

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ**

**Кафедра разведения и генетики
сельскохозяйственных животных**

ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ГЕНЕТИКЕ**

Часть 1

Для студентов специальности 1-74 03 01 – зоотехния

Горки 2007

ВВЕДЕНИЕ

Студенты зооинженерного факультета должны в совершенстве освоить цитологические методы для решения конкретных генетических задач. Полученные знания о материальных основах наследственности и изменчивости способствуют развитию творческого мышления, выработке самостоятельных навыков в проведении научных исследований, которые, в свою очередь, будут способствовать укреплению теоретической базы для усвоения таких дисциплин, как разведение, племенное дело и селекция животных.

1. ЦИТОЛОГИЯ – ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ

Жизнь на Земле проявляется в бесконечном множестве форм и представлена огромным количеством видов. Генетика – наука о закономерностях наследственности и изменчивости, основной задачей которой является материалистическое объяснение разнообразия жизненных явлений и проведение анализа причин сходства между родителями и их потомством.

Современное изучение наследственности и изменчивости ведется на разных уровнях организации живой материи и при помощи разнообразных методов. Одним из основных генетических методов, изучающих материальные основы наследственности, является цитологический метод. Цитология (от греч. *cytos* – клетка, *logos* – наука) – наука о клетке, изучает процессы, происходящие на клеточном уровне.

Как самостоятельной науке цитологии чуть больше ста лет. Термину «клетка» уже более 300 лет. **Задачи** современной цитологии заключаются в дальнейшем изучении процессов, происходящих в клетке. Их можно объединить в 8 основных разделов:

1. Происхождение клеток,
2. Состав клеток,
3. Внутренние функции клеток,
4. Размножение клеток и передача по наследству своих признаков,
5. Развитие клеток,
6. Приспособление клеток к окружающей среде,
7. Взаимосвязь и функции клеток в многоклеточных живых организмах,
8. Гибель клеток.

Предметом изучения цитологии являются клетки многоклеточных животных и растений, клетки одноклеточных организмов и внеклеточные организмы.

К методам изучения цитологии относят: световой микроскоп; электронный микроскоп; окрашивание; ультрацентрифугирование; микротоны; мечение атомов (радиоактивные изотопы); рентгеноструктурный анализ и другие достижения современной науки и техники.

Цитология неразрывно связана с зоологией, анатомией, ботаникой, физиологией, химией, физикой, математикой и молекулярной биологией, а также и с другими науками.

Раздел генетики, изучающий явление наследственности на клеточном уровне, получил название **цитогенетики**.

История изучения клетки связана с четырьмя периодами развития клеточной теории, которые представлены в приложении 1.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КЛЕТочНОЙ ТЕОРИИ И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ В РАЗВИТИИ НАУКИ

Современная клеточная теория обобщила в себе достижения и открытия целой эпохи естествоиспытателей и включает в себя четыре основных положения:

- клетка – основная структурно-функциональная и генетическая единица живых организмов, наименьшая единица живого;
- клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны по строению, химическому составу и важнейшим проявлениям процессов жизнедеятельности;
- каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;
- клетки многоклеточных организмов специализированы, они выполняют различные функции и образуют ткани.

Значение клеточной теории для развития естествознания и науки в целом очень велико.

1. Клеточная теория доказала единство строения и общность происхождения растений и животных.

2. Клетка – важнейшая составная часть всех живых организмов, т.е. она является элементарной единицей живой системы и обладает всеми свойствами живого.

3. Клетка – главный компонент в морфологическом отношении.

4. Клетка – эмбриональная основа многоклеточного организма, так как развитие организма начинается с одной клетки – зиготы.

5. Клетка – основа физиологических и биохимических процессов в организме, на клеточном уровне происходят, в конечном счете, все физиологические и биохимические процессы.

3. КЛЕТКА – СТРУКТУРНАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЕДИНИЦА ЖИВОГО

Клетке присущи все свойства живой материи: самообновление, самовоспроизведение, саморегуляция (авторегуляция). Поэтому ее считают основной единицей живого, простейшей ячейкой жизни.

По форме клетки живых организмов очень разнообразны (рис. 1). Их размеры варьируют от 4 мкм до клеток, размер которых можно разглядеть невооруженным глазом (размер яйца страуса в диаметре – 30 см).

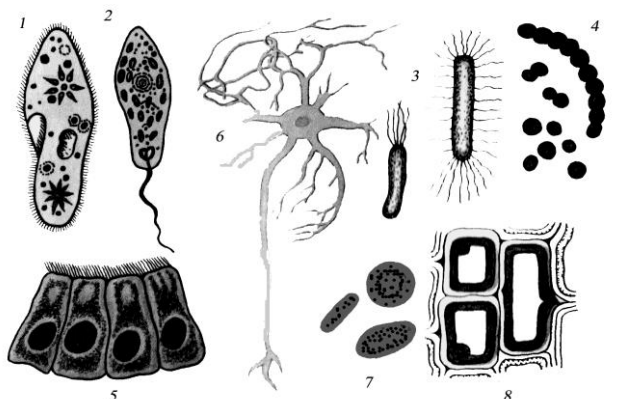


Рис.1. Многообразие форм клеток одноклеточных и многоклеточных организмов; протисты: 1– инфузория туфелька, 2– эвглена зеленая; бактерии: 3– бактерии со жгутиками, 4– коки, диплококки, стрептококки; животные: 5– клетка эпителия трахеи, 6– нервная клетка, 7– эритроциты; растения: 8– эпидермис клеток чешуи лука.

В многоклеточном организме клетки объединены в группы по принципу схожести по строению и выполняемым функциям. Группы клеток, сходных по форме, размерам, выполняемым функциям, образуют ткани. Ткани служат основой отдельных органов. Органы могут функционировать как самостоятельно, так и входить в систему органов. Особь представляет собой систему совокупностей органов и тканей, состоящих из клеток. Только ту систему клеток, которая способна саморегулироваться и адаптироваться к условиям окружающей среды,

Среди огромного многообразия живых организмов можно выделить неклеточные и клеточные формы жизни. К неклеточным формам относятся вирусы и фаги. Основная масса живых организмов имеет клеточное строение и входит в состав двух надцарств: Доядерные, или Прокариоты (Procargota), и Ядерные, или Эукариоты (Eucaryota). К прокариотам относятся неклеточные формы, бактерии и сине-зеленые водоросли, к эукариотам – царства грибов, растений и животных. В основу деления живых организмов на две группы было положено наличие или отсутствие ядра (рис.3).

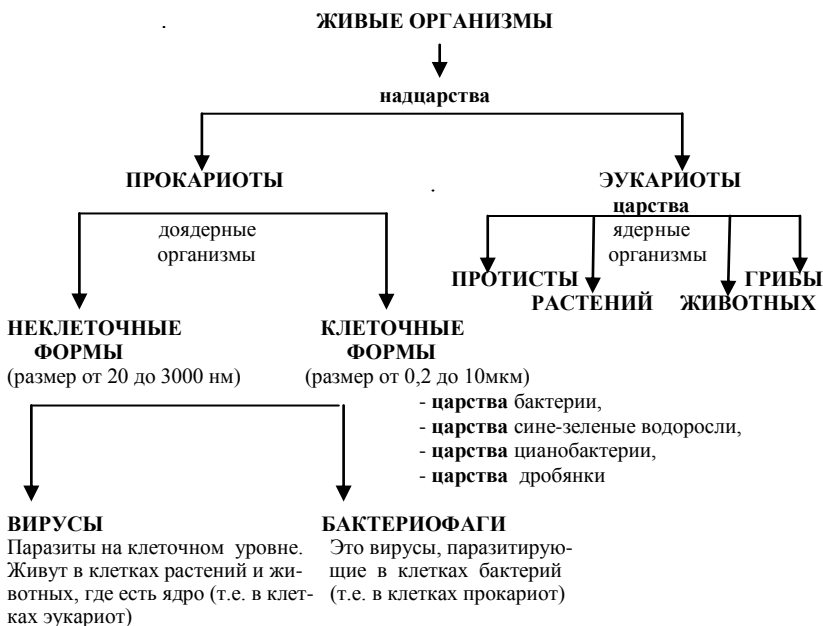


Рис. 3. Схема классификации живых организмов.

Клеточные формы прокариот имеют ряд общих свойств: клетка окружена мембраной, частично покрыта полисахаридной оболочкой. У многих бактерий имеется защитный слизистый слой (капсула). Роль ЭПС, митохондрий, лизосом и аппарата Гольджи выполняют впячивания цитоплазматической мембраны, называемые **мезосомами**. Из основных органоидов в клеточных формах прокариот имеются лишь рибосомы. В зависимости от состояния в бактериях могут быть включения, содержащие жир, крахмал, гликоген.

Ядра у прокариот нет, генетический аппарат (т.е. где хранится наследственная информация) представлен кольцевой двунитчатой молекулой ДНК, называемой **нуклеоидом**.

Размножаются бактерии простым делением (амитозом). Им свойственен половой процесс, не приводящий к увеличению численности, а приводящий лишь к разнообразию признаков. Такой половой процесс называют **конъюгацией**.

Неклеточные формы прокариот подразделяются на вирусы и бактериофаги. Вирусы – это не клетка, а лишь молекула ДНК или РНК, покрытая белковой оболочкой, состоящей из головки и хвоста (рис. 4).

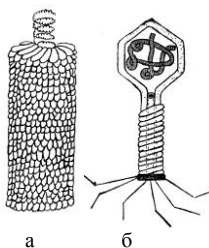


Рис. 4. Прокариоты: а – вирус; б – бактериофаг.

Вирусы не способны жить самостоятельно и ведут только паразитарное существование. Вне живой клетки (при отсутствии благоприятных условий) вирусы способны длительно сохраняться. Этому способствует возможность многих вирусов кристаллизоваться и цистироваться. В клетку вирус может проникнуть двумя способами:

1. Фагоцитозным – клетка сама поглощает вирус, который начинает паразитировать внутри, выйдя из фагоцитарного пузырька;
2. Впрыскиванием – через хвостовую часть молекула вирусной ДНК или РНК впрыскивается через проколотую оболочку в клетку. Сама же белковая оболочка и хвостовая часть остаются вне клетки и растворяются.

Вирусы – это паразиты на генетическом уровне. Открыты в 1892 году русским ученым Д.И.Ивановским. В природе существует около 3000 видов вирусов.

Основные отличительные особенности прокариот и эукариот можно конкретизировать и свести в следующую таблицу.

Отличительные признаки про -и эукариот

| Признак | Прокариот | Эукариот |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------------|
| Цитоплазматическая мембрана | Есть | Есть |
| Клеточная стенка | Есть | У животных – нет, у растений – есть |
| Ядерная оболочка | Нет | Есть |
| Митохондрии | Нет | Есть |
| Комплекс Гольджи | Нет | Есть |
| ЭПС | Нет | Есть |
| Рибосомы | Есть | Есть |
| Лизосомы | Нет | Есть |

| | | |
|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Мезосомы | Есть | Нет |
| Хромосомы | Нет (кольцевая молекула ДНК или РНК) | Есть (набор хромосом) |
| Способ размножения | Амитоз, конъюгация | Митоз |

5. СТРОЕНИЕ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

Клетка имеет сложную биохимическую и структурную организацию (рис. 5).

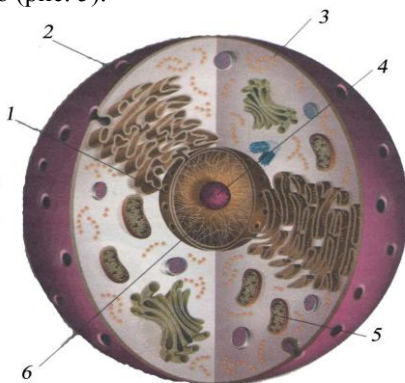


Рис.5. Строение животной клетки: 1 – ядро (центр управления клеткой); 2 – клеточная мембрана (контроль за входом и выходом веществ); 3 – рибосомы (синтез белка); 4 – ядрышко (формируются рибосомы); 5 – митохондрия (центр производства молекул АТФ, обеспечивающих клетку энергией); 6 – хромосома (содержат ДНК – основной генетический материал).

