Репликация ДНК

Кодификатор ЕГЭ: 2.6 · Линии ЕГЭ: 5-8, 24, 26 · kursteam.ru/teoriya/tsitologiya/replikatsiya

КОРОТКО

- Репликация - матричный синтез ДНК: молекула удваивается, и каждая дочерняя клетка получает полную копию наследственной информации.
- Принципы репликации: комплементарность (А - Т, Г - Ц), полуконсервативность (в каждой новой молекуле одна цепь старая, другая новая) и антипараллельность.
- Хеликаза расплетает спираль, праймаза ставит РНК-праймеры, ДНК-полимераза наращивает цепь только к 3'-концу, лигаза сшивает фрагменты.
- Ведущая цепь строится непрерывно, отстающая - фрагментами Оказаки, потому что полимераза работает только в направлении 5' → 3'.
- Репликация идёт в S-период интерфазы: набор 2n2c превращается в 2n4c, хромосомы становятся двухроматидными.

Что такое репликация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Репликация

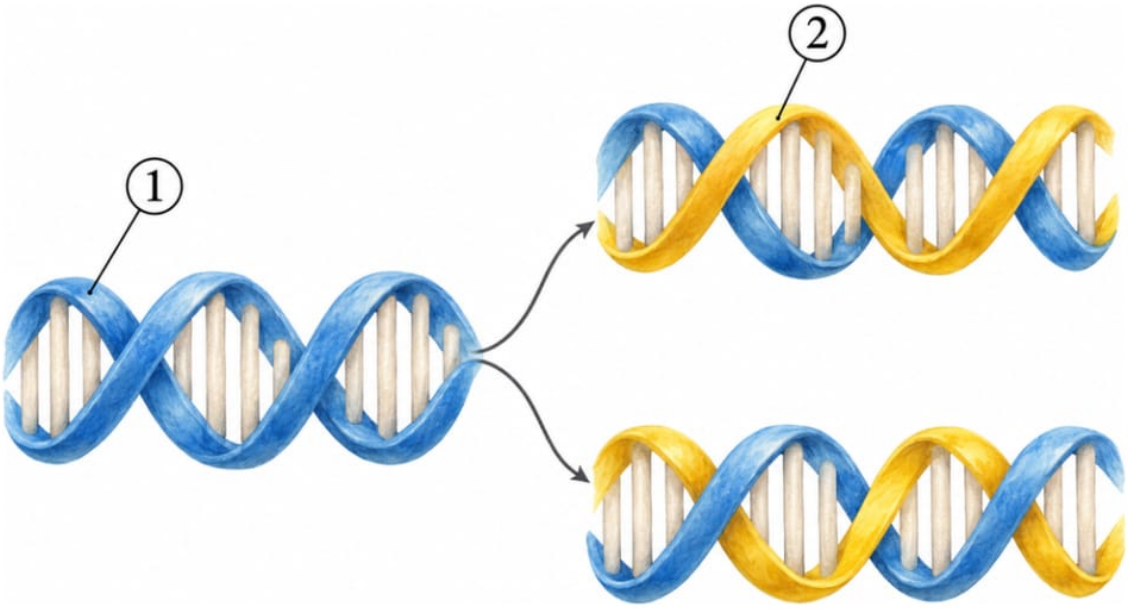
Матричный синтез ДНК - удвоение молекулы: на каждой из двух цепей, как на матрице, по принципу комплементарности строится новая цепь. Из одной молекулы ДНК получаются две одинаковые.

Зачем это нужно: перед делением клетка обязана скопировать наследственную информацию, чтобы каждая дочерняя клетка получила полный набор. Репликация идёт в **S-период (синтетический период) интерфазы**, до начала митоза или мейоза. Набор хромосом при этом не меняется, а количество ДНК удваивается: было 2n2c - стало **2n4c**. Каждая хромосома теперь состоит из двух сестринских хроматид, соединённых в области центромеры.

