ген приходит в соприкосновение с гомологичным ему геном другой хромосомы, количество бивалентов равно гаплоидному набору хромосом.

Пахитена, стадия толстых нитей. Процесс спирализации хромосом продолжается, причем в гомологичных хромосомах он происходит синхронно. Становится хорошо заметно, что хромосомы двуххроматидные. В пахитене наблюдается особенно тесный контакт между хроматидами. Важнейшим событием пахитены является *кроссинговер* – обмен участками между несестринскими хроматидами гомологичных хромосом. Кроссинговер приводит к первой во время мейоза рекомбинации генов.

Диплотена. Хромосомы в бивалентах перекручиваются и начинают отталкиваться друг от друга. Процесс отталкивания начинается в области центромеры и распространяется по всей длине бивалентов. Однако они все еще остаются связанными друг с другом в некоторых точках. Их называют *хиазмы*. Эти точки появляются в местах кроссинговера. В ходе гаметогенеза у человека может образовываться до 50 хиазм.

Диакинез. Хромосомы максимально укорачиваются и утолщаются за счет спирализации хроматид, ядерная оболочка почти полностью разрушена. Происходит сползание хиазм к концам хроматид.

Метафаза 1 (2n4c) происходит выстраивание бивалентов в экваториальной плоскости клетки, прикрепление микротрубочек веретена деления одним концом – к центриолям, другим – к центромерам хромосом, а не к центромерам хроматид, как это было при митозе.

Анафаза 1 (2n4c) – случайное независимое расхождение двуххроматидных хромосом к противоположным полюсам клетки (из каждой пары гомологичных хромосом одна хромосома отходит к одному полюсу, другая – к другому). Происходит вторая рекомбинация генетического материала – у каждого полюса оказывается гаплоидный набор двуххроматидных хромосом, часть из них – отцовские, часть – материнские. Многие хроматиды в хромосомах после кроссинговера стали *мозаичными*, одновременно несут некоторые гены отца и матери.

Телофаза 1 (1n2c в каждой клетке). Происходит образование ядерных оболочек вокруг гаплоидных наборов двуххроматидных хромосом, деление цитоплазмы. Из одной диплоидной клетки (2n4c) образовались две клетки с гаплоидным набором хромосом (n2c), поэтому это деление называют редукционным.

Интерфаза 2, или интеркинез (1n2c) представляет собой перерыв между первым и вторым мейотическими делениями, продолжительность этого периода различается у разных организмов – в некоторых случаях обе дочерние клетки сразу вступают во второе деление, а иногда второе деление начинается через несколько месяцев или лет. Но так как хромосомы двуххроматидные, во время интерфазы 2 не происходит репликация ДНК.

Второе мейотическое деление (мейоз 2) называется *эквационным*.

Профаза 2 (1n2c). Короче профазы 1, хроматин конденсирован, нет конъюгации и кроссинговера, происходят процессы, обычные для профазы – распад ядерных мембран на фрагменты, расхождение центриолей к разным полюсам клетки, формирование нитей веретена деления.

Метафаза 2 (1n2c). Двухроматидные хромосомы выстраиваются в экваториальной плоскости клетки, формируется метафазная пластинка.

Создаются предпосылки для третьей рекомбинации генетического материала – многие хроматиды мозаичные и от их расположения на экваторе зависит, к какому полюсу они в дальнейшем отойдут. К центромерам хроматид прикрепляются нити веретена деления.

Анафаза 2 (2n2c). Происходит деление двухроматидных хромосом на хроматиды и расхождение этих сестринских хроматид к противоположным полюсам клетки (при этом хроматиды становятся самостоятельными однохроматидными хромосомами), происходит третья рекомбинация генетического материала.

Телофаза 2 (1n1c в каждой клетке). Хромосомы деконденсируются, образуются ядерные оболочки, разрушаются нити веретена деления, появляются ядрышки, происходит деление цитоплазмы (цитотомия) с образованием в итоге четырех гаплоидных клеток.

Биологическое значение мейоза.

1. образование гамет или спор;
2. сохранение числа хромосом у существующих видов животных и растений;
3. кроссенговер, который происходит в ходе мейоза, является основой комбинативной изменчивости, т.к. между гомологичными хромосомами происходит обмен информацией. Кроме того, к комбинативной изменчивости приводит произвольное расположение бивалентов в метафазе 1 и произвольное расхождение гомологичных хромосом к полюсам клетки в анафазе 1.

Цель работы: изучить деление клетки путем мейоза на примере пыльников злака.

Материалы и оборудование: 1. Микроскоп 2. Марлевая салфетка. 3. Предметные и покровные стёкла. 4. Препаровальные иглы. 5. Спиртовка. 6. Ацетокармин. 7. Вода. 8. Цветки на этапе ранней бутонизации (фиксированные). 9. Микрофотографии.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Приготовить давленные препараты пыльников цветка. Найти и зарисовать разные фазы мейоза микроспороцитов.

Мейоз изучают на давленных ацетокарминовых препаратах, приготовленных из молодых пыльников. Для этого выделенные из цветка молодые пыльники целиком помещают в каплю ацетокармина и накрывают покровным стеклом. Препарат можно слегка нагреть, не доводя до кипения, и раздавить лёгким постукиванием обратной стороной препаровальной иглы по покровному стеклу. Микроспороциты окажутся в капле красителя. Цитоплазма их окрасится в розовый цвет, а хромосомы – в тёмно-карминокрасный.

При изучении фаз мейоза следует обратить внимание на следующие особенности.

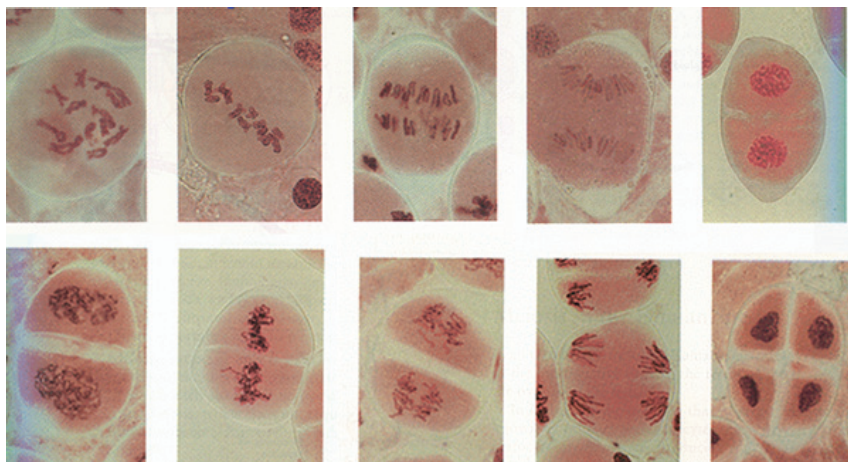


Рис. 17. Микрофотография фаз мейоза

Профаза 1. Чаще всего представлена стадией плотного синаптического сжатия хроматинового материала. Хроматиновый клубок интенсивно и гомогенно окрашивается, имеет чёткие контуры шара. Ядро представляется оптически пустым. Могут встречаться микроспороциты в стадии раскручивания синаптического клубка. Последний разрыхляется, приобретает неопределённую форму. Обнаруживаются ранее замаскированное крупное ядрышко и концы хроматиновых нитей. Реже встречается стадия пахитены – следующая за синапсисом, когда тонкие нити беспорядочно располагаются по всему объёму ядра, ещё реже – диакинез с утолщёнными, укороченными бивалентами. При работе с иммерсионным объективом в паренхиме можно увидеть вздутия – хромомеры на хромосомах, а в диакинезе – хиазмы.

