


Powstawanie, struktura i działanie wrzeciona kariokinetycznego

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



Powstawanie, struktura i działanie wrzeciona kariokinetycznego

Wrzeciono kariokinetyczne pełni kluczową rolę w podziałach komórkowych.
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Podczas podziału komórkowego zachodzi kolejno wiele procesów, których wspólnym zadaniem jest precyzyjne rozdzielanie materiału genetycznego do nowo powstałych komórek. Mechanizmy te przebiegają podobnie w mitozie i mejozie. Uczestniczą w nich mikrotubule – białkowe struktury cytoszkieletu, które tworzą wrzeciono kariokinetyczne. Ich ciągła przebudowa umożliwia ruch chromosomów w trakcie podziałów komórkowych.

Twoje cele

- Wyjaśnisz sposób powstawania wrzeciona kariokinetycznego.
- Scharakteryzujesz poszczególne elementy budowy wrzeciona kariokinetycznego.
- Wyjaśnisz rolę wrzeciona kariokinetycznego w procesie rozdziału chromosomów.

Przeczytaj

Organizacja mikrotubul w trakcie interfazy

Mikrotubule to długie i puste w środku białkowe rury zbudowane z podjednostek – dzięki temu mogą ulegać szybkiej przebudowie. Podjednostki stworzone są z globularnych białek: **alfa (α)-** i **beta (β)-tubuliny** połączonych wiązaniem kowalencyjnym. Są spolaryzowane, a ich układ nadaje mikrotubulom polaryzację – dodatnią na końcu zawierającym β -tubulinę i ujemną z α -tubuliną.

Budowa mikrotubuli.

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

W komórce zwierzęcej mikrotubule wyrastają z **centrosomu**, który składa się z macierzy białkowej oraz z zawieszonych w macierzy pary **centrioli**.

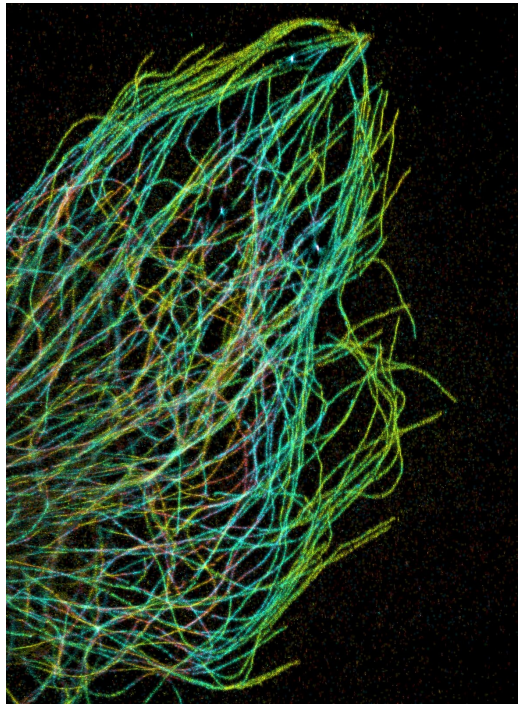
Budowa centrosomu.

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

Centrosom, jak wskazuje nazwa, to struktura ulokowana mniej więcej w centrum komórki. W trakcie **interfazy** odpowiada za tworzenie, przebudowę i organizację układu mikrotubul.

Tuż przed podziałem komórkowym dochodzi do powielenia centrosomu. W czasie podziału przesuujące się centrosomy wraz z parami centrioli zajmują miejsca na przeciwległych biegunach komórki. Ich główną funkcją staje się wówczas tworzenie **wrzeciona kariokinetycznego**, które aktywnie uczestniczy w rozdzielaniu chromosomów do komórek potomnych.

W centrosomie znajdują się liczne miejsca **nukleacji** będące początkiem powstających mikrotubul. To zawieszane w macierzy cząstki **gamma (γ)-tubuliny**, które tworzą cylindryczne struktury. Ze względu na polaryzację mikrotubul koniec ujemny zakotwiczony jest w centrosomie. Na końcu dodatnim zachodzi natomiast dobudowa podjednostek i wydłużenie **protofilamentów**.



