

Tubulární organely

Nadmolekulární komplexy dříve označované jako tubulární organely:

1. Centrozóm = 2 centrioly
2. Bičíky a brvy (flagella a cilie)
3. Cytoskelet: mikrotubuly, mikrofilamenta a intermediální fibrily

10. Organely tubulární

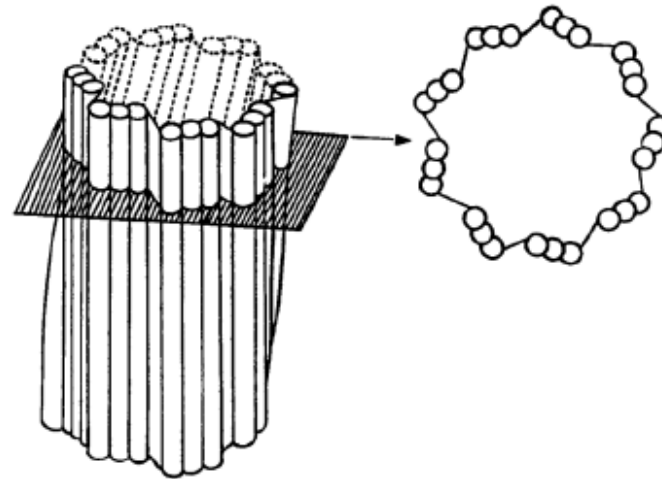
a schéma stavby centriolu; vlevo celkový pohled, vpravo příčný řez v označené rovině; změny centriolů během buněčného cyklu.

V interfázni buňce se vedle každého z obou centriolů tvořících diplozóm vytvoří malý pro-centriol, který během mitózy dosáhne velikosti normálního centriolu; každá dceřiná buňka pak obsahuje opět jeden normální diplozóm;

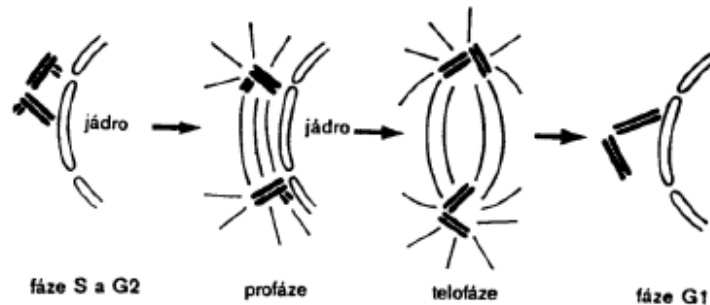
c stavba brvy v příčném průřezu;

d úloha mikrotubulů při přesunu pigmentu v pigmentových buňkách. Vlevo je znázorněn stav, při němž jsou pigmentová zrna rozptýlena mezi radiálně uspořádanými mikrotubuly v buňce. Uprostřed je zakreslen detail mikrotubulů a pigmentových zrn a vpravo stav, při němž jsou pigmentová zrna koncentrována v centru buňky; mikrotubuly v tomto případě nejsou diferencovány.

Podle Mailleta.