Метафаза 1. В этой фазе исчезают ядерная оболочка и ядрышко и появляются нити веретена деления. Они отчётливо видны, если слегка прикрыть диафрагму конденсора. Укороченные биваленты выстраиваются строго по экватору веретена.

Анафаза 1. Расхождение компонентов бивалентов происходит, как правило, синхронно. К каждому полюсу отходит половинное число хромосом (гаплоидное). Обратите внимание, что размеры и конфигурация гомологичных, расходящихся хромосом одинаковы.

Телофаза 1. В дочерних клетках начинает формироваться ядерная оболочка вокруг спирализованных хромосом. Цитокинез приводит к образованию двух дочерних клеток, которые отличаются от материнской по форме, имея вид плоско-выпуклой линзы. В силу того, что хромосомы не деспирализованы, клетка сразу вступает в профазу 2, минуя интерфазное состояние.

Метафаза 2. Обратите внимание на то, как в обеих клетках синхронно образуются две метафазные пластинки, т.е. хромосомы, теперь уже в половинном числе, выстраиваются в экваториальной плоскости каждого веретена. Каждая хромосома состоит из двух хроматид.

Анафаза 2. В каждой клетке диады можно увидеть по две группы хромосом, синхронно расходящихся от экватора к полюсам клетки.

Телофаза 2. Эта фаза наиболее часто встречается на микропрепаратах, поэтому можно предположить, что она по времени прохождения самая продолжительная. В период этой фазы хромосомы завершают своё движение к полюсам, деспирализуются и образуют четыре дочерних гаплоидных ядра. После завершения цитокинеза возникают четыре гаплоидных микроспоры, которые некоторое время остаются соединёнными между собой, образуя структуру, называемую тетрадой.

Задание 2. Изучить схему фаз мейоза, зарисовать схему, отметить не найденные на препарате фазы мейоза.

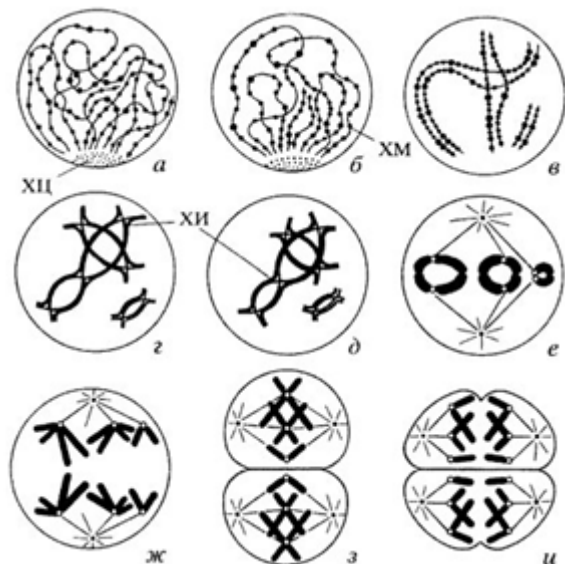


Рис. 18.
Схематическое
изображение фаз
мейоза

а – лептотена;
б – зиготена;
в – пахитена
с тремя бивалентами;
г – диплотена;
д – диакинез;
е – метафаза I;
ж – анафаза I;
з – метафаза II;
и – анафаза II.
ХЦ – хромосомный центр –
место локализации
теломерных участков
хромосом в «букете»;
ХМ – хромомеры;
ХИ – хиазма

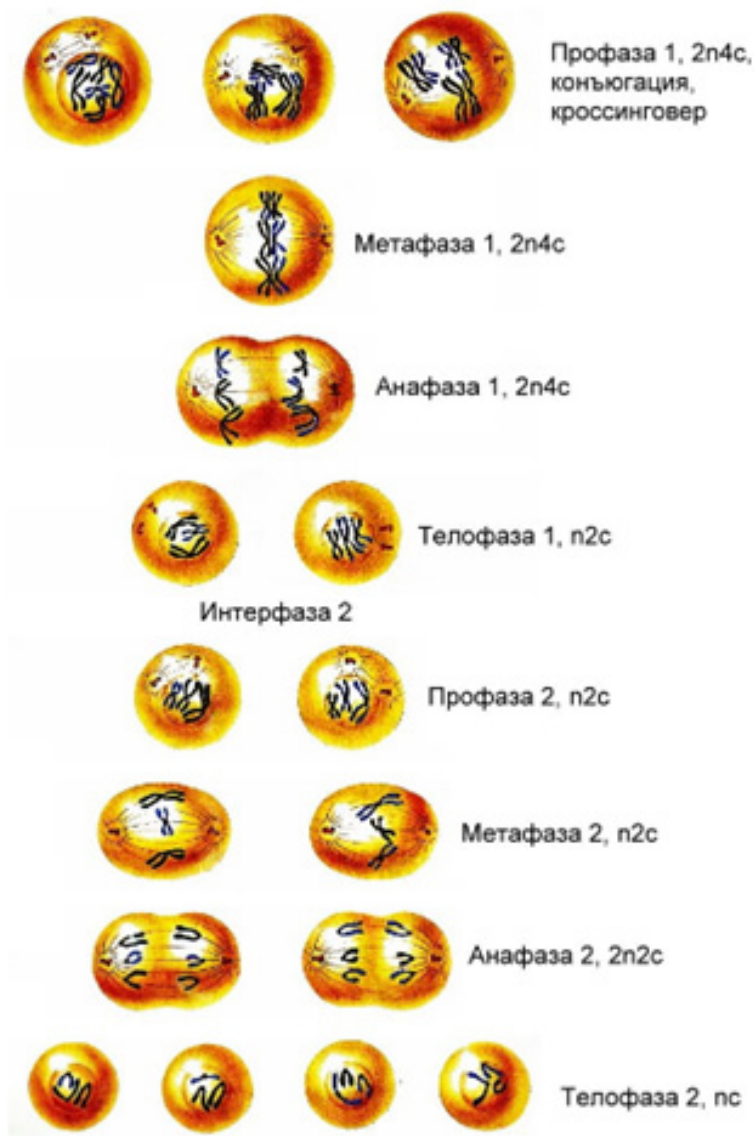


Рис. 19. Схема фаз мейоза
при $2n=6$ числе хромосом

Задание 3. Рассмотреть микрофотографию и зарисовать мейоз у животных на примере яйца лошадиной аскариды.