В клетке имеется центр управления; система, отвечающая за контроль входа и выхода вещества из клетки; «мини-фабрика» по синтезу белка; аппарат по формированию рибосом; центр производства молекул АТФ, обеспечивающих клетку энергией; тельца (содержащие ДНК), которые являются основным генетическим материалом, и т.д.

В составе клетки выделяют три основных компонента клетки (рис.6).

КОМПОНЕНТЫ КЛЕТКИ



- цитоплазматическая мембрана
- элементарная мембрана
- хитиновые образования
- целлюлозные образования
- эндоплазматическая сеть
- митохондрии
- пластиды
- аппарат Гольджи
- лизосомы
- органоиды движения
- включения и др.
- рибосомы
- ядерные оболочки (кардиолема)
- ядерный сок (нуклеоплазма)
- хроматин
- ядрышки

Рис.6. Компоненты клетки.

5.1. Характеристика клеточной оболочки

Оболочка является одним из основных компонентов клетки, так как сама клетка имеет мембранное строение. Мембрана в переводе с латинского языка обозначает кожа, пленка. Цитоплазматическая мембрана – это постоянная, универсальная для всех клеток система поверхностного аппарата, кроме этого мембрана входит в состав органоидов и ядра. Элементарная мембрана не обнаружена только у рибосом, ядрышек и клеточного центра.

Мембрана (плазмалемма) состоит из полисахаридов, фосфолипидов и белков (рис. 7).

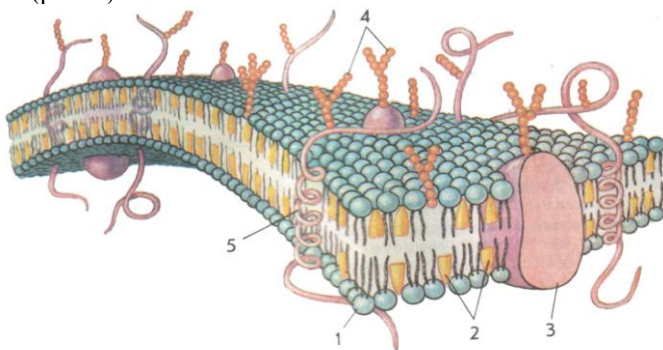


Рис. 7.Схема строения цитоплазматической мембраны: 1 – фосфолипид; 2– холестерол; 3 – глобулярный мембранный белок; 4 – углеводные цепочки; 5 – неполярный участка полярного белка.

Молекулы фосфолипидов и белков удерживаются вместе с помощью нековалентных взаимодействий, а полисахаридный слой ковалентными связями присоединен к мембранным белкам (гликопротеины) и в незначительных количествах с липидами (гликолипиды). Такой полисахаридный слой, покрывающий сверху плазмалемму животных клеток, получил название **гликокаликс**. Все составные части мембраны – это не застывшие элементы, а структура, способная быст-

ро перемещаться в плоскости мембраны, меняя любые расположения составных веществ. В клетках наружная мембрана может быть представлена тремя типами (см. рис.8).



Рис.8. Типы мембран.

Толщина мембраны находится в пределах 7 – 10 нм.

Функции мембраны:

- обменные процессы как внутри, так и снаружи клетки (с окружающей средой);
- защитная;
- регуляторная;
- рецепторная;
- связи.

К **свойствам** мембраны можно отнести:

- 1) увеличение поверхности клетки (выпячивания, складки, микроворсинки);
- 2) избирательную способность (благодаря гликопротеиновым рецепторам).

В клетку через клеточную мембрану поступают разные питательные вещества, вода и микроэлементы. Изучены несколько способов поглощения питательных веществ, которые могут протекать с затратой энергии и без нее.

Способы поглощения веществ перечислены ниже.

1. **Фагоцитоз** – поглощение твердых веществ способом образования мембранного пузырька (амебы, простейшие, лейкоциты). Протекает без затрат энергии.

2. **Пиноцитоз** – поглощение жидких веществ. Протекает без затрат энергии.

3. **Облегченная диффузия** – поглощение питательных веществ, при помощи белка-переносчика. Протекает без затрат энергии.

4. **Обмен веществ по законам диффузии (осмос)** – вещество диффундирует туда, где концентрация его меньше. Протекает без затрат энергии.

5. **Активный транспорт** – транспорт питательных веществ с затратой энергии (АТФ).

5.2. Характеристика цитоплазмы

Цитоплазма – это основная масса клетки, состоящая из 85% воды и 10% белков. На долю жиров, углеводов, нуклеиновых кислот и минеральных веществ приходится примерно 5%. Цитоплазма имеет студенистую структуру. Эластичность и вязкость обеспечивает гиалоплазма – мелкозернистое вещество (цитоплазматический матрикс). Гиалоплазма кроме эластичности и вязкости обеспечивает сократимость и движение цитоплазмы, способствует удержанию органоидов в определенном положении.

Цитоплазма пронизана цитоплазматическими нитями и микротрубочками. Они являются компонентами сократительного механизма мышечного волокна, обеспечивают жесткость и прочность ее на разрыв. Микрофиламенты, микротрабекулы и микротрубочки выполняют функции цитоскелета клетки, являются деталями механизма движения клеток (входят в состав ресничек) и движения хромосом в период деления клеток (входят в состав веретена деления).

5.3. Характеристика органоидов

Органоиды – это рабочие части клеток (органеллы). В зависимости от значимости и частоты встречаемости их подразделяют на органоиды общего и специального назначения (рис. 9).

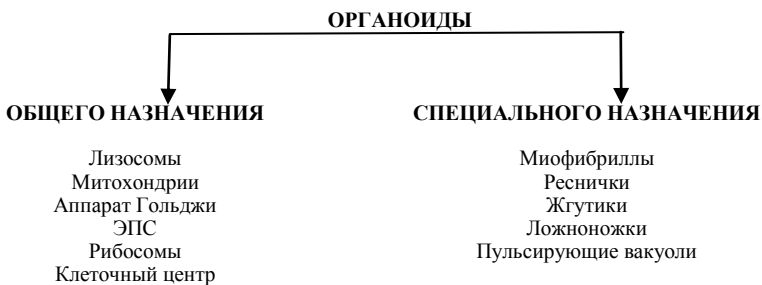


Рис.9. Классификация органоидов.

Органоиды в клетке выполняют определенные функции, имеют определенные размеры и форму (рис.5).

Митохондрии, их основная функция – окисление органических соединений до диоксида углерода (CO_2) и воды (H_2O) и накопление энергии химических связей (АТФ). Размер митохондрии находится в пределах от 0,2 до 0,7 мкм. В клетке новые митохондрии возникают в результате деления материнской, зрелой митохондрии.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) – это сеть канальцев и трубочек. Наиболее развита в клетках желез, синтезирующих белок. ЭПС бывает двух видов: гладкая и гранулированная. На гладкой ЭПС происходят процессы синтеза жиров и углеводов, а функция гранулированной ЭПС – синтез белков. Гранулированный вид придает ЭПС огромное количество рибосом, нанизанных на каналы сети. Кроме синтеза веществ в клетке, к функциям ЭПС относятся также функции транспорта веществ и связующая роль между органоидами.

Рибосомы состоят из белка и рибонуклеиновой кислоты (РНК). В клетке они могут находиться как в свободном состоянии, так и быть объединенными общим процессом в компактные группы (полисомы). Основная функция рибосом заключается в сборке белковых молекул. Рибосома состоит из двух субединиц: малой (диаметр 15 – 20 нм) и большой (диаметр 30 – 40 нм). Новые рибосомы в клетке возникают в ядрышках, где происходит синтез малых и больших субединиц рибосом. Они, как и ядрышки, не имеют мембранного строения.

Комплекс (аппарат) Гольджи осуществляет концентрацию, обезвоживание, уплотнение синтезированных в клетке и поступивших из вне белков, жиров и углеводов. Кроме этого комплекс Гольджи служит проводником для выведения из клетки продуктов распада, образует лизосомы и принимает участие в сборке сложных комплексов органических веществ.

Лизосомы – это округлые тельца диаметром около 1 мкм. Основная их функция – переваривание питательных веществ, поступивших в клетку.

Клеточный центр (центросома) состоит из двух центриолей. Основная их функция заключается в том, чтобы во время деления клетки

(анафаза) образовать полюса деления и растянуть хроматиды и хромосомы с помощью веретена деления.

Вакуоли содержат клеточный сок и поддерживают тургорное давление. В клетках обнаружены вакуоли двух видов: пищеварительные и сократительные. Пищеварительные вакуоли осуществляют переваривание питательных веществ при помощи ферментов лизосом. Функция сократительных вакуолей заключается в том, чтобы вывести из клетки продукты распада и излишки H_2O , что, в свою очередь, способствует поддержанию осмотического давления.

Пластиды органеллы служат одним из основных отличий растительной клетки от животной. Они встречаются только в растительных клетках. Их основные функции – синтез, накопление и хранение питательных веществ. В клетках растений обнаружены пластиды трех видов (рис. 10).

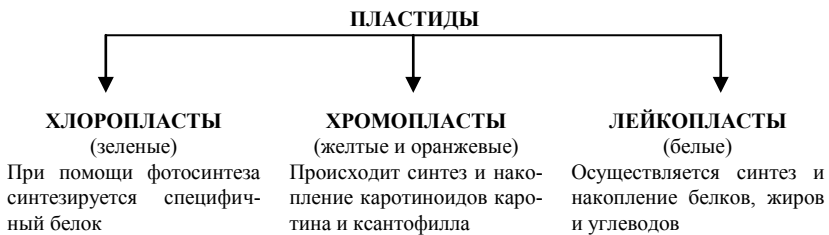


Рис 10. Классификация пластид.

Включения – это непостоянные компоненты цитоплазмы. Одновременно в клетке могут находиться три вида включений (рис. 11).



Рис.11. Типы включений.

5.4. Строение и функции клеточного ядра и ядрышек

Клеточное ядро – наиболее важный компонент эукариотических клеток (рис. 12). Ядро окружено оболочкой (кардиолемой), состоящей из двух элементарных мембран, и имеет диаметр от 3 до 10 мкм. Между наружной и внутренней мембраной имеется узкое пространство (30 нм), заполненное полужидким веществом. Ядерная оболочка пронизана множеством пор диаметром около 30 – 100 нм. В зависимости от типа и физиологического состояния клетки на 1 мкм² ядерной оболочки их насчитывается в среднем от 10 до 30. В молодых клетках пор всегда больше, чем в старых. Благодаря наличию пор, обеспечивающих избирательную проницаемость, ядерная оболочка контролирует обмен веществ между ядром и цитоплазмой, например, выход в цитоплазму информационной РНК и рибосомных субчастиц или поступление в ядро рибосомных белков, нуклеотидов и молекул, регулирующих активность ДНК. Она образуется после деления ядра из цистерн эндоплазматической сети и частично из фрагментов старой ядерной оболочки, распавшейся во время деления.

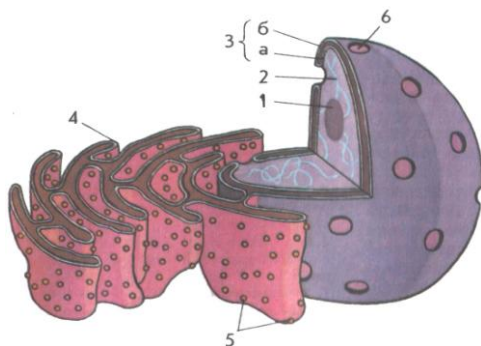


Рис. 12. Клеточное ядро: 1 – ядрышко; 2 – хроматин; 3 – ядерная оболочка (а – внутренняя мембрана, б – внешняя мембрана); 4 – шероховатый эндоплазматический ретикулум; 5 – рибосомы; 6 – ядерная пора.

