

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Тема: «Основные понятия и положения классической и современной генетики»

Работу выполнили студенты дефектологического факультета
115 группы

Машкова Анастасия
Скворцова Елена
Кравченко Алена

Руководитель:

Профессор А.Г.Московкина

Введение в генетику

- Генетика - наука о наследственности и изменчивости, путях управления ими. Наследственность выступает как свойство обеспечения материальной преемственности между поколениями на основе преемственности наследственных задатков и принципов организации наследственного материала. Наследование рассматривается как процесс передачи признаков от одного клеточного или организменного поколения другому в процессе размножения. Выделяют общую, медицинскую, клиническую генетику, генетику человека и генетику микроорганизмов, генетику растений и др.
- Генетика как фундаментальная наука, изучает процессы преемственности жизни на молекулярном, клеточном, организменном, популяционном уровнях.
- Основополагающими для становления генетики как науки явились открытие Г. Менделем законов наследования, создание хромосомной теории наследственности Т. Морганом, мутационная теория де Фриза.

Также генетика связанная с другими науками

Связь генетики с антропологией

Генетика человека помогает выявить особенности человека как объекта генетических исследований, играет решающую роль в вопросах изучения наследственности человека. Даёт возможность использования достижений биотехнологии для построения генетических карт человека.

Связь генетики с медициной

Изучение путей предотвращения генетических заболеваний. Изучает заболевания связанные наследственной предрасположенностью, изучает механизм возникновения злокачественных опухолей. С её помощью разрабатывают современные методы ранней диагностики генетических заболеваний и производят оценку риска генетических заболеваний в популяциях и семьях. Велико значение медико-генетических консультаций и пренатальной диагностики в гинекологии и здравоохранении.

КЛЕТКА

Клетка как генетическая единица живых организмов

- *В клетке содержится вся генетическая информация любого организма, которая передается дочерним клеткам в результате деления материнской (исходной).*
- *Клетка, как живая система, является открытой саморегулирующейся, через нее проходят, преобразуясь, потоки вещества, энергии и информации.*
- *Диаметр большинства клеток равен приблизительно 0,002 мм, или 10–20 мкм. (Вместе с находящимися в них органоидами — ядром (5–10 мкм), конденсированными хромосомами (200 нм, 200 10–9 м), митохондриями (1 мкм)).*

Органические компоненты клетки

Органические вещества – важные и необходимые компоненты клетки, они являются поставщиками энергии, без которой невозможно проявление любой формы жизнедеятельности; они образуют структуры клетки.

Органические соединения составляют в среднем 20-30 % массы клетки живого организма. К ним относятся биологические полимеры – белки, нуклеиновые кислоты и углеводы, а также жиры, гормоны, пигменты, АТФ и многие другие вещества.

Белки – это сложные органические соединения, состоящие из углерода, водорода, кислорода и азота. В некоторых белках содержится еще и сера. Часть белков образует комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк и медь. Молекулы белков – цепи, построенные из аминокислот, – очень велики; это макромолекулы, молекулярная масса которых колеблется от нескольких тысяч до нескольких миллионов.

Каждый белок характеризуется только ему присущей последовательностью аминокислот – первичной структурой. Число возможных первичных структур практически не ограничено. Скручивание аминокислотной цепочки в виде спирали в соответствии с физико-химическими свойствами различных аминокислот называется вторичной структурой, а ее сворачивание на определенных участках, которая придает ей точную трехмерную конфигурацию глобулы (клубок) или фибриллы (пучок нитей), – третичной.

При росте и делении клетки в ней образуются новые вещества (Поэтому одна из важнейших функций клетки – синтез структурных белков и белков-ферментов.).

Структурные белки образуют антитела, гормоны, миофибриллы, гемоглобин; входят в состав хромосом, мембран, митохондрий, рибосом. (выполняют функции: двигательную; защитную, транспортную, регуляторную, рецепторную, энергетическую).

Белки-ферменты выполняют каталитическую функцию и ускоряют или замедляют скорость биохимических реакций.

Структурные компоненты клетки и их функции

Компоненты клетки находятся в цитоплазме.

Цитоплазма окружена цитоплазматической мембраной, состоящей из двойного слоя липидных молекул.