Mikrotubule, z których zbudowany jest cytoszkielet, tworzą nie tylko włókna wrzeciona podziałowego, ale i szlaki transportowe w komórkach. W transporcie międzykomórkowym biorą udział białka motoryczne poruszające się na powierzchni mikrotubul. Zdjęcie spod fluorescencyjnego mikroskopu konfokalnego.
Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Więcej informacji na temat cytoszkieletu znajdziesz w e-materiale [Cytoszkielet i ruch komórki – analiza tekstu naukowego](#).

Organizacja wrzeciona podziałowego

Mikrotubule cytoplazmatyczne, które w trakcie interfazy pełniły funkcje związane z transportem wewnątrz komórki i odpowiadały za stabilizację układu organelli komórkowych, ulegają demontażowi oraz przebudowie w mikrotubule wrzeciona kariokinetycznego. Za proces powstawania tej struktury odpowiadają centrosomy. W skład wrzeciona wchodzi również inne białka powiązane z mikrotubulami, w tym **białka motoryczne**.

Wrzeciono podziałowe formuje się już na początku podziału komórkowego. W trakcie **metafazy** jego struktura jest już w pełni wykształcona – może ono sprawować funkcje związane z rozdziałem chromosomów. Centrosomy organizujące wrzeciono podziałowe duplikują się już pod koniec fazy S cyklu komórkowego. Początkowo zlokalizowane są jedno obok drugiego, by wraz z rozpoczęciem procesu podziału zacząć się od siebie oddalać.

Ostatecznie strefy zajmowane przez wrzeciono znajdują się na przeciwległych biegunach komórki. Tworzą one rozgałęzione struktury złożone z licznych mikrotubul, które rozchodzą się promieniście ku środkowi komórki. Wiązki mikrotubul wrzeciona formują się w [profazie](#) i przybierają formę gwiazdzistych rozgałęzień nazywanych [astrosferą](#).

Schemat komórki podlegającej podziałowi.

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

W niektórych komórkach, m.in. większości roślin nasiennych, nie występują centriole, a mikrotubule nie wykazują gwiazdzistego układu. Początkowo skupiają się one wokół jądra, zorientowane losowo, a z czasem ustawiają się w równoległe tory i wydłużając się, wyznaczają bieguny wrzeciona podziałowego.

Wrzeciono składa się z mikrotubul pełniących różne funkcje. Krótkie, zlokalizowane na samym jego biegunie, nazywane są astralnymi. **Mikrotubule astralne** odpowiadają za orientację wrzeciona podziałowego oraz mają udział w wysyłaniu sygnału inicjującego proces cytokinezy.

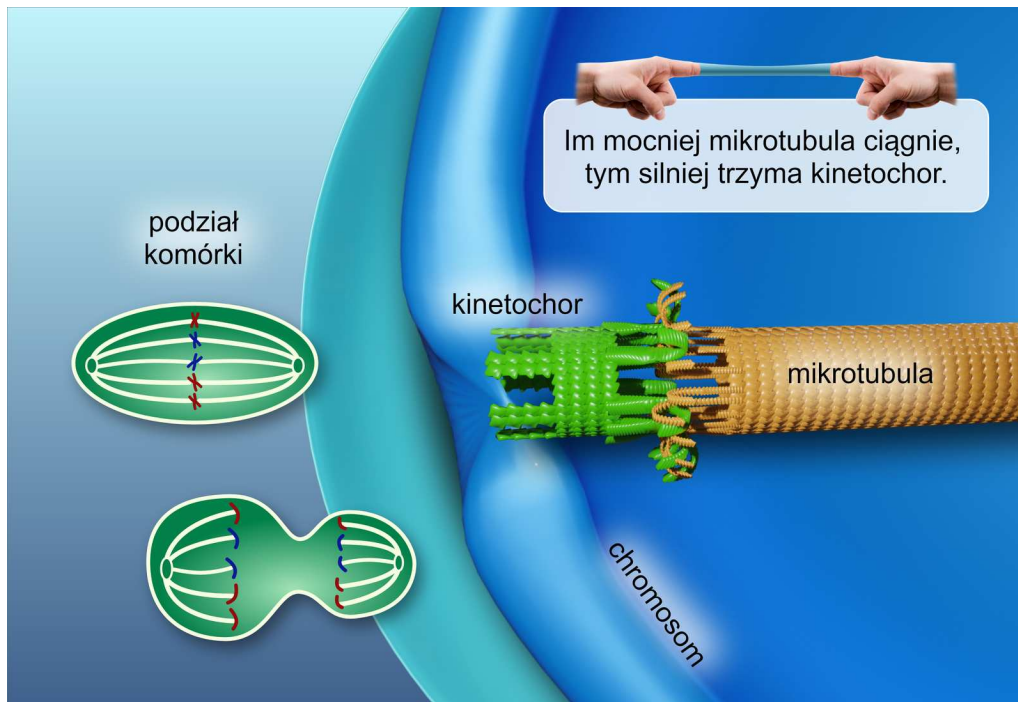
Mikrotubule biegunowe, zwane też **polarnymi**, zachodzą na siebie w środku komórki. Jest to najliczniejsza klasa mikrotubul wrzeciona, która jednocześnie najszybciej ulega przebudowie. Mikrotubule biegunowe nie łączą się bezpośrednio z chromosomami, ale mogą mieć pośredni udział w stabilizacji struktury [płytki metafazowej](#).