Большинство эукариотических клеток имеют по одному ядру, но встречаются и многоядерные клетки (клетки печени и поперечно-полосатые сердечные мышцы человека и млекопитающих, инфузории, грибы). Форма и размеры ядра зависят от формы и величины клеток и выполняемых им функций. В состав ядра, кроме кардиолемы, входит гелеобразный матрикс-нуклеоплазма (ядерный сок), в котором нахо-

дятся ядрышки и деспирализованные и гидратированные хромосомы интерфазы (хроматин). По химическому составу ядро в основном состоит из нуклеиновых кислот (ДНК – 15 – 30%, РНК – 12%) и дезоксирибонуклеиновых протеинов. Благодаря наличию ДНК ядро эукариотической клетки является ее информационным центром – местом хранения и воспроизведения наследственной информации, которая определяет все признаки данной клетки и организма в целом. Оно служит также центром управления обменом веществ клетки, поскольку образуемая им РНК определяет, какие белки и в какое время должны синтезироваться на рибосомах цитоплазмы клетки. Удаление ядра из клетки, как правило, ведет ее к быстрой гибели. Ядро выполняет множество различных функций, однако главными являются только две:

- 1) хранение и воспроизведение наследственной информации;
- 2) регуляция процессов обмена веществ, протекающих в клетке.

Ядра обнаружены во всех клетках, за исключением красных кровяных клеток млекопитающих и ситовидных трубок (клеток, которые переносят сахар в растениях).

Ядрышки – это округлые, сильно уплотненные, не ограниченные мембраной участки клеточного ядра диаметром 1 – 2 мкм и больше. Форма, размеры и количество ядрышек зависят от функционального состояния ядра: чем крупнее ядрышко, тем выше его активность.

Функции ядрышек – синтез РНК, синтез субчастиц рибосом (больших и малых) и самосборка рибосом.

6. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ХРОМОСОМ

Хромосомы (в переводе с греч. хрома – краска, сома – тело) были названы так в связи со способностью их к интенсивному окрашиванию. Это важнейший органоид ядра. Хромосомы во время интерфазы (покоя клетки) находятся в виде диспирализованного гидратированного вещества, называемого хроматином (рис. 13).

Образуются они во время деления клетки из хроматина путем спирализации, укорачивания и самоуплотнения (в 100 – 500 раз). Состоят хромосомы из ДНК в комплексе с основным белком – гистоном, содержащим большое количество лизина и аргинина (рис. 14).

Этот комплекс составляет около 90% вещества хромосом. Кроме этих веществ в состав хромосом входят РНК, кислые белки, липиды, минеральные вещества и фермент ДНК-полимераза. Хромосомы могут иметь длину, в десятки и сотни раз превышающую диаметр ядра.

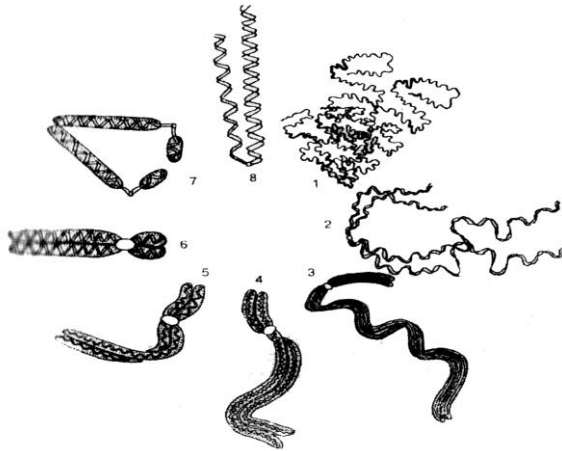


Рис. 13. Спирализация хромосом: 1 – интерфаза, хромосомы слабо-спирализованы (остаточные спирали); 2,3,4 – профаза, спирализация хромосом, образование матрикса и двух хроматид; 5 – прометафаза, проявление четырех полухроматид; 6 – метафаза, максимальная спирализация, выявляется как большая, так и малая спирали; 7 – анафаза; 8 – телофаза (одна из дочерних хромосом), исчезновение матрикса, деспирализация хромосом.

Функции хромосом можно свести к следующим пунктам:

1. Контроль над всеми процессами жизнедеятельности клетки;
2. Носители генов, т.е. наследственной информации;
3. Реализация наследственной (генетической) информации осуществляется путем редупликации молекулы ДНК;
4. Число, размер, форма и тип хромосом строго определены и специфичны для каждого вида.

Строение хромосомы изучают в момент деления клетки (метафаза). По стадии зрелости выделяют два вида хромосом (рис. 15).

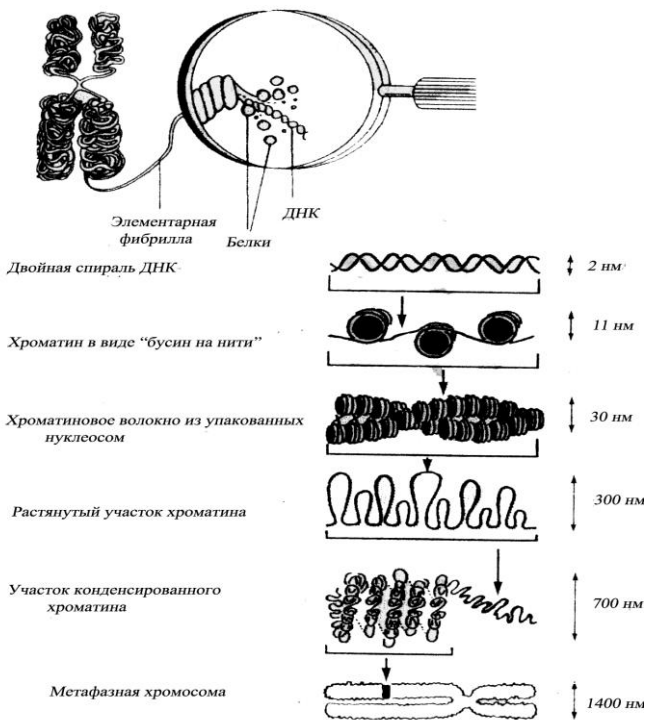


Рис. 14. Строение хроматина.

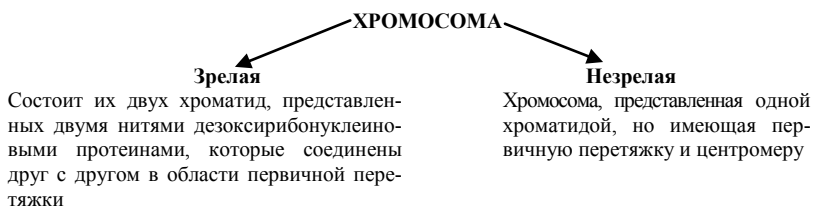


Рис. 15. Виды хромосом.

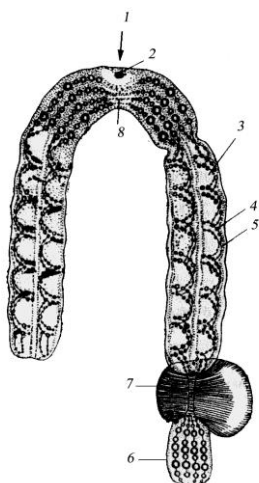


Рис. 16. Строение хромосомы:
1 – точка прикрепления нити веретена, 2 – центромера, 3 – хроматида, 4 – хромомера, 5 – хромонома, 6 – спутник, 7 – вторичная перетяжка, 8 – первичная перетяжка.

Первичная перетяжка – это утонченный неспирализованный участок, называемый **центромерой** (рис.16). В области центромеры расположен кинетохор – фибриллярное тельце хромосомы. Хроматиды хорошо окрашиваются в отличие от центромеры, которая остается неокрашенной. Центромера регулирует движение хромосом при клеточном делении: к ней прикрепляется нить веретена деления, разводящая хромосомы к полюсам.

Вторичная перетяжка, как правило, располагается у дистального конца хромосомы, отделяя от нее посредством хроматиновых нитей небольшой участок, называемый спутником (**сателлит**). Сателлиты могут быть у хромосом, а могут и отсутствовать. Это зависит от вида и типа хромосом. В зависимости от места расположения первичной центромеры

и размеров плеч различают пять типов хромосом (рис.17).

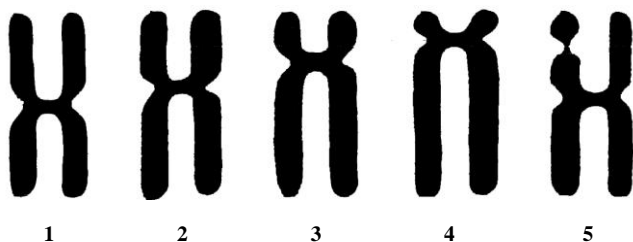


Рис. 17. Морфологические типы хромосом: 1 – метацентрическая, 2 – субметацентрическая; 3 – акроцентрическая, 4 – телоцентрическая, 5 – спутничная.

1-й тип: телоцентрический, центромера расположена на самом конце хроматид и у хромосомы из-за этого отсутствует одно плечо.

Количество плеч в цитогенетике принято обозначать фундаментальным числом NF. У телоцентрического типа NF=1.

2-й тип: акроцентрический, центромера сильно смещена к краю хроматид, деля хромосому на два неравных плеча, плечо $AOB < COД$, NF=2.

3-й тип: субметацентрический, центромера сдвинута от центра на небольшое расстояние, $AOB \neq COД$, NF=2.

4-й тип: метацентрический, центромера расположена в середине хромосомы, деля ее на два равных плеча (равноплечие хромосомы), $AOB = COД$, NF=2.

5-й тип: спутничная.

Хромосомы – это плотные, интенсивно окрашивающиеся структуры, которые являются единицами морфологической организации генетического материала и обеспечивают его точное распределение при делении клетки. Хромосомы – носители генов.

В ядре клетки выделяют два основных типа хромосом (рис. 18).

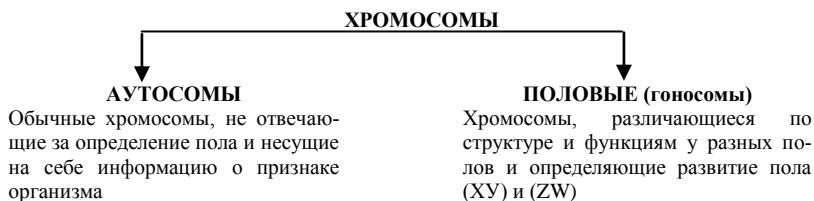


Рис.18. Типы хромосом.

7. КАРИОТИПЫ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ. ГАПЛОИДНЫЙ И ДИПЛОИДНЫЙ НАБОР ХРОМОСОМ

Клетки, из которых состоят органы и ткани живых организмов, называют **соматическими клетками**. **Половыми клетками** называют клетки, которые образовались в процессе гаметогенеза, после созревания и формирования принимают участие в процессе оплодотворения и полового размножения (см. рис.2). Такие клетки в генетике принято называть **гаметами**. Каждой клетке того или иного организма или вида животного свойственны определенное число, размеры и форма хромосом. Совокупность хромосом соматической клетки, типичной для данной систематической группы организмов, называют **хромосомным набором**, или **кариотипом** (приложение 2). Однако понятия

«кариотип» и «хромосомный набор» не всегда идентичны. Это связано с тем, что клетки разных тканей одного организма в зависимости от выполняемых функций могут содержать разное число хромосом (рис. 19). Одинаковым можно назвать кариотип только в том случае, когда совпадает не только число хромосом в клетке, но и их размеры и форма. Например, у таракана и шимпанзе в соматических клетках находится по 48 хромосом. Но размеры и форма их совершенно разные. Следовательно, кариотипы этих двух живых существ нельзя назвать одинаковыми.

В ядрах соматических клеток хромосомы содержатся парами и представляют в совокупности двойной набор хромосом – **диплоидный** ($2n$), а в половых клетках (гаметах) содержится одинарный, **гаплоидный** (n) набор хромосом. Парные хромосомы, сходные по величине, расположению центromеры, размерам и форме, называют **гомологичными** (рис. 20). Хромосомы непарные, несущие различную информацию, называют **негомологичными**. Клетки, имеющие более двух наборов хромосом, называют **полиплоидными** ($4n$; $8n$; $16n$ и т. д.).

