

Modyfikacje cyklu komórkowego i ich znaczenie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Modyfikacje cyklu komórkowego i ich znaczenie

Cykl komórkowy umożliwia jednokomórkowej zygotie rozwinąć się w dojrzały organizm. Pozwala również na odnowę skóry, włosów, komórek krwi i niektórych innych narządów wewnętrznych.

Źródło: ColiN00B, pixabay.com, domena publiczna.

Komórki mogą budować organizmy wielokomórkowe lub same tworzyć organizmy jednokomórkowe. Żywe komórki muszą przeprowadzać wiele procesów metabolicznych. Celem istnienia większości z nich jest replikacja materiału genetycznego, a następnie jego rozdział do komórek potomnych, choć zdarzają się takie, które z pewnych powodów replikują DNA, ale się nie dzielą. Stąd też konieczność istnienia modyfikacji cyklu komórkowego, które poznasz na tej lekcji.

Twoje cele

- Omówisz modyfikacje cyklu komórkowego.
- Wyjaśnisz różnice pomiędzy poszczególnymi modyfikacjami cyklu komórkowego.
- Scharakteryzujesz cele poszczególnych modyfikacji cyklu komórkowego i podasz przykłady ich występowania.

Przeczytaj

Cykl komórkowy

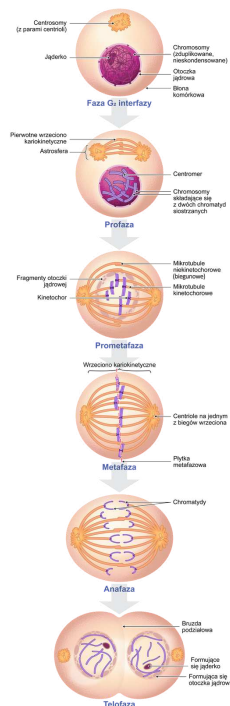
Cykl komórkowy to sekwencja następujących po sobie procesów zachodzących od powstania komórki do jej podziału na dwie komórki potomne. Obejmuje on dwa etapy: interfazę (składającą się z faz G_1 , S i G_2), w której komórka rośnie, zwiększa liczbę swoich organelli i replikuje DNA, oraz etap podziału (fazę M), w którym dzieli się najpierw jej jądro, a potem cytoplazma (C).

Fazy cyklu komórkowego.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Modyfikacje cyklu komórkowego

Najbardziej powszechnym cyklem komórkowym jest ten zakończony mitozą. Cykl komórkowy nie zawsze prowadzi do podziału komórki na dwie potomne z identycznym materiałem genetycznym. Na mitozę składają się: [profaza](#), [metafaza](#), [anafaza](#) i [telofaza](#). Modyfikacje tego cyklu to: mejoza, amitoza oraz endoreplikacja (która także występuje w kilku wariantach).



Przebieg mitozy.

Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Mejoza

To najbardziej powszechna modyfikacja cyklu komórkowego, istotna dla rozmnażania płciowego np. u człowieka. W wyniku mejozy zachodzącej w diploidalnych komórkach macierzystych gamet liczba chromosomów w gametach zostaje zredukowana o połowę i są one haploidalne. Zaś po zapłodnieniu powstaje diploidalna zygota. W komórce macierzystej gamet przed podziałem mejotycznym następuje replikacja DNA, po której każdy chromosom składa się z dwóch chromatyd. Komórka taka dzieli się początkowo na dwie komórki potomne (profaza I, metafaza I, anafaza I i telofaza I), które otrzymują zredukowaną o połowę liczbę chromosomów z $2n$ do $1n$. Później następuje kolejny podział każdej z dwóch haploidalnych komórek, podobny w przebiegu do mitozy (profaza II, metafaza II, anafaza II i telofaza II). W wyniku tego podziału w komórkach potomnych zmniejsza się o połowę liczba cząsteczek DNA. Ostatecznie mejoza prowadzi do powstania czterech komórek haploidalnych z jednej komórki diploidalnej, która przeszła podział mejotyczny.

W pierwszym podziale mejotycznym można zaobserwować charakterystyczne jego cechy: w profazie I ma miejsce [crossing-over](#), w metafazie I włókna wrzeciona kariokinetycznego przyłączają się do chromosomów w liczbie jednego włókna na chromosom, w anafazie I całe chromosomy przemieszczają się do przeciwległych biegunów komórki, a w telofazie I odtwarzają się dwie otoczki jądrowe wokół dwóch „grup” nieulegających dekondensacji chromosomów. Na tym etapie powstają dwie haploidalne komórki.

