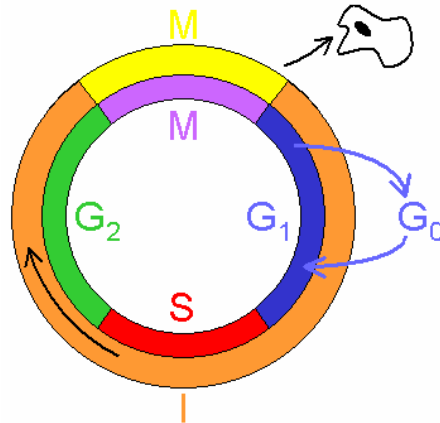


Cykl komórkowy

Podział komórki - proces zachodzący u wszystkich żywych organizmów, w którym komórka macierzysta dzieli się na dwie lub więcej komórek potomnych. Najpierw następuje podział jądra komórkowego poprzez mitozę, mejozę lub amitozę. Po podziale jądra dzieli się cytoplazma - cytokineza. Podział komórkowy jest jedną z faz cyklu komórkowego.

Amitoza, (podział amitotyczny) - podział materiału genetycznego komórki poprzez proces inny niż mitoza i bez równej dystrybucji materiału genetycznego do komórek potomnych. Nie DNA ulega replikacji i dochodzi do podziału cytoplazmy oraz losowej dystrybucji materiału genetycznego pomiędzy komórki potomne. W szczególności podział makronukleusa u orzęsków (Ciliata) jest podziałem amitotycznym. Amitoza jest jedynym podziałem, jaki zachodzi u bakterii. Ponieważ w podziale amitotycznym nie ma gwarancji, że nastąpi przekazanie każdego chromosomu komórce potomnej, u makronukleus orzęsków ma wielokrotnie zwiększoną ilość kopii genów (poliploidyzacja), minimalizując tym samym prawdopodobieństwo zagubienia chromosomu podczas podziału.

Podział komórki może być uważany za formę rozmnażania. Prosty podział komórki (monotomia) jest pospolity u organizmów jednokomórkowych i prowadzi do powstania dwóch identycznych jak komórka macierzysta organizmów potomnych, które przed rozpoczęciem podziałów dorastają wielkości komórki macierzystej. Ten typ rozmnażania spotyka się u bakterii, sinic, glonów, grzybów i pierwotniaków.



Interfaza - najdłuższa faza życia komórki, należąca do cyklu komórkowego. Jest etapem, w którym komórka przygotowuje się do podziału mitotycznego lub mejotycznego. Interfazę stanowią trzy stadia:

Faza G₁ (ang. gap - przerwa) - poprzedza ją zakończony podział mitotyczny i jest fazą wzrostową komórki. Następuje synteza różnych rodzajów białek, m.in. strukturalnych czy enzymatycznych i zwiększenie organelli takich jak mitochondria, czy lizosomy. Komórka w tej fazie zwiększa swoją masę i objętość, osiągając stadium komórki macierzystej. Pod koniec fazy G₁ dochodzi do syntezy specjalistycznych białek regulatorowych, odpowiedzialnych za przejście komórki w fazę S.

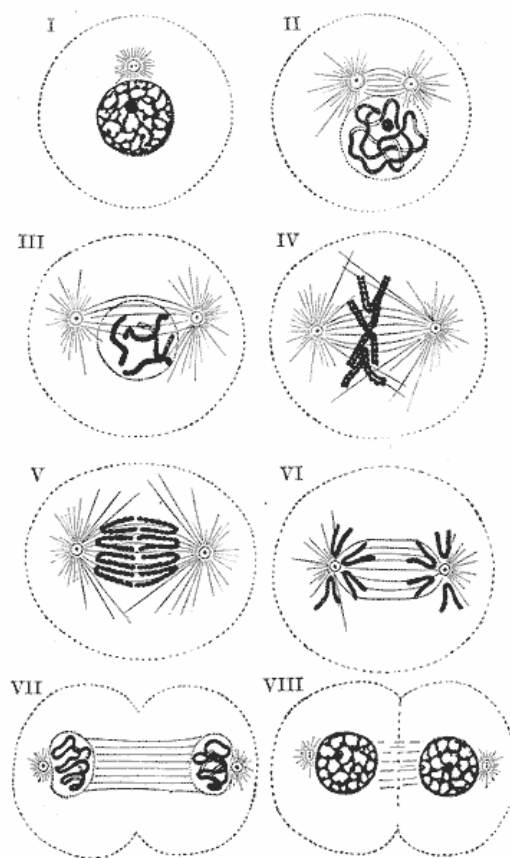
Faza S (ang. synthesiz - synteza) - dochodzi do replikacji DNA, czyli do podwojenia ilości kwasu (z 2c do 4c, gdzie c oznacza ilość DNA). Poza tym zachodzi synteza histonów, a pod koniec fazy replikacja centriol. Proces ten u człowieka zachodzi zazwyczaj w ciągu 8 godzin.