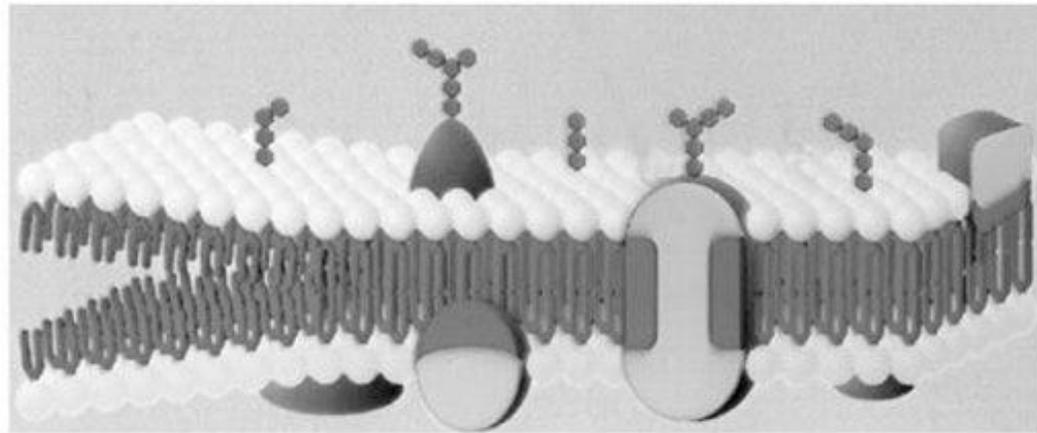


Рис. 4. Схема строения плазматической мембраны

Цитоплазматическая мембрана выполняет важные функции: структурную (входит в состав различных органоидов), барьерную (избирательно проницаема), регуляторную (обменные процессы протекают на мембранах), опорную (создает каркас клетки), защитную, рецепторную.

Ядро

Основными функциями ядра являются: — Хранение, реализация и передача наследственной информации.

Составляющие ядра:

- Хроматин — это интенсивно красящиеся гранулы ядра. Представляет собой комплекс ДНК и гистоновых (основных) белков — дезоксирибонуклеопротеид (ДНП). В процессе клеточного деления, хроматин спирализуется, плотно упаковывается гистоновыми белками и интенсивно окрашивается, распадаясь хромосомы.
- Ядрышки — тельца шаровидной формы, не окружены мембраной, не являются самостоятельным органоидом. Состоят из РНК и формируются участками спутничных хромосом (13–15-й и 21–22-й парами) — ядрышковыми организаторами. В ядрышках формируются рибосомы. Ядрышки можно обнаружить только в неделящихся клетках. В момент деления клетки они растворяются и их р-РНК переходит в цитоплазму.
- Ядерный сок, или кариоплазма — представляет собой бесструктурную массу, в которой содержатся белки, свободные нуклеотиды, РНК, аминокислоты, АТФ, субъединицы рибосом, промежуточные продукты обмена. Через кариолимфу осуществляются обменные процессы между ядром и цитоплазмой.

Гистоны – основные белки, участвующие в процессе компактизации ДНК.

Негистоновые белки выполняют функцию белков-регуляторов, узнающих определенные последовательности ДНК.

Генетический материал содержится также в— митохондриях. В них протекают окислительно-восстановительные реакции, обеспечивающие необходимой энергией в виде АТФ обменные процессы в клетке.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС), образованная мембранами проникает в цитоплазму, поделив ее на ячейки — компартменты. Контактует с ядром и наружной мембраной, со всеми органоидами клетки. Делится на гранулярную (лат. *granit* — зерно) с рибосомами на наружной поверхности мембран и агранулярную, не содержащую рибосом.

Осуществляет синтез белков, жиров и угле- водов, транспорт и обмен веществ внутри клетки.

Аппарат Гольджи состоит из диктиосом (гр. *diktion* — сеть + *soma* — тело), структур, имеющих мембранное строение и образующих замкнутые каналы с расширениями (цистернами) на концах, от которых отделяются пузырьки — вакуоли и лизосомы. Его функциями являются модификации, сортировка, упаковка, транспорт и секреция различных веществ, формирование лизосом — мембранных мешочков с гидролитическими (гр. *hydor* — вода + *lysis* — растворение) ферментами, участие в образовании клеточной стенки при делении клеток.

Клеточный центр, состоит из двух центриолей,. Каждая центриоль представляет собой цилиндр, имеющий по окружности 9 комплектов по три трубочки. Выполняют функцию — растягивания хромосом в дочерние клетки в процессе деления клеток.

Организация наследственного материала

Переход к генетическим исследованиям на микроорганизмах позволил генетике перейти на молекулярный уровень исследований и создать новую теорию гена. Суть открытия Д. Бидла и Э. Татума заключалась в том, что каждый ген контролирует образование, функционирование и специфичность одного определенного фермента: один ген — один фермент. Позднее понятие о функциях гена значительно расширилось, а формулировка Д. Бидла и Э. Татума трансформировалась в определение «один ген — одна полипептидная цепь». В 50-е годы благодаря работам С. Бензера с бактериофагом было окончательно доказано положение Менделя, что ген является дискретной единицей. Выяснилось, что ген делим. Элементарной структурной единицей гена считается пара нуклеотидов, а функциональной единицей — триплет (кодон). Таким образом, как единица наследственности ген неделим лишь в отношении своей первичной функции — хранения и передачи информации о первичной структуре полипептида. Гены располагаются в особых структурах — хромосомах, представляющих собой комплекс ДНК и белков. В соматических клетках человека 23 пары хромосом — диплоидный набор. В половых клетках содержится гаплоидный набор хромосом.

