

Лекция 2. Цитологические основы наследственности

Самоконтроль (тестовые задания к предыдущей теме):

1 – А, 2 – А, 3 – Б, 4 – В, 5 – Б, 6 – В, 7 – В, 8 – В, 9 – А

Познакомьтесь с учебным материалом (см. ниже или см. учебник Бочков Н.П. Медицинская генетика, ГЭОТАР-Медиа, 2020 в электронной библиотеке студента).

Клетка - основная единица биологической активности– ТОЛЬКО ПРОЧИТАТЬ, ВСПОМНИТЬ!!!!!!!

История открытия клетки

Первым человеком, увидевшим клетки, был английский учёный Роберт Гук. В 1665 году, пытаясь понять, почему пробковое дерево так хорошо плавает, Гук стал рассматривать тонкие срезы пробки с помощью усовершенствованного им микроскопа. Он обнаружил, что пробка разделена на множество крошечных ячеек, напомнивших ему соты в ульях медоносных пчел, и он назвал эти ячейки клетками (по-английски cell означает «ячейка, клетка»).

В 1675 году итальянский врач М. Мальпиги, а в 1681 году — английский ботаник Н. Грю подтвердили клеточное строение растений. О клетке стали говорить как о «пузырьке, наполненном питательным соком».

В 1674 году голландский мастер Антоний ван Левенгук (Anton van Leeuwenhoek, 1632—1723) с помощью микроскопа впервые увидел в капле воды «зверьков» — движущиеся живые организмы (инфузории, амёбы, бактерии). Также Левенгук впервые наблюдал животные клетки — эритроциты и сперматозоиды. Таким образом, уже к началу XVIII века учёные знали, что под большим увеличением растения имеют ячеистое строение, и видели некоторые организмы, которые позже получили название одноклеточных.

В 1802—1808 годах французский исследователь Шарль-Франсуа Мирбель установил, что все растения состоят из тканей, образованных клетками.

Ж. Б. Ламарк в 1809 году распространил идею Мирбеля о клеточном строении и на животные организмы.

В 1825 году чешский учёный Я. Пуркине открыл ядро яйцеклетки птиц, а в 1839 ввёл термин «протоплазма».

В 1831 году английский ботаник Р. Броун впервые описал ядро растительной клетки, а в 1833 году установил, что ядро является обязательным органоидом клетки растения. С тех пор главным в организации клеток считается не мембрана, а содержимое.

Клеточная теория

Клеточная теория строения организмов была сформирована в 1839 году немецкими зоологами Т. Шванном и М. Шлейденем и включала в себя три положения. В 1858 году Рудольф

Вирхов дополнил её ещё одним положением, однако в его идеях присутствовал ряд ошибок: так, он предполагал, что клетки слабо связаны друг с другом и существуют каждая «сама по себе». Лишь позднее удалось доказать целостность клеточной системы. В 1878 году русским учёным И. Д. Чистяковым открыт митоз в растительных клетках; в 1878 году В. Флемминг и П. И. Перемежко обнаруживают митоз у животных. В 1882 году В. Флемминг наблюдает мейоз у животных клеток, а в 1888 году Э. Страсбургер — у растительных.

Клеточная теория является одной из основополагающих идей современной биологии, она стала неопровержимым доказательством единства всего живого и фундаментом для развития таких дисциплин, как эмбриология, гистология и физиология. Основные положения клеточной теории не потеряли своей актуальности, однако со времени её создания были дополнены, и теперь она содержит такие утверждения:

- Клетка — элементарная единица строения, функционирования, размножения и развития всех живых организмов, вне клетки нет жизни.
- Клетка — целостная система, содержащая большое количество связанных друг с другом элементов — органелл.
- Клетки различных организмов похожи (гомологичны) по строению и основным свойствам и имеют общее происхождение.
- Увеличение количества клеток происходит путем их деления, после репликации их ДНК: клетка — от клетки.
- Многоклеточный организм — это новая система, сложный ансамбль из большого количества клеток, объединенных и интегрированных в системы тканей и органов, связанных между собой с помощью химических факторов: гуморальных и нервных.
- Клетки многоклеточных организмов тотипотентны — любая клетка многоклеточного организма обладает одинаковым полным фондом генетического материала этого организма, всеми возможными потенциями для проявления этого материала, — но отличаются по уровню экспрессии (работы) отдельных генов, что приводит к их морфологическому и функциональному разнообразию — дифференцировке.