Faza G₂ - następuje synteza białek wrzecion podziałowego, głównie tubuliny jak również składników błony komórkowej potrzebnych do jej wytworzenia po zakończonym podziale.

Pod koniec fazy G2 dochodzi do syntezy specjalistycznych białek regulatorowych, odpowiedzialnych za przejście komórki w mitozę.

W przypadku, gdy nie dojdzie do wytworzenia białek odpowiedzialnych za przejście faz G1 i G2 do następnego stadium, komórka przechodzi w fazę G0. Interfaza ulega wtedy zatrzymaniu, komórka traci zdolność replikacji DNA i zaczyna się specjalizować. Dotyczy to np. komórek nerwowych czy mięśniowych. W niektórych przypadkach może dojść do powrotu do cyklu komórkowego poprzez stymulację komórek np. hormonami.

Mitoza - proces podziału komórki, któremu towarzyszy precyzyjne rozdzielanie chromosomów do dwóch komórek potomnych. W jego wyniku powstają komórki, które dysponują materiałem genetycznie identycznym z komórką rodzicielską. Jest to najważniejsza z różnic między mitozą a mejozą. Podziały mitotyczne zachodzą w diploidalnych komórkach somatycznych i w ich rezultacie powstają inne diploidalne komórki somatyczne oraz w haploidalnych komórkach w wyniku, czego powstają inne komórki haploidalne. Podziały mitotyczne są procesem nieustannie zachodzącym w organizmie, prowadzącym do jego wzrostu i regeneracji.



Główne etapy, czyli fazy mitozy w komórkach Eukariotycznych:

Profaza

- a. następuje kondensacja chromatyny
- b. chromosomy zaczynają być widoczne
- c. ujawnia się struktura chromosomu
- d. chromatydy ulegają pogrubieniu, widać miejsce ich złączenia (centromer)
- e. formuje się wrzeciono podziałowe

f. zanik jąderka

Metafaza

a. rozpad błony jądrowej

b. następuje przyłączenie wrzeciona podziałowego do centromerów

c. chromosomy ustawiają się w płaszczyźnie równikowej komórki, tworząc płytkę metafazową.

Anafaza

a. następuje rozdzielenie chromatyd siostrzanych, powstają chromosomy potomne

b. chromosomy potomne wędrują do przeciwległych biegunów komórki

Telofaza

a. wokół skupisk chromosomów powstaje błona jądrowa

b. wyodrębniają się jądra potomne identyczne z jądrem rodzicielskim

Mejoza - skrót: R! (R - od redukcji) - proces podziału komórki występujący u organizmów rozmnażających się płciowo. Polega na podziale komórki diploidalnej, w wyniku, którego powstają 4 komórki haploidalne. Podziałowi mejotycznemu ulegają tylko komórki macierzyste gamet i zarodników (nie zaś same gamety i zarodniki). Pierwszy podział mejotyczny nazywany jest podziałem redukcyjnym (mejoza I), drugi zaś podziałem zachowawczym (mejoza II). Podczas mejozy zachodzą dwa sprzężone ze sobą podziały:

meiotyczny

podział o podobnym przebiegu do mitozy

Pomiędzy chromatydami skoniugowanych chromosomów następuje wymiana krótkich odcinków DNA, czyli crossing-over. Miejsca wymiany materiału genetycznego widoczne są jako węzły zwane chiazmami. Kompleks synaptemalny jest zwarty. Dosyntetyzowane równe jest 0,3% DNA.

Przebieg mejozy I

Profaza I

wykształcenie się wrzeciona podziałowego, kondensacja chromatyny do chromosomów jest długa i składa się z 5 stadiów:

leptoten - z chromatyny wyodrębniają się chromosomy

zygoten - chromosomy homologiczne układają się w pary (koniugują ze sobą) tworząc biwalenty, liczba biwalentów stanowi połowę liczby chromosomów z leptotenu

pachyten - chromosomy dzielą się podłużnie na dwie chromatydy, w wyniku czego tworzą się tetrazy (w jednej tetradzie znajdują się 4 chromatydy) chromosomy skręcają się i grubieją zachodzi crossing-over, czyli wymiana odcinków chromatyd chromosomów homologicznych

diploten - pary chromatyd rozchodzą się, ale pozostają złączone w punktach zwanych chiazmami, Rozdzielenie chromosomów homologicznych tzw. desynapsis. Kompleks synaptonemalny ulega rozpuszczeniu. Każdy z biwalentów połączony jest poprzez jedną lub więcej chiazm. Intensywna synteza RNA i dekondukcja chromosomów.

diakineza - zanika otoczka jądrowa i jąderka, zachodzi maksymalna spiralizacja chromosomów w biwalentach, tworzą się włókna wrzeciona kariokinetycznego chromosomy homologiczne połączone są w chiazmy

Zmniejszenie syntezy RNA, kondensacja chromosomów (grubieją i oddalają się od otoczki jądrowej). Kinetochory każdego z dwóch chromosomów tworzących biwalent zlewają się ze

sobą. Mikrotubule łączą kinetochor tylko z jednym centromerem. Chromatyd niesiostrzane pozostają połączone w chiasmach, których liczba systematycznie maleje.