Строение и функции нуклеиновых кислот

Нуклеиновые кислоты, существующие в двух формах, ДНК и РНК, хранят и передают наследственную информацию. В клетке ДНК локализованы преимущественно в хромосомах, частично в митохондриях. РНК входят в состав рибосом, диффузно распределяются по ядру и цитоплазме. Нуклеиновые кислоты состоят из нуклеотидов. Существуют три типа РНК: информационная (и-РНК), транспортная (т-РНК) и рибосомальная (р-РНК).

Таблица 1

Химический состав молекул ДНК и РНК

Составные элементы	ДНК	РНК
Азотистые основания (пурины)	Аденин Гуанин	Аденин Гуанин
Азотистые основания (пиримидиновые)	Цитозин Тимин	Цитозин Урацил
Остатки кислоты	Фосфорная кислота	Фосфорная кислота
Сахар	Дезоксирибоза	Рибоза

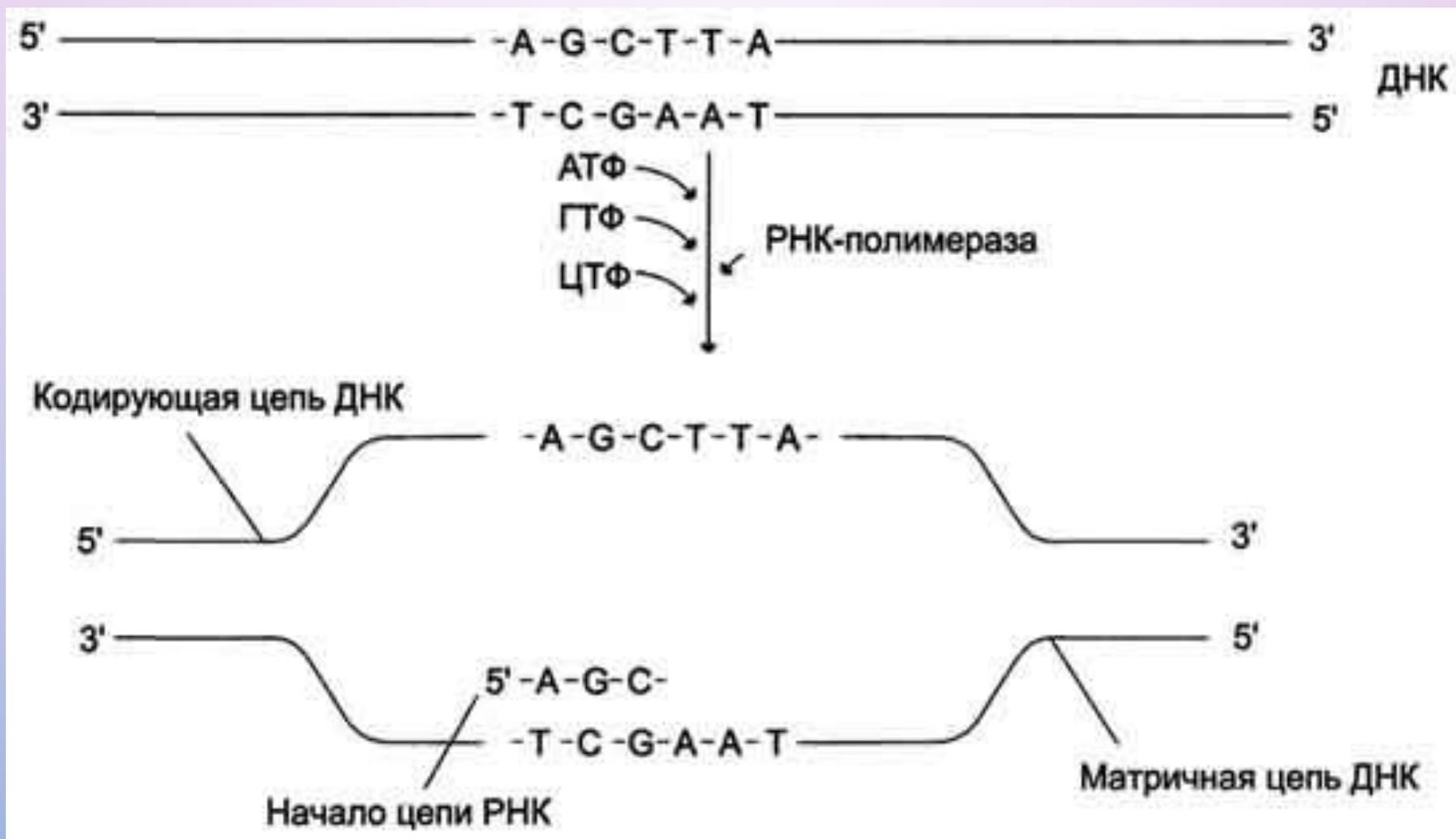
Механизмы репликации и синтеза белка

Каждая из двух цепей молекулы ДНК служит матрицей для дочерней молекулы. Весь геном клетки реплицируется один раз за период времени, соответствующий одному митозу.