Три принципа репликации

1. **Комплементарность.** Напротив А матрицы встаёт Т, напротив Г - Ц. Поэтому новая цепь однозначно определяется старой.
2. **Полуконсервативность.** В каждой дочерней молекуле одна цепь старая (матричная), вторая - новая. «Полу» - потому что от материнской молекулы сохраняется ровно половина.
3. **Антипараллельность.** Цепи направлены навстречу друг другу, а любая новая цепь растёт только в направлении 5' → 3': нуклеотиды присоединяются к свободному 3'-концу. Отсюда - главная сложность репликации, из-за которой появляются ведущая и отстающая цепи.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru



1 - Старая (материнская) цепь - матрица

2 - Новая цепь - построена по принципу комплементарности

Полуконсервативность: каждая дочерняя молекула наполовину старая.

ЗАПОМНИ

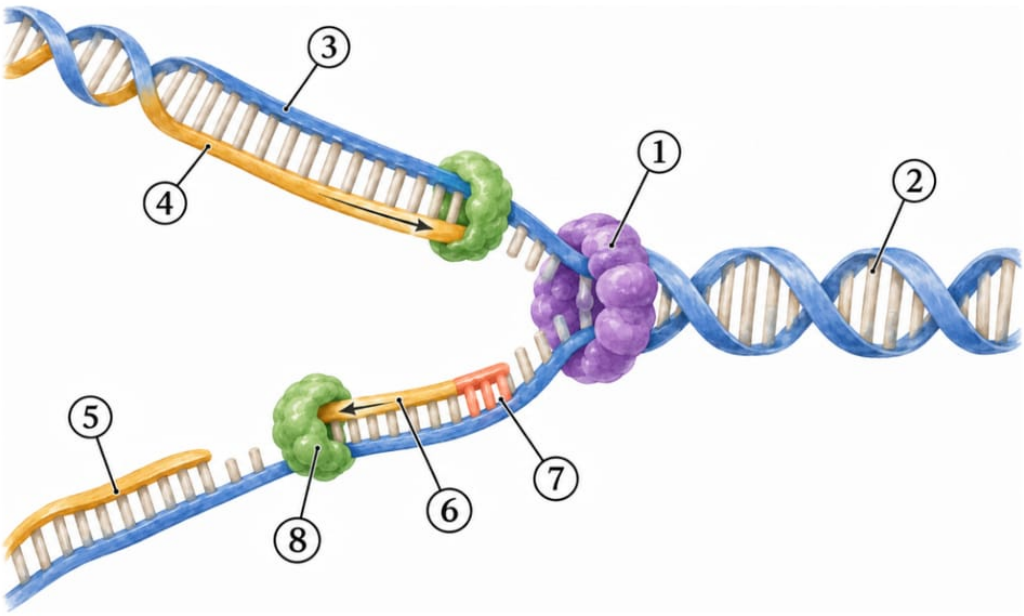
ДНК-полимераза умеет делать только две вещи: присоединять нуклеотид к готовому **3'-концу** и двигаться по матрице. Она не начинает цепь с нуля и не работает в обратную сторону. Весь механизм репликации - следствие этих ограничений.

Механизм: шаг за шагом

1. **Хеликаза расплетает спираль.** В точке начала репликации хеликаза, расходуя энергию АТФ, разрывает водородные связи между основаниями. Цепи расходятся - образуется **репликативная вилка**. Впереди вилки спираль перекручивается, и напряжение снимает фермент **топоизомераза**: надрезает цепь, даёт спирали провернуться и сшивает разрез. Расплетённые одиночные цепи удерживают специальные белки (SSB-белки), чтобы цепи снова не слиплись.
2. **Праймаза ставит затравки.** ДНК-полимераза не может начать цепь с нуля, поэтому праймаза (это РНК-полимераза) синтезирует короткие РНК-затравки - **праймеры** - комплементарно матрице. Они дают полимеразе готовый 3'-конец.
3. **ДНК-полимераза строит новые цепи.** Она присоединяет нуклеотиды к 3'-концу праймера по принципу комплементарности. На одной матрице полимераза движется в ту же сторону, что и вилка, - новая цепь растёт непрерывно, это **ведущая цепь**. На второй матрице двигаться приходится от вилки - цепь строится короткими кусками, **фрагментами Оказаки**, каждый со своего праймера. Это **отстающая цепь**.
4. **Праймеры заменяются на ДНК.** РНК-затравки вырезаются, а ДНК-полимераза заполняет бреши, наращивая 3'-конец соседнего фрагмента: готовая ДНК должна состоять только из дезоксирибонуклеотидов.