Profaza II, metafaza II, anafaza II i telofaza II przebiegają identycznie, co odpowiadające im fazy mitozy. Na końcu ma miejsce cytokineza, czyli podział cytoplazmy i organelli komórkowych. W wyniku mejozy II każda z dwóch powstałych po mejozie I haploidalnych komórek dzieli się na dwie, dając ostatecznie cztery haploidalne komórki potomne z jednej diploidalnej komórki, która przeszła mejozę.

Przebieg mejozy.

Źródło: EnglishSquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Amitoza

Jest to prosty mechanizm podziału jądra komórkowego, niewymagający dużego wydatku energetycznego. Komórka mająca pełny [garnitur chromosomowy](#) nie podwaja swojego materiału genetycznego tak, jak ma to miejsce w cyklu komórkowym z mitozą. Wewnątrz jej jądra chromatyna nie ulega kondensacji. Nie powstają chromosomy, wrzeciono kariokinetyczne ani nie ma miejsca żadna z faz mitozy lub mejozy. Jądro przewęża się w jego środkowej części aż do całkowitego połączenia przeciwległych części otoczki tak, że powstają dwa jądra potomne. Przewężenie jądra jest skutkiem zaciskania się pierścienia mikrofilamentów i mikrotubul wytwarzanych przez centriole. Znajdujące się w nim nici DNA są rozdzielane przypadkowo, zatem żadne z jąder potomnych nie zawiera pełnego garnitur chromosomowego.

Amitoza jest charakterystyczna dla komórek starzejących się, które w niedługim czasie wejdą na ścieżkę [apoptozy](#) i które straciły zdolność do przeprowadzenia mitozy.

Fizjologiczny (czyli zupełnie normalny i niewywołany przez chorobę lub proces starzenia się) podział amitotyczny ma miejsce u człowieka w przypadku komórek wątroby, niektórych neuronów, komórek mięśnia sercowego oraz szyszynki. U roślin kwiatowych obserwujemy go w komórkach bielma, zaś u orzęsków, np. u pantofelka zachodzi w makronukleusie.

Endoreplikacja

Endoreplikacja to zwielokrotnienie materiału genetycznego (podobnie jak w przypadku replikacji przed podziałem mitotycznym), ale bez zajścia kariokinezy, cytokinezy i – co za tym idzie – podziału komórki. Ilość DNA w tym przypadku zwiększa się w postępie geometrycznym ($2n \rightarrow 4n \rightarrow 8n \rightarrow 16n \rightarrow 32n$ itd.), niekiedy osiągając liczbę nawet kilku tysięcy kopii. Omawiany proces zachodzi w komórkach niezdolnych do podziału mitotycznego (podobnie jak w przypadku amitozy) i występuje w kilku odmianach. Są to:

Endomitoza

Najprostszy rodzaj zwielokrotnienia ilości DNA. Dochodzi tu do powielenia materiału genetycznego oraz kondensacji DNA, w wyniku czego powstają chromosomy (podobnie jak w mitozie). Następnie dochodzi do rozdzielenia chromatyd siostrzanych; podobnie jak w anafazie, jednak na niezbyt dużą odległość. W dalszej kolejności następuje odbudowanie tylko jednej otoczki jądrowej (a nie dwóch, jak w mitozie), wewnątrz której zamknięte zostają wszystkie chromosomy. Cytokineza nie zachodzi. Komórka po odbyciu endomitozy ma zwielokrotnioną liczbę chromosomów w jednym jądrze komórkowym. W wyniku mejozy następującej po endomitozie komórki potomne zawierają dwukrotnie więcej materiału genetycznego, niż w przypadku standardowej mejozy.

Endoreduplikacja

Politenia

Niepełna replikacja

Amplifikacja

Słownik

anafaza

trzeci etap mitozy, w którym chromatydy (połówki chromosomów) rozsuwają się w stronę biegunów komórki

apoptoza

programowana śmierć komórki, może nastąpić pod wpływem czynników zewnętrznych lub wewnętrznych

chromosomy politeniczne

chromosomy powstające w wyniku wielu kolejnych replikacji zespołu chromosomów bez rozejścia się siostrzanych chromatyd i podziału komórki (jak w mitozie), występujące np. u muchówek

crossing-over

losowa zamiana fragmentów chromatyd chromosomów homologicznych, dzięki której zwiększona zostaje zmienność genetyczna

garnitur chromosomowy

pełna ilość materiału genetycznego, jaki zawierają komórki somatyczne danego organizmu; w przypadku człowieka jest to 46 chromosomów

metafaza

drugi etap mitozy, w którym chromosomy ustawiają się w płaszczyźnie równikowej komórki; włókna wrzeciono przyczepiają się do centromerów chromosomów, a centromery pękają

profaza

pierwszy etap mitozy, w którym nić DNA ulega kondensacji i uwidaczniają się chromosomy, zanika otoczka jądrowa oraz formuje się wrzeciono podziałowe

telofaza

czwarty etap mitozy, w którym chromosomy ulegają dekonduensacji, przechodząc z powrotem do postaci chromatyny, i odtwarzają się otoczki jądrowe wokół dwóch skupisk chromatyd

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DMD18d5o3>

Chromosomy politeniczne.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film dotyczący chromosomów politenicznych.