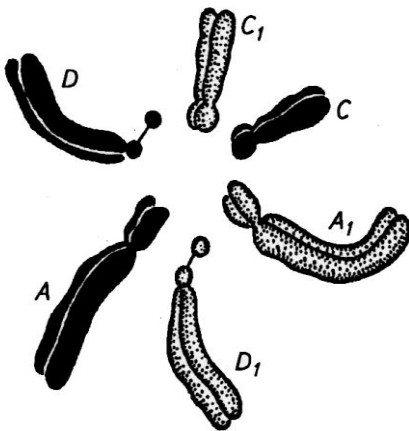


Рис. 19. Диплоидный набор метафазных хромосом в клетке ($2n=6$). Одинаковыми буквами помечены гомологичные хромосомы.

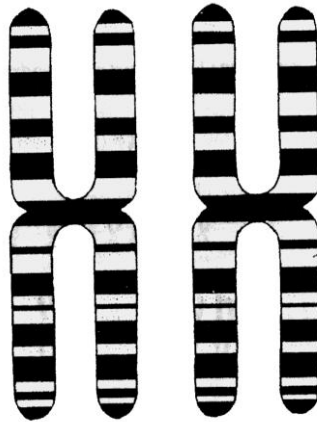


Рис. 20. Пара гомологичных хромосом: темный цвет – гетерохроматиновая зона, светлый – эухроматиновая.

8. РАЗМНОЖЕНИЕ ОРГАНИЗМОВ. СПОСОБЫ РАЗМНОЖЕНИЯ

Размножение (репродукция) – одно из основных свойств живого, под которым понимают способность живых организмов воспроизводить себе подобных, обеспечивая непрерывность и преемственность жизни в ряду поколений. Основным **способом размножения** живых организмов является бесполое и половое.

Бесполое размножение – это воспроизведение себе подобных, в котором участвует только одна родительская особь, из определенной части ее образуются дочерние организмы. К бесполому размножению относятся вегетативное (размножение частями растений), спорообразование (грибы, малярийный плазмодий – деление шизогонией), амитотическое деление (прямое деление клеток протист и бактерий), почкование (гидра, дрожжи, медузы), соматическое деление (деление соматических клеток митозом – непрямым делением), фрагментация (размножение особи фрагментами тела благодаря регенеративной способности организма, дождевой червь, гидра, молочная планария).

Половое размножение – это прогрессивное в эволюционном отношении размножение живых организмов, подразумевающее размножение нового организма из оплодотворенной яйцеклетки, при котором происходит объединение генетической информации от двух родителей в одном. Однако выделяют несколько основных видов полового размножения (истинное половое размножение, половой процесс, или конъюгация, андро- и гиногенез). **Истинное половое размножение** – это размножение, которое приводит к увеличению численности организмов. **Конъюгация** – это процесс, который не приводит к увеличению численности (участвуют в процессе две особи и после процесса остаются две, но уже обновленные). **Андрогенез** – это развитие гаплоидного организма после оплодотворения яйцеклетки с элиминированным (уничтоженным) ядром. **Гиногенез** – редкая форма полового размножения, при котором развитие зародыша осуществляется без участия отцовской наследственности (после разрушения ядра сперматозоид сохраняет подвижность и способность к оплодотворению). **Партеногенез** – развитие нового организма из неоплодотворенных яйцеклеток (тля, дафния, коловратки, самцы пчел).

У одноклеточных эукариот сразу было три вида копулятивного размножения (изогамия, анизогамия, оогамия). У многоклеточных эукариот в процессе эволюции формирование полового диморфизма шло в следующих направлениях: 1) образование женских и мужских гамет;

2) переход от изогамии к анизогамии и оогамии; 3) образование яйцеклеток с большим содержанием желтка, а затем в связи с внутриутробным развитием появление вторично-олигоцитальных яйцеклеток; 4) продуцирование большого количества спермы; 5) появление организмов, продуцирующих только сперму (самцов) и только яйцеклетки (самок). Процесс эволюции различных полов шел длительно, поэтому имело место появление организмов – гермафродитов.

9. КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ. ИНТЕРФАЗА

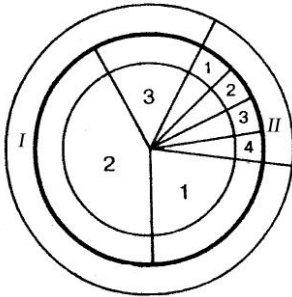


Рис. 21. Митотический цикл. I – интерфаза: 1 – предсинтетический период (G_1), 2 – синтетический период (S), 3 – постсинтетический период (G_2); II – митотическое деление: 1 – профазы, 2 – метафаза, 3 – анафаза, 4 – телофаза.

В любом организме, многоклеточном или одноклеточном, в процессе жизнедеятельности наступает время, когда для продолжения жизни необходимо обновить свои структуры (органойды, клетки, органы и ткани). Есть клетки, которые почти не восстанавливаются в процессе жизнедеятельности, но есть и другие, которые быстро изнашиваются и им не-

обходимо неоднократное обновление (клетки эпидермиса, эпителия, тонкого кишечника, лейкоциты и др.).

Совокупность процессов, протекающих в клетке от момента ее появления и до гибели или исчезновения ее в результате последующего деления, называется

клеточным, или митотическим, циклом – МЦ (рис. 21).

Период в жизнедеятельности клетки от момента появления и до ее нового деления называют **подготовительным периодом, или интерфазой**. Весь митотический цикл состоит из двух основных этапов: интерфазы и непосредственного деления клетки.

Интерфаза, в свою очередь, делится на три периода: предсинтетический (G_1), синтетический (S) и постсинтетический (G_2).

В **первый постсинтетический период**, который может продолжаться от нескольких часов до целых десятилетий, клетка интенсивно растет, увеличивается в размерах, в цитоплазме происходит синтез РНК, белков, АТФ, накапливаются нуклеотиды ДНК. Ядро в этот период содержит диплоидный набор хромосом ($2n$), однако хромосомы незрелые и состоят из одной хроматиды ($2n \cdot 1\text{xp.}$) (рис. 22).

Во **второй синтетический период** (продолжительность от нескольких минут до 6 – 12 часов) в ядре происходит редупликация (удвоение) молекулы ДНК, что приводит к созреванию хромосом, которые состоят уже из двух хроматид ($2n \cdot 2xp.$). Обменные и накопительные процессы продолжаются.

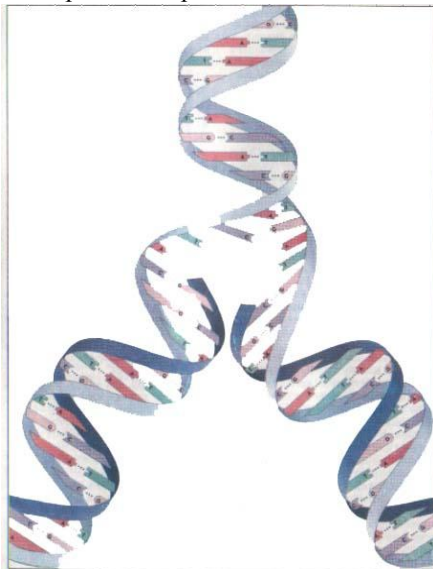


Рис. 22. Редупликация молекулы ДНК.

В **третий постсинтетический период** (продолжительность 3-4 часа) обменные процессы замедляются, постепенно прекращаются основные функции клетки, увеличивается вязкость цитоплазмы, синтез и накопление РНК продолжаются, происходит удвоение центриолей, в клетке в этот период накапливается максимальное количество энергии химических связей (АТФ), ($2n \cdot 1xp.$).

В результате подготовительного периода клетка претерпевает видимые превращения: увеличивается в размерах, накапливает максимальное количество питательных веществ и энергии, все это приводит к дисбалансу между ядром и цитоплазмой, что служит сигналом для нового деления клетки (рис.23).



Рис.23. Типы деления клеток.

10. МИТОЗ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ

Митоз (с греческого *mitos* –нить) – это сложное не прямое деление, лежащее в основе образования соматических клеток, при делении митозом материнская клетка с диплоидным набором хромосом дает две с таким же диплоидным набором хромосом (рис.24).

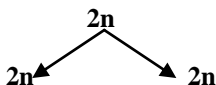


Рис.24. Митоз.

Впервые митоз наблюдал русский ученый И.Д.Чистяков в 1874 г. Позже немецкий ботаник Э. Страсбургер в 1876 – 1879 гг. на растениях провел детальные исследования поведения хромосом в митозе, а в 1882 г. немецкий гистолог В.Флеминг подтвердил эти исследования на животных.

Деление клетки – это непрерывный процесс, однако в митозе можно выделить четыре фазы (стадии): профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Преобразовав формулу митотического цикла, можно получить следующую (рис.25).

| | | | | | | | | | |
|----|---|-------------------------|---|----------------|---|----------------|----------|---------|----------|
| МЦ | = | Подготовительный период | | | + | Деление клетки | | | |
| МЦ | = | Интерфаза | | | + | Митоз | | | |
| МЦ | = | G ₁ | S | G ₂ | + | Периоды митоза | | | |
| МЦ | = | G ₁ | S | G ₂ | + | П | М | А | Т |
| МЦ | = | G ₁ | S | G ₂ | + | Профаза | Метафаза | Анафаза | Телофаза |

Рис.25. Схема митотического цикла.

В первую фазу митоза (профаза) происходит формирование хромосом в ядре клетки, в результате спирализации они укорачиваются и утолщаются в размерах (рис. 26). Хромосомы хорошо окрашиваются и становятся заметными только в период деления клетки, центромеры окрашиваются плохо и в микроскоп видны как прозрачные узелки. Хромосомы зрелые и состоят в этот период из двух хроматид. В профазу ядрышки и ядерная оболочка диспергируется (растворяется) и хромосомы «выплывают» в цитоплазму. Центриоли расходятся к полюсам клетки и от них начинают формироваться нити веретена деления (в виде лучей). Происходит прикрепление каждой нити веретена деления к хромосоме через центриоль ($2n \cdot 2xр.$).

Вторая фаза митоза (метафаза) – самая короткая по продолжительности и характеризуется формированием метафазной пластинки, т.е. хромосомы выстраиваются по экватору клетки в ряд ($2n \cdot 2xр.$). В период метафазы наиболее удобно изучать кариотип клетки.

В третью фазу митоза (анафаза) происходит одновременное деление центромер пополам, что приводит к образованию двух незрелых хромосом из одной зрелой. Нити веретена деления начинают спирализоваться и подтягивать к полюсам незрелые хромосомы, состоящие из одной хроматиды и маленькой центромеры.

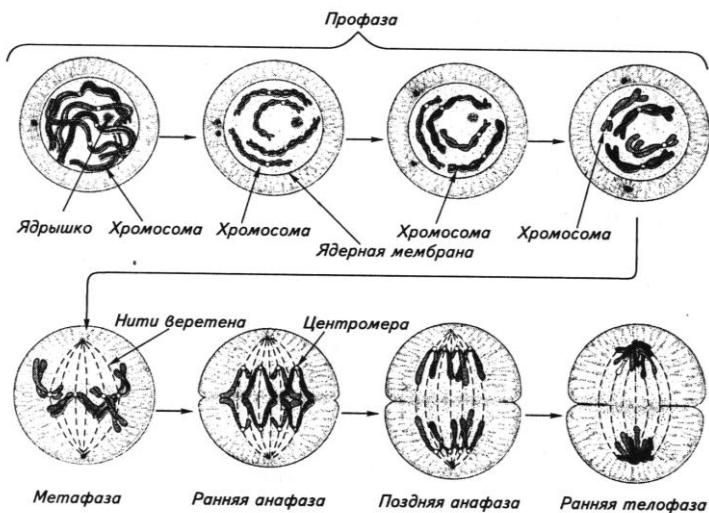


Рис.26. Митотическое деление.

