Строение хромосом и кариотип

Кодификатор ЕГЭ: 2.6, 2.3 · Линии ЕГЭ: 3, 5-7, 27 · kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/stroenie-hromosom

КОРОТКО

- Хромосома - это компактно упакованная молекула ДНК с белками-гистонами. Так наследственный материал защищён и равномерно распределяется при делении клетки.
- Центромера (первичная перетяжка) делит хромосому на плечи. До репликации хромосома состоит из одной хроматиды, после - из двух сестринских.
- Число молекул ДНК (c) считают по хроматидам: 2n2c - однохроматидные хромосомы, 2n4c - двухроматидные.
- Кариотип - хромосомный набор клетки: число, размер и форма хромосом. У человека 46 хромосом: 23 пары.
- Соматические клетки диплоидны (2n), половые клетки и споры растений гаплоидны (n). Гомологичные хромосомы одинаковы по размеру и форме и несут аллельные гены.
- Аутосомы одинаковы у обоих полов, половые хромосомы (X и Y) определяют пол: у человека 44 аутосомы и 2 половые хромосомы.

Зачем ДНК упаковывается

В ядре клетки человека суммарная длина молекул ДНК - около двух метров, а само ядро в сотни тысяч раз меньше. Чтобы ДНК помещалась в ядре, не рвалась и ровно делилась между дочерними клетками, она упакована с помощью белков.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Хромосома

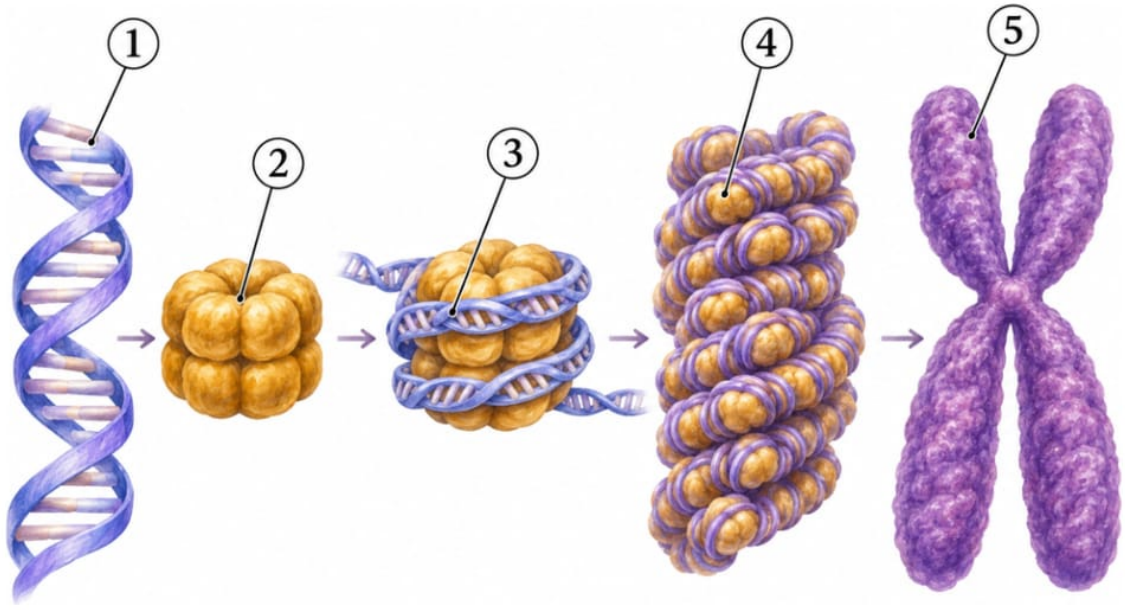
Форма упаковки (компактизации) молекулы ДНК с помощью белков. Упаковка защищает наследственный материал и обеспечивает его равномерное распределение между дочерними клетками при делении. Каждая хромосома содержит одну молекулу ДНК (после репликации - две) и белки-гистоны.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Гистоны

Основные (щелочные) белки хроматина. Они заряжены положительно, а ДНК - отрицательно, поэтому нить ДНК прочно наматывается на гистоны, как нитка на катушку. Участок ДНК примерно в два витка вокруг «катушки» из гистонов называют нуклеосомой - это единица упаковки ДНК.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru



1 - Двойная спираль ДНК
2 - Гистоны («катушка» из белков)
3 - Нуклеосома - ДНК, намотанная на гистоны
4 - Нить хроматина
5 - Метафазная хромосома (максимальная спирализация)