Информация, первоначально закодированная в специфической последовательности нуклеотидов ДНК, подвергается транскрипции в специфическую последовательность нуклеотидов и-РНК, а затем трансляции, т.е. перекодированию в определенную последовательность аминокислот в молекуле белка. Следовательно, трансляция — это перевод последовательности нуклеотидов иРНК в последовательность аминокислот полипептида.

Синтез полипептидной цепочки на нити и-РНК происходит следующим образом:

а) т-РНК доставляет аминокислоты в большую субъединицу рибосомы и временно присоединяется к кодону и-РНК в аминоацильном центре своим антикодоном. Рибосома передвигается на один кодон и-РНК и т-РНК с аминокислотой перемещается в пептидильный центр рибосомы. В аминоацильный центр приходит новая т-РНК с аминокислотой. Между аминокислотами устанавливается пептидная связь, а связи между первой аминокислотой и ее т-РНК и между т-РНК и и-РНК разрушаются и т-РНК освобождается и уходит за новой аминокислотой.



Генетический код

Генетическая информация кодируется последовательностями нуклеотидов в нуклеиновых кислотах с помощью 4 символов — нуклеотидов, так же как информация книги шифруется при помощи букв. В.

Генетический код был полностью расшифрован к 1966 г. В его расшифровке принимали участие ведущие ученые всего мира. Он имеет следующие основные характеристики: 1. Триплетность — каждая аминокислота зашифрована последовательностью из трех нуклеотидов (триплетом или кодоном).

2. Вырожденность (избыточность) — большинство аминокислот шифруются более чем одним кодоном (от 2 до 6).

3. Неперекрываемость — один и тот же нуклеотид не может входить одновременно в состав двух соседних кодонов.

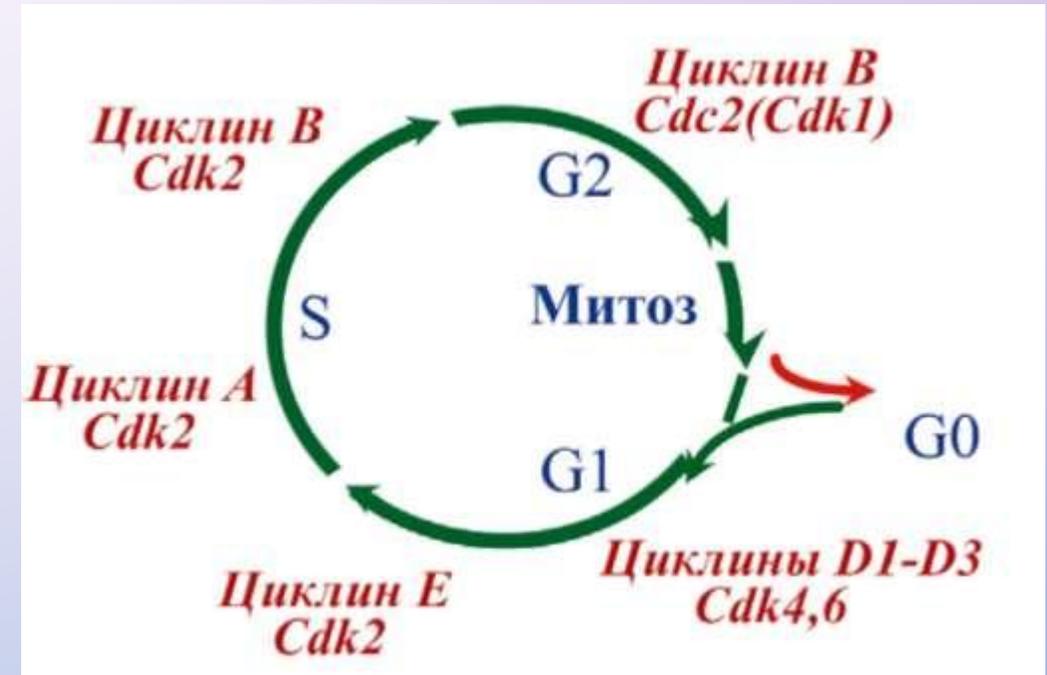
4. Универсальность — характерен для всех организмов живой природы. Универсальность генетического кода свидетельствует о единстве происхождения всех живых организмов.