В зависимости от структурных особенностей клетки делятся на

- прокариотические (бактерии, сине-зеленые), нет оформленного ядра, генетический материал в виде одной кольцевидной молекулы ДНК.
- эукариотические (грибы, растения, животные), есть ядро с ядерной оболочкой и цитоплазма с органеллами.

ВСПОМНИТЬ (1-4) !!!!!!!

ЗАПИСЫВАТЬ ИЛИ НЕТ – НА ВАШЕ УСМОТРЕНИЕ (ЗНАКОМЫЙ МАТЕРИАЛ С БИОЛОГИИ, АНАТОМИИ И ДР.), НО ВОПРОСЫ В ТЕСТОВОЙ РАБОТЕ БУДУТ!!!!!!

1 Химический состав клетки

1.1 Атомный (элементарный) состав клетки

В настоящее время в состав клеток входит примерно 60 химических элементов Периодической системы Д. Менделеева. Эти элементы называются **биогенными**, причем 24 из них являются **обязательными и идентифицированы во всех типах клеток**. По процентному содержанию в клетке химические элементы делятся на три группы: **макро-, микро - и ультрамикроэлементы**.

Макроэлементы – 98 % всех элементов клетки, к ним относятся водород, кислород, углерод и азот – главные компоненты всех органических соединений. В последнее время к макроэлементам стали относить **калий, натрий, магний, железо, кальций, серу, фосфор и хлор**, хотя их содержание в клетке исчисляется десятными и сотыми долями процента.

Микроэлементы в клетках и организмах содержатся в очень небольших количествах: от 0,001 до 0,000001%. Это преимущественно ионы тяжелых металлов — **бор, кобальт, медь, молибден, цинк, ванадий, йод, бром, фтор и др.**

Ультрамикроэлементы - это такие элементы, концентрация которых в клетках не превышает 0,000001%. К ним относятся **уран, радий, золото, ртуть, бериллий, цезий, селен и др.**

1.2 Химические вещества, входящие в состав клетки:

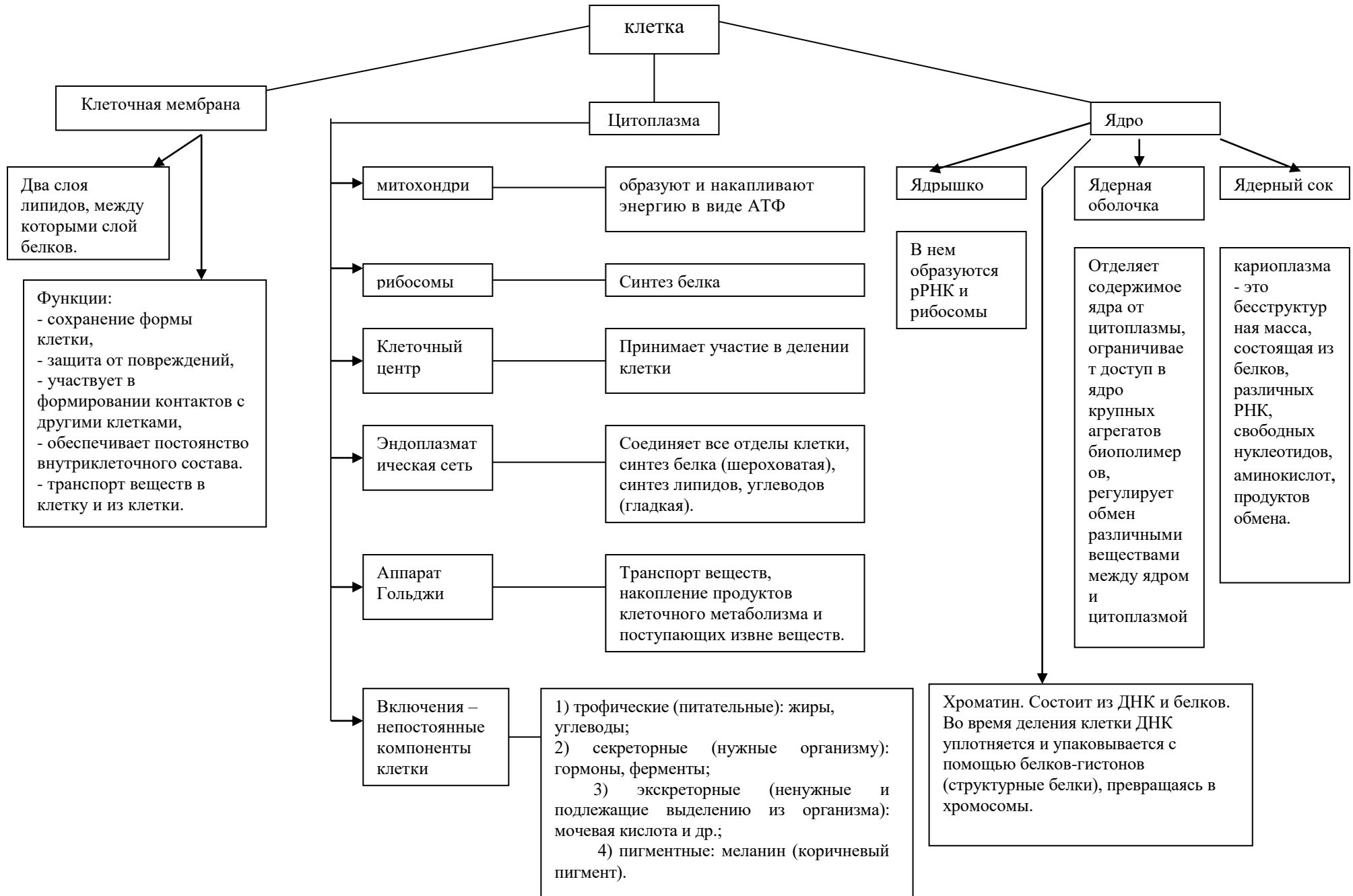
1. Неорганические вещества:

- вода (функции, количество)
- минеральные соли (функции)

2. Органические вещества:

- белки (мономер, структуры, функции),
- углеводы (мономер, виды, функции),
- липиды (мономер, функции),
- нуклеиновые кислоты (мономер, виды, функции).

2 Строение эукариотической клетки



3 Жизненный цикл клетки

Жизнь клетки от момента ее возникновения в результате деления до ее собственного деления или смерти называется **жизненным (клеточным) циклом**.

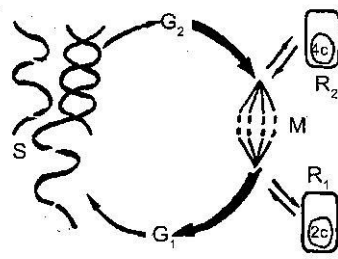


Рис. 2.2. Схема клеточного цикла. Клеточный цикл включает в себя события: митотический цикл (M, G_1 , S, G_2) и состояние пролиферативного покоя (R_1 , R_2). $2c$ — количество ДНК, соответствующее диплоидному набору хромосом, $4c$ — удвоенное количество ДНК

В течение всей жизни клетки растут, дифференцируются, выполняют специфические функции. Жизнь клетки между делениями называется **интерфазой**. Интерфаза состоит из 3-х периодов: пресинтетический, синтетический и постсинтетический.

Пресинтетический период следует сразу за делением. В это время клетка интенсивно растет, увеличивая количество митохондрий и рибосом. В ядре клетки набор генетического материала = $2n2c$.

В *синтетический* период происходит репликация (удвоение) количества ДНК, а также синтез РНК и белков. Набор генетического материала (хроматина) становится $2n4c$.