От двойной спирали до метафазной хромосомы: чем плотнее упаковка, тем «молчаливее» ДНК.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Хроматин

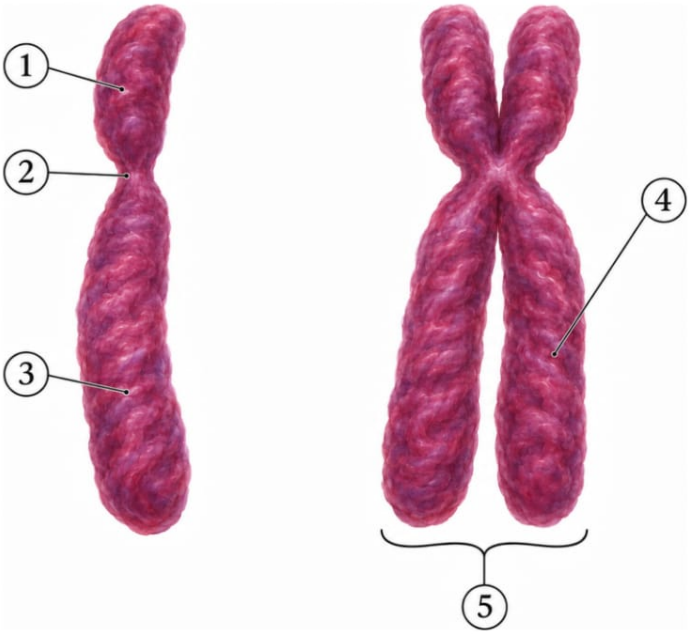
Комплекс ДНК с белками в интерфазном ядре. В неделящейся клетке он деспирализован: только с «распущенной» ДНК могут идти транскрипция и репликация.

Перед делением хроматин спирализуется (конденсируется) - нити укорачиваются и утолщаются, становятся видны отдельные хромосомы. Максимально спирализованы хромосомы **в метафазе** - поэтому их изучают и фотографируют именно на этой стадии.

ЗАПОМНИ

Хроматин и хромосомы - не разные вещества, а разные состояния одного комплекса ДНК с белками: хроматин «работает» в интерфазе, хромосома - транспортная форма для деления.

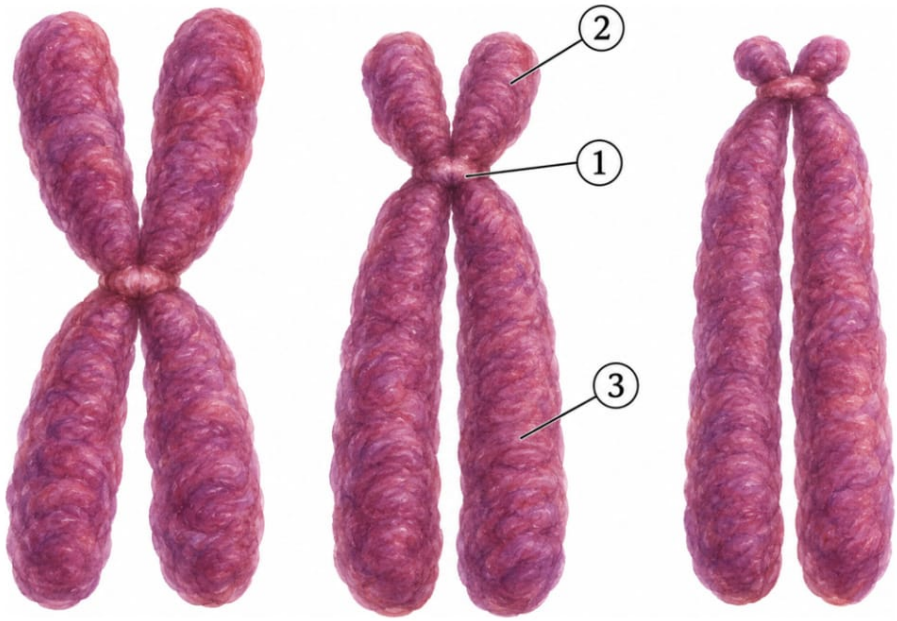
Из чего состоит хромосома



1 - Короткое плечо
2 - Центромера (первичная перетяжка)
3 - Длинное плечо
4 - Хроматида
5 - Сестринские хроматиды (соединены центромерой)

До репликации хромосома однохроматидная, после - из двух сестринских хроматид.