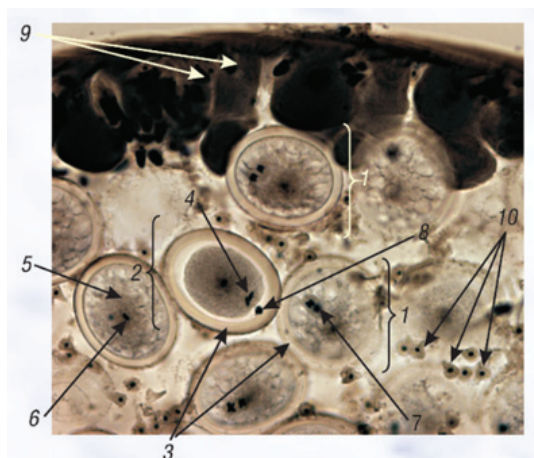


Рис. 20. Микрофотография яйца лошадиной аскариды:

- 1– ооцит I порядка; 2– ооцит II порядка; 3– оболочка оплодотворения;
 4– веретено 2-го деления созревания; 5– цитоплазма ооцита с желточными включениями и вакуолями; 6– деконденсирующаяся головка спермия;
 7– веретено 1-го деления созревания; 8– первое полярное тельце;
 9– покровные фолликулярные клетки матки; 10 – избыточные спермин

Задание 4. Заполнить сравнительную таблицу различий признаков митоза и мейоза.

Таблица 1

Различия митоза и мейоза

Признак	Митоз	Мейоз
Биологическое значение		
Количество делений		
Набор хромосом у дочерних клеток		
Особенности профазы I		
События метафазы I		
События анафазы I		
Особенности интерфазы между делениями		
Конечный продукт		

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16

Тема занятия	ГИБЕЛЬ КЛЕТОК: НЕКРОЗ, АПОПТОЗ
-----------------	--------------------------------

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Гибель (смерть) отдельных клеток или целых их групп постоянно встречается у многоклеточных организмов, также как гибель одноклеточных организмов. Причины гибели, процессы морфологического и биохимического характера развития клеточной смерти могут быть различными. Но все же их можно четко разделить на две категории: некроз (от греч. nekrosis - омертвление) и апоптоз (от греч. корней, означающих «отпадение» или «распадение»), который часто называют программируемой клеточной смертью (ПКС) или даже клеточным самоубийством.

Некроз - это генетически не контролируемая клеточная гибель под воздействием внешних факторов. В некрозе выделяют следующие стадии: фазу ранних изменений (некробиоз) и собственно некроз. В период ранних изменений клетка морфологически неизменна. Должно пройти 1-3 часа, прежде чем появятся изменения, распознаваемые при электронной микроскопии или гистохимически, и по крайней мере 6-8 часов, прежде чем появятся изменения, выявляемые при световой микроскопии; еще позже развиваются макроскопические изменения.

При некрозе происходят гистохимических изменения: приток ионов кальция в клетку тесно связан с необратимым повреждением и появлением морфологических признаков некроза; изменение структуры ядра. Хроматин мертвой клетки конденсируется в крупные глыбки. Ядро уменьшается в объеме, становится сморщенным, плотным, интенсивно базофильным, т. е. окрашивается в темно-синий цвет гематоксилином.

Цитоплазматические изменения: через 6 часов после того как клетка подверглась некрозу цитоплазма ее становится гомогенной и выраженом ацидофильной. Специализированные органеллы клетки исчезают в первую очередь. Набухание митохондрий и деструкция мембран органелл вызывают вакуолизацию цитоплазмы. Происходит лизис клетки (аутолиз). Таким образом, в цитоплазме происходит коагуляция белков, сменяемая обычно их колликовацией. Изменения межклеточного вещества охватывают как межклеточное вещество, так и волокнистые структуры. Развиваются изменения, характерные для фибриноидного

некроза. Реже может наблюдаться отек, лизис и ослизнение волокнистых структур, что свойственно колликативному некрозу.

Термин некроз применяется после того, как изменения при повреждении достигнут значительной степени выраженности. Их условно разделяют на две группы:

1) колликативный некроз – в основе лежит растворение ядра (кариолиз) и цитоплазмы (цитоллиз);

2) коагуляционный некроз – происходит конденсация хроматина с последующим распадом ядра и одновременной коагуляцией цитоплазмы.

Колликативный (влажный) некроз: характеризуется расплавлением мёртвой ткани. Он развивается в тканях, относительно бедных белками и богатыми жидкостью, где имеются благоприятные условия для гидролитических процессов. Лизис клеток происходит в результате действия собственных ферментов (аутолиз). Типичным примером влажного колликативного некроза является очаг серого размягчения (ишемический инфаркт) головного мозга.

Коагуляционный (сухой) некроз: при этом типе некроза погибшие клетки сохраняют свои очертания в течение нескольких дней. Клетки, лишённые ядра, выглядят как масса коагулированной, гомогенной, розовой цитоплазмы. Коагуляционный некроз обычно происходит в органах, богатых белками и бедных жидкостями, обычно в результате недостаточного кровообращения и аноксии, действия физических, химических и других повреждающих факторов. Коагуляционный некроз еще называют сухим, поскольку он характеризуется тем, что возникающие при нем мертвые участки сухие, плотные, крошащиеся, белого или желтого цвета.

Факторы, вызывающие некроз:

- физические (огнестрельное ранение, радиация, электричество, низкие и высокие температуры – отморожение и ожог);
- токсические (кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов, ферменты, лекарственные препараты, этиловый спирт и др.);
- биологические (бактерии, вирусы, простейшие и др.);
- аллергические (эндо- и экзоантигены, например, фибриноидный некроз при инфекционно-аллергических и аутоиммунных заболеваниях, феномен Артюса);
- сосудистый (инфаркт – сосудистый некроз);
- трофоневротический (пролежни, незаживающие язвы).

Некроз – процесс необратимый. При относительно благоприятном исходе вокруг омертвевших тканей возникает реактивное воспаление, которое ограничивает мертвую ткань. На месте некроза в таких случаях образуется рубец. Обрастание участка некроза соединительной тканью ведет к его инкапсуляции. Неблагоприятный исход некроза – гнойное (септическое) расплавление очага омертвения. Секвестрация – это формирование участка мертвой ткани, который не подвергается аутолизу, не замещается соединительной тканью и свободно распола-

гаются среди живых тканей. Значение некроза определяется его сущностью – «местной смертью» и исключением из функции таких зон, поэтому некроз жизненно важных органов, особенно крупных участков их, нередко ведет к смерти.