В *постсинтетический* период клетка запасается энергией, синтезируются белки акроматинового веретена, идет подготовка к митозу.

Существуют различные типы деления клеток: амитоз, митоз, мейоз.

Амитоз - прямое деление. При этом клетка, а иногда только ее ядро, делится путем простой перетяжки. Равномерного распределения наследственного материала между образовавшимися клетками не происходит. Возможно образование двухядерных клеток. Характерен для погибающих или измененных клеток (опухолевых).

Митоз - не прямое деление соматических клеток, в результате которого из одной клетки образуются две точно такие же клетки, с тем же набором хромосом, что и у материнской. Митоз состоит из 4-х фаз: профазы, метафазы, анафазы, телофазы. В интерфазе происходит удвоение ДНК.

Биологическое значение митоза.

- в результате митоза дочерние клетки получают точно такой же набор хромосом, который был у материнской клетки, поэтому во всех клетках тела (соматических) поддерживается постоянное число хромосом ($2n2c$).
- митозом делятся все клетки, кроме половых:
 - а) за счет митоза происходит рост организма в эмбриональном и постэмбриональном периодах;

б) все функционально устаревшие клетки организма заменяются новыми путем митотического деления (эпителиальные клетки кожи, клетки крови, клетки слизистых оболочек и т.д.);

в) процессы регенерации (восстановление утраченных тканей) происходит за счет митоза.

Мейоз - деление, приводящее к уменьшению в ядре клетки числа хромосом. С помощью мейоза происходит образование и созревание половых клеток (яйцеклеток и сперматозоидов).

Мейоз состоит из 2-х последовательных делений: первого и второго, причем удвоение ДНК происходит только перед первым делением. Перед делением так же как в митозе удваивается ДНК, количество хроматид удваивается – $2n4c$. При первом делении делится набор хромосом: $1n2c \rightarrow 2n4c \rightarrow 1n2c$

После первого деления быстро наступает второе без подготовки и без синтеза ДНК. Деление протекает по типу митоза — ровно пополам делятся хроматиды, но набор хромосом остается половинным - $1n1c$.

В мейозе и митозе фазы называются одинаково: профазы, метафазы, анафазы, телофазы, но в профазе I деления мейоза происходит кроссинговер.

Биологическое значение мейоза

- Мейоз приводит к уменьшению числа хромосом вдвое, что обуславливает постоянство видов на Земле. Если бы число хромосом не уменьшалось, то в каждом последующем поколении происходило бы увеличение числа хромосом вдвое (у родителей - 46, у детей - 92, у внуков - 184 и т.д.).

- Мейоз обеспечивает разнородность гамет по генному составу (в профазе - кроссинговер, в метафазе – свободное перекомбинирование хромосом).

- Случайная встреча гамет (сперматозоидов и яйцеклетки) с качественно различным набором генов обуславливает комбинативную изменчивость (гены родителей комбинируются, вследствие чего у детей появляются признаки, которых не было у родителей). Комбинативная изменчивость обеспечивает большое разнообразие человечества, что дает возможность приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды, способствуя выживаемости вида.

4 Гаметогенез у человека

Половые клетки — *гаметы* (от греческого gamete - жена, gametes - муж) обеспечивают передачу наследственной информации потомкам. Мужские гаметы - *сперматозоиды*, женские - *яйцеклетки*. Созревают гаметы в *гонадах* (от греческого gone - рождающие), мужские - в семенниках, женские - в яичниках.

Процесс образования гамет называется гаметогенезом.