Trzecim typem włókien wrzeciona są [mikrotubule kinetochorowe](#). Pełnią one bardzo ważną funkcję w procesie rozdziału chromosomów, łącząc się z ich kinetochorami.

Udział wrzeciona kariokinetycznego w rozdziale chromosomów

Centromer, czyli fragment chromosomu widoczny jako przewężenie między jego ramionami, zawiera niezwykle ważną białkową strukturę – [kinetochor](#).

Kinetochor łączy mikrotubule wrzeciona podziałowego z chromosomem. Kompleks białkowy kinetochoru ściśle wiąże się z mikrotubulami kinetochorowymi. Koniec mikrotubuli zaczyna depolimeryzować i rozpadać się na podjednostki, przez co mikrotubula ulega skróceniu. Wraz z jej rozpadem kinetochor przesuwa się do bieguna komórki, pociągając za sobą transportowany chromosom. Jednocześnie ze skracaniem mikrotubul kinetochorowych i przesuwaniami chromosomów w stronę biegunów komórki mikrotubule polarne wydłużają się, zwiększając dystans pomiędzy biegunami.

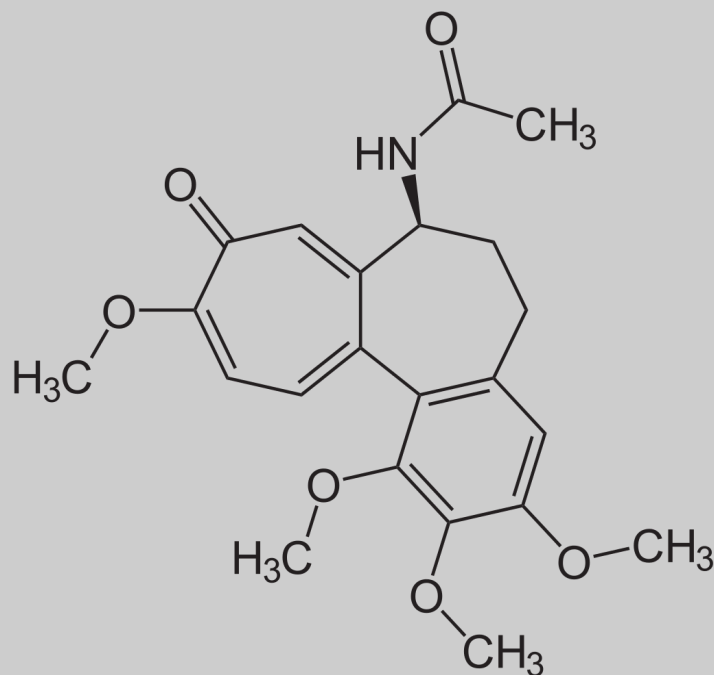


Dzięki złożonemu kompleksowi białkowemu kinetochor może silnie związać się z mikrotubulą. Umożliwia to przesuwanie się chromatyd w kierunku biegunów komórki w konsekwencji skracania się włókien wrzeciona podziałowego.

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

Ciekawostka

Kolchicyna – alkaloid obecny w nasionach zimowita jesiennego – wiąże się z mikrotubulami w metafazie podziału komórki, hamując ich polimeryzację, przez co dezorganizuje wrzeciono kariokinetyczne. Substancja ta w niskich dawkach jest stosowana w leczeniu ostrych napadów dny moczanowej, choroby spowodowanej odkładaniem się w tkankach kryształów moczanu sodu.



Wzór strukturalny kolchicyny.