Апоптоз – генетически запрограммированная гибель клеток (PCD), которая приводит к “аккуратной” разборке и удалению клеток. Морфологическими признаками этого активного процесса являются изменения клеточной мембраны (“отшнуровывание” пузырьков, так называемых апоптотических телец), распад клеточного ядра, уплотнение хроматина и фрагментация ДНК. Клетки, подвергшиеся апоптозу, распознаются макрофагами и другими фагоцитирующими клетками и быстро элиминируются. Очень важно то, что при апоптозе не развивается воспалительный процесс. Другой вид гибели клеток, некроз, отличается от апоптоза тем, что он развивается в результате повреждения клеточной мембраны химическими агентами или физическими факторами. При некрозе поврежденные клетки набухают, а затем лизируются; при этом часто развивается воспалительный процесс. С помощью апоптоза осуществляется регуляция объема или, точнее, количества клеток в той или иной ткани. В особенности это касается быстро пролиферирующих клеток, таких, как клетки кроветворной системы или гепатоциты печени. Посредством апоптоза организм избавляется от ненужных, или «отработавших», клеток, например во время эмбрионального развития, при формировании нервной системы и при иммунном ответе. Апоптоз необходимо отличать от обычной некротической гибели клеток, которая вызывается острым повреждением клетки и характеризуется быстрым ее набуханием и лизисом. В противоположность этому апоптозу свойственны следующие специфические особенности.

1. Конденсация клеточного ядра и деградация ядерной ДНК посредством эндонуклеотического дробления хромосомной ДНК, которая распадается сначала на большие фрагменты, а затем на очень маленькие фрагменты.

2. Гибель клеток в случае апоптоза является самоубийством, т.к. в клетках срабатывает внутренняя программа их гибели, включающая активацию эндогенных протеаз – ферментов, разрушающих белки. В связи с этим апоптоз часто называют запрограммированной смертью клеток (PCD).

3. PCD регулируется межклеточными отношениями, в результате чего организм может элиминировать нежелательные клетки.

4. PCD характеризуется также утратой митохондриальной функции, что позволяет предполагать о важной ее роли в регуляции апоптоза. Гибнущая клетка поддерживает, тем не менее, целостность своей плазматической мембраны.

5. Описаны гены, контролирующие апоптоз. Раннее изучение апоптоза показало, что лекарства, которые блокируют синтез белка, предотвращают апоптоз. Следовательно, запрограммированная форма ги-

бели клеток требует синтеза специфических белков и соответственно зависит от кодирующих их генов. Но иногда эти вещества могут индуцировать апоптоз, что свидетельствует о постоянном присутствии молекул-эффекторов апоптоза в клетках млекопитающих. Ингибиторы синтеза РНК или белков не блокируют апоптоз. Более того, клетки, у которых удалены ядра (цитохалазином или центрифугированием) все погибают с характерными признаками PCD.

6. Принято считать, что все гены, которые требуются для осуществления апоптоза, экспрессируются в клетках млекопитающих.

Цель работы: ознакомиться с видами гибели клеток.

Материалы и оборудование: 1. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

ХОД РАБОТЫ

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать схему гибели клеток.

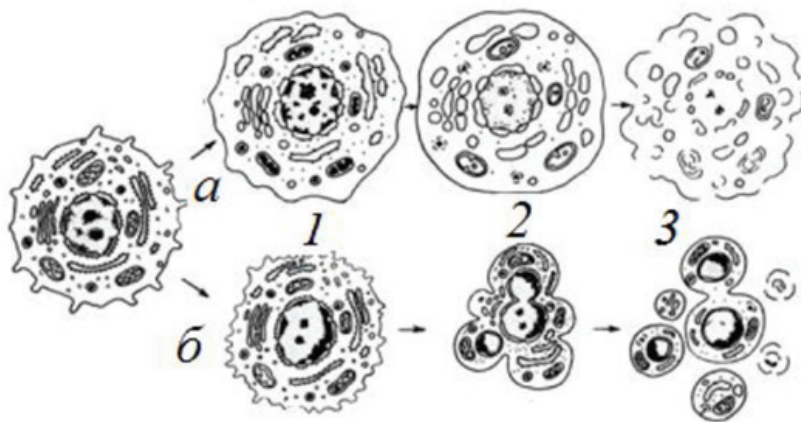


Рис. 21. Гибель клеток:

- а – 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 2. Разобрать и переписать таблицу морфологических и биохимических характеристик апоптоза и некроза.

Таблица 2

**Морфологические и биохимические характеристики
апоптоза и некроза**

Апоптоз	Некроз
Делеция отдельных клеток	Гибель групп клеток
Уменьшение размера клеток	Набухание клетки
Пикноз, конденсация и фрагментация хроматина	Кариолизис
Длительное сохранение целостности клеточной мембраны	Раннее нарушение целостности мембраны клеток
Лизосомы интактны	Утечка содержимого лизосом
Митохондрии, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи интактны	Набухание митохондрий, поступление в них кальция, эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи набухают и диспергируются
Изменение экспрессии генов p53, c-fos, c-myc, c-jun, Fas, bcl-2, bcl-xl и др.	Экспрессия генов не изменяется
Синтез белка и РНК блокируется циклогексимидом, актиномицином D, цитарабином	Ингибиторы синтеза белка не оказывают влияния
Повышение активности эндонуклеаз	Нарушение регуляции ионного гомеостаза

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Главные положения клеточной теории были разработаны:
 - а) М. Шлейденом и Т. Шванном, дополнены А. Келикером;
 - б) М. Шлейденом и Т. Шванном, дополнены Я. Пуркине;
 - в) М. Шлейденом и Т. Шванном, дополнены Р. Вирховым;
 - г) М. Шлейденом, дополнены Р. Вирховым и Я. Пуркине.
2. Химический состав биологических мембран следующий:
 - а) 40% липиды, 50% белки, 10% углеводы;
 - б) 40% липиды, 50% белки, 10% другие вещества;
 - в) 50% белки, 50% липиды;
 - г) 50% липиды, 30% белки, 20% углеводы.
3. По расположению белки мембран подразделяются на:
 - а) транспортные, каталитические, структурные, рецепторные;
 - б) интегральные, полуинтегральные, поверхностные;
 - в) подвижные, полуподвижные, неподвижные;
 - г) кристаллические, простые, сложные.
4. Цитоплазма состоит из следующих структур:
 - а) кариоплазмы, кариолеммы, хроматина, ядрышка;
 - б) гиалоплазмы, кариоплазмы, цитоскелета;
 - в) гиалоплазмы, органелл, включений;
 - г) гликокаликса, гиалоплазмы, опорно-сократительного аппарата
5. Органеллы клетки подразделяются на:
 - а) белковые, небелковые, смешанные;
 - б) общие, специальные; мембранные, немембранные;
 - в) общие, специальные, смешанные; мембранные, немембранные;
 - г) временные, постоянные.
6. Структуры поверхности цитолеммы, которые распознают приходящие к клетке сигналы:
 - а) рецепторы;
 - б) реснички;
 - в) гликокаликс;
 - г) тонофибриллы.
7. Цитолемма выполняет следующие функции:
 - а) барьерную, транспортную, участие в эндоцитозе, межклеточных взаимодействиях, рецепторную, пищеварительную;
 - б) барьерную, участие в эндо- и экзоцитозе, межклеточном взаимодействии, рецепторную, синтетическую;

в) барьерную, транспортную, участие в эндо- и экзоцитозе, межклеточных взаимодействиях, рецепторную;

г) барьерную, транспортную, участие в экзоцитозе, межклеточных взаимодействиях, рецепторную, пищеварительную.