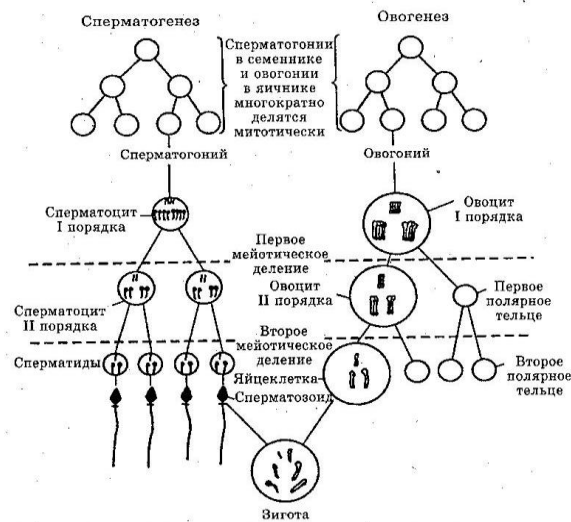


Рис. 3.6. Схемы основных этапов сперматогенеза и овогенеза

В этом процессе выделяют три фазы:

- фаза размножения – многократные митотические деления, приводящие к образованию множества клеток (сперматогонии и овогонии),
- фаза роста – клетки подготавливаются к первому делению мейоза,
- фаза созревания – происходит первое и второе деление мейоза с последующей дифференцировкой гаплоидных клеток и формирование зрелых гамет.

Развитие сперматозоидов – это **сперматогенез**, развитие яйцеклетки - **овогенез**.

Отличие сперматогенеза от овогенеза

Сперматогенез	Овогенез
из 1 исходной клетки образуется 4 сперматозоида	образуется 1 яйцеклетка и 3 направительных тельца
фаза роста очень короткая	Фаза роста длинная (накапливается запас питательных веществ для будущего зародыша).

Отличие половых клеток от соматических:

1. В половых клетках гаплоидный набор хромосом, в соматических диплоидный.
2. Форма и размеры половых клеток отличаются от соматических, (сперматозоид имеет головку, шейку и хвостик, а яйцеклетка круглая с (большим запасом питательных веществ; она в 85000 раз больше сперматозоида (у ПТИЦ).

При соприкосновении с яйцеклеткой сперматозоид выделяет фермент гиалуронидазу, муциназу, которые разрушают оболочки яйцеклетки. Сперматозоид проникает в яйцеклетку, происходит оплодотворение, образуется зигота с диплоидным набором хромосом ($2n2c$): один набор - от отца ($1n1c$), другой - от матери ($1n1c$).

Таким образом, во всех клетках тела имеется диплоидный набор хромосом, а в половых - гаплоидный. Вся наследственная информация передается от родителей детям через половые клетки.

ОБЯЗАТЕЛЬНО ЗАПИСАТЬ В ТЕТРАДЬ!!!!!!

Строение хромосом

Хромосомы – структурный элемент клеточного ядра дезоксирибонуклеиновой природы. Как самостоятельное образование выявляется при делении клеток. Название произошло от способности хромосом окрашиваться основными красителями (chroma – цвет, soma – тело; chromasoma – окрашенное тело)

Хромосомы человека в периоде митоза впервые наблюдали Арнольд в 1879 г. и Флеминг в 1882 г. в дальнейшем многие ученые в разных странах мира изучали эти структуры клеточного ядра. Однако только в 1956 г. Тию и Леван установили, что в большинстве клеток у человека 46 хромосом.

Хромосомы **формируются** в начале деления клеток из хроматина интерфазного ядра.

Хроматин **состоит** из молекул ДНК, связанных с белками.

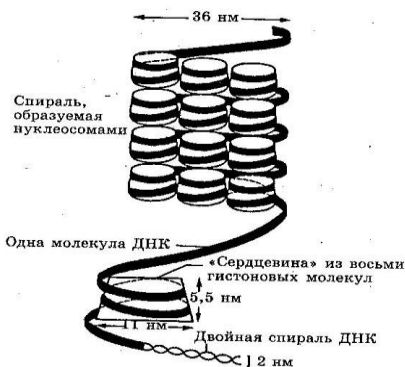


Рис. 3.2. Структура нуклеосом и их соотношение с хромосомой и молекулой ДНК (в метафазной хромосоме)

Размеры молекул ДНК хромосом значительные.

Каждая хромосома представлена одной молекулой ДНК.

СУММАРНАЯ ДЛИНА МОЛЕКУЛ ДНК ВСЕХ ХРОМОСОМ ОДНОЙ КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА СОСТАВЛЯЕТ 170 СМ.