Практическое использование данных молекулярной генетики

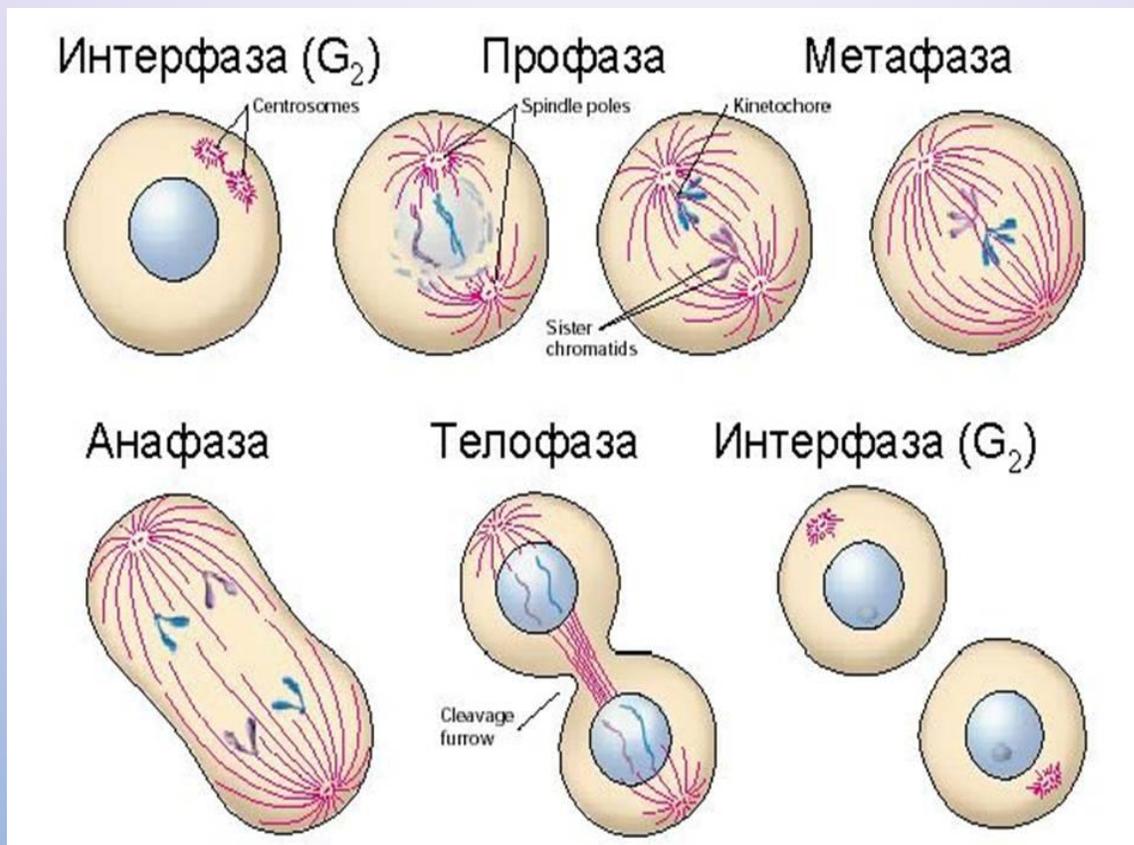
Последние достижения молекулярной генетики в совокупности с другими науками (цитология, микробиология) нашли широкое применение в генной инженерии и геномике. Генная инженерия — это совокупность приемов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами и введения их в другие организмы. Геномика — раздел молекулярной генетики, посвященный изучению генома и генов живых организмов. Геномика сформировалась как особое направление в 1980–1990-х гг. вместе с возникновением первых проектов по определению нуклеотидной последовательности ДНК, с помощью расщепляющих ее ферментов — секвенированию геномов некоторых видов живых организмов. Первым был полностью секвенирован геном бактериофага в 1980.

Клеточный цикл

Генетическая преемственность между поколениями клеток организма обеспечивается посредством митоза: образования дочерних клеток с идентичным хромосомным набором, точно таким же, как и у родительской клетки. Митоз обеспечивается двумя основными механизмами: продольным делением предварительно удвоенных хроматид, и образованием веретена деления, как аппарата, обеспечивающего правильное расположение и расхождение дочерних хромосом по ядрам обеих дочерних клеток. Благодаря этому дочерние клетки оказываются с равным количеством ДНК, что обеспечивает постоянство генотипа клеток в ряду клеточных поколений организма (наследственность). У организмов, размножающихся половым путем, носителями генетической информации являются половые клетки. Половой процесс обеспечивает обмен наследственной информацией между индивидами. Такой механизм обуславливает не только сходство (наследственность), но и различия между потомками и родителями, а также потомков между собой (изменчивость). Совокупность взаимосвязанных событий, происходящих в клетке в период подготовки к делению (интерфазе), а так же на протяжении собственно деления клетки — митоза, называется клеточным циклом. В среднем продолжительность этого цикла у разных клеток составляет 12–24 часа.



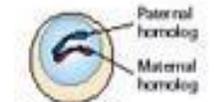
Митоз — это основной способ деления соматических клеток. Непрерывный процесс митоза условно делят на четыре стадии: профазу, метафазу ; анафазу и телофазу. Митоз выполняет функцию поддержания преемственности и постоянства видоспецифического набора хромосом — кариотипа в последовательных поколениях делящихся клеток.