- **Хроматида** - «палочка» хромосомы, одна молекула ДНК с белками. Хромосома состоит из одной или двух хроматид.
- **Центромера (первичная перетяжка)** - участок, который делит хромосому на два плеча; за центромеру к хромосоме прикрепляются нити веретена деления.
- **Плечи** - части хромосомы по обе стороны от центромеры. По соотношению плеч хромосомы бывают равноплечими, неравноплечими и палочковидными.



1 - Центромера (первичная перетяжка)
2 - Короткое плечо
3 - Длинное плечо

Форму хромосомы определяет положение центромеры.

В S-период интерфазы проходит репликация: рядом с каждой хроматидой достраивается её точная копия - **сестринская хроматида**. Хромосома становится **двухроматидной** (похожа на букву X): две одинаковые молекулы ДНК, соединённые в области центромеры. При делении сестринские хроматиды расходятся по дочерним клеткам - для этого удвоение и нужно.

ЗАПОМНИ

Число молекул ДНК в клетке считают **по хроматидам**, а число хромосом - **по центромерам**. Набор хромосом обозначают n, набор ДНК - c: у однохроматидных хромосом 2n2c, у двухроматидных - 2n4c. После репликации с удваивается, а n не меняется.

Кариотип и наборы хромосом

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Кариотип

Хромосомный набор клетки: число, размер и форма хромосом. Кариотип постоянен для вида: у человека 46 хромосом (23 пары), у шимпанзе 48, у дрозофилы 8. По кариотипу можно определить вид и обнаружить хромосомные болезни.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Диплоидный набор (2n)

Двойной набор: каждая хромосома имеет пару - гомологичную хромосому. Характерен для соматических клеток (клеток тела): кожи, печени, листа растения. Он складывается при оплодотворении из наборов двух гамет.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Гаплоидный набор (n)

Одинарный набор: у хромосом нет гомологичных пар, каждая представлена в единственном числе. Характерен для половых клеток (гамет) животных и для спор растений. Возникает в результате мейоза диплоидной клетки; гаплоидные клетки дальше могут делиться только митозом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Гомологичные хромосомы

Хромосомы одной пары: одинаковые по размеру и форме, содержат аллельные гены (гены одних и тех же признаков в одинаковых участках). Одна хромосома каждой пары получена от матери, другая - от отца.

Половина набора - всегда ровно по одной хромосоме из каждой пары, а не «любые 23 из 46». Поэтому гамета несёт полный комплект генов, но в одинарном экземпляре.

Клетка	Набор хромосом и ДНК
Соматическая до репликации	2n2c
Соматическая после репликации (конец интерфазы)	2n4c
Гамета (яйцеклетка, сперматозоид)	nc
Спора растения	nc

ЗАПОМНИ

У растений **споры образуются мейозом**, а **гаметы - митозом** (из гаплоидных клеток). У животных мейозом образуются гаметы. Гаплоидные клетки делиться мейозом не могут - их набор уже одинарный.

Аутосомы и половые хромосомы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Аутосомы

Хромосомы, одинаковые у самцов и самок. У человека их 44 (22 пары) в соматической клетке и 22 в гамете.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Половые хромосомы

Пара хромосом, по которой различаются полы. У человека у женщины две X-хромосомы (44 + XX), у мужчины - X и Y (44 + XY). X и Y не одинаковы по размеру и форме, но в мейозе ведут себя как пара.

Каждая яйцеклетка человека несёт 22 аутосомы и X-хромосому. Сперматозоиды бывают двух типов: 22 + X и 22 + Y - поэтому пол ребёнка определяется сперматозоидом. Половые хромосомы есть **во всех клетках тела**, а не только в гаметах: в клетке печени женщины тоже есть XX.

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 3 - посчитать хромосомы и ДНК.** В соматических клетках ржи 14 хромосом - в спермии 7; в соматической клетке человека после репликации 46 хромосом и 92 молекулы ДНК; в соматической клетке человека 44 аутосомы. Правила: гамета - половина набора соматической клетки; после репликации ДНК вдвое больше, чем хромосом.
- **Линии 5 и 6 - рисунок и соответствие.** Узнай на рисунке центромеру, плечи, хроматиды, одно- и двухроматидную хромосому; распредели характеристики между хроматином и хромосомой, диплоидным и гаплоидным наборами.
- **Линия 7 - выбор понятий.** Строение хромосомы описывают: ДНК, гистоны, нуклеосома, хроматида, центромера. Не описывают: целлюлоза, рибосома, кодон.
- **Линия 27 - задача на наборы хромосом и ДНК** в разных клетках (см. «Как писать ответ»). Фазы митоза и мейоза разобраны в статье о делении клетки.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Хромосома не всегда похожа на букву X. X-образная - только двухроматидная хромосома после репликации. До S-периода и после деления хромосома однохроматидная - одиночная «палочка».