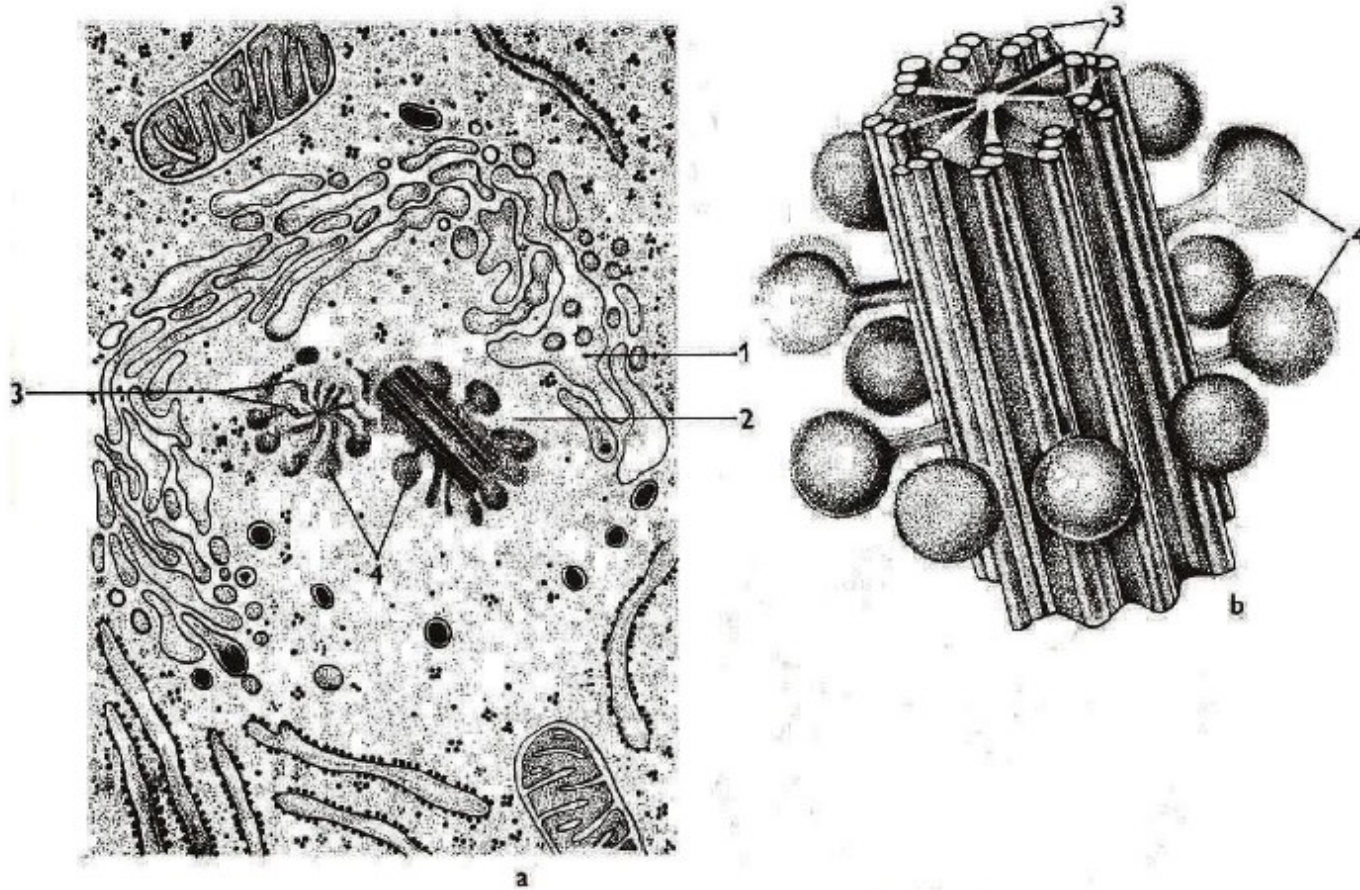


a



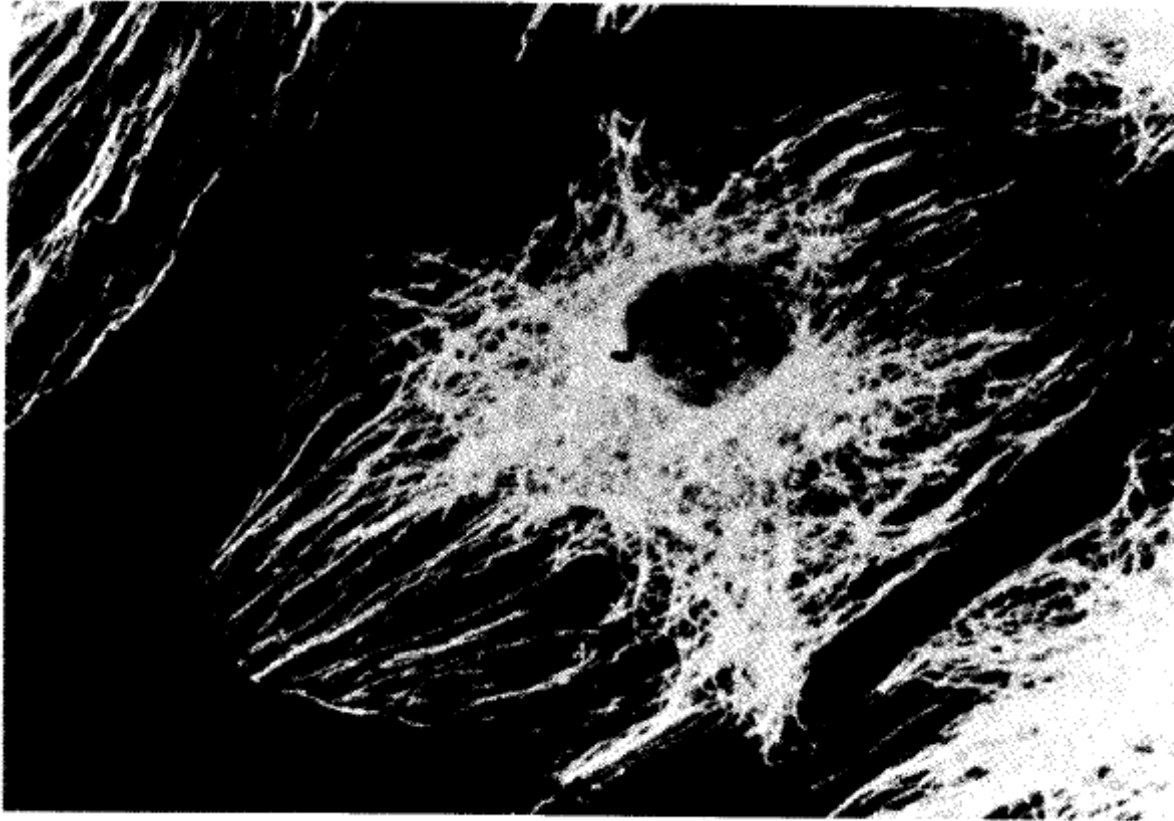
b

Centriola



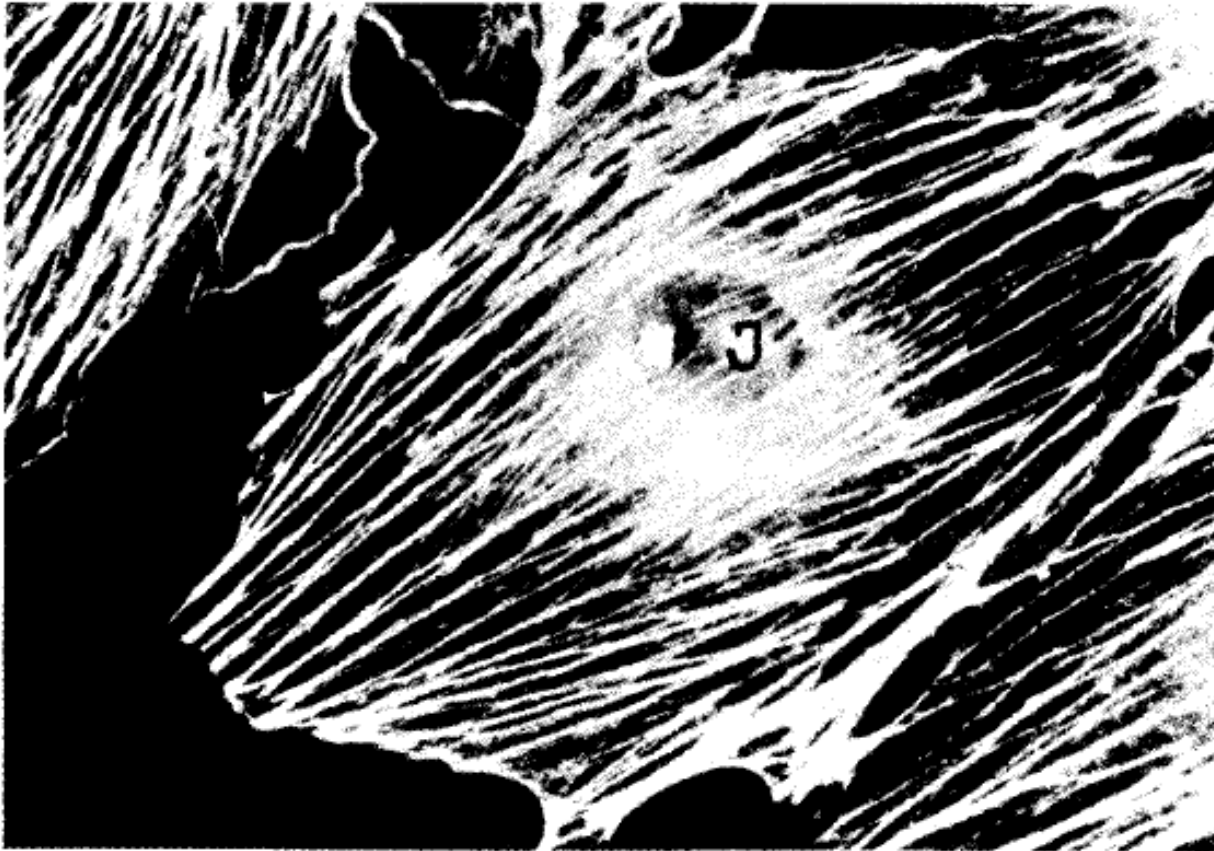
59/ Centriola: a obvyklá poloha v živočišné buňce; b prostorové schéma. Tripletly mikrotubulů jsou pravidelně pospojovány jemným materiálem (akcesorní proteiny) a nesou satelity —