Четвертая фаза митоза (телофаза) характеризуется завершением деления клетки ядра (кариокинез) и началом деления цитоплазмы (цитокинез). В телофазу наблюдается скопление незрелых хромосом у полюсов клетки, формирование вокруг них ядерной оболочки и ядрышек, появление углубляющей бороздки по экватору клетки, которая делит тело клетки пополам.

Для биологии митоз имеет **два основных значения**:

1) обеспечивает видовое постоянство, сохраняя число хромосом в каждом клеточном поколении.

2) благодаря митозу организмы живых существ растут и развиваются.

Весь митотический цикл можно представить в виде замкнутой системы, большая часть которой будет приходиться на интерфазу и относительно небольшая часть принадлежать самому митозу.

11. МЕЙОЗ, ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТ МИТОЗА, БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Мейоз – особый тип деления, лежащий в основе образования половых клеток – гамет (яйцеклеток и сперматозоидов). Выделяют несколько основных отличительных особенностей мейоза от митоза.

Первая особенность. Мейоз – это два деления, подряд следующие друг за другом (рис.27), а митоз – это однократное деление.

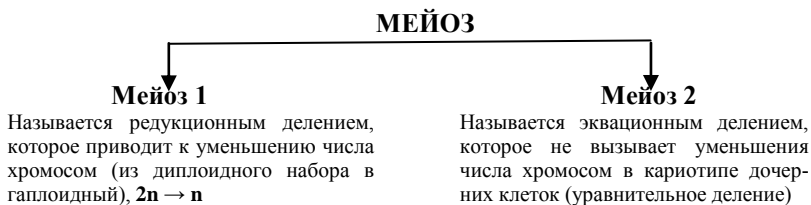


Рис.27. Двойное деление мейоза.

Вторая особенность. При митозе из одной материнской клетки с двойным набором хромосом ($2n$) получаются две дочерние с таким же набором хромосом ($2n$), а при мейозе из одной материнской клетки с $2n$ образуются четыре дочерние, но уже с одинарным (гаплоидным) набором хромосом (рис.28).

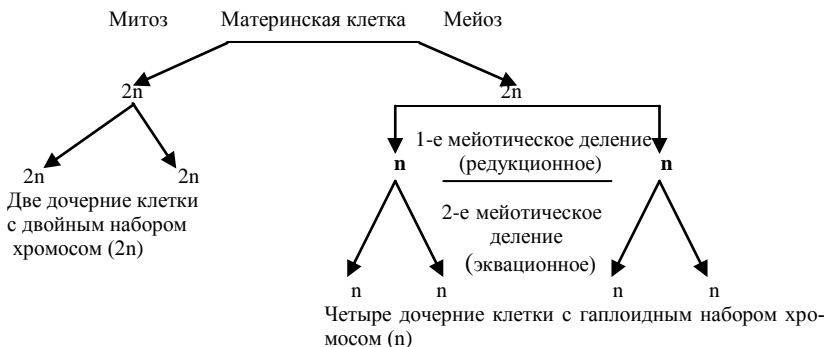


Рис.28. Сравнение митоза и мейоза.

Третья особенность. Профаза мейоза I резко отличается от профазы митоза, так как состоит из 5 подфаз: лептономы, зигономы, пахиномы, диплономы и диакинеза (рис. 29).

Характеристику подфаз основывают на состоянии хромосом в определенный период.

1-я подфаза – лептонома. Хромосомы представлены в виде тонких невидимых, неупорядоченных нитей хроматина. Количество хромосом соответствует $2n$. Хромосомы зрелые и состоят из двух хроматид.

Пример: У свиней $2n=38$ хромосом = 76 хроматид.

2-я подфаза – зигонома. Стадия парных хромосомных нитей. **Гомологичные хромосомы** (одинаковые по размеру и набору генов) начинают в эту стадию процесс сближения – **конъюгации**. В результате конъюгации образуются пары – **биваленты** (рис. 30, 31). Бивалентами называют число пар хромосом в кариотипе.

1 бивалент = 2 хромосомы = 4 хроматиды

Пример: У овец $2n = 54$ хромосом = 27 бивалентов = 108 хроматид.

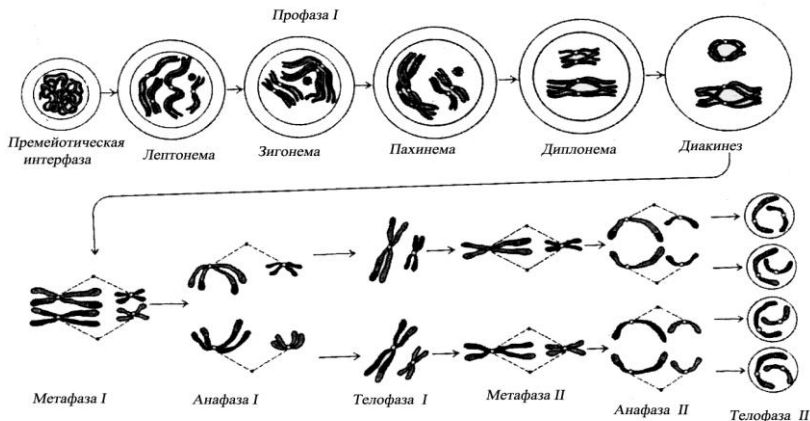


Рис. 29. Мейотическое деление.



Рис. 30. Различные типы кроссинговера: а – одинарный кроссинговер между двумя хроматидами; б – двойной кроссинговер между двумя хроматидами; в – двойной кроссинговер между тремя хроматидами; г – двойной кроссинговер между четырьмя хроматидами.

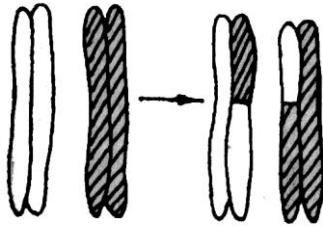


Рис. 31. Схема кроссинговера.

3-я подфаза – пахинема. Это стадия толстых (утолщенных) хромосомных нитей. Хромосомы, находящиеся в стадии бивалентов, начинают сильно спирализироваться, что приводит к их утолщению и укорачиванию. Из-за увеличения объемов между гомологичными хромосомами происходит перекресты – хизмы, что является предпосылкой возникнове-

ния кроссинговера (рис. 30; 31). **Кроссинговер** – это обмен участками гомологичных хромосом. Это явление имеет огромное значение для отбора, так как рекомбинация генов, возникающая в результате кроссинговера, приводит к комбинативной изменчивости и способствует разнообразию генетической информации.

4-я подфаза – диплонема. Стадия двойных хромосомных нитей. Кроссинговер в диплонему заканчивается, и гомологичные хромосомы в биваленте расходятся на небольшое расстояние, позволяющее рассмотреть хромосомные нити и обнаружить кроссинговер и его характер (одинарный или двойной). В результате хиазм, возникающих в пахинеми, обмен между гомологичными хромосомами не всегда происходит, так как это явление зависит от многих причин, но, прежде всего, от расстояния между генами. **Кроссинговер начинается в пахинеми, а заканчивается и обнаруживается в диплонеме.**

5-я подфаза – диакинез. В стадию диакинеза завершаются все процессы, соответствующие профазе митоза. Ядрышки и ядерная оболочка диспергируются (растворяются), хромосомы «выплывают» в цитоплазму. Центриоли расходятся к полюсам клетки, и от них начинают формироваться нити веретена деления (в виде лучей). Происходит прикрепление каждой нити веретена деления к хромосоме через центриоль. Каждой хромосоме соответствует своя нить веретена деления ($2n \cdot 2\text{хр.}$).

Четвертая особенность. Метафаза I отличается от метафазы митоза тем, что по экватору клетки выстраиваются не отдельные хромосомы, а пары хромосом – биваленты (рис. 29).

Пятая особенность. Анафаза I мейоза отличается от митозной тем, что к полюсам клетки отходят не отдельные хроматиды в виде незрелых хромосом, а целые, зрелые хромосомы. Это деление бивалентов приводит к редукции – уменьшению числа хромосом в клетке.

Пример. У козы $2n = 60$, в метафазу 1 по экватору выстраивается в ряд не 60 хромосом, а 30 пар хромосом. В анафазу 1 к полюсам отойдут по одной хромосоме из пары, т.е. каждый из полюсов получит по 30 зрелых (состоящих из двух хроматид) хромосом.

Шестая особенность. Телофаза 1 мейоза отличается от телофазы митоза тем, что она не является конечной стадией в делении, а лишь завершает первое мейотическое, редукционное деление. Благодаря этому делению из одной материнской клетки с диплоидным набором хромосом ($2n$) появляется две дочерние с гаплоидным набором хромосом (n). Образовавшиеся в результате первого мейотического деления две дочерние клетки сразу, без подготовительного периода (интерфазы), вступают во второе мейотическое деление, которое протекает по принципу митоза.

Биологическая роль мейоза:

1) обеспечивает постоянство кариотипа – генетического критерия вида, сохраняя число хромосом в ряду организменных поколений;

2) усиливает наследственную изменчивость и тем самым приводит к разнообразию исходного материала при отборе. Это происходит благодаря кроссинговеру и случайному расхождению материнского и отцовского наследственного материала (хромосом) по дочерним клеткам.

12. ГАМЕТОГЕНЕЗ

Процесс образования мужских и женских половых клеток называется гаметогенезом (рис.32).

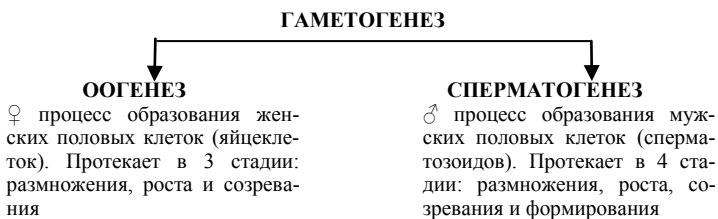


Рис.32. Классификация гаметогенеза.

Гаметогенез происходит в гонадах $2n$ (половых железах мужского и женского организма). Он продолжается с момента полового созревания и в течение репродуктивной жизни.

Гаметы – зрелые половые клетки, содержащие гаплоидный набор хромосом (n) по сравнению с соматическими клетками, которые со-

держат диплоидный набор хромосом ($2n$). Гаметы бывают двух видов: яйцеклетки – зрелые женские половые клетки и сперматозоиды – зрелые мужские половые клетки. Гаметы созревают в гонадах, которые тоже бывают двух видов: яичники – женские половые железы и семенники – мужские.

Гонии – это незрелые половые клетки, содержащие диплоидный набор хромосом ($2n$), как в обычной соматической клетке. Гонии закладываются еще в эмбриональном периоде в гонадах из зародышевых листков и клеток путем митоза.

Оогенез и гаметогенез протекают в несколько стадий (рис. 33).

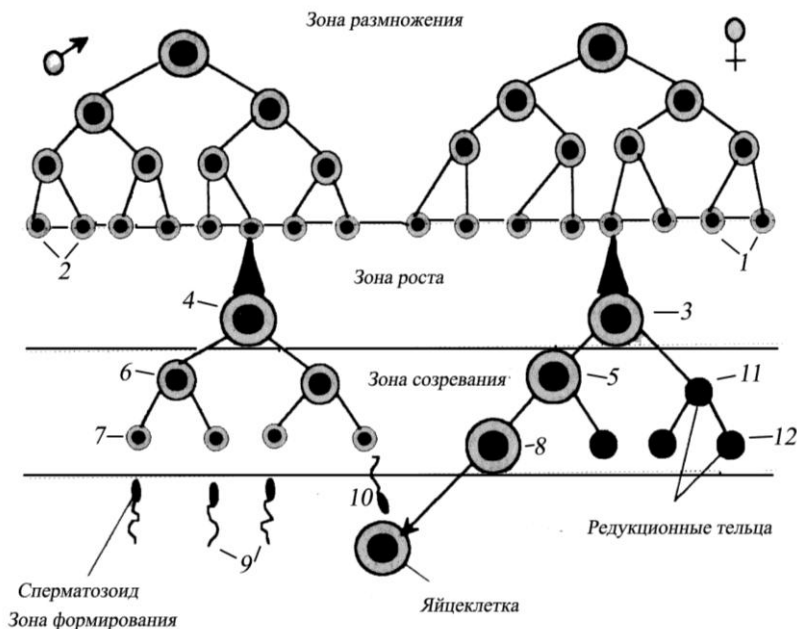


Рис. 33. Схема оогенеза и сперматогенеза: 1 – оогонии; 2 – сперматогонии; 3 – овоцит 1-го порядка ($2n$); 4 – сперматоцит 1-го порядка ($2n$); 5 – овоцит 2-го порядка (n); 6 – сперматоцит 2-го порядка (n); 7 – сперматиды; 8 – зрелая яйцеклетка; 9 – сперматозоиды; 10 – схема оплодотворения; 11 – редукционное тельце первого порядка (направительное тельце); 12 – редукционное тельце второго порядка.