Конспект скачан с сайта kursteam.ru

5. **Лигаза сшивает фрагменты.** Между соседними фрагментами остаются разрывы - не хватает одной связи. **ДНК-лигаза** образует фосфодиэфирные связи и соединяет куски в сплошную цепь.



1 - Хеликаза - расплетает двойную спираль
2 - Родительская ДНК
3 - Матричные (старые) цепи
4 - Ведущая цепь - строится непрерывно, вслед за вилкой
5 - Готовый фрагмент Оказаки отстающей цепи
6 - Фрагмент Оказаки, который строится сейчас
7 - РНК-праймер
8 - ДНК-полимераза

Репликативная вилка. Вилка движется вправо, обе новые цепи растут 5' → 3'.

От точки начала репликации вилки расходятся **в обе стороны**. У бактерий на кольцевой ДНК точка начала одна, у эукариот на каждой хромосоме их много - поэтому длинные молекулы копируются быстро.

Ферменты репликации - сводка

Фермент (белок)	Что делает
Хеликаза	разрывает водородные связи, расплетает спираль, образует вилку
Топоизомераза	снимает напряжение впереди вилки (надрез - поворот - сшивание)
SSB-белки	удерживают одиночные цепи расплетёнными
Праймаза	синтезирует РНК-праймеры (затравки)
ДНК-полимераза	наращивает новую цепь к 3'-концу по комплементарности; заполняет бреши после удаления праймеров
ДНК-лигаза	сшивает фрагменты Оказаки фосфодиэфирными связями

Значение репликации

- Обеспечивает **точную передачу наследственной информации** дочерним клеткам при делении - в основе митоза, мейоза и размножения.
- Полуконсервативный механизм снижает число ошибок: новая цепь собирается прямо на старой, и полимераза сверяет каждую пару.
- Редкие нескорректированные ошибки репликации - один из источников мутаций.

Как это спрашивают на ЕГЭ

- **Линия 5 - рисунок вилки**: «какой цифрой обозначена отстающая цепь (праймер, хеликаза)». Ориентиры: хеликаза - в точке разветвления; непрерывная новая цепь - ведущая; цепь из кусочков - отстающая; короткие отрезки РНК - праймеры.
- **Линия 6 - соответствие** «фермент → функция» (хеликаза, полимераза, лигаза, праймаза) или «характеристика → ведущая или отстающая цепь».
- **Линия 7 - выбор трёх из шести**: что характерно для репликации (комплементарность, полуконсервативность, S-период, участие ДНК-полимеразы) - среди неверных будут признаки транскрипции и трансляции.
- **Линия 8 - последовательность**: расплетание спирали хеликазой → синтез праймеров → наращивание цепей ДНК-полимеразой → удаление праймеров → сшивание лигазой. Ещё вариант - место репликации в клеточном цикле: репликация идёт в интерфазе, до спирализации хромосом и деления.
- **Линии 24 и 26** - объяснить, почему цепи строятся по-разному, в чём полуконсервативность, зачем праймер; найти ошибки в тексте о репликации.

Ключевые слова: репликативная вилка, хеликаза, праймаза, РНК-праймер, ДНК-полимераза, фрагменты Оказаки, ведущая и отстающая цепи, лигаза, полуконсервативность, S-период.

Ловушки

ЛОВУШКА ЕГЭ

Репликация - в интерфазе, а не в митозе. ДНК удваивается в S-период интерфазы. В профазе митоза хромосомы уже двухроматидные: каждая хроматида - готовая молекула ДНК.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Хеликаза расплетает, полимераза строит. Водородные связи между цепями разрывает хеликаза. ДНК-полимераза связей не разрывает - она присоединяет нуклеотиды к 3'-концу новой цепи.