Mikrotubuly



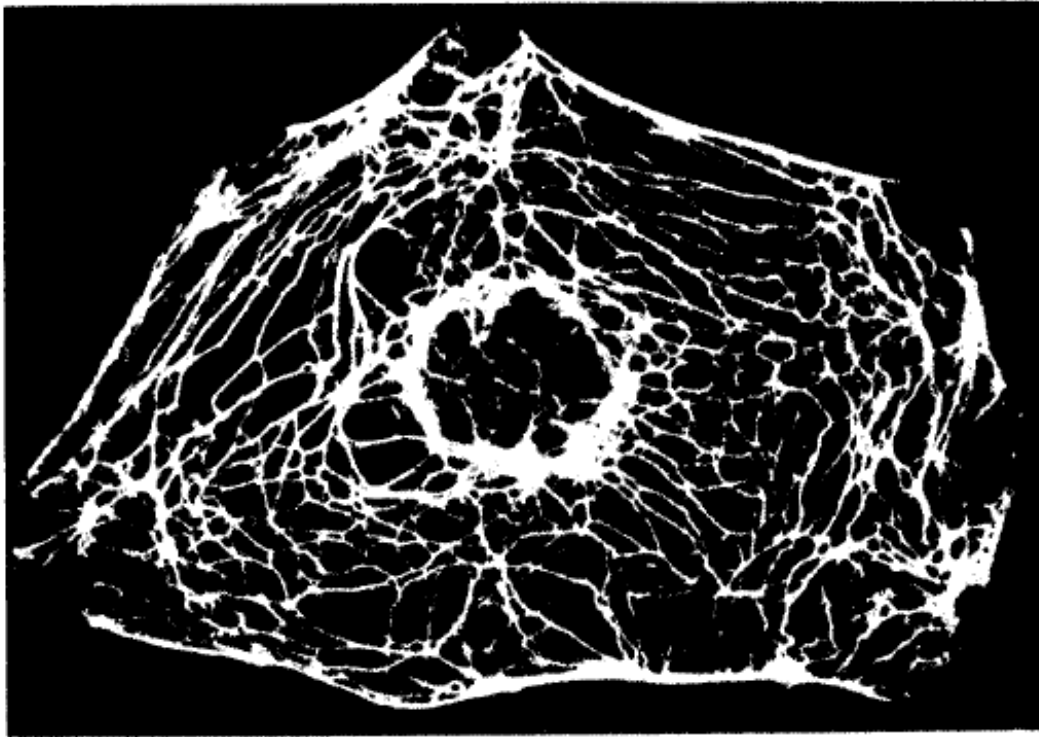
Mikrotubuly v buňce PtK2 linie myšice. Mikrotubulární síť vizualizována imunofluorescencí.
J - Jádru bunky.

Mikrofilamenta



Síť mikrofilament spojená do silnějších svazků ve stejné bunce jako na obr. 48. Imunofluorescence.
J - Jádru bunky