1 стадия: размножения – многократное деление митозом гоний (незрелых половых клеток) с образованием мелких клеток с диплоидным набором хромосом $2n$.

2 стадия: роста – в эту стадию сперматогонии и оогонии начинают расти и, накапливая питательные вещества, сперматогонии превращаются в сперматоциты 1-го порядка, а оогонии в ооциты 1-го порядка. Причем сперматоциты 1-го порядка намного мельче, чем ооциты 1-го порядка у животных одного вида. В эту стадию делений нет.

3 стадия: созревания – после увеличения размеров сперматоциты и ооциты 1-го порядка приступают к первому редуцированному мейотическому делению, при котором из одного сперматоцита 1-го порядка $2n$ образуются две равноценные клетки с гаплоидным набором хромосом (n). Эти клетки называются сперматоцитами 2-го порядка. При овогенезе из одного ооцита 1-го порядка ($2n$) благодаря M_1 образуются две неравнозначные (по размерам) клетки: ооциты 2-го порядка с гаплоидным (n) набором хромосом. Деление M_1 неравноценное, в овогенезе клетка одного большего размера (ооцит 2-го порядка) забирает у второй питательные вещества и вторая называется полярным, или направленным, тельцем. Оно также с гаплоидным набором хромосом, меньшего размера и не участвует в процессе оплодотворения. После первого мейотического деления сперматоциты 2-го порядка и ооциты 2-го порядка вступают во второе мейотическое деление – эквационное, в результате которого образуются еще по две равноценные клетки с гаплоидным набором хромосом при сперматогенезе и называется сперматидами. При овогенезе ооцит 2-го порядка делится неравноценно на большую клетку ооид и маленькое полярное тельце. Первое полярное тельце также делится мейозом II и дает себе подобные два маленьких полярных тельца. В результате двух мейотических делений из сперматоцита 1-го порядка в стадии созревания образуется лишь одна полноценная клетка, которая в дальнейшем вступает в процесс оплодотворения и 3 клетки, называемые направленными, или полярными тельцами.

Из 40 сперматоцитов 1-го порядка в процессе оплодотворения примут участие 160 сперматозоидов, а из 40 ооцитов 1-го порядка в оплодотворении будут участвовать лишь 40 яйцеклеток, а 120 направленных телец отдадут свой запас питательных веществ яйцеклеткам и в процессе оплодотворения участвовать не будут.

13. СТРОЕНИЕ ЗРЕЛЫХ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК

Сперматозоиды – зрелые мужские половые клетки, состоят из головки, шейки и хвостика, ядра, цитоплазмы. Подвижные мужские клетки называются сперматозоидами, неподвижные – спермиями. На кончике головки расположен аппарат Гольджи, преобразованный в

кольцевое тельце – акросому (рис. 34). В ней образуются ферменты, растворяющие мембрану яйцеклетки при оплодотворении. В цитоплазме шейки сосредоточены митохондрии, одна или несколько центриолей.

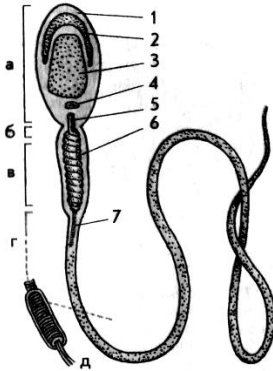


Рис. 34. Строение сперматоида млекопитающих:
а – головка; б – шейка; в – средняя часть; г – хвостик; д – нить; 1 – акросома; 2 – головной чехлик; 3 – ядро; 4 – 5 – центриолы; 6 – митохондрия; 7 – нить.

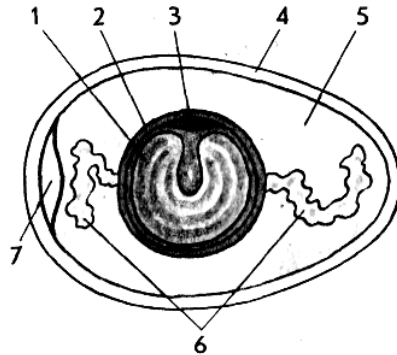


Рис. 35. Строение яйца курицы: 1 – желток; 2 – желточная оболочка; 3 – зародышевый диск; 4 – скорлупа; 5 – белок; 6 – канатики, удерживающие яйцеклетку в центре яйца; 7 – воздушная камера.

Яйцеклетка – зрелая женская половая клетка (рис. 35).

Яйцеклетки у многоклеточных животных различаются по количеству желтка:

0,085 мм – у морского ежа; 0,2 мм – у человека; 22 см – у сельдевой акулы.

Ядро яйцеклетки содержит гаплоидный набор хромосом (n). В цитоплазме функционируют митохондрии, рибосомы, аппарат Гольджи, слабо развита ЭПС, накапливается значительное количество нуклеотидов, аминокислот, белков и других веществ, необходимых для развития зародыша. Яйцеклетка имеет одну или несколько сложных по строению оболочек.

14. ОПЛОДОТВОРЕНИЕ

Оплодотворение – это процесс слияния женской и мужской половых гамет с образованием зиготы. Оплодотворение яйца морской звезды приведено на рис. 36.

В зависимости от способа различают наружное и внутренне оплодотворение.

Наружное – случайный способ осеменения (примитивный). Происходит у большинства водных животных, земноводных. Гаметы выделяются в воду, где и происходит оплодотворение.

Внутреннее – особи с наружными половыми органами служат для переноса спермальной жидкости из тела самца в тело самки, где (внутри) происходит оплодотворение (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие).

Внутреннее оплодотворение – это осеменение с помощью копулятивных мужских органов в половых путях самки.

У животных в спермальной жидкости находятся миллионы сперматозоидов, каждый из которых активно движется по направлению к яйцеклетке.

Как только первый сперматозоид проникает сквозь мембрану яйцеклетки, тут же образуется оболочка оплодотворения, которая не допускает проникновения в яйцеклетку других сперматозоидов. Затем оба ядра (внутри яйцеклетки) движутся друг к другу и сливаются. Так образуется зигота ($2n$).

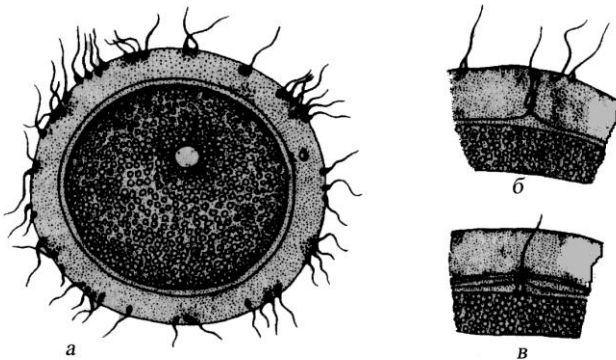


Рис. 36. Оплодотворение яйца морской звезды: а – яйцо, окруженное сперматозоидами; б – проникновение сперматозоида в студенистую оболочку яйца; в – проникновение сперматозоида в протоплазму яйца.

В ядре зиготы все хромосомы вновь становятся парными: в каждой паре гомологичных хромосом одна из них отцовская, другая – материнская. Диплоидный набор хромосом, характерный для соматических клеток каждого вида организмов, восстанавливается именно при оплодотворении.

У покрытосеменных наблюдается двойное оплодотворение.

15. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА БЛОК МОДУЛЯ

1. Что изучает цитология?
2. Когда и кем была сформулирована клеточная теория?
3. Перечислите основные положения клеточной теории, значение ее в развитии науки.
4. Докажите, почему клетки, ткани и органы в сумме еще не представляют собой целостный организм.
5. Перечислите основные структурные компоненты клетки.
6. Перечислите основные компоненты интерфазного ядра, их строение и функции.
7. Опишите строение метафазной хромосомы.
8. Дайте определение и зарисуйте различные типы хромосом.
9. Функции хромосом.
10. Что такое карิโอтип? Гаплоидный и диплоидный набор хромосом. Гомологичные и негомологичные хромосомы.
11. Способы размножения организмов и биологическое значение размножения.
12. Определение и характеристика митотического цикла. Схема митотического цикла. Биологическая роль митоза.
13. Характеристика периодов интерфазы. Когда происходит редупликация молекул ДНК? Значение этого процесса.
14. Характеристика митотического деления. Фазы митоза и основные процессы, протекающие в них.
15. Отличительные особенности мейоза от митоза. Биологическая роль мейоза.
16. Характеристика профазы I редукционного мейотического деления. Изобразите с помощью рисунка состояние хромосом в каждой из подфаз профазы I.
17. Характеристика основных стадий оогенеза. Где и когда протекает этот процесс? Изобразите в виде схемы преобразование гоний в зрелые половые клетки. В чем их различие?

18. Характеристика основных стадий сперматогенеза. Где и когда протекает этот процесс? Изобразите в виде схемы преобразование гоний в зрелые половые клетки. В чем их различие?

19. В чем заключаются основные различия сперматогенеза от овогенеза?

20. Что такое кроссинговер, когда происходит и к чему приводит?

21. Изобразите на рисунке одинарный кроссинговер между двумя хроматидами.

22. Изобразите на рисунке двойной кроссинговер между двумя хроматидами.

23. Опишите процесс конъюгации. К чему он приводит? Когда происходит?

24. Изобразите на рисунке одинарный двойной кроссинговер между тремя хроматидами.

25. Изобразите на рисунке двойной кроссинговер между четырьмя хроматидами.

26. Дайте определение следующим терминам: анафаза, метафаза, хромосома, гамета, профазы, центромера, зигота, телофаза, центросома, хроматида, интерфаза, ядро. Отличительные особенности гоний от гамет.

27. Цитология как наука, ее роль в биологии.

28. Клеточная теория, основные этапы ее развития (М. Шлейден, Т. Шванн, Р. Вирхов). Современное состояние клеточной теории.

29. Клетка – элементарная генетическая и структурно-функциональная биологическая единица организации живого.

30. Особенности строения прокариотических и эукариотических клеток.

31. Методы строения клетки: гистологический, гистохимический, микроскопические (световая, люминесцентная, ультрафиолетовая, фазово-контрастная, электронная микроскопия) и др.

32. Клетка как открытая система. Понятие о внешнем и внутреннем обмене веществ в клетке.

33. Размножение – универсальное свойство живого. Эволюция форм размножения.

34. Бесполое размножение, его виды, биологическое значение. Полиэмбриония как вид бесполого размножения у организмов, размножающихся половым путем.

35. Половое размножение, его виды. Преимущества полового размножения перед бесполом. Формы полового размножения у одноклеточных и многоклеточных животных.

36. Особенности полового размножения у многоклеточных животных:

- мейоз как специфический процесс при формировании половых клеток;
- закономерности ово- и сперматогенеза у млекопитающих;
- морфологические и функциональные особенности зрелых гамет у млекопитающих;
- осеменение (наружное и внутреннее), ферментативные процессы при осеменении; искусственное осеменение у млекопитающих;
- оплодотворение, его фазы, биологическая сущность;
- моно- и полиспермия.

37. Нерегулярные типы полового размножения: партеногенез (естественный, искусственный), гиногенез, андрогенез.

38. Формирование полового диморфизма и раздельнополости в процессе эволюции. Переопределение пола.