Źródło: NEUROtiker, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Słownik

astrosfera

inaczej gwiazda podziałowa; w biologii nazywany jest tak centrosom wraz z promieniście rozchodzącymi się od niego mikrotubulami

białka motoryczne

aktyna, dyneina oraz kinezyzna, zawarte w mikrotubulach i filamentach; budują rzęski i wici, które mają zdolność do poruszania się oraz odpowiadają za ruch organelli komórkowych; uzyskują energię z hydrolizy ATP do ADP i fosforanu

centriola

organellum komórkowe biorące udział w tworzeniu wrzeciona podziałowego w dzielących się komórkach zwierzęcych oraz w powstawaniu ciałek podstawowych rzęsek i wici

centrosom

łac. *centrum* – środek, gr. *sōma* – ciało, wyodrębniona część cytoplazmy komórki w pobliżu jądra komórkowego; składa się z dwóch centrioli (diplosomu) i drobnoziarnistego materiału tworzącego tzw. macierz centrosomu

interfaza

najdłuższa faza cyklu komórkowego – komórka przygotowuje się wtedy do podziału mitotycznego lub mejotycznego

kinetochor

miejsce na centromerze chromosomu, do którego w trakcie podziału komórki przyczepiają się włókna wrzeciona kariokinetycznego

metafaza

stadium podziału komórki, w którym włókna wrzeciona kariokinetycznego przyłączają się do centromerów, ustawiając chromosomy w płaszczyźnie równikowej komórki

mikrotubule

podstawowy składnik cytoszkieletu komórek eukariotycznych – silnie wydłużone rurki o średnicy 24 nm

mikrotubule cytoplazmatyczne

są elementami cytoszkieletu, sterują ruchami organelli komórkowych

mikrotubule kinetochorowe

przyłączają się do chromosomu, odgrywają ważną rolę podczas ruchu chromosomów i przy podziale komórki

nukleacja (zarodkowanie)

wstępny etap tworzenia się nowej fazy, czyli jednolitej pod względem właściwości chemicznych i fizycznych części układu termodynamicznego

płytko metafazowa

inaczej – płytka równikowa, grupa chromosomów, które w czasie podziału komórki są ustawione w płaszczyźnie równikowej

profaza

pierwsze stadium podziału komórki. Dochodzi w nim do kondensacji chromatyny z uwidocznieniem chromosomów, które mogą zostać rozdzielone do komórek potomnych

protofilament

pojedynczy łańcuch ułożonych naprzemiennie dimerów tubuliny

Grafika interaktywna

Komórki mitotyczne w trakcie podziału wizualizowane za pomocą ZEISS ApoTome.2.
Barwienie niebieskie – DNA, zielone – tubulina, czerwone – adenocyklaza (ACA), która współdziała z białkami G.

Źródło: ZEISS Microscopy, flickr.com, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.




Polecenie 1

Wyjaśnij, jaka jest rola wrzeciona kariokinetycznego w procesie rozdziału chromosomów.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego obszary cytoplazmy komórek w interfazie, podobnie jak wrzeciono podziałowe, zabarwione są na zielono.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Za organizację wrzeczona podziałowego odpowiada:

centriola

ciałko polarne

desmosom

centrosom

Ćwiczenie 2



Centrioli nie znajdziemy w komórkach:

człowieka

myszy

sosny

chrząszczy

Ćwiczenie 3



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

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Główny materiał budulcowy mikrotubul to białko dyneina.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utworzone mikrotubule są strukturami stabilnymi i nie podlegają przekształceniom.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W obrębie centrosomu znajdują się liczne miejsca inicjujące powstawanie mikrotubul.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mikrotubule mają różną polaryzację na przeciwległych końcach.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 4

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



Ćwiczenie 5



Połącz pojęcia w pary.

centromer	komórki zwierzęce
centriola	organizacja mikrotubul
centrosom	kinetochor
astrosfera	układ mikrotubul w centrosomie lub biegunie wrzeciona kariokinetycznego
tubuliny alfa- i beta-	dimer

Ćwiczenie 6



Uzupełnij poniższy tekst tak, aby podawał prawdziwe informacje.