Polecenie 1

Scharakteryzuj chromosomy politeniczne.

Polecenie 2

Wymień, w jakich komórkach występują chromosomy politeniczne, i wyjaśnij, jaką mogą pełnić w nich funkcję.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Oceń i zaznacz, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Mejoza, czyli podział komórki na dwie potomne z identycznym materiałem genetycznym to najbardziej powszechne zakończenie cyklu komórkowego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Amitoza to modyfikacja cyklu komórkowego, która nie zachodzi w komórkach zdrowych. Jest zawsze wywołana błędem powstającym w trakcie podziału mitotycznego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Podczas endoreplikacji nie dochodzi do kariokinezy i cytokinezy, w związku z czym komórka się nie dzieli, natomiast zwiększa się w niej ilość DNA.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 2



Przyporządkuj wymienionym modyfikacjom cyklu komórkowego odpowiadające im opisy.

amplifikacja

proces, w którym po duplikacji materiału genetycznego powielane są jedynie fragmenty DNA niezbędne do przeżycia komórki

niepełna replikacja

proces, w trakcie którego nie dochodzi do rozdzielenia chromatyd, za to powstają chromosomy o większych rozmiarach

endomitozą

rodzaj endoreplikacji, w której po duplikacji chromosomy zostają rozdzielone na pojedyncze chromatydy

politenia

proces replikacji DNA, w którym pomijane są niektóre geny

endoreduplikacja

proces, w którym powstają chromosomy olbrzymie o znacznie zwiększonej ploidalności

Ćwiczenie 3



Uzupełnij tekst, zaznaczając prawidłowe sformułowania spośród podanych propozycji.

Amitozą to proces, który występuje najczęściej w komórkach młodychstarzejących sięmacierzystych. Wymaga ona dużego małego wydatku energetycznego. W jej trakcie powstają dwatrzycztery jądra potomne, które zawierają taką samą różną ilość chromatyny. U człowieka, proces ten zachodzi w niektórych komórkach wątroby, mięśnia sercowego, szyszynki czy układu nerwowego.

Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Z poniższych etapów kariokinezy wybierz te, które są charakterystyczne dla pierwszego podziału mejotycznego.

rozdzielenie chromatyd siostrzanych w anafazie

przyłączanie się w anafazie włókien wrzeciona kariokinetycznego w liczbie jedno włókno na chromosom

rozpad biwalentów w anafazie

przyłączanie się w anafazie włókien wrzeciona kariokinetycznego do kinetochoru znajdującego się na każdej z siostrzanych chromatyd

crossing-over zachodzące w profazie

Ćwiczenie 6



Przyporządkuj podane etapy do procesu, w którym zachodzą.

Amitoza

brak kariokinezy

losowe rozdzielanie nici DNA

brak duplikacji materiału genetycznego

wytworzenie dwóch jąder potomnych niemających pełnego garnituru chromosomowego

kondensacja chromatyny

zwielokrotnienie materiału genetycznego

Endoreplikacja

Ćwiczenie 7



(...) Podsumujmy krótko: mitozą zachodzi w komórkach somatycznych i jest podziałem z doreplikowaniem DNA, by nowa komórka miała pełen ($2n$) zestaw chromosomów. Mejoza ma miejsce w spermatocytach i oocytach i prowadzi do pozbycia się połowy DNA, tak aby gotowa do stworzenia zarodka komórka płciowa miała tylko jeden zestaw chromosomów. Po połączeniu się męskiego i żeńskiego DNA, zygota staje się „z powrotem” komórką somatyczną. Mejozę można więc w pewnym sensie uznać za swego rodzaju międzypokoleniową mitozę... Ciekawe, prawda?

Źródło: *Ta straszna mitozą i mejoza*, Łukasz Sakowski, <https://www.totylkoteoria.pl/2016/08/mitoza-mejoza.html>.