8. Определите органоид по описанию: мембранный, состоит из 5-10 плоских мешочков, расположенных стопочкой, имеет мелкие везикулы:

а) митохондрия;

б) пероксисома;

в) аппарат Гольджи;

г) эндоплазматическая сеть.

9. Вид клеточного контакта, существующий между нервными клетками:

а) адгезия;

б) нексус;

в) синапс;

г) десмосома.

10. Органоид, окруженный двойной мембраной:

а) митохондрия;

б) микротрубочка;

в) пероксисома;

г) аппарат Гольджи.

11. Эндоцитоз обозначает:

а) поглощение клеткой частиц или капелек жидкости;

б) выбрасывание из клетки каких-то веществ;

в) процесс образования в клетке секретов;

г) процесс депонирования секрета.

12. Группа органоидов, относящаяся к общим органоидам клетки:

а) нейрофибриллы, реснички, аппарат Гольджи;

б) митохондрии, лизосомы, эндоплазматический ретикулум;

в) рибосомы, пероксисомы, микротрубочки, миофибриллы;

г) тонофибриллы, реснички, микроворсинки.

13. Место синтеза рибосом в клетке:

а) гладкая эндоплазматическая сеть;

б) центриоль;

в) ядро;

г) митохондрии.

14. Перечислите органоиды мембранного типа:

а) эндоплазматическая сеть, митохондрии, аппарат Гольджи, лизосомы;

б) миофибриллы, микрофиламенты, рибосомы;

в) тонофибриллы, нейрофибриллы, микротрубочки;

г) тонофибриллы, нейрофибриллы.

15. Клетка, выполняющая сократительную функцию, имеет форму:

а) круглую;

б) полигональную;

в) веретеновидную;

г) кубическую.

16. Определите органоиды по описанию: форма цилиндрическая, стенка состоит из белковых молекул (тубулин), расположены диффузно в цитоплазме:

а) миофибриллы;

б) микрофиламенты;

в) микротрубочки;

г) микроворсинки.

17. Самый прочный вид клеточного контакта:

а) нексус;

б) десмосома;

в) синапс;

г) адгезия.

18. Определите органоид по описанию: округлой формы, ограничен мембраной, внутри содержится матрикс, состоящий из гидролитических ферментов:

а) митохондрия;

б) рибосома;

в) лизосома;

г) пероксисома.

19. В интерфазном ядре преобладает эухроматин, следовательно, функциональная активность клетки:

а) находится на одной из стадий митоза;

б) происходит активный синтез вещества;

в) функционально слабо загружена;

г) апоптоз.

20. Органоид, обеспечивающий синтез липидов и углеводов:

а) гладкая эндоплазматическая сеть;

б) шероховатая эндоплазматическая сеть;

в) пероксисома;

г) лизосома.

21. Экзоцитоз - это:

- а) поглощение клеткой частиц или капелек жидкости;
- б) выделение из клетки веществ;
- в) процесс образования в клетке секретов;
- г) деление клетки.

22. Ферменты каталазу и пероксидазу содержит органоид:

- а) митохондрия;
- б) рибосома;
- в) пероксисома;
- г) лизосома.

23. Общий план строения плазмолеммы:

- а) двойной слой белков и встроенные липиды;
- б) двойной слой липидов и встроенные белки;
- в) двойной слой углеводов и белки;
- г) двойной слой белков.

24. Вид клеточного контакта, способствующий прямой передаче веществ из клетки в клетку:

- а) десмосома;
- б) нексус;
- в) замыкательная пластинка;
- г) адгезия.

25. Определить локализацию гликокаликса в плазмалемме:

- а) надмембранный слой мембраны;
- б) гидрофобный слой мембраны;
- в) гидрофильный слой мембраны;
- г) подмембранный слой.

26. Под микроскопом видна неклеточная структура, имеющая плазмолемму, органеллы и многочисленные ядра. Назовите ее:

- а) синцитий;
- б) микрофибриллы;
- в) симпласт;
- г) тонофибриллы.

27. Клеточные мембраны имеют общий план строения. Однако специфичность транспортных процессов через мембрану каждой клетки зависит от:

- а) гидрофобного слоя;
- б) гидрофильного слоя;
- в) встроенных белковых молекул;
- г) подмембранного слоя.

28. Функция пигментных включений меланина в клетках кожи:

- а) трофическая;
- б) защитная;
- в) экзоцитоз;
- г) адгезия.

29. Пластинчатый комплекс Гольджи выполняет функции:

- а) защитную;
- б) входит в состав цитоскелета клетки;
- в) способствует перемещению органоидов;
- г) дозревание секретов и их компоновка.

30. Гликокаликс – это:

- а) субмембранный слой;
- б) цитоплазматический белок;
- в) надмембранный комплекс;
- г) транспортный белковый белок.

31. Цитоскелет клетки состоит из белков:

- а) актина и тубулина;
- б) ганглиозидов;
- в) сульфатидов и гликопротеинов;
- г) холестерина и сфинголипидов.

32. Хромосомы в анафазе митоза:

- а) спирализуются;
- б) расходятся к противоположным полюсам клетки;
- в) выстраиваются в экваториальной плоскости;
- г) исчезают;
- д) появляются.

33. В пресинтетический период интерфазы клетка содержит набор хромосом:

- а) гаплоидный;
- б) диплоидный;
- в) тетраплоидный;
- г) полиплоидный.

34. Способ деления соматических клеток называется:

- а) митозом;
- б) мейозом;
- в) амитозом;
- г) эндомиозом;

35. Способ деления половых клеток называется:

- а) МИТОЗОМ;
б) ЭНДОМИТОЗОМ;
в) АМИТОЗОМ;
г) МЕЙОЗОМ.

36. Ядрышки образуются:

- а) на гранулярной ЭПС;
- б) в гиалоплазме;
- в) в области вторичных перетяжек хромосом;
- г) в области первичных перетяжек хромосом

37. Количество хромосом в соматических клетках человека составляет:

- а) 46; г) 23;
б) 28; д) 24.
в) 48;

38. В результате эндомитоза образуются клетки с набором хромосом:

- а) гаплоидным;
б) полиплоидным;
в) триплоидным;
г) диплоидным.