Мейоз

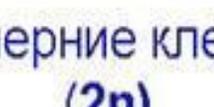
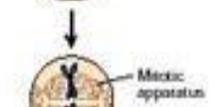
Сохранение видоспецифического набора хромосом у индивидов одного вида в ряду поколений обеспечивается разновидностью митоза — мейозом, в процессе которого осуществляется: — уменьшение числа хромосом в два раза, что определяет гаплоидный (одинарный) набор хромосом в половых клетках в первом (редукционном) делении мейоза; — восстановление диплоидного (двойного) числа хромосом при оплодотворении, когда происходит объединение гаплоидных наборов хромосом мужской и женской половых клеток. Мейоз — тип деления особых соматических клеток половых желез, в результате которого, образуются половые клетки (гаметы). В процессе двух последовательных делений (I-го и II-го) исходных диплоидных клеток образуются четыре дочерние клетки с уменьшенным вдвое (гаплоидным) хромосомным набором по сравнению с материнской клеткой. Мейоз состоит из двух делений: I-го — редукционного, уменьшающего число хромосом вдвое, и II-го — эквационного сходного с митотическим. В мейозе, как и митозе, различают четыре стадии: профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Этим стадиям предшествует интерфаза. Процесс полового размножения дает большие преимущества для эволюции живых организмов по сравнению с бесполом. При половом процессе возможны множественные генетические рекомбинации родительских генов, иногда способствующие появлению более приспособленных организмов. Адаптивные комбинации генов значительно чаще возникают у человека за счет рекомбинаций родительских генов, чем, например, в результате редких мутаций.

МИТОЗ



Somatic cell (2n)

DNA replication



Деление
клетки

Дочерние клетки
(2n)

репликация
ДНК

МЕЙОЗ



Premeiotic germ cell (2n)

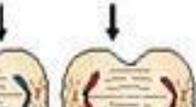
DNA replication



Homologous chromosomes align



кроссинговер



Первое
мейотическое
деление клетки

Второе
мейотическое
деление клетки

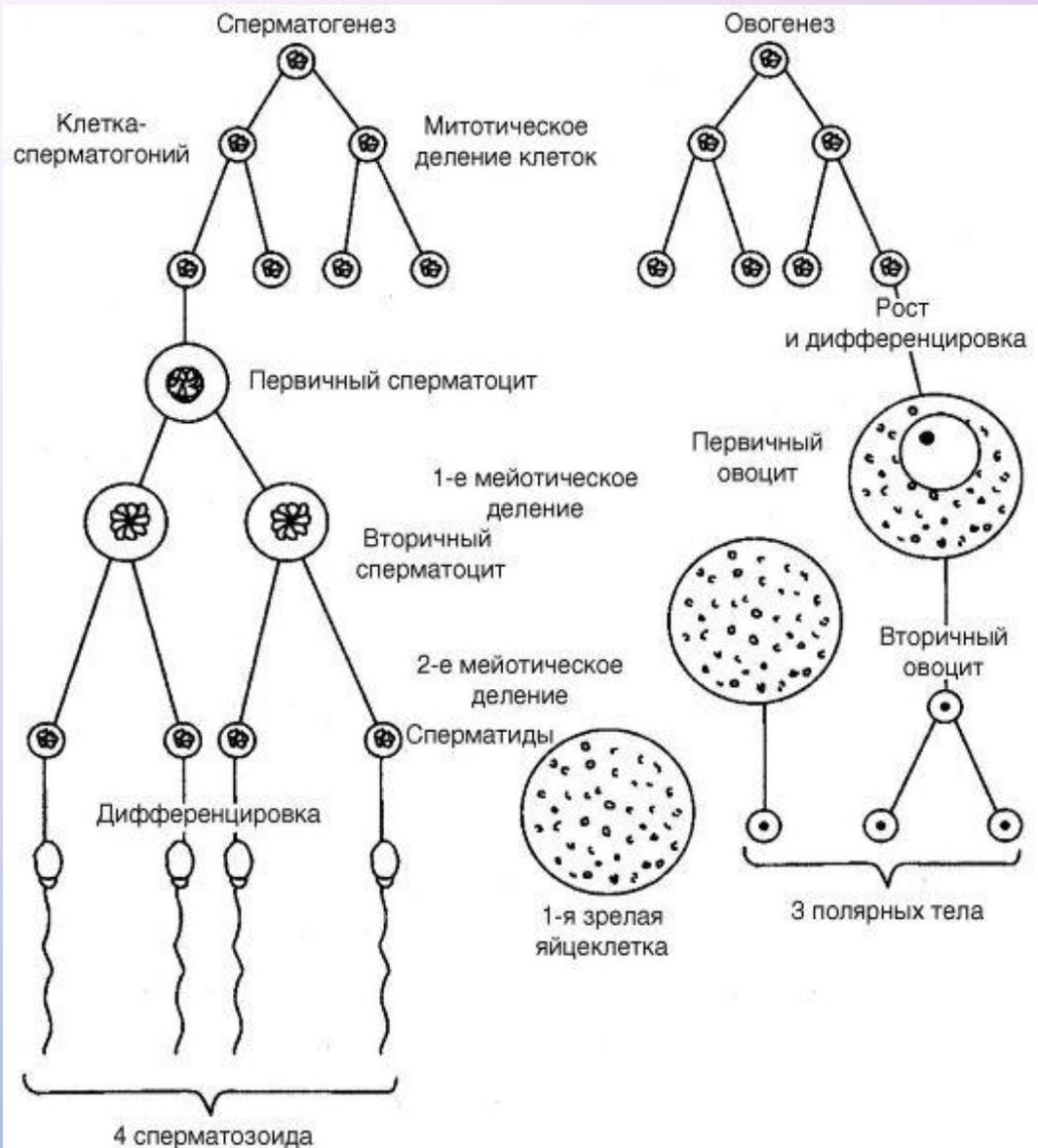
Гаметы (1n)