Wyjaśnij, dlaczego mejoza, będąca modyfikacją cyklu komórkowego, jest niezbędna do powstania prawidłowego zarodka człowieka. Swoją odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Endomitoza jest typem endoreplikacji, który do złudzenia przypomina klasyczny cykl komórkowy. Dochodzi tu do powielenia materiału genetycznego, co w interfazie tworzy obraz zwiększonej dwukrotnie liczby grudek heterochromatynowych. Nie zwiększają one swojej objętości, a ich przyrost następuje w postępie geometrycznym, w zależności od liczby przeprowadzonych rund syntezy materiału genetycznego. Gdy dochodzi do kondensacji DNA, tworzą się chromosomy podobne do chromosomów metafazowych obecnych w mitozie. Następuje ich ustawienie pośrodku komórki, a wrzeczono kariokinetyczne dokonuje rozdzielania chromatyd siostrzanych, jak w zwykłej anafazie, jednak nie na znaczne odległości. Prowizorycznie więc zachodzi kariokineza, jednak jest ona niepełna, gdyż odbudowywana jest tylko jedna otoczka jądrowa, zamykająca wewnątrz wszystkie chromosomy. Z uwagi na podobieństwa do poszczególnych faz mitozy w endomitozie wyróżnia się: endoprofazę, endometfazę, endoanafazę oraz endotelofazę. Ta ostatnia wykazuje jednak największą rozbieżność w stosunku do odpowiednika z naturalnego cyklu komórkowego. Cytokineza podczas takiego cyklu nie odbywa się. Ostatecznie, komórka po odbyciu endomitozy posiada zwielokrotnioną liczbę chromosomów, centromerów i jąder, a jedno jądro komórkowe”.

Źródło: *Endoreplikacja i charakterystyka endocyklu, czyli powtórka do sesji*, Izabela

Kołodziejczyk, <https://biotechnologia.pl/biotechnologia/endoreplikacja-i-charakterystyka-endocyklu-czyli-powtorka-do-sesji,658>.

Na podstawie tekstu i własnej wiedzy wymień trzy różnice występujące między mitozą a endomitozą.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Modyfikacje cyklu komórkowego i ich znaczenie

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IV. Podziały komórkowe. Uczeń:

2) opisuje cykl komórkowy z uwzględnieniem zmian ilości DNA w poszczególnych jego etapach;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IV. Podziały komórkowe. Uczeń:

3) opisuje cykl komórkowy, z uwzględnieniem zmian ilości DNA w poszczególnych jego etapach; uzasadnia konieczność replikacji DNA przed podziałem komórki;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Omówisz modyfikacje cyklu komórkowego.
- Wyjaśnisz różnice pomiędzy poszczególnymi modyfikacjami cyklu komórkowego.
- Scharakteryzujesz cele poszczególnych modyfikacji cyklu komórkowego i podasz przykłady ich występowania.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;

- ćwiczenia interaktywne;
- analiza animacji;
- mapa myśli;
- gra dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Odwołanie do wcześniejszej wiedzy.** Nauczyciel prosi o przypomnienie, jak przebiega cykl komórkowy.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z animacją pt. „Chromosomy politeniczne”.** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika multimediu zawarte w sekcji „Animacja”. Uczniowie wykonują w parach polecenia nr 1 i 2: charakteryzują chromosomy politeniczne, wskazują, w jakich występują komórkach, i wyjaśniają, jaką mogą pełnić w nich funkcję. Następnie dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.
2. **Praca w grupach z treścią e-materiału.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każda z grup opracowuje jedno zagadnienie na podstawie informacji zawartych w e-materiale.
Grupa I – mejoza;
grupa II – amitoza;

grupa III – endoreplikacja.

Po opracowaniu zagadnień przez każdą z grup nauczyciel miesza uczniów tak, aby w każdym z nowych zespołów było przynajmniej dwóch przedstawicieli ze starej grupy. Każdy z uczniów przedstawia kolegom partię materiału, którą opracował wcześniej (uczenie się przez nauczanie innych).

Nauczyciel prosi o wypisanie na małych kartkach pojęć, jakie uczniowie zapamiętali na dany temat. Grupy porządkują kartki w zbiory, wyszukując połączenia pomiędzy zapisanymi pojęciami. Grupy przyklejają kartki na arkuszu papieru A1, łączą strzałkami, rysują linie i dopisują nowe hasła, tworząc mapę myśli.

Przedstawiciele grup omawiają swoje mapy myśli. Nauczyciel weryfikuje informacje, w razie potrzeby uzupełnia.

- 3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie wyjaśnić – na podstawie tekstu źródłowego – dlaczego mejoza, będąca modyfikacją cyklu komórkowego, jest niezbędna do powstania prawidłowego zarodka) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 6 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa, a nauczyciel może nagrodzić uczniów ocenami za aktywność.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenie nr 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania animacji:

- Uczniowie zapoznają się z animacją i przygotowują do niej pytania. Następnie zadają je sobie nawzajem, sprawdzając stopień przyswojenia treści.