Intermediální filamenta



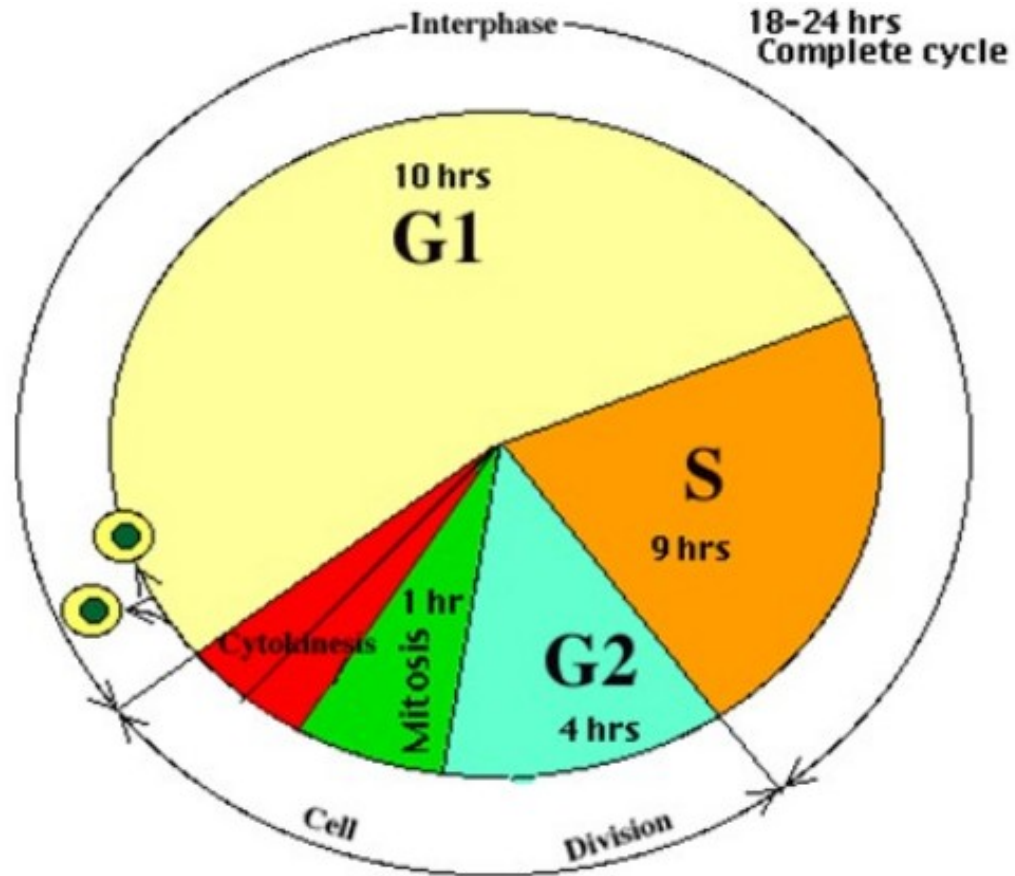
Fibrilární síť intermediálních filament cytokera-
tinového typu v sekundární buněčné kultuře ledvin-
ných buněk myšice. Imunofluorescenční mikroskopie

Buněčný cyklus

- 1) Jaderné dělení - rozdělení jádra
- 2) Buněčné dělení – rozdělení buňky

- **BUNĚČNÝ CYKLUS** se skládá z fází
- **M-fáze** (mitotická): vlastní dělení
- **G1-fáze** (postmitotická): růst buňky, syntéza bílkovin a RNA, hlavní kontrolní uzel – možnost blokace nebo odblokování (geneticky, podmínky)
- **S-fáze** (syntetická): replikace DNA (jedna chromatida si nareplikuje druhou chromatidu)
- **G2-fáze** (postsyntetická): syntéza organel, rRNA

Buněčné dělení



Typy buněčného dělení

- 1) amitóza
- 2) mitóza
- 3) meióza

amitóza

- buňka se pouze zaškrtní – protáhne a rozdělí se nejprve jádro (nerovnoměrně, nahodile), pak se rozdělí i celá buňka
- nezávisí na přesném rozdělení chromozómů
- nekontrolované bujení (nádory, apod.)
- dceřiné buňky mají odlišné množství DNA → neschopny normálního života, netvoří se chromozomy

Mitóza

- většina dělení, ke kterým v buňkách organismů dochází
- nemění se počet chromozómů (počet chromozómů mateřské buňky = počet chromozómů dceřiné buňky)

Probíhá v několika fázích

Řízení buněčného cyklu

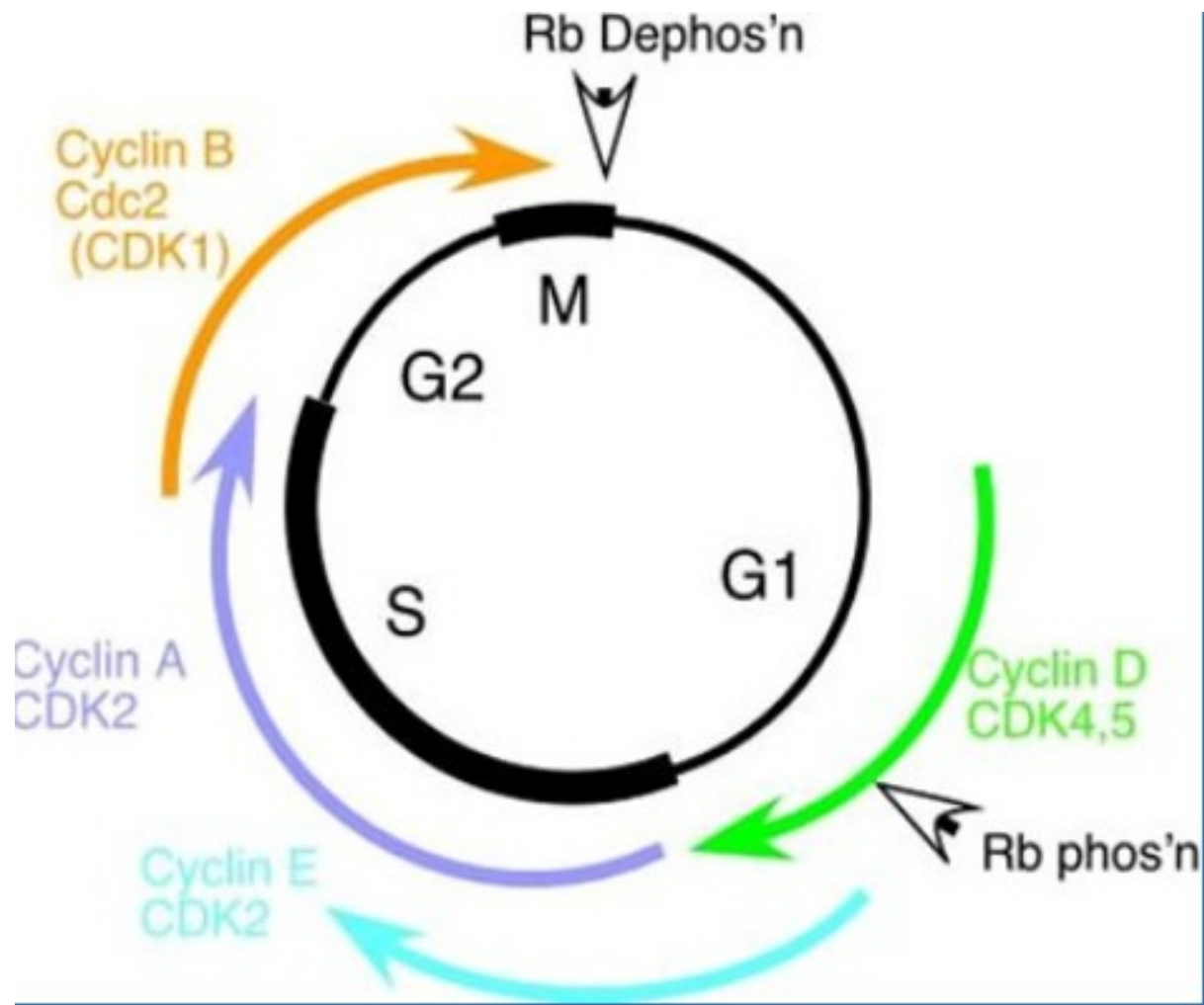
Cykliny a na cyklinech závislé proteinkinázy (Cyclin-Dependent Protein Kinases; **Cdk-proteinkinázy**) - proteiny, které jsou součástí řídicího systému buněčného cyklu

8 cyklinů (A, B, C, D, E, F, G a H) - v jednotlivých fázích buněčného cyklu jsou přítomny určité typy cyklinů

7 typů Cdk-proteinkináz - Cdk proteiny vykazují odlišné funkce v závislosti na fázích buněčného cyklu
fosforylují seriny a threoniny cílových proteinů

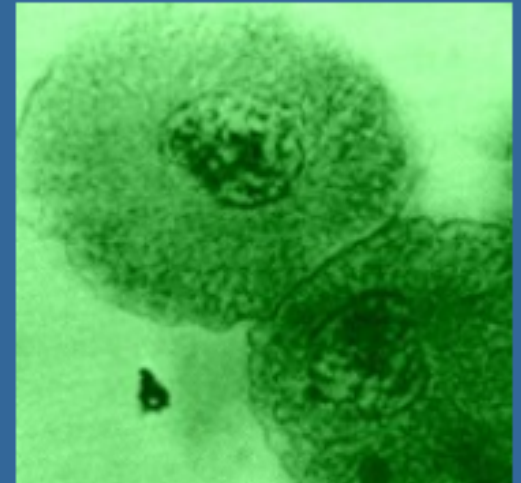
Účinnost Cdk-proteinkináz závisí na **vytvoření komplexu s cykliny** a na vazbě s PCNA (Proliferating Cell Nuclear Antigen)

Buněčné dělení

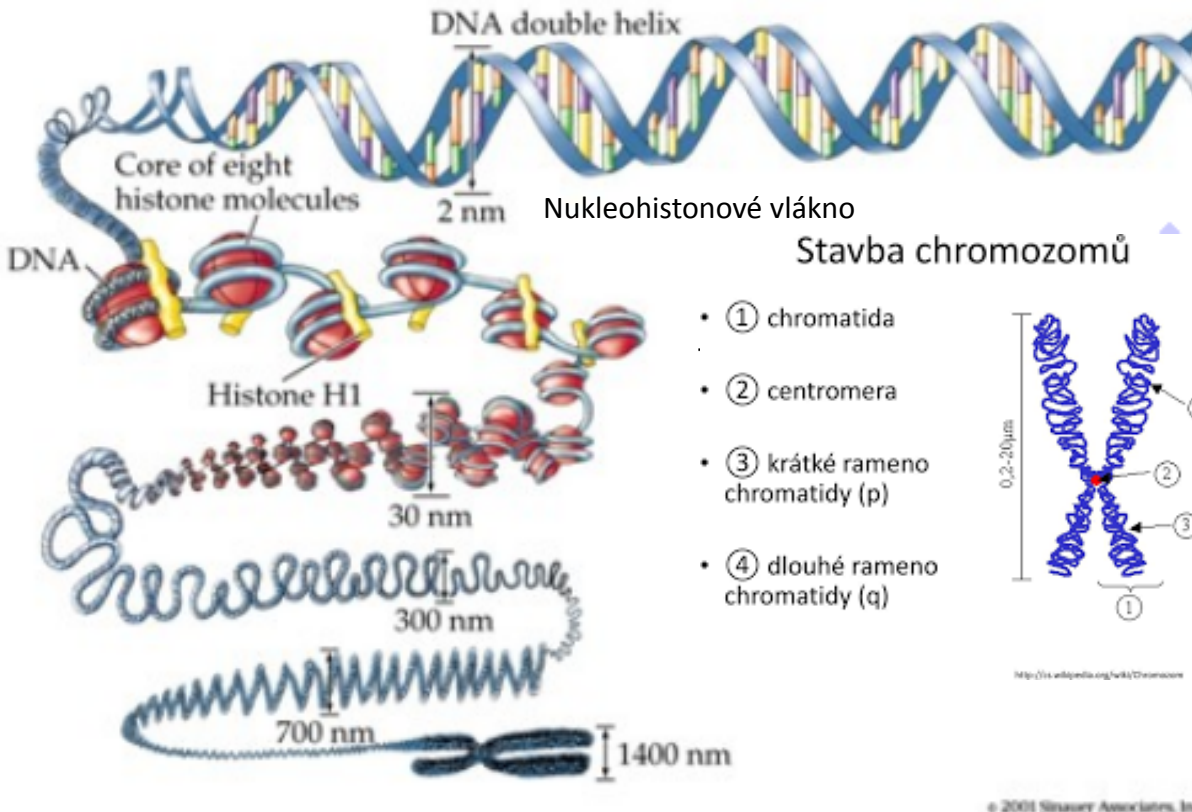


Interfáze

- ◆ Probíhá metabolismus a tvorba proteinů specifická pro daný typ buňky
- ◆ Replikace DNA (S fáze)
- ◆ Reparace chyb v genomu (kontrolní body G1, G2)
- ◆ G2 fáze - kondenzace DNA – vznik mitotického chromosomu

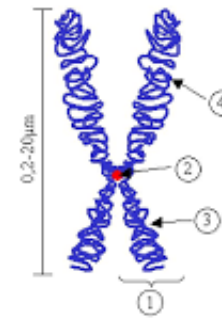


Struktura chromozomu



Stavba chromozomů

- ① chromatida
- ② centromera
- ③ krátké rameno chromatidy (p)
- ④ dlouhé rameno chromatidy (q)

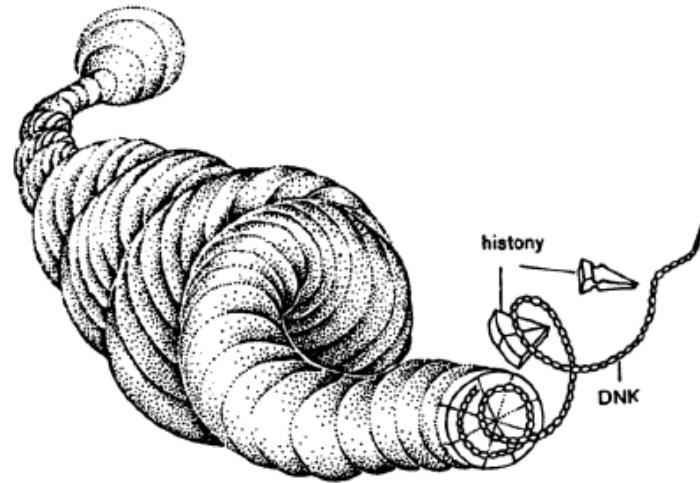


<http://it.wikipedia.org/wiki/Chromozom>

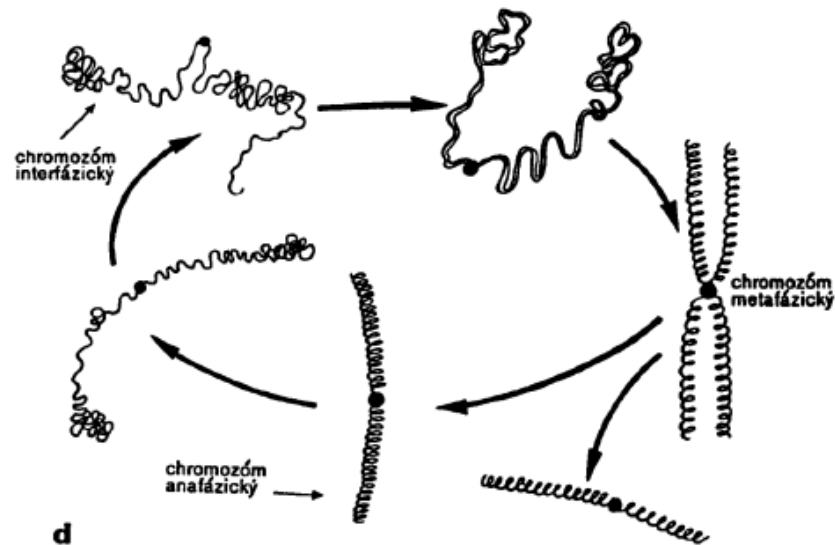
© 2001 Sinauer Associates, Inc.

rozvolněný
 Chromatin - euchromatin, heterochromatin kondenzovaný
 Kondenzace, decondenzace
 Centromera, telomera, chromatida

Chromozom ve fázích dělení



c



d

Počet chromozomů

Počet chromozómů v tělních buňkách některých živočichů

Systematické zařazení	Druh	2n
ploštěnci	<i>Fasciola hepatica</i>	12
	<i>Cyclops gracilis</i>	6
korýši	<i>Cyclops fuscus</i>	14
	<i>Cyclops insignis</i>	22
vzdušnicovci	<i>Drosophila melanogaster</i>	8
obratlovci — ryby	<i>Cyprinus carpio</i>	104
obratlovci — obojživelníci	<i>Xenopus laevis</i>	36
obratlovci — ptáci	<i>Gallus domesticus</i>	78
obratlovci — savci	<i>Micromis minutus</i>	68
	<i>Mus musculus</i>	40
	<i>Homo sapiens</i>	46

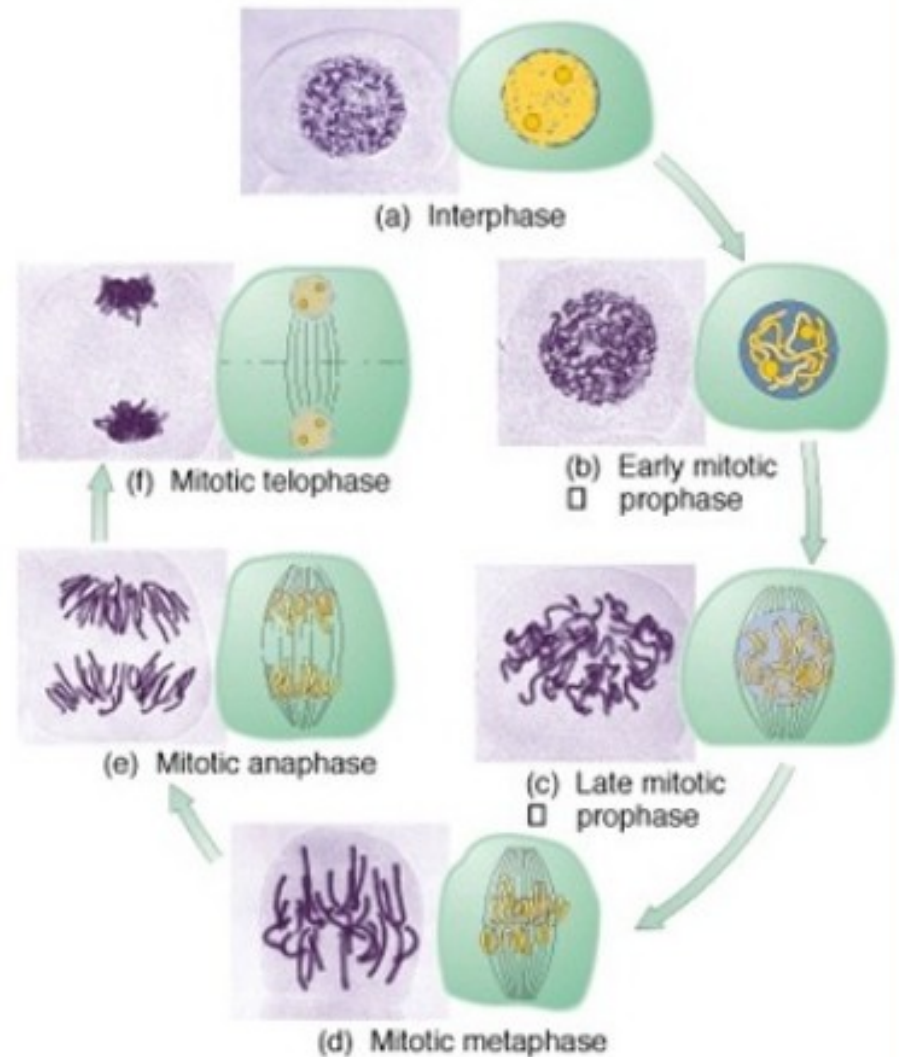
Somatické počty chromozómů u významných druhů živočichů

Jméno druhu	Počet chromozómů
Nežmar, <i>Hydra vulgaris</i>	32
Ploštěnka, <i>Planaria gonocephala</i>	16
Žížala, <i>Lumbricus terrestris</i>	36
Hlemýžď, <i>Helix pomatia</i>	24, 48
Škrkavka, <i>Ascaris megalocephala</i>	2, 4
Klíště, <i>Ixodes ricinus</i>	28
Saranče, <i>Locusta migratoria</i>	23
Šváb, <i>Blatta orientalis</i>	48
Mšice, <i>Myzodes persicae</i>	12
Bělásek, <i>Pieris brassicae</i>	30
Včela, <i>Apis mellifica</i>	16, 32
Komár, <i>Culex pipiens</i>	6
Moucha, <i>Musca domestica</i>	12
Štika, <i>Esox lucius</i>	18
Kapr, <i>Cyprinus carpio</i>	104
Skokan, <i>Rana esculenta</i>	26
Ještěrka, <i>Lacerta agilis</i>	38
Kachna, <i>Anas platyrhynchos</i>	80
Holub, <i>Columba livia</i>	80
Králík, <i>Lepus cuniculus</i>	44
Myš, <i>Mus musculus</i>	40
Krysa, <i>Rattus norvegicus</i>	42
Pes, <i>Canis familiaris</i>	78
Kočka, <i>Felis domestica</i>	38
Skot, <i>Bos taurus</i>	60
Koza, <i>Capra hircus</i>	60
Ovce, <i>Ovis aries</i>	54
Vepř, <i>Sus scropha</i>	40

Mitóza

- ◆ Dělení somatických buněk ($2n$)
- ◆ Dvě buňky dceřiné ($2n$) – shodná genetická výbava s mateřskou buňkou
- ◆ Fáze:
 - profáze
 - metafáze
 - anafáze
 - telofáze
 - cytokineze

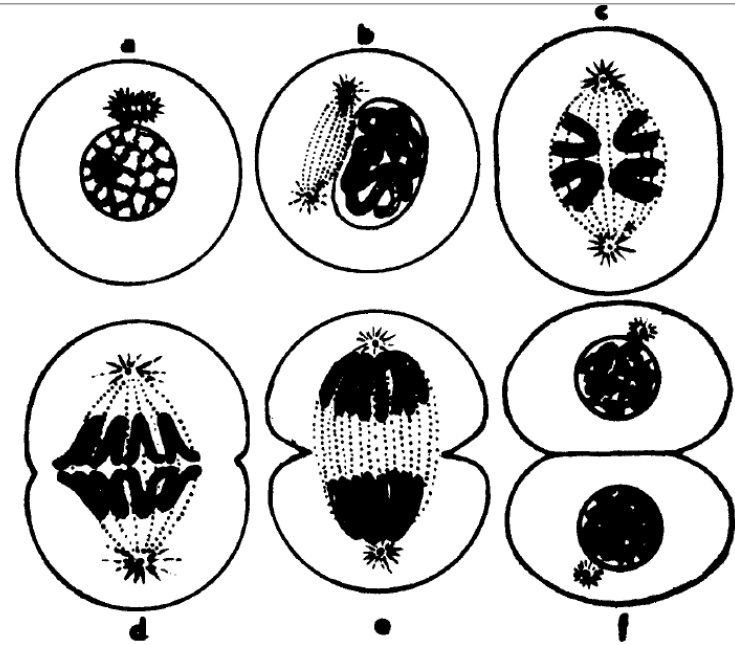
Mitóza zajišťuje genetickou identitu dceřiných buněk



Fáze mitózy

- profáze – centriola se rozdělí, jedna z nich přejde k opačnému pólu, rozpustí se jaderná membrána a jadérko, probíhá spiralizace chromozómů, vytvoření dělicího vřeténka (z mikrotubulů - inhibováno jedem kolchicinem z ocúnu)
- metafáze – chromozómy se rovnají do rovníkové roviny dělicího vřeténka, připojí se centromerami na mikrotubuly dělicího vřeténka; centromery se podélně rozštěpí
- anafáze – mikrotubuly se zkracují, chromatidy rozštěpených chromozómů jsou taženy k opačným pólům
- telofáze – začíná cytokineze (= vlastní dělení buňky), vytvoření jaderné membrány a jadérka dceřiných buněk

interfáze – období mezi dvěma mitózami (část buněčného cyklu bez M-fáze)

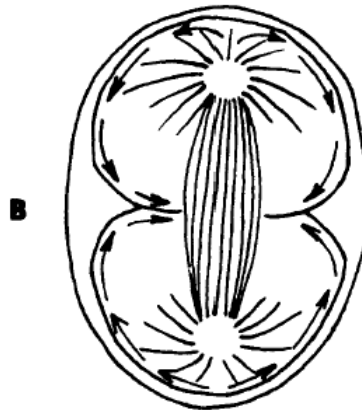
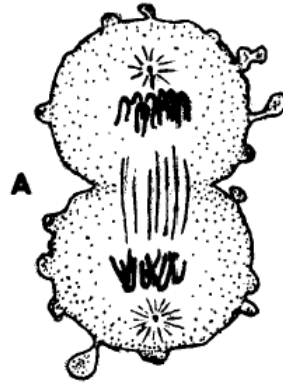


Obr. 75. Mitotické dělení

a = interfáze, b = profáze, c = metafáze, d = ranná anafáze, e = pozdní anafáze, f = telofáze.

cytokineze

A – zneklidnění
povrchové plazmy



B – fontánovité
proudění plazmy

Obr. 76. Cytokinéze

Doba trvání dělení

Typ buňky	Profáze	Metafáze	Anafáze	Telofáze	Mitotický čas
Buňky myší sleziny	20 - 35'	6 - 15'	8 - 14'	9 - 26'	43 - 90'
Fibroblasty z jater čolka	18' i. více	17 - 38'	14 - 26'	28'	77 - 100'
Bunky sarkomu MTK-1	10'	44'	5'	18'	77'
Neuroblasty kobylinky	102'	13'	9'	57'	181'

meióza

- redukční dělení - vznikají buňky s polovičním počtem chromozómů (haploidní – jedna sada chromozómů - $1n$) z mateřské buňky, která je diploidní (má dvě sady chromozómů – $2n$) probíhá při vzniku pohlavních buněk (u živočichů) a výtrusů (u rostlin)
- z jedné buňky s diploidním počtem chromozómů vzniknou čtyři buňky s haploidním počtem chromozómů

Fáze meiózy

- meióza probíhá ve dvou fázích: 1. a 2. meiotické dělení
- první meiotické dělení (heterotypické)
- profáze I – dělí se do několika stadií
 - *leptotene* dochází ke spiralizaci vláken DNA a diferenciaci chromozómů
 - *zygotene*: homologické chromozomy se přibližují k sobě a za pomoci speciální bílkoviny se spojují v tzv. bivalent
 - *pachytene*: chromozomy dokončují spiralizaci a bivalenty jsou pozorovatelné jakožto tzv. tetrády - čtyřchromatidové komplex nesesterské chromatidy se přitom proplétají a dochází ke vzniku chiazmat („uzlíků“), v této fázi dochází k **crossing-overu**, kdy se rekombinují části homologických chromatid
 - *diplo tene* uvolňují se bílkovinné vazby mezi homologickými chromozomy a dochází k jejich postupnému oddalování, vzniklé uzlíky mezi nehomologickými chromatidami jsou stále spojené
 - *diakineze* dochází k přeuspořádání a rozchodu homologických chromozómů, chiazmata se posunují na konec chromatid, kde zanikají
- metafáze I – páry chromozómů v rovníkové rovině, na mikrotubuly se váží celé (!) chromozomy
- anafáze I – mikrotubuly se zkracují, k pólům jsou taženy celé (!) chromozomy
- telofáze I – de facto shodná s profází II, vznikají dvě buňky s haploidním počtem chromozómů, netvoří se jaderná membrána

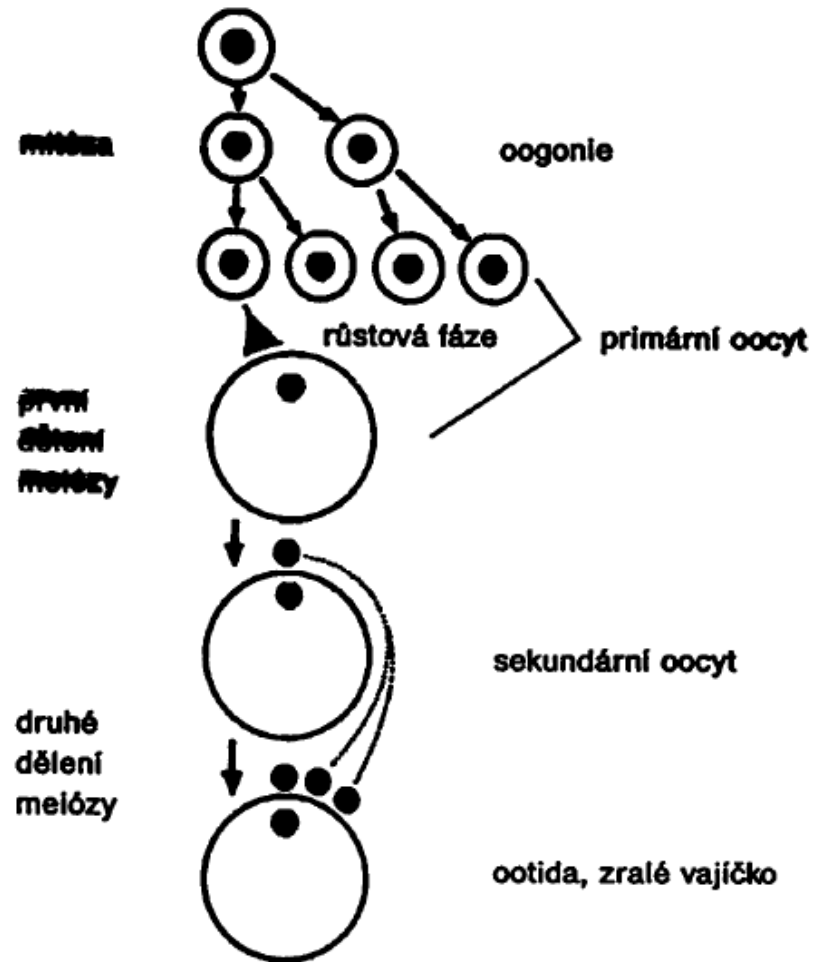