КАК МОЛЕКУЛА ДНК длиной в 1,5 м заключена в маленькое пространство клетки (диаметр ядра 10 мкм!)?

Молекула ДНК плотно упакована в хромосомах путем ее спирализации (конденсации). **Выделяют несколько**

уровней упаковки ДНК:

1. образование нуклеосомной нити – двойная нить ДНК наматывается на октамер дисковидной формы (диаметр 5,5 нм), дважды обвивая его и уходя к следующему октамеру.

Октамер состоит из 8 глобулярных молекул – гистонов.

Обвитый двумя витками молекул ДНК октамер называется **нуклеосомой** (ее размер ок.10 нм). Длина накрученного фрагмента ДНК составляет примерно 50 нм (около 200 пар нуклеотидов). Длина молекулы ДНК уменьшается в 5-7 раз. Нуклеосомный уровень упаковки обнаруживается в электронном микроскопе в интерфазе и в начале митоза.

2. скручивание нуклеосомной нити в спираль диаметром 30-36 нм – хроматиновая **фибрилла** (соленоидный уровень, супернуклеосомный). На каждый виток спирали приходится 6-10 нуклеосом. Этим достигается укорочение нити еще в 6 раз. Супернуклеосомный уровень упаковки обнаруживается в электронном микроскопе как в интерфазных, так и в митотических хромосомах.

3. хроматидный (петлевой) уровень – супернуклеосомная нить спирализуется с

образованием петель и изгибов. Диаметр петель около 50 нм, нить ДНК укорачивается в 10-20 раз. Уровень обнаруживается в профазе.

4. уровень метафазной хромосомы (конденсированные участки хромосом) – более плотная упаковка петель, укорочение происходит в 20 раз. Хроматиды в метафазе способны спирализоваться с образованием эухроматиновых (слабо спирализованных) и гетерохроматиновых (сильно спирализованных) участков. Метафазные хромосомы имеют длину от 2,3 до 11 мкм и диаметр от 0,2 до 5,0 мкм. Общий итог конденсации – укорочение нити ДНК в 10000 раз.

Хромосомы состоят из двух палочкообразных телец – хроматиды. Обе хроматиды каждой хромосомы идентичны друг другу по генному составу.

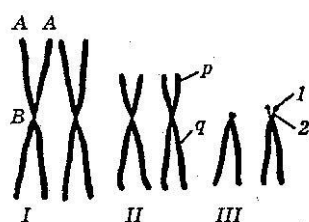


Рис. 3.1. Типы метафазных хромосом: I — метацентрические; II — субметацентрические; III — акроцентрические; А — хроматида; В — центромера; 1 — спутник; 2 — вторичная перетяжка; p — короткое плечо; q — длинное плечо

Все хромосомы имеют **центромеру** или первичную перетяжку, в области которой объединены две хроматиды. Центромера делит хромосому поперек на две части – **плечи**, которые бывают короткими (p) и длинными (q). Центромера определяет движение хромосомы, место прикрепления нитей веретена деления. В зависимости от расположения центромеры различают **три типа хромосом**:

- 1) метацентрические - центромера расположена в середине хромосомы и плечи ее равны ($p=q$);
- 2) субметацентрические – центромера смещена от середины хромосомы и одно плечо короче другого ($p<q$);
- 3) акроцентрические – когда центромера расположена близко к концу хромосомы и одно плечо значительно короче другого. У этих хромосом может быть спутник – участки, соединенные с остальной частью хромосомы тонкой нитью хроматина. Спутник есть у 13-15 и 21-22 пар хромосом.

Функция вторичной перетяжки может быть связана с образованием ядрышек, может иметь неясную функцию.

Концевые участки хромосом называются **теломерами**. Они препятствуют слипанию концов хромосом после редупликации и тем самым способствуют сохранению их целостности.

Каждый организм имеет определенный набор хромосом, их число, размеры и структуру, который называется **кариотипом**. Набор хромосом может быть одинарным (гаплоидным) в половых клетках (n) и двойным (диплоидным) – полный состав хромосом (46) обычной

соматической клетки (2n).