Патология клеточного деления

Нарушения нормального течения деления генетического материала приводят к неправильному распределению хромосом между дочерними клетками и возникновению клеток с несбалансированным кариотипом. Подобные хромосомные мутации называются анеуплоидией (гетероплоидией) и, возникнув в соматических клетках взрослого человека, могут вызывать у него различные заболевания, например, онкологические. Возникнув в зародышевых клетках, (зи-готические мутации) они могут быть причиной мозаичных форм хромосомных болезней, например, мозаичной формы синдрома Дауна. Одним из механизмов анеуплоидии может являться нерасхождение хромосом, например, нерасхождение 21-й пары хромосом при синдроме Дауна. Сестринские хроматиды не разъединяются и отходят вместе к одному полюсу. Это приводит к увеличению хромосомного набора одного из дочерних ядер и уменьшению другого на одну хромосому. Это может происходить в связи с нарушением разъединения центромер, либо с частичной дезорганизацией нитей веретена деления. Все клетки, потомки мутантной с тремя хромосомами 21, также будут трисомными. Отклонения в развитии могут быть обусловлены нерасхождением в мейозе аутосом. Как уже говорилось выше, наличие в кариотипе трех хромосом 21 связано с трисомией 21, или синдромом Дауна. Трисомия по 18 хромосоме (синдром Эдвардса) приводит к грубым врожденным порокам развития и гибели ребенка в основном в младенческом и реже, раннем возрасте. Трисомия по 13 хромосоме (синдром Патау) приводит к таким же тяжелым последствиям, как и синдром Эдвардса. Вероятность рождения детей с указанными недостатками повышается с возрастом родителей и, особенно, матери. Установлено, что чем старше родители, тем большая вероятность нерасхождения хромосом при образовании половых клеток.

Гаметогенез

Гаметы — половые клетки: женские — яйцеклетки, мужские — сперматозоиды, обеспечивающие передачу наследственной информации от родителей детям. Гонады — половые железы, образующие половые клетки: женские — яичники, мужские — семенники. Гаметогенез — это процесс образования мужских и женских половых клеток. У женщин — это овогенез, у мужчин — сперматогенез.



Основные закономерности наследования

Основоположником генетики как науки является австрийский естествоиспытатель Грегор Иоганн Мендель (1822–1884). С открытия законов наследования Г. Менделем начинается история генетики. Скрещивая растения гороха, различающиеся по альтернативным признакам, Мендель сформулировал и обосновал идею о существовании дискретных (не смешивающихся) наследственных факторах. В 1909 году Вильгельм Иогансен предложил для них термин «гены». Законы Менделя являются универсальными для всех живых организмов, размножающихся половым путем, и имеют статистический характер, т.е. выполняются только на большом количестве объектов. Не меньшая заслуга в становлении генетики принадлежит Т. Моргану и его школе. Можно считать, что эти ученые заложили фундамент генетики как науки.

Опыты Менделя

Успех Менделя во многом определялся не только его «научным генотипом», но и удачным выбором объекта исследования — гороха. Горох является самоопылителем, поэтому его цветки надежно защищены от попадания посторонней пыльцы, что позволяет работать с чистыми линиями растений. Гибриды, полученные от искусственного скрещивания чистых линий, плодовиты. Благодаря этому Мендель получил возможность изучать наследование отдельных признаков в ряду поколений, с помощью разработанного им гибридологического анализа. Достоинствами разработанного Менделем метода являлись количественный анализ характера наследования признаков от каждой родительской пары в каждом поколении; использование для оценки результатов статистических методов, введение математической символики, буквенных обозначений признаков и наследственных факторов (генов) в схемы скрещиваний.

I закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения или правило доминирования) – при моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки – оно фенотипически единообразно

II закон Менделя (закон расщепления) – в потомстве, полученном от скрещивания гибридов первого поколения, наблюдается явление расщепления: четверть особей из гибридов второго поколения несёт рецессивный признак, три четверти – доминантный

III закон Менделя (закон независимого расщепления или закон независимого комбинирования признаков) – при дигибридном скрещивании у гибридов каждая пара признаков наследуется независимо от других и даёт с ними разные сочетания. Образуются фенотипические группы, характеризующиеся отношением 9:3:3:1 (расщепление по каждой паре генов идёт независимо от других пар генов)

Аллель — одна из нескольких форм гена, а генотип — набор аллелей определенных генов в конкретном организме.

Изменчивость

Изменчивость — это универсальное свойство живых организмов приобретать новые свойства или утрачивать прежние в ходе онтогенеза.