W trakcie [] komórkowego wrzeciono kariokinetyczne organizowane jest przez [] położone [] siebie. W skład wrzeciona wchodzi białka [], których działanie [] wpływa na rozdział chromosomów. Mikrotubule wrzeciona charakteryzują się [] niestabilnością, co oznacza, że ulegają stałej przebudowie na obydwu końcach. Ważną strukturą uczestniczącą w rozdziale chromosomów jest [], który połączony z mikrotubulą przesuwa się wraz z chromosomem w kierunku bieguna komórki.

motoryczne

pasywnie

strukturalne

statyczną

naprzeciwko

centriole

dynamiczną

centrosomy

aktywnie

kinetochor

motoryczne

podziału

Tekst do ćwiczeń 7 i 8

Kolchicyna to alkaloid otrzymywany głównie z różnych gatunków zimowitu (*Colchicum*), który stosowany jest jako lek. Mechanizm działania tego leku do tej pory nie został w pełni wyjaśniony. Kolchicyna wiąże się z mikrotubulami w metafazie podziału komórki, hamując ich polimeryzację i przez to wpływając na wrzeciono kariokinetyczne, zmniejsza ruchy i degranulację wewnątrzkomórkowych lizosomów i uwalnianie lizozymów, chemoatraktantów oraz kwasu mlekowego.

Źródło: Medycyna Praktyczna www.mp.pl

Ćwiczenie 7



Jakie konsekwencje związane z rozpadem wrzeciona ma dla dzielącej się komórki działanie kolchicyny?

Ćwiczenie 8



W jakiej dziedzinie, oprócz medycyny, stosowanie kolchicyny może przynieść pożądane korzyści?

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Agnieszka Pieszalska

Przedmiot: biologia

Temat: Powstawanie, struktura i działanie wrzeciona kariotycznego

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IV. Podziały komórkowe. Uczeń:

4) przedstawia znaczenie mitozy i mejozy w zachowaniu ciągłości życia na Ziemi;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IV. Podziały komórkowe. Uczeń:

4) opisuje przebieg kariokinezy podczas mitozy i mejozy;

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):

- Wyjaśnisz sposób powstawania wrzeciona kariokinetycznego.
- Scharakteryzujesz poszczególne elementy budowy wrzeciona kariokinetycznego.
- Wyjaśnisz rolę wrzeciona kariokinetycznego w procesie rozdziału chromosomów.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;

- JIGSAW;
- rozmowa kierowana;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gra dydaktyczna;
- ćwiczenia interaktywne.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- 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;
- telefony z dostępem do internetu.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z wprowadzeniem do e-materiału. Następnie zadaje pytania: „Jakie wyróżniamy podziały komórkowe? Jaki jest cel podziałów komórkowych? Jaką rolę odgrywa wrzeciono kariokinetyczne podczas podziałów komórkowych?”
2. Nauczyciel podaje cele lekcji i formułuje jej temat.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel dzieli klasę na 3 grupy. Przydziela każdemu członkowi grupy inny zestaw zadań do opracowania, tak aby każda grupa miała całość materiału (zestawy A, B, C):
 - zestaw A – organizacja mikrotubul w trakcie interfazy;
 - zestaw B – organizacja wrzeciona podziałowego;
 - zestaw C – udział wrzeciona kariokinetycznego w rozdziale chromosomów.
2. Uczniowie, pracując samodzielnie, opracowują w dowolnej formie otrzymane zagadnienia (zestaw A, B lub C).
3. Po upływie wyznaczonego czasu uczniowie przesiadają się i tworzą grupy ekspertów. Dyskutują nad opracowanym materiałem, wyjaśniają wątpliwości oraz zastanawiają się, jak najlepiej przekazać innym uczniom przygotowane informacje.
4. Nauczyciel kontroluje pracę uczniów i w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości.
5. Uczniowie wracają do wcześniej utworzonych grup. Prezentują pozostałym materiał, który opracowali i przedyskutowali w grupie ekspertów. Dzięki temu wszyscy uczniowie mogą opanować główne treści lekcji.

6. Nauczyciel w razie problemów wyjaśnia wątpliwości.
7. Nauczyciel prosi grupy o zapoznanie się z grafiką interaktywną przedstawiającą komórki mitotyczne w trakcie podziału i wykonanie do niej poleceń. Następnie sprawdza poprawność wykonania zadań.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 5 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Praca domowa:

- Wykonaj ćwiczenia interaktywne od 6 do 8 zawarte w e-materiale.

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 grafiki interaktywnej:

Grafikę interaktywną można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.