Кариотип человека представлен 24 разными хромосомами – 22 пары аутосом, X и Y хромосомы. Каждой паре аутосом в порядке убывания их размеров присвоен свой номер от 1 до 22. Расположение хромосом попарно по мере убывания их величины, с учетом положения центромеры и наличия вторичных перетяжек, называется **идиограммой**. Это систематизированный кариотип.

Кариотип женщины в норме содержит две X-хромосомы (46, XX). Кариотип мужчины включает X и Y-хромосомы (46, XY).

Хромосомы, имеющие одинаковый порядок генов, называют *гомологичными*. У них одинаковое строение (длина, расположение центромеры и т.д.). они похожи друг на друга и содержат гены, отвечающие за одни и те же признаки. *Негомологичные* хромосомы имеют разный генный набор и разное строение.

В 1960 г. на конференции в г.Денвере была предложена классификация хромосом (денверовская классификация), основанная на двух принципах:

- расположение хромосом по их длине,
- группировка хромосом по расположению центромеры.

Все хромосомы подразделяются на 7 групп:

A – самые крупные хромосомы (1-3). *Самая большая хромосома человека – первая, ее ДНК имеет длину до 7 см;*

B – крупные субметацентрические (4 и 5)

C – среднего размера субметацентрические (6-12 и X)

D – крупные акроцентрические (13-15)

E – маленькие субметацентрические (16-18)

F – маленькие метацентрические (19-20)

G – маленькие акроцентрические (21,22 и Y).

В последующие годы классификация хромосом была дополнена данными о положении вторичных перетяжек (Лондонская конференция). Однако потребности клинической практики показали, что предложенная групповая Денверская и уточненная Лондонская классификации хромосом недостаточны для индивидуальной идентификации хромосом.

Знание молекулярной структуры хромосом стало основой для разработки методов дифференциального окрашивания хромосом, которое при применении красителей, специфически связывающихся с участками ДНК определенного строения, позволило идентифицировать каждую хромосому. Использование методов дифференциального окрашивания хромосом позволило «узнавать» каждую хромосому и широко использовать этот прием в клинической цитогенетике.

Хромосомы выполняют функцию основного генетического аппарата клетки. В них в линейном порядке расположены гены, каждый из которых занимает строго определенное место (локус) в хромосоме. В каждой хромосоме много генов.

Правила хромосом

1. Постоянство числа хромосом.

Соматические клетки организма каждого вида имеют строго определенное число хромосом (у человека - 46, у кошки - 38, у мушки дрозофилы - 8, у собаки - 78, у курицы - 78).

2. Парность хромосом.

Каждая хромосома в соматических клетках с диплоидным набором имеет такую же гомологичную (одинаковую) хромосому, идентичную по размерам, форме, но неодинаковую по происхождению: одну - от отца, другую - от матери.

3. Правило индивидуальности хромосом.

Каждая пара хромосом отличается от другой пары размерами, формой, чередованием светлых и темных полос

4. Правило непрерывности.

Перед делением клетки ДНК удваивается и в результате получается 2 сестринские хроматиды. После деления в дочерние клетки попадает по одной хроматиде, таким образом, хромосомы непрерывны: от хромосомы образуется хромосома.

Гетерохроматин и эухроматин – НЕ ЗАПИСЫВАТЬ!!!!!!

Биологом Хейтцем в 1928 г. при исследовании хроматина было обнаружено, что некоторые участки хромосом сохраняют спирализацию и имеют интенсивное окрашивание и в интерфазных клетках, т.е. хроматин имеет разную степень конденсации. По степени конденсации хроматин:

1. эухроматин – деконденсированный хроматин, слабо окрашен, активен, на нем происходит транскрипция и-РНК.

2. гетерохроматин – конденсированный хроматин, хорошо окрашивается красителями, сильно спирализован, не активен. Не содержит генетической информации, отвечающей за синтез белка.