Степень фенотипического проявления гена называется экспрессивностью. Она зависит от факторов внешней среды и влияния других факторов.

Частота проявления генов называется пенетрантностью.

Изменчивость в виде мутаций — обеспечивает материал для отбора наиболее приспособленных организмов, с другой, является фактором наследственной патологии, формируя популяционный генетический груз.

Виды изменчивости

Наследственная (или генотипическую) —

— определенная, индивидуальная, наследственная. Она подразделяется на комбинативную (рекомбинационную) и мутационную.

Комбинативная изменчивость. Этот вид изменчивости, связан с перекомбинацией родительских генов и появлением у потомков новых признаков в результате: — кроссинговера, приводящего к образованию групп сцепления с новой комбинацией аллелей — рекомбинации; — независимого расхождения хромосом в профазе мейоза; — случайного комбинирования гамет при оплодотворении.

Мутационная изменчивость возникает в связи с мутациями. Мутации — это нарушения генетического материала, имеющие стойкий характер, возникающие внезапно, скачкообразно под влиянием внешней или внутренней среды, и влияющие на признак

Процесс образования мутаций называется мутагенезом, а факторы, способствующие их возникновению — мутагенами.

Классификации мутаций

По другим принципам	По генотипу		
Направлению: Прямые, обратные	Генные	Хромосомные	Геномные
Жизнеспособности: нейтральные, супервитальные, летальные	Вставки (инсерции)	Делеции	Полиплоидия
Механизму возникновения: спонтанные, индуцированные	Делеции, дефишенсы	Транслокации	Гаплоидия
Типу клеток: соматические, гаметические, зиготические	Перестановки	Дупликации	Анеуплоидия (гетероплоидия)
Времени возникновения: новые и унаследованные		Замены	Инверсии
Локализации: ядерные и цитоплазматические (плазмонные)	Экспансия тринуклеотидов	Инсерции	Моносомия
		Парентеральная дисомия	Нулисомия

Генные мутации - это мутации, в результате которых изменяются отдельные гены и появляются новые аллели. Генные мутации связаны с изменениями, происходящими внутри данного гена и затрагивающими его часть.

Геномные мутации - это мутации, которые приводят к добавлению либо утрате одной, нескольких или полного гаплоидного набора хромосом

Анеуплоидия (гетероплоидия) — некратное гаплоидному изменение числа хромосом.

Хромосомные мутации (перестройки, аберрации). -обусловлены нарушением структуры хромосом принято делить на внутри хромосомные(относятся: дупликация — удвоение участка хромосомы в гаплоидном наборе хромосом) и межхромосомные.

Делеция (нехватка) — выпадение после разрывов внутреннего фрагмента хромосомы, дефишенси — нехватка и потеря концевых участков хромосомы.

Инверсия — поворот участка хромосомы на 180° с последующим соединением разрывов в новом порядке. Инверсии подразделяются на перичентрические и парацентрические в зависимости от того, одно или оба плеча вовлечены в перестройку.

К меж хромосомным перестройкам относятся транслокации — структурные изменения хромосом, в ходе которых хромосомный сегмент переносится в другую хромосому, либо происходит обмен двумя сегментами между гомологичными или негомологичными хромосомами. Обмен может происходить между двумя и более хромосомами.

а) При нерасцепленном обмене (транспозиции) — участок хромосомы изменяет свое положение или включается в другую хромосому без взаимного обмена.

б) Робертсоновская транслокация (центрическое слияние) — слияние двух центромер акроцентрических хромосом с образованием одной хромосомы после разрыва хромосом в околотромерном районе, причем одна центромера инактивируется.

в) Плазмонные мутации — это мутации в плазмогенах в ДНК митохондрий.

Ненаследственная (неопределенную) -

Модификационная (фенотипическая) изменчивость связана с реакцией одного и того же генотипа на изменение внешних условий, в которых протекает развитие организмов и которые создают различия в формах его проявления. Один и тот же генотип проявляется в разных фенотипах.

Фенотипическую изменчивость - возникает под воздействием факторов внешней среды и присуща большим группам индивидов. Фенотипич. Измен бывает: онтогенетическая (фенотип организма меняется на протяжении всей жизни, в то время как генотип не меняется, а происходит лишь переключение активности генов.) и модификационная (возникает под влиянием средовых факторов, не изменяющих генотип, и носит адаптивный характер, однако ее размах определяется генотипом, т.е. генетически обусловленной нормой реакции. Норма реакции — это совокупность условий, определяемых генотипом, которые во взаимодействии со средой управляют развитием организма).

Использованная литература

- 1) Мастюкова Е.М., Московкина А.Г. Основы генетики: Клинико-генетические основы коррекционной педагогики и специальной психологии: Учеб. пособие для студ. пед. высш. учеб. заведений / Под ред. В.И. Селиверстова, Б.П. Пузанова

. — М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003.
— 368 с. — (Коррекционная педагогика).
- 2) Генетика. Энциклопедический словарь
Авторы: Елена Макеева, Анна Мезенко,
Николай Картель . 2011 год.