Metafaza I

w metafazie I Podziału włókienka wrzeciona podziałowego przyłączają się do centromerów i układają się w całe biwalenty w płaszczyźnie środkowej komórki.

Anafaza I

rozejście się chromosomów homologicznych do przeciwległych biegunów wrzeciona podziałowego(kariokinetycznego).

Telofaza I

zaniknięcie wrzeciona, odtworzenie otoczki jądrowej, powstanie dwóch jąder potomnych o liczbie chromosomów zredukowanej do połowy w stosunku do komórki macierzystej. Niektórzy twierdzą, że telofaza I nie zachodzi.

Przebieg mejozy II

Profaza II

kondensacja chromatyny do chromosomów, rozerwanie centromerów, zanikanie otoczki jądrowej

Metafaza II

powstanie wrzeciona podziałowego, ustawienie chromosomów w płaszczyźnie równikowej, połączenie centromerów z niciami białkowymi

Anafaza II

wrzeciono podziałowe kurczy się, centromery pękają, czego skutkiem jest oddzielenie się chromatyd.

Telofaza II

przekształcenie chromatyd w chromosomy potomne.

W rezultacie mejozy I dostajemy 2 komórki diploidalne, a kolejny podział, już bez redukcji materiału genetycznego, sprawia, że w wyniku całej mejozy z jednej komórki diploidalnej powstają 4 komórki haploidalne.

Znaczenie mejozy

Podczas mejozy powstaje komórka o zredukowanej liczbie chromosomów, dzięki czemu w procesie zapłodnienia zostaje odtworzona diploidalna komórka. Komórki haploidalne powstające po podziale posiadają nowe kombinacje genów. Wynika to z faktu, że do jąder potomnych wędrują przypadkowe chromosomy spośród chromosomów homologicznych (anafaza I), a poza tym w trakcie mejozy następuje również losowa wymiana części chromatyd chromosomów homologicznych pochodzących od obojga rodziców (crossing-over).

Cytokineza – podział cytoplazmy w procesie podziału komórki. Może zacząć się pod koniec anafazy lub na początku telofazy. W komórkach zwierzęcych cytokineza wygląda następująco: w płaszczyźnie równikowej dzielącej się komórki tworzy się tzw. pierścień

kurczliwy (zbudowany z cząsteczek białek -miozyny i aktyny). W wyniku zaciskania się tego pierścienia powstaje tzw. bruzda podziałowa. (Pod bruzdą podziałową zlokalizowane są pęcherzyki siateczki wewnątrzplazmatycznej, które łączą się i pomagają rozdzielić cytoplazmę oraz odtworzyć błonę komórkową) Ostatecznie prowadzi to do rozdzielenia cytoplazmy pomiędzy dwie komórki potomne.

W komórkach roślinnych cytokineza przebiega nieco inaczej, ponieważ w przeciwieństwie do komórki zwierzęcej, komórka roślinna posiada ścianę komórkową. W płaszczyźnie równikowej, pomiędzy grupami rozdzielonych chromosomów tworzy się struktura określana jako fragmoplast. (utworzony z pozostałości mikrotubul). Struktura ta kieruje transportem pęcherzyków pochodzącym głównie z aparatu Golgiego, wypełnionych materiałami służącymi do budowy ściany komórkowej. Pęcherzyki te układają się w płaszczyźnie równikowej, łączą się ze sobą i powoli budują ścianę komórkową która rozdziela cytoplazmę na dwie części.

Kwas deoksyrybonukleinowy (od ang. deoxyribonucleic acid), dawniej używano w Polsce nazwy kwas dezoksyrybonukleinowy – w skrócie DNA – występujący w chromosomach nośnik informacji genetycznej. DNA jest polimerem nukleotydów składających się z zasad purynowych (adenina A, guanina G) i zasad pirymidynowych (cytozyna C, tymina T, uracyl U) oraz reszt deoksyrybozowych i reszt kwasu fosforowego.