39. Набор хромосом в ядре сперматозоида является:

- а) диплоидным;
б) полиплоидным;
в) триплоидным;
г) гаплоидным.

40. Гликоген является разновидностью:

- а) пигментных включений;
- б) секреторных включений;
- в) трофических включений;
- г) экскреторных включений.

42. Меланин является разновидностью:

- а) пигментных включений;
- б) секреторных включений;
- в) трофических включений;
- г) экскреторных включений.

43. Продукты метаболизма, подлежащие удалению из клетки, относятся к:

- а) пигментным включениям;
- б) секреторным включениям;

- в) трофическим включениям;
- г) экскреторным включениям;

44. Функцией митохондрий является:

- а) синтез белков на экспорт;
- б) внутриклеточное пищеварение;
- в) синтез энергии;
- г) формирование цитоскелета;
- д) участие в клеточном делении.

45. К двумембранным органоидам относится:

- а) эндоплазматическая сеть;
- б) митохондрии;
- в) комплекс гольджи;
- г) лизосомы;
- д) пероксисомы.

46. Клетка, имеющая хорошо развитую гранулярную ЭПС, участвует в синтезе:

- а) липидов;
- б) белков;
- в) гликогена;
- г) пигментов;
- д) лизосом.

47. Лизосомы хорошо развиты в:

- а) фибробластах;
- б) макрофагах;
- в) плазматических клетках;
- г) миоцитах;
- д) нейронах.

48. Лизосомы формируются в:

- а) гранулярной эндоплазматической сети;
- б) агранулярной эндоплазматической сети;
- в) комплексе гольджи;
- г) ядре;
- д) митохондриях.

49. Остаточные тельца - это разновидность:

- а) пероксисом;
- б) лизосом;
- в) включений;
- г) митохондрий;
- д) диплосом.

50. Ресничка состоит из:
- а) микрофиламентов;
 - б) микротрубочек;
 - в) миофибрилл;
 - г) нейрофибрилл.
51. Микротрубочки образованы белком:
- а) филлагрином;
 - б) актином;
 - в) тубулином;
 - г) миозином;
 - д) кератином.
52. Эухроматин представляет собой:
- а) конденсированные участки хромосом;
 - б) деконденсированные участки хромосом;
 - в) половые хромосомы;
 - г) соматические хромосомы.
53. Гетерохроматин представляет собой:
- а) конденсированные участки хромосом;
 - б) деконденсированные участки хромосом.
 - в) половые хромосомы;
 - г) соматические хромосомы.
54. Ядрышко выполняет функцию:
- а) синтеза гликогена;
 - б) передачи генетической информации;
 - в) синтеза рРНК;
 - г) хранения генетической информации;
 - д) синтез ДНК.
55. Выберите правильный ответ: Ядрышко хорошо окрашивается:
- а) основными красителями;
 - б) кислыми красителями;
 - в) фуксином;
 - г) орсеином;
 - д) суданом III.
56. Укажите основной процесс, происходящий в S периоде интерфазы:
- а) синтез и накопление энергии;
 - б) удвоение количества ДНК;
 - в) рост клетки;
 - г) синтез белков тубулинов;
 - д) образование веретена деления.

Установите соответствие: к каждой позиции, указанной в первом столбце ниже представленных таблиц, подберите позицию из второго столбца.

57. Сопоставьте функции с органоидами, которые их выполняют

1. Митохондрии	а Источник клеточных лизосом
2. ЭПС гранулярная	б Выработка АТФ
3. Плазмалемма	в Хранение и передача наследственной информации
4. Ядро	г Синтез белка
5 Комплекс Гольджи	д Рецепция

58. Соотнесите структурные компоненты со строением органелл:

1. Двойная мембрана	а Митохондрии
2. Кристы	б Плазмалемма
3. Мембранные мешки	в Комплекс Гольджи
4. Тубулины	г Микрофиламенты
5. Актин	д Кариолемма е Пластиды ж Микротрубочки

Установите правильную последовательность.

59. Укажите правильную последовательность передачи сигнала в клетке:

- а) фосфорилирование белков;
- б) взаимодействие рецептора с сигнальным лигандом;
- в) транскрипция с определенных генов;
- г) образование вторичных мессенджеров.

60. Определите правильную последовательность этапов биосинтеза белка:

- а) сплайсинг;
- б) трансляция;
- в) процессинг;
- г) образование мРНК;
- д) образование мРНК;
- е) транскрипция;
- ж) пострансляционные модификации белков.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Апоптоз – запрограммированная гибель клетки.
2. Виды и механизмы белок-опосредованного трансмембранного клеточного транспорта.
3. Классификация и ультраструктурное строение межклеточных соединений.
4. Система мононуклеарных фагоцитов в организме человека.
5. Морфофункциональная характеристика макроглии и микроглии.
6. Клетка – элементарная живая система.
7. Циклические изменения в клетке.
8. Гликокаликс. Его гистохимический состав и значение.
9. Рибосомы. Их строение, виды и значение.
10. Строение и роль митохондрий в клетках различных типов.
11. Митоз. Его особенности в различных клетках.
12. Современное состояние клеточной теории.
13. Хромосомные aberrации. Их последствия.
14. Что такое кариотип? Соматические и половые хромосомы. Способы и практическое определение кариотипа. Гомологичные хромосомы.
15. Отличительные особенности строения животных и растительных клеток.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Клеточная теория Шванна.
2. Химический состав протоплазмы.
3. Гиалоплазма как цитоплазматический матрикс.
4. Характеристика кариоплазмы.
5. Синтез белка; участие в нём структур клетки.
6. Принцип строения мембранных органелл.
7. Круговорот мембран.
8. Эндоцитоз, полиплоидия, полипloidия, amitosis.
9. Характеристика G_0 – периода.
10. Реакции клетки на повреждающие факторы. Некроз. Апоптоз.

ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Цитология как наука. Предмет и методы исследования. Связь с другими науками.
2. Общий план строения эукариотической клетки
3. Клеточная теория.
4. Ядерно- цитоплазматический транспорт.
5. Ядерная оболочка, ее ультраструктура и роль.
6. Строение и функции ядерной поры.
7. Локализация хромосом в интерфазном ядре.
8. Полиплоидия и полипloidия, их значение.
9. Ядерный белковый матрикс.
10. Уровни укладки ДНК в составе хромосом.
11. Репликация ДНК в хромосомах эукариот и прокариот.
12. Структура хромосом.
13. Строение ядрышка.
14. Строение рибосом, их состав и роль в синтезе белка.
15. Клеточный цикл, его стадии и способы их изучения.
16. Мейоз, последовательность фаз мейоза и его значение.
17. Кариотип, определение, методы изучения.
18. Цитотомия бактериальных, растительных и животных клеток.
19. Митоз, механизм движения хромосом в этом процессе.
20. Типы митотического веретена, процесс их образования.
21. Кинетохор, его участие в делении клетки.
22. Периферический материал митотических хромосом.
23. Судьба органелл при митозе.
24. Пластиды высших и низших растений.
25. Вакуолярная система растений.
26. Ультраструктура митохондрий, функции.
27. Синтез белка в клетке.
28. Строение и функции гладкого эндоплазматического ретикулума
29. Строение и функции гранулярного ЭПР.
30. Строение и функции аппарата Гольджи.
31. Лизосомы, их классификация и строение.
32. Развитие хлоропластов.
33. Синтез клеточных мембран.
34. Молекулярная организация клеточных мембран.
35. Структура плазматической мембраны клетки и способы ее изучения.
36. Рецепторная роль плазматической мембраны.
37. Проницаемость клеточных мембран, трансмембранный перенос.
38. Проницаемость плазматической мембраны (пассивный и активный транспорт, эндоцитоз)

- 39. Межклеточные контакты.
- 40. Процесс образования клеточной стенки растений.
- 41. Строение и свойства клеточных стенок растительных клеток и бактерий.
- 42. Аппараты клеточной подвижности.
- 43. Скелетно-двигательный аппарат клетки.
- 44. Центриоли, их строение и поведение в клеточном цикле.
- 45. Микрофиламенты.
- 46. Сократимые структуры клетки.
- 47. Моторные клетки, их участие в движениях интерфазных и митотических клеток.
- 48. Микротрубочки интерфазной клетки, строение и функции.
- 49. Промежуточные филаменты.
- 50. Рост и образование ресничек.
- 51. Механизм движения с помощью жгутиков эукариотических клеток.
- 52. Отличия в строении клеток прокариот и эукариот.
- 53. Строение жгутиков бактерий.
- 54. Метод автордиографии.
- 55. Иммуноцитохимический метод в клеточной биологии.
- 56. Методы электронно-микроскопического изучения клеток.
- 57. Апоптоз.
- 58. Регуляция клеточного цикла.
- 59. Вакуолярная система клетки.
- 60. Воспроизведение бактериальных клеток.

ГЛОССАРИЙ ПО ЦИТОЛОГИИ

Амплификация – увеличение количества ДНК, и числа копий гена.

Антикодон – группа из трех оснований, комплиментарная кодону в иРНК. Занимает фиксированное положение в молекуле тРНК.

Ахроматиновое веретено – структура в клетках эукариот, состоящая из микротрубочек, осуществляющая движение хромосом в митозе и мейозе.

Аппарат Гольджи – вакуолярный органоид. Выполняет функции синтеза модификации, сегрегации и транспорта.

Амитоз – прямое деление клетки.

Активный транспорт в клетке – осуществляется с помощью белковых ионных насосов.

Бессмысленный кодон – любой из трех триплетов (УАГ, УАА, УГА), вызывающих терминацию синтеза белка.

Гаметы – гаплоидные половые клетки.

Ген – участок молекулы ДНК, кодирующий синтез одной макромолекулы.

Генетический код – система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот.

Гиалоплазма – основное вещество цитоплазмы.

Гликокаликс – поверхностный слой животных клеток.

Цитоплазма – внутреннее содержимое клетки. В него входят органоиды, включения и гиалоплазма.

Гранулярный эндоплазматический ретикулум – вакуолярный органоид клетки. Представлен разветвленной сетью каналов, выполняет функции синтеза, модификации и транспорта белков.

Гладкий эндоплазматический ретикулум – вакуолярный органоид в виде цистерн и мешочков. Содержит ферментные системы микротрубочек, участвующих в движении хромосом.

Гибрид – гетерозиготный организм, возникающий в результате скрещивания генетически различных особей.

Гибридизация соматических клеток – метод получения гибридных организмов и гибридных клеточных линий путем слияния неполовых клеток.

Адгезия – сцепление эмбриональных клеток при межклеточных контактах.

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) – высокомолекулярный полимер, состоящий из четырех дезоксирибонуклеотидов, содержит наследственную информацию клетки.

Гетерохроматические районы хромосом – участки хромосом, сохраняющие компактность в интерфазном ядре, характеризуется генетической неактивностью.

Гистоны – небольшие по молекулярной массе белки, входят в состав ДНК. В клетке встречается пять фракций белков – гистонов.

Десмосомы – структуры, соединяющие клетки между собой.

Диплоиды – клетки или организмы, содержащие двойной набор гомологичных хромосом.

Диктиосомы – зона скопления мембранных структур аппарата Гольджи, собранных вместе.

Дифференцировка – результат дифференциальной активности гена, при которой клетки получают различный путь развития.

Диффузный хроматин – хромосома или ее участок полностью деконденсирована.

Вакуолярная система – система синтеза и внутриклеточного транспорта белковых биополимеров и генезиса многих клеточных мембран.

Зигота – диплоидная клетка, образующаяся при слиянии гаплоидных мужской и женской половых клеток.

Интерфаза – отрезок митотического цикла между окончанием одного митоза и началом следующего. Состоит из трех стадий: пресинтетическая, синтетическая и постсинтетическая.

Интеркинез – промежуток между первым и вторым делением мейоза. Отсутствует фаза синтеза ДНК.

Интроны – содержат последовательности нуклеотидов, не входящих в иРНК,

Кариотип – совокупность хромосом организма со всеми их особенностями: числом, формой, величиной, спецификой их структуры.

Кариоплазма – ядерный сок.

Клеточный цикл – время существования клетки от одного деления до другого.

Кенетохор – пластинчатая структура в форме диска, расположена в области центромеры. К нему подходят пучки микротрубочек, участвующих в движении хромосом.

Клетка – элементарная структурная единица живого, лежащая в основе строения растительных и животных организмов. Клетка – самоподдерживающаяся и самовоспроизводящаяся система биополимеров.

Клеточная теория – обобщенные представления о строении клеток как единиц живого, об их размножении и роли в формировании многоклеточных организмов.

Клеточное ядро – структура эукариотической клетки, в которой хранится, воспроизводится и реализуется генетическая информация.

Клон – группа генетически идентичных клеток, образующихся в результате вегетативного размножения одного общего предка.

Кодирующая цепь – цепь ДНК, последовательность которой идентична иРНК

Кодон – последовательность из 3 соседних нуклеотидов в ДНК или РНК, кодирующая определенную аминокислоту, либо начало и конец трансляции.

Комплементарность – свойство нуклеотидов образовывать парные комплексы при взаимодействии цепи нуклеиновых кислот.

Конъюгация хромосом – соединение гомологичных хромосом, чаще всего наблюдаемое в профазе¹ мейоза.

Кроссинговер – обмен идентичными участками между хроматидами гомологичных хромосом, наблюдаемое в мейозе.

Ламина – тонкий белковый, фиброзный слой, подстилающий внутреннюю мембрану ядерной оболочки.