39. Жизненный цикл клетки, его периоды и характеристика.

40. Деление клетки, его типы и виды:

- митоз (собственно митоз, мейоз, их фазы, цитологическая и цитогенетическая характеристики, биологическое значение; эндомитоз и политения, механизмы их возникновения, биологическое значение);
- амитоз, его виды и формы, биологическое значение;
- нейро-эндокринные механизмы регуляции деления клетки.

41. Особенности ово- и сперматогенеза у млекопитающих.

42. Морфологические и функциональные особенности зрелых гамет у млекопитающих.

16. ТЕСТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ ПО ТЕМЕ

1. Представители прокариот:

а) вирусы; б) бактериофаги; в) бактерии; г) сине-зеленые водоросли.

2. Представители эукариот:

а) бактерии, сине-зеленые водоросли; б) царство растений; в) царство животных; г) царство грибов.

3. Строение хромосомы прокариот:

а) кольцевидная нить ДНК (генофор); б) нить РНК; в) нуклеопротеид.

4. Строение хромосомы эукариот:

а) кольцевая нить ДНК (генофор); б) дезоксирибонуклеопротеид с ионами металлов; в) ДНК и РНК.

5. Количество генов, содержащихся в плаزمидах бактериальной клетки:

а) 1 – 2; б) 3 – 4; в) 8 – 10.

6. Почему клетка является элементарной биологической единицей?

а) клетка – наименьшая структурная единица, которой характерны свойства живого; б) все живые организмы состоят из клеток; в) клетки многоклеточных организмов, специализированные по функциям, образуют ткани.

7. Какие свойства живого свидетельствуют о том, что клетка является элементарной структурной единицей?

а) рост и развитие; б) раздражимость и движение; в) структурная организация; г) дискретность и целостность.

8. Какие свойства живого свидетельствуют о том, что клетка является элементарной функциональной единицей?

а) наследственность и изменчивость; б) рост и развитие, размножение; в) раздражимость и движение; г) обмен веществ и энергии; д) гомеостаз.

9. Что свидетельствует о том, что клетка является элементарной генетической единицей?

а) обмен вещества и энергии; б) рост и развитие; в) наследственность и изменчивость; г) клетка содержит наследственную информацию, которая передается из поколения в поколение при размножении клеток.

10. Основные методы изучения клетки:

1) гистологический; 2) гистохимический; 3) микроскопический.

11. Возможности гистологического метода:

а) позволяет определить в клетках содержание неорганических веществ; б) позволяет изучить обзорную картину ткани; в) позволяет детально изучить структурные компоненты клетки.

12. Возможности гистохимического метода:

а) позволяет определить в клетках содержание органических и неорганических веществ; б) позволяет детально изучить структурные компоненты клетки; в) провести микрохирургию.

13. Структурные компоненты клетки:

а) клеточная оболочка, гиалоплазма, ядро; б) цитолемма, цитоплазма, ядро; в) клеточная оболочка, цитоплазма, ядро.

14. Органеллы клетки общего назначения:

а) эндоплазматическая сеть, рибосомы, пластинчатый комплекс; б) микрофиламенты, тонофибриллы; в) центросома, митохондрии лизосомы; г) пластиды.

15. Органеллы клетки специального назначения:

а) миофибриллы, нейрофибриллы; б) тонофибриллы, микротрубочки, микрофиламенты; в) реснички, жгутики, пластиды.

16. Органеллы клетки, имеющие мембранное строение:

а) центросома; б) эндоплазматическая сеть; в) пластинчатый комплекс, лизосомы; г) митохондрии.

17. Органеллы клетки, не имеющие мембранного строения:

а) центросома; б) рибосома; в) микротрубочки, микрофиламенты; г) пластинчатый комплекс, лизосомы.

18. Роль эндоплазматической сети в клетке:

а) синтез белков; б) синтез жиров и углеводов; в) функции компартиментализации; г) транспортная.

19. Роль лизосом в клетке:

а) синтез жиров; б) расщепление нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов; в) внутриклеточное переваривание разрушенных компонентов цитоплазмы; г) аутолиз клетки.

20. Роль митохондрий в клетке:

а) хранители цитоплазматической наследственности; б) преобразователи энергии для внутриклеточных процессов; в) формирование включений; г) протеолитическая функция.

21. Роль пластинчатого комплекса в клетке:

а) участие в равномерном расхождении хромосом к полюсам; б) образование лизосом; в) формирование включений; г) экскреторная и секреторная функции.

22. Роль центросомы в клетке:

а) формирование митотического аппарата; б) формирование лизосом; в) равномерное расхождение хромосом в митозе и мейозе; г) экскреторная функция.

23. Структурные компоненты ядра:

а) плазмолемма; б) кариолемма; в) кариоплазма; г) хроматин; д) ядрышко.

24. Типы хромосом:

а) метацентрические; б) субметацентрические; в) акроцентрические; г) телоцентрические; д) кольцевые.

25. Правила хромосом:

а) постоянство числа хромосом; б) парности; в) непрерывности; г) индивидуальности.

26. Суцность правила индивидуальности хромосом:

а) каждый вид имеет характерный только для него набор хромосом; б) каждая хромосома имеет свои морфологические особенности; в) каждая хромосома имеет характерный для нее набор генов.

27. Роль теломер в хромосомах:

- а) участвуют в делении клетки; б) делают хромосому насыщенной; в) сохраняют хромосому как дискретную единицу; г) препятствуют соединению хромосом или их фрагментов между собой.

28. Жизненный цикл клетки:

- а) период от конца деления клетки до конца ее собственного деления; б) период от возникновения клетки путем деления материнской до начала ее собственного деления или ее смерти; в) период между делениями клетки.

29. Периоды интерфазы:

- а) предсинтетический, синтетический, постсинтетический; б) постмитотический, премитотический; в) синтетический, постсинтетический.

30. Цитогенетическая характеристика ядра в G₁-период интерфазы:

- а) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; б) $2n : 1xр : 2с$ ДНК; в) $n : 1xр : 2с$ ДНК.

31. Цитогенетическая характеристика ядра в S-период интерфазы:

- а) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; б) $2n : 1xр : 2с$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

32. Цитогенетическая характеристика ядра в G₂-период интерфазы:

- а) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; б) $2n : 1xр : 2с$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

33. Основные типы деления клеток:

- а) амитоз; б) митоз; в) мейоз.

34. Виды амитоза по форме:

- а) генеративный, дегенеративный, реактивный; б) равномерный, неравномерный, множественный; в) без цитомии.

35. Формы амитоза по виду:

- а) генеративный, дегенеративный, реактивный; б) равномерный, неравномерный, множественный, без цитомии; в) эндомитоз, полителия.

36. Что расходится к полюсам в анафазе митоза?

- а) хромосомы; б) хроматиды.

37. Цитогенетическая характеристика ядра в анафазе митоза:

- а) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; б) $2(2n : 1xр : 2с)$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

38. Биологическое значение митоза:

- а) происходит равномерное распределение генетического материала; б) дочерние клетки полностью похожи на материнскую; в) из соматических диплоидных клеток получают половые гаплоидные клетки.

39. Графоструктура мейоза:

а) мейоз I – интеркинез – мейоз II; б) мейоз I – интерфаза – мейоз II – гибель – оплодотворение; в) интерфаза – мейоз I – интеркинез – мейоз II – оплодотворение или гибель гамет.

40. Порядок стадий профазы мейоза I:

а) лептонема, зигонема, диплонема, диакинез, пахинема; б) зигонема, пахинема, лептонема, диплонема, диакинез; в) лептонема, зигонема, пахинема, диплонема, диакинез.

41. Основные процессы, происходящие с хромосомами в профазе мейоза I:

а) спирализация; б) конъюгация и кроссинговер; в) деспирализация.

42. Цитогенетическая характеристика ядра клетки, вступившей в мейоз I:

а) $2n : 1x_p : 2c$ ДНК; б) $2n : 2x_p : 4c$ ДНК; в) $n : 2x_p : 2c$ ДНК.

43. Что расходуется к полюсам в анафазе мейоза I?

а) хромосомы; б) хроматиды.

44. Цитогенетическая характеристика ядра клетки, вступившей в мейоз II:

а) $2n : 2x_p : 4c$ ДНК; б) $2n : 1x_p : 2c$ ДНК; в) $n : 2x_p : 2c$ ДНК.

45. Что расходуется к полюсам в анафазе мейоза II?

а) хромосомы; б) хроматиды.

46. Цитогенетическая характеристика клеток, образовавшихся после мейоза II:

а) $n : 2x_p : 2c$ ДНК; б) $n : 1x_p : 1c$ ДНК; в) $2n : 1x_p : 2c$ ДНК.

47. Типы тканей по способности к пролиферации:

а) лабильные; б) стабильные; в) статические.

48. Виды бесполого размножения:

а) партеногенез; б) вегетативное; в) спорообразование.

49. Формы вегетативного размножения:

а) продольное, поперечное, множественное деления; б) фрагментация, почкование; в) полиэмбриония; г) вегетативными органами у растений.

50. Формы полового размножения:

а) шизогония; б) конъюгация; в) копуляция; г) партеногенез, гиногенез, андрогенез.

51. Нерегулярные типы полового размножения:

а) оогамия; б) партеногенез; в) гиногенез; г) андрогенез.

52. Виды копуляции:

а) изогамия; в) оогамия; г) шизогония.

53. Пути проникновения сперматозоида в яйцеклетку:

а) через микропеле; б) через воспринимающий бугорок; в) ферментативно; г) фагоцитарно.

54. Особенности бесполого размножения:

а) принимает участие одна родительская особь; б) развитие идет из зиготы; в) развитие идет из соматических клеток; г) новое поколение по наследственному материалу не отличается от родительской.

55. Особенности полового размножения:

а) принимают участие две родительские особи; б) участвуют половые клетки; в) обновляется наследственный материал; г) развитие идет из соматических клеток.

56. Преимущества полового размножения перед бесполом:

а) потомство полностью похоже на родителей; б) выше коэффициент размножения; в) происходит обновление генетического материала, что приводит к многообразию форм одного вида; г) увеличиваются адаптивные возможности организма.

57. Какие параметры половых клеток сходны при изогамии?

а) размеры; б) форма; в) подвижность; г) структура.

58. Периоды сперматогенеза:

а) размножения, роста, формирования; б) размножения, формирования, созревания; в) роста, созревания, формирования; г) размножения, роста, созревания, формирования.

59. Периоды овогенеза:

а) размножения, роста, созревания; б) размножения, формирования, созревания; в) роста, созревания, формирования; г) размножения, роста, формирования, созревания.

60. Цитогенетическая характеристика овогоний и сперматогоний:

а) $2n : 1xр : 2с$ ДНК; б) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

61. Цитогенетическая характеристика овоцитов I порядка и сперматоцитов I порядка:

а) $2n : 1xр : 2с$ ДНК; б) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

62. Цитогенетическая характеристика овоцитов II порядка и сперматоцитов II порядка:

а) $2n : 2xр : 4с$ ДНК; б) $n : 1xр : 1с$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

63. Цитогенетическая характеристика сперматид, сперматозоидов и ооцитов (яйцеклетки):

а) $n : 1xр : 1с$ ДНК; б) $n : 2xр : 1с$ ДНК; в) $n : 2xр : 2с$ ДНК.