W skład cząsteczki DNA wchodzi dwa łańcuchy, które biegną antyrównolegle (tzn. koniec jednego jest dokładnie naprzeciw początku drugiego). Łańcuchy owijają się wokół wspólnej osi i tworzą tzw. prawoskrętną podwójną helisę. Reszty cukrowe i fosforowe, połączone ze sobą wiązaniem fosfodiesterowym, znajdują się na zewnątrz helisy, natomiast zasady skierowane są do wnętrza i tworzą pary połączone wg. wzoru:

A—T (A—U)

G—C

T—A (U—A)

C—G

Zasady połączone są wiązaniami wodorowymi. Cząsteczki DNA mogą być bardzo długie. U *Drosophila melanogaster* ich długość (po "rozkręceniu chromosomu") dochodzi do 2 cm. W ścisłym skręceniu DNA do postaci chromosomu biorą udział białka histonowe lub niehistonowe. Autorami modelu podwójnej helisy DNA są James Watson i Francis Crick, na podstawie zdjęć krystalografii rentgenowskiej wykonanych przez Rosalind Franklin. Każda z nici DNA ma na jednym końcu (oznaczanym jako 5'), przy ostatnim nukleotydzie wolną grupę fosforanową przy węglu 5' deoksyrybozy, a na drugim końcu (oznaczanym jako 3') ostatni nukleotyd posiada wolną grupę hydroksylową przy węglu 3' deoksyrybozy. Ze względu na to, że helisa dwóch nici DNA jest spleciona w ten sposób, że jedna z nici zaczyna się od końca 5' a druga od końca 3', mówi się, że obie nici są względem siebie antyrównoległe. Łańcuch nici DNA zawiera informację genetyczną o kolejności aminokwasów w białkach kodowaną w postaci trójek nukleotydowych odpowiadających odpowiednim aminokwasom podczas syntezy białka. Nazywamy to kodem genetycznym.

Chromosom - forma organizacji materiału genetycznego wewnątrz komórki.

Chromosomy występują w formie mikroskopijnej struktury najlepiej widocznej w metafazie podziału komórkowego. U organizmów prokariotycznych materiał genetyczny zgromadzony jest w postaci pojedynczej, kolistej cząsteczki DNA, natomiast u organizmów eukariotycznych jest on podzielony na kilka (lub więcej) liniowych cząsteczek. Zarówno u prokariotów jak i eukariotów chromosomy zbudowane są z kompleksu DNA i białek histonowych lub histonopodobnych (u prokariotów). W komórkach organizmów prokariotycznych występują również nieosłonięte, kolisty cząsteczki DNA zwane plazmidami.

Locus (l. mnoga loci) to miejsce na chromosomie gdzie zlokalizowany jest gen.

Chromosom submetacentryczny:

Chromosomy dzielą się na autosomy - zawiadujące dziedziczeniem cech nie sprzężonych z płcią, oraz chromosomy płciowe - czyli allosomy lub heterosomy, których obecność przejawia się u konkretnej płci i w wielu przypadkach determinuje ją.

Liczba chromosomów może być różna (np. 1 para) aż do 100 par, ale zazwyczaj wynosi kilka do kilkudziesięciu par (4 pary u muszki owocowej, 20 par u myszy, 23 pary u człowieka). Liczba autosomów jest cechą charakterystyczną gatunku, a jej fluktuacje prowadzą do powstawania nowych (patrz: specjacja).

Komórki mogą być:

haploidalne - zawierać pojedynczą kopię każdego z autosomów oraz kopie allosomów własnej płci w odpowiedniej ilości.

diploidalne - zawierać podwójną kopię każdego z autosomów oraz kopie allosomów własnej płci w odpowiedniej ilości.

U gatunków rozmnażających się bezpłciowo każda komórka organizmu ma tę samą liczbę chromosomów.

U gatunków rozmnażających się płciowo występują komórki zarówno haplo- jak i diploidalne. W przypadku wielu organizmów, w tym zdecydowanej większości kręgowców, liczba chromosomów w komórkach somatycznych jest dwa razy większa (diploidalna) niż w gametach (haploidalna). Do powstania haploidalnych gamet dochodzi w wyniku mejozy. Podział komórek somatycznych (diploidach) zachodzi na drodze mitozy, w której najpierw dochodzi do podwojenia materiału genetycznego.

Struktura chromosomu nie jest niezmienna, podlega on bowiem zmianom zwanym mutacjami. Mutacje dotyczące bezpośrednio chromosomów to aberracje chromosomowe lub mutacje genomowe.

Z obu stron chromosom zakończony jest powtarzającą się sekwencją nukleotydów tworzącą *telomer*. Skracanie telomerów podczas podziałów komórki być może prowadzi do starzenia się organizmu.

U człowieka występują 22 pary autosomów i 1 para chromosomów płciowych. Mutacje genomowe powodują zaburzenia genetyczne lub zespoły chorobowe, takie jak zespół Downa, zespół Turnera zespół Klinefeltera i inne.