Лектины – белки растительного происхождения, используемые для исследования свойств плазматической мембраны.

Лиганды – молекулы, связывающиеся с белками-рецепторами на поверхностях клеток.

Лизосомы – мембранные внутриклеточные структуры, выполняющие функции пищеварения, защитную, фагоцитарную.

Локус – место на хромосоме, занимаемое геном.

Мейоз – процесс образования половых клеток, состоит из 2 клеточных делений, в результате которых образуются гаплоидные половые клетки.

Митоз – не прямое деление клетки, в результате которого 2 дочерние клетки получают идентичную генетическую информацию.

Митохондрии – двумембранный органоид клетки, выполняет энергетическую функцию.

Микротельца – мембранные органеллы клетки, выполняющие специфические функции, к ним относятся пероксисомы и глиоксисомы.

Нуклеоид – зона, заполненная ДНК у прокариот.

Нуклеопорины – белки ядерного порового комплекса.

Нуклеосома – первый уровень организации хроматина, сферические частицы диаметром около 10 нм, представляющие собой октамеры из 4 пар гистонов H2A, H2B, H3, H4, связанные между собой гистоном H1.

Нуклеомер – второй уровень структурной организации хроматина, глобула хроматина диаметром 30 нм.

Оператор – регуляторный участок оперона, контролирующий включение и выключение транскрипции одного или нескольких структурных генов, с помощью специфического белка – репрессора, кодируемого геном – регулятором.

Оперон – последовательность ДНК, состоящая из тесно сцепленных структурных генов, оператора и промотора, и образующая единицу генетической регуляции.

Пластиды – автономно реплицирующиеся цитоплазматические органеллы в клетках растений различных видов.

Полипloidия – увеличение числа хромосом, кратное гаплоидному набору. Геномная мутация.

Половой хроматин – компактная темноокрашенная хроматиновая глыбка на периферии ядра. Это неактивная X хромосома млекопитающих.

Провирус – состояние вируса, при котором он интегрирован с хромосомой клетки – хозяина и передается в интегрированной форме в дочерние клетки.

Прокариоты – простейшие одноклеточные организмы, не имеющие ядерной мембраны и окруженных элементарными мембранами оргanelл.

Процессинг про иРНК – образование зрелой иРНК из РНК предшественника.

Пуфы – функционально активные гены в политенных хромосомах. Участки декомпактизованного хроматина.

Рамка считывания – один из 3 возможных способов считывания последовательности нуклеотидов в виде ряда триплетов.

Рекомбинация – обмен генетическим материалом между 2 родительскими молекулами ДНК. Результат рекомбинации – образование гибридных ДНК.

Репарация ДНК – восстановление нативной структуры ДНК, имеющей повреждения.

Репликативная вилка – участок ДНК, являющийся точкой роста в процессе ее репликации.

Репликация ДНК – синтез дочерних цепей ДНК на исходной молекуле ДНК.

Репликон – единица репликации.

Репрессия – подавление активности гена.

Ретро-вирусы – РНК-содержащие вирусы животных.

РНК (рибонуклеиновая кислота) – полимер, состоящий из рибонуклеотидов. Различают информационную (иРНК), транспортную (тРНК), рибосомную (рРНК).

Рибосома – цитоплазматическая структура, на которой синтезируются полипептиды.

Сайт – участок нуклеотидной последовательности, молекулы белка и т.п.

Соматические клетки – клетки тканей многоклеточных организмов, не являющиеся половыми.

Теломеры – концевые участки хромосом.

Трансдукция – перенос генетического материала бактерий с помощью бактериофага.

Транскрипция – синтез РНК на ДНК – матрице.

Трансляция – синтез белка на матрице иРНК.

Трансформация – способ переноса генетической информации, при котором ДНК изолированная из одной клетки проникает в другую и встраивается в ее геном.

Хроматин – комплекс ДНК с белками, представляющий собой декомпактизованные в интерфазном ядре хромосомы.

Хромосомы – нуклеопротеиновые нитевидные структуры клеточного ядра, имеющие сродство к основным красителям.

Хромосомы гомологичные – одинаковые по форме и генетической структуре хромосомы.

Хромосомы типа ламповых щеток – гигантские хромосомы, представляющие собой цепь хромомеров, соединенных межхромомерными нитями.

Центромера – участок хромосомы эукариот, к которому прикрепляются нити веретена.

Эзоны – кодирующие последовательности в структурных генах эукариот, представлены в зрелой иРНК.

Экспрессия гена – реализация генетической информации, закодированной в ДНК через транскрипцию и трансляцию иРНК.

Эукариоты – организмы, клетки которых имеют четко выраженное деление на ядро и цитоплазму.

Эухроматиновые районы хромосом – части хромосом, подвергающиеся декомпактизации в интерфазных ядрах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верещагина В. А. Основы общей цитологии : учеб. пособие / Верещагина В. А. – 3-е изд., стер., – М.: – Академия, 2009, – 172 с.
2. Лабораторные занятия по гистологии, эмбриологии, цитологии: Учебное пособие / М.Ю. Капитонова, З.Ч. Морозова, Н.Ю. Иванускаева и др. – Волгоград: – Изд-во ВолГМУ, – 2010, – 104 с.
3. Лабораторные занятия по курсу гистологии, цитологии и эмбриологии / Под ред. Ю.И. Афанасьева и др. – М.: – Высшая школа, – 1990.
4. Машанова И.С. Основы цитологии. – М.: – Наука.-1997.
5. Международные термины по цитологии и гистологии человека с официальным списком русских эквивалентов./Под ред. Чл.-корр. РАМН В.В. Банина и проф. В.Л. Быкова. – М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2009.
6. Общая цитология: руководство к практическим занятиям/ сост.: Мальцев А.В. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, – 2001. – 66с.
7. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М. – Колос. – 1980. – 256 с.
8. Ролан, Ж.-К. Атлас по биологии клетки / Ж.-К. Ролан, А. Селоши, Д. Селоши. – М.: – Мир, – 1978. – 113 с.
9. Свенсон К, Узбстер П. Клетка: Пер. с англ. – М.: – Мир, – 1980.
10. Трошин А.С. Цитология. – М.: – Просвещение. – 1970.
11. 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.
12. Цитология и общая гистология: функциональная морфология клеток и тканей человека / В.Л. Быков. – СПб, 2000.
13. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. – М.: – ИКС «Академкнига». – 2005. – 495 с.
14. Ченцов Ю.С. Малый практикум по цитологии. – М.: – МГУ – 1977.
15. Ченцов Ю.С. Общая цитология. – М.: – Наука. – 1984.
16. Ченцов, Ю. С. Введение в клеточную биологию / Ю. С. Ченцов. – М.: –Академкнига, – 2004. – 495 с.
17. Ченцов, Ю. С. Практикум по цитологии / Ю. С. Ченцов. – М.: – Изд-во МГУ, – 1998 . – 295 с.