Различают два класса гетерохроматина:

- Структурный гетерохроматин - обнаруживается постоянно вокруг центромеры во всех 46 хромосомах, в этой части хромосом практически нет генетических структур.
- Факультативный гетерохроматин – появляется в хромосоме не во всех клетках при сверхспирализации эухроматина. В норме он обнаруживается только у женщин, а у мужчин его нет.

Одна X-хромосома всегда оказывается в активном состоянии и имеет обычный вид. Другая, если она имеется, бывает в покоем состоянии, в виде плотного темноокрашенного тельца, называемого тельцем Бара или половым хроматином. Число телец Бара всегда на единицу меньше числа наличных X-хромосом, т.е. у самца их нет вовсе, а у самки – только одно.

Половой хроматин имеет диагностическое значение. Отсутствие тельца Бара у женщин свидетельствует о хромосомном заболевании – синдроме Шерешевского-Тернера. Присутствие у мужчин тельца Бара свидетельствует о наследственном заболевании – синдроме Клайнфельтера. Определяют половой хроматин путем анализа эпителиальных клеток в соскобе слизистой оболочки щеки или в клетках крови - лейкоцитах.

ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ВЫПОЛНИТЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В состав хромосом входят
 - а) ДНК и гистоны
 - б) ДНК и негистоны
 - в) липиды и минеральные вещества
 - г) все перечисленное
2. Хромосома – это сложное надмолекулярное образование, сформированное в результате компактизации _____
3. Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложения в которых они сделаны. Исправьте их.
 1. Каждая хромосома образована одной молекулой ДНК и представляет собой удлинённую палочковидную структуру – хроматиду.
 2. Хроматида имеет два плеча разделённых центриолью.
 3. Метафазная хромосома состоит из одной хроматиды, состоящей из двух цепей ДНК.
 4. Центромера это небольшое фибриллярное тельце, осуществляющее первичную перетяжку хромосомы.
 5. Кинетохор это центриоль к которой прикрепляются нити веретена деления.
 6. Кинетохор контролирует движение расходящихся хромосом.
4. Концевые участки хромосом называют
 - а) центриолями
 - б) центромерами
 - в) теломерами
 - г) акросомами
5. Правила хромосом:
 - а) непостоянства числа;
 - б) парности и индивидуальности;
 - в) индивидуальности, непостоянства числа и формы;

г) непрерывности и непарности;

д) постоянства числа.

6 Кариотип — это:

а) гаплоидный набор хромосом;

б) набор хромосом соматической клетки;

в) набор хромосом половой клетки;

г) диплоидный набор хромосом;

д) совокупность генов в диплоидном наборе хромосом.

7 Идиограмма — это:

а) несистематизированный кариотип;

б) систематизированный кариотип;

в) порядок расположения генов в хромосоме;

г) порядок расположения нуклеотидов в гене;

д) расположение хромосом кариотипа по мере убывания их величины.

8 Денверская классификация хромосом человека учитывает:

а) размеры хромосом;

б) количество хроматид;

в) характер окрашивания хромосом;

г) центромерный индекс;

д) наличие центромер.

9. Нуклеосома – это:

а) обвитый двумя витками молекул ДНК тетрамер

б) обвитый двумя витками молекул ДНК октамер

в) обвитый тремя витками молекул ДНК пентамер

г) обвитый витком молекулы ДНК октамер

10. Гистоны – это _____

11. Хромосомы, у которых центромера расположена строго посередине, ее плечи при этом равны – это:

а) телоцентрические

б) акроцентрические

в) субметацентрические

г) метацентрические

12. Третий уровень упаковки ДНК в хромосоме представлен:

а) хроматиновой фибриллой

б) нуклеосомной нитью

в) петельными доменами

г) конденсированными участками хромосом

13. Выберите формулу кариотипа здоровой женщины:

44, XX

46, XY

44, XY

46, XX

14. Второй уровень упаковки ДНК в хромосоме представлен:

а) нуклеосомной нитью

б) петельными доменами

в) конденсированными участками хромосом

г) хроматиновой фибриллой