ЛИТЕРАТУРА

1. А й а л а Ф. Современная генетика / Ф. Айала, Дж. Кайгер. М.: Мир, 1987.
2. Г е р ш е н з о н С. М. Основы современной генетики / С.М. Гершензон. Киев: Наукова думка, 1983.
3. Генетика / Е.К. Меркурьева, З.В. Абрамова, А.В. Бакай и др. М.: Агропромиздат, 1991. 446 с.
4. И в а н о в а О. Г. Генетика / О.Г. Иванова. М.: Колос, 1974.
5. Генетика / А.А. Жученко., Ю.Л. Чужов и др. М.: Колос, 2003.
6. Ж и м у л е в И. Ф. Общая и молекулярная генетика / И.Ф. Жимулев. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2003.
7. З а я ц Р. Г. Основы общей и медицинской генетики / Р.Г. Заяц, И.В. Рачковская. Минск: Вышэйш. шк., 1998. С. 29 – 31.
8. К а р т е л ь Н. А. Биоинженерия / Н.А. Картель. Минск, 1989.
9. Л а р ц е в а С. Х. Практикум по генетике / С.Х. Ларцева, М.К. Муксинов. М.: Агропромиздат, 1985.
10. М е р к у р ь е в а Е. К. Генетика с основами биометрии / Е.К. Меркурьева, Г.Н. Шангин-Березовский. М.: Колос, 1983.
11. М е т т л е р Л. Генетика популяций и эволюция / Л. Меттлер. М.: Мир, 1972.
12. П е т у х о в В. Л. Генетические основы сельскохозяйственных животных / В.Л. Петухов, И.П. Гудилин. М.: Агропромиздат, 1989.
13. Х а т т Ф. Генетика животных / Ф. Хатт. М.: Колос, 1969.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Периоды развития клеточной теории

1 п е р и о д . Зарождение понятия о клеточной теории (1590 – 1810 гг.)

Английский естествоиспытатель и физик **Роберт Гук** (1635 – 1703) в 1655 г. сконструировал микроскоп и впервые описал клеточное строение тонкого среза пробкового дерева. Итальянский врач и микроскопист **М. Мальпиги** (1628 – 1694) в 1675 г. описал микроскопическое строение некоторых тканей и органов животных и человека. В 1682 г. английский ботаник **Н.Грю** (1641 – 1712) описывал клетки других растительных объектов. Ими было дано представление о клетках, как о «мешочках» или «пузырьках», наполненных «питательным соком». Голландский ученый **Антони ван Левенгук** (1632 – 1723) в Нидерландах в 1674 г. впервые наблюдал ряд простейших, сперматозоиды, бактерии, эритроциты. В 1700 г. впервые описал ядро, увидев через микроскоп овальные частички – красные кровяные тельца рыбьей крови. В 1780 г. аббат-итальянец **Ладзаро Спалланцани** провел первый эксперимент по оплодотворению. В 1781 г. **Феликс Фонтана** обнаружил овальные тельца внутри клеток кожи угря. Французский ученый **Ш.Бриссо – Мирбе** в 1802 – 1808 гг. установил тот факт, что все растительные организмы образованы тканями, которые, в свою очередь, состоят из клеток. Французский ученый **Жан Батист Ламарк** в 1809 г. установил клеточное строение всех живых организмов.

Естествоиспытатели 17 – 18 вв. считали, что главная роль в жизнедеятельности клетки принадлежит оболочке, эта гипотеза была ошибочной.

2 п е р и о д . Возникновение клеточной теории (1810 – 1858 гг.)

В 1825 г. чешский ученый **Ян Пуркине** (1787 – 1869) обнаружил в курином яйце ядро, расположенное в полужидком веществе – протоплазме. Шотландский ботаник **Роберт Броун** (1773 – 1858) в 1831 г. впервые описал ядро растительной клетки, назвав его центральной частью клетки. Немецкий ботаник **М.Шлейден** (1804 – 1881) в 1837 г. пришел к выводу, что ядро – важнейшая составная часть клетки. Немецкий физиолог, цитолог и зоолог **Томас Шванн** (1810 – 1882) в 1839 г. сформулировал основные положения клеточной теории.

Во втором периоде главным в организации клетки стала считаться не стенка, а ее содержимое. Недостатком было утверждение возможности происхождения в организме новой клетки из внеклеточных структур.

3 п е р и о д . Развитие клеточной теории (1858 – 1900 гг.)

Немецкий ученый **Рудольф Вирхов** (1821 – 1902) в 1858 г. установил, что клетки размножаются путем деления из предшествующих материнских клеток: «каждая клетка из клетки». С 1858 по 1866 г. были проведены экспериментальные работы чешского монаха **Грегора Менделя** с использованием гибридологического метода при анализе наследственности. Русский академик **Карл Бэр** (1792 – 1876) открыл яйцеклетку млекопитающих и обосновал положение, что все многоклеточные организмы начинают свое развитие из одной клетки – зиготы. В 1868 г. швейцарский биохимик **Фридрих Мишер** открыл входящее в состав ядра клетки химическое вещество, которое назвал нуклеином (от *лат.*

«nucleus» – ядро). **Э. Вильсон, Т. Бовери, У. Сэттон** установили связь между поведением наследственных факторов и хромосом в процессе клеточного деления (митоз) и образования половых клеток (мейоз), передающихся следующим поколениям. **Э. Вильсон** в 1896 г. издал книгу «Клетка, ее роль в наследственности и развитии», которая заложила основы современной клеточной биологии и цитогенетики. В 1875г. русский ботаник **И. Д. Чистяков** и польский ботаник **И. Эдвард Страсбургер** в 1875г. открыли митоз, тем самым подтвердили предположение **Р. Вирхова**, а в 1877 г. **Эдвард Страсбургер** на растениях описал процесс оплодотворения яйцеклетки одним сперматозоидом. В 1875 г. немецкий эмбриолог из Мюнхена **Оскард Хертвиг** наблюдал слияние ядра яйцеклетки морского ежа с ядром единственного сперматозоида. В 1882 г. **Вальтер Флемминг** соединил два научных метода познания (микроскоп и окрашивание вещества) и описал изменения, происходящие в ядре при делении клетки. Это явление было названо им «митозом» (от *греч.* «мито» – нить). Он впервые описал хромосомы, но не дал этому явлению должного объяснения. В 1887 г. немецкий биолог **Август Вейсман** выдвинул гипотезу о сохранении хромосом из поколения в поколение. В 1892 г. **А. Вейсман** попытался объяснить появление у одних и тех же родителей потомства с различными признаками (различные комбинации генов в родительских половых клетках). **В. И. Беляев** в 1894 г. описал мейоз. В 1894 г. ученый-самоучка **Вильгельм Фридрих** открыл более мелкие частицы, на которые распадается ядро перед делением. Эти частицы поддавались окрашиванию особыми анилиновыми красителями. Из-за этой способности ученый дал им название «хромосома», что значит окрашенное тело («хромос» – цвет, «сома» – тело). **С. Г. Навашин** в 1898 г. описал двойное оплодотворение у цветковых растений.

В третьем периоде для изучения наследственности более широко стал использоваться цитологический метод исследования. Произошло объединение метода генетического анализа с цитологическим методом, т.е. в генетике впервые возникло цитогенетическое направление. Было установлено, что наследственные факторы находятся в клетке.

4 п е р и о д . Современная клеточная теория (с 1900 г. и по настоящее время)

В 1909 г. датский ученый **Вильгельм Иогансен** предложил термин «ген». Английский ученый **Уильям Бэтсон** в 1907 г. изобрел название для новой области науки – «генетика». Американский генетик **Томас Морган** со своими учениками в 1910 г. обосновал хромосомную теорию. В 1914 г. немецкий зоолог **Теодор Бовери** сформулировал гипотезу соматических мутаций, которые вызывают рак. В 1916 г. **Кельвин Бриджес** опубликовал работу «Нерасхождение как доказательство хромосомной теории наследственности». **Г. А. Левитский**, русский генетик, в 1924 г. издал книгу «Материальные основы наследственности», который считается первым в мире учебником по цитогенетике. В 1940-х годах бельгиец **Жан Браше** и швед **Торбьерн Касперсон** впервые продемонстрировали наличие РНК в растительных и животных клетках. В 1953 г. американский доктор **Джеймс Уотсон** и английский биофизик **Френсис Крик** заявили, что ДНК состоит из двух цепей, обвивающих друг друга в виде двойной спирали. В 1958 г. **Мэт Мезелсон** и **Фрэнк Сталь** подтвердили гипотезу Уотсона – Крика и впервые применили метод полуконсервативной репликации. В начале 1960-х годов **Жаком Моно** и **Жерменом Коэн-Базиром** из парижского Пастеровского института была впервые объяснена автоматическая система контроля активности генов при производстве ферментов. В 1965 г. **Франсуа Жакоб** и **Жак Моно** за свою работу, посвященную регуляции генной активности, получили Нобелевскую премию по медицине и физиологии. Современные ученые – цитологи и генетики.

Кариотипы живых организмов (от max до min)

| Вид животного | Хромосомный набор клеток | | Вид животного | Хромосомный набор клеток | |
|-----------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------|
| | соматической диплоидный (2n) | половой гаплоидный (n) | | соматической диплоидный (2n) | половой гаплоидный (n) |
| Радиолярия | 1000 – 1600 | 500 – 900 | Лосось атлантический | 54 – 60 | 27 – 30 |
| Русский осетр | 250 ± 8 | 125 ± 4 | Овца | 54 | 27 |
| Стерлядь | 118 ± 2 | 59 ± 1 | Горбуша | 54 | 27 |
| Северяга | 118 ± 2 | 59 ± 1 | Океанская сельдь | 52 – 54 | 26 – 27 |
| Белуга | 118 ± 2 | 59 ± 1 | Лещ | 50 | 25 |
| Речной рак | 116 | 58 | Плотва | 50 | 25 |
| Сазан | 100 – 104 | 50 – 52 | Щука обыкновенная | 50 | 25 |
| Карп | 100 | 50 | Линь | 48 | 24 |
| Золотой карась | 100 | 50 | Белый амур | 48 | 24 |
| Серебристый карась | 100 | 50 | Белый толстолобик | 48 | 24 |
| Гусь | 82 | 41 | Пестрый толстолобик | 48 | 24 |
| Индейка | 82 | 41 | Окунь обыкновенный | 48 | 24 |
| Голубь | 80 | 40 | Камбала | 48 | 24 |
| Утка | 80 | 40 | Картофель | 48 | 24 |
| Курица | 78 | 39 | Таракан | 48 | 24 |
| Перепел | 78 | 39 | Шимпанзе | 48 | 24 |
| Собака | 78 | 39 | Человек | 46 | 23 |
| Кета | 74 | 37 | Кролик | 44 | 22 |
| Пелядь | 74 | 37 | Нутрия | 42 | 21 |
| Лошадь | 64 | 33 | Пшеница мягкая | 42 | 21 |
| Осел | 62 | 31 | Свинья | 38 | 19 |
| Сом обыкновенный | 60 | 30 | Соболь | 38 | 19 |
| КРС | 60 | 30 | Кошка | 38 | 19 |
| Коза | 60 | 30 | Томат | 24 | 12 |
| Радужная форель | 58 – 62 | 29 – 31 | Кукуруза | 20 | 10 |
| Стальноголовый лосось | 58 – 62 | 29 – 31 | Муха домашняя | 12 | 6 |
| Норка | 58 | 29 | Муха-дрозофила | 8 | 4 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| 1. Цитология – задачи, методы и предмет изучения | 3 |
| 2. Основные положения клеточной теории и ее значение в развитии науки | 4 |
| 3. Клетка – структурная и функциональная единица живого | 5 |
| 4. Особенности строения клеток прокариот и эукариот | 6 |
| 5. Строение эукариотической клетки | 9 |
| 5.1. Характеристика клеточной оболочки | 10 |
| 5.2. Характеристика цитоплазмы | 12 |
| 5.3. Характеристика органоидов | 12 |
| 5.4. Строение и функции клеточного ядра и ядрышек | 14 |
| 6. Строение и функции хромосом | 16 |
| 7. Кариотипы животных и растений. Гаплоидный и диплоидный набор хромосом | 20 |
| 8. Размножение организмов. Способы размножения | 22 |
| 9. Клеточный цикл. Интерфаза | 23 |
| 10. Митоз и его значение | 25 |
| 11. Мейоз, отличительные особенности от митоза, биологическая роль | 27 |
| 12. Гаметогенез | 30 |
| 13. Строение зрелых половых клеток | 32 |
| 14. Оплодотворение | 33 |
| 15. Контрольные вопросы, выносимые на блок модуля | 35 |
| 16. Тесты для проверки уровня знаний по теме | 37 |
| Литература | 43 |
| Приложения | 44 |