ЛОВУШКА ЕГЭ

Число молекул ДНК равно числу хроматид, а не хромосом. 46 двухроматидных хромосом - это 92 молекулы ДНК (2n4c). Число хромосом считают по центромерам.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Гаплоидный набор - не «любая половина». В гамете ровно по одной хромосоме из каждой гомологичной пары: полный комплект генов в одинарном экземпляре.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Половые хромосомы есть не только в половых клетках. В каждой соматической клетке человека 44 аутосомы и 2 половые хромосомы; в гамете - 22 аутосомы и 1 половая.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Центромера - не центросома. Центромера - первичная перетяжка хромосомы, к которой крепятся нити веретена. Центросома - это клеточный центр, органоид, который это веретено образует.

ЛОВУШКА ЕГЭ

После репликации хромосом не становится вдвое больше. Удваивается ДНК (c), а хромосомы остаются теми же - просто каждая теперь из двух сестринских хроматид, соединённых одной центромерой: 2n4c, а не 4n4c.

Как писать ответ

В задачах на наборы хромосом эксперт ждёт не только число, но и **обоснование**: какой набор у клетки и почему, сколько хроматид в хромосомах после репликации. Ответ без объяснения - потерянный элемент.

Алгоритм:

1. Определи тип клетки: соматическая - 2n, гамета или спора растения - n.
2. Проверь, была ли репликация: после S-периода число молекул ДНК удваивается (c становится вдвое больше n), число хромосом не меняется.
3. Запиши ответ в виде «число хромосом, число молекул ДНК + потому что...».

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Разбор своей задачи: наборы хромосом и ДНК у кролика

Условие. В соматических клетках кролика 44 хромосомы. Определи число хромосом и молекул ДНК в сперматозоиде кролика и в клетке его кожи в конце интерфазы (после репликации). Объясни ответ.

Элементы ответа:

1. В сперматозоиде 22 хромосомы и 22 молекулы ДНК (nc): гамета образуется мейозом, набор уменьшен вдвое, хромосомы однохроматидные.
2. В клетке кожи в конце интерфазы 44 хромосомы и 88 молекул ДНК (2n4c): в S-период прошла репликация, каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид, число хромосом при этом не изменилось.
3. Обоснование наборов обязательно: число хромосом считают по центромерам, число молекул ДНК - по хроматидам.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Почему перед делением количество ДНК удваивается, а число хромосом - нет?

1. В S-период интерфазы идёт репликация: каждая молекула ДНК удваивается.
2. Сестринские хроматиды остаются соединёнными в области центромеры.
3. Число хромосом считают по центромерам, поэтому хромосом по-прежнему 2n, а молекул ДНК - 4c.

Проверь себя

1. Чем хроматин отличается от хромосомы?

Ответ: Это один и тот же комплекс ДНК с гистонами. Хроматин - рабочая деспирализованная форма в интерфазном ядре, хромосома - максимально спирализованная форма во время деления (лучше всего видна в метафазе).

2. Сколько молекул ДНК в двухроматидной хромосоме?

Ответ: Две: каждая хроматида - одна молекула ДНК. Сестринские хроматиды появляются после репликации и соединены в области центромеры.

3. В соматической клетке мухи 12 хромосом. Сколько хромосом в её гамете?

Ответ: 6: гамета несёт гаплоидный набор - по одной хромосоме из каждой пары гомологичных.

4. Какие хромосомы называют гомологичными?

Ответ: Хромосомы одной пары: одинаковые по размеру и форме, несут аллельные гены одних и тех же признаков. Одна получена от матери, другая - от отца.

5. Сколько аутосом и половых хромосом в сперматозоиде человека?

Ответ: 22 аутосомы и 1 половая хромосома (X или Y), всего 23 хромосомы.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

Тестовая часть, развёрнутые задания и все задания по теме - на сайте, с проверкой и разбором: kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/stroenie-hromosom

© 2026 Мустафаев Р. И. (Kursteam). Материал принадлежит автору и охраняется авторским правом. Копирование, перепечатка и распространение без письменного разрешения автора запрещены; при цитировании обязательна ссылка на kursteam.ru.