ЛОВУШКА ЕГЭ

ДНК-полимераза не начинает цепь с нуля. Ей нужна затравка - РНК-праймер, который ставит праймаза. Потом праймеры вырезаются и заменяются на ДНК, а разрывы сшивает лигаза.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Обе новые цепи растут 5' → 3'. Не бывает синтеза 3' → 5'. Разница между ведущей и отстающей цепью не в направлении синтеза, а в том, что одна строится непрерывно за вилкой, а вторая - фрагментами от вилки.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Полуконсервативность - про цепи, а не про молекулы. После репликации обе дочерние молекулы одинаковы, и в каждой: одна цепь старая + одна новая. Неверно думать, что одна молекула целиком старая, а вторая целиком новая.

ЛОВУШКА ЕГЭ

Фрагменты Оказаки - только на отстающей цепи. На ведущей цепи фрагментов нет: там достаточно одного праймера в начале.

Как писать ответ

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Почему одна новая цепь ДНК синтезируется непрерывно, а другая - фрагментами?

1. Цепи ДНК антипараллельны, а ДНК-полимераза наращивает новую цепь только в направлении 5' → 3' (присоединяет нуклеотиды к 3'-концу).
2. На одной матрице направление синтеза совпадает с движением репликативной вилки - эта цепь (ведущая) строится непрерывно.
3. На другой матрице полимераза вынуждена двигаться от вилки, поэтому цепь (отстающая) синтезируется короткими фрагментами Оказаки, каждый со своего праймера; затем праймеры заменяются на ДНК, а фрагменты сшивает лигаза.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

В чём заключается полуконсервативный механизм репликации и каково его значение?

1. Двойная спираль расплетается, и каждая старая цепь служит матрицей для синтеза новой по принципу комплементарности.
2. В каждой из двух дочерних молекул одна цепь материнская, а вторая синтезирована заново - это и есть полуконсервативность.
3. Значение: новая цепь строится точно по старой, поэтому обе дочерние молекулы идентичны материнской - наследственная информация передаётся без искажений.

КАК ПИСАТЬ ОТВЕТ

Клетка имела набор 2n2c. Какой набор будет после репликации и почему деление без репликации невозможно?

1. После репликации набор 2n4c: число хромосом не изменилось, но каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид - количество ДНК удвоилось.
2. При митозе сестринские хроматиды расходятся по дочерним клеткам: каждая клетка получает 2n2c - полный набор ДНК.
3. Без репликации дочерним клеткам нечего было бы делить поровну: они получили бы вдвое меньше ДНК, то есть неполную наследственную информацию.

Проверь себя

1. В чём смысл полуконсервативности репликации?

Ответ: В каждой дочерней молекуле ДНК одна цепь - старая (матрица), а вторая построена заново. Так копия собирается прямо на оригинале и выходит точной.

2. Почему ведущая цепь строится непрерывно, а отстающая - фрагментами?

Ответ: ДНК-полимераза наращивает цепь только в направлении 5' → 3', а цепи антипараллельны: на одной матрице полимераза идёт за вилкой (непрерывно), на другой - от вилки, короткими фрагментами Оказаки.

3. Зачем нужны РНК-праймеры?

Ответ: ДНК-полимераза не умеет начинать цепь с нуля - ей нужен готовый 3'-конец. Праймаза синтезирует короткую РНК-затравку, с которой полимераза начинает работу; потом праймеры заменяются на ДНК.

4. Когда в клетке идёт репликация и как меняется набор хромосом и ДНК?

Ответ: В S-период (синтетический период) интерфазы: было 2n2c, стало 2n4c - каждая хромосома теперь из двух сестринских хроматид.

5. Какой фермент сшивает фрагменты Оказаки?

Ответ: ДНК-лигаза: она образует фосфодиэфирные связи между соседними фрагментами.

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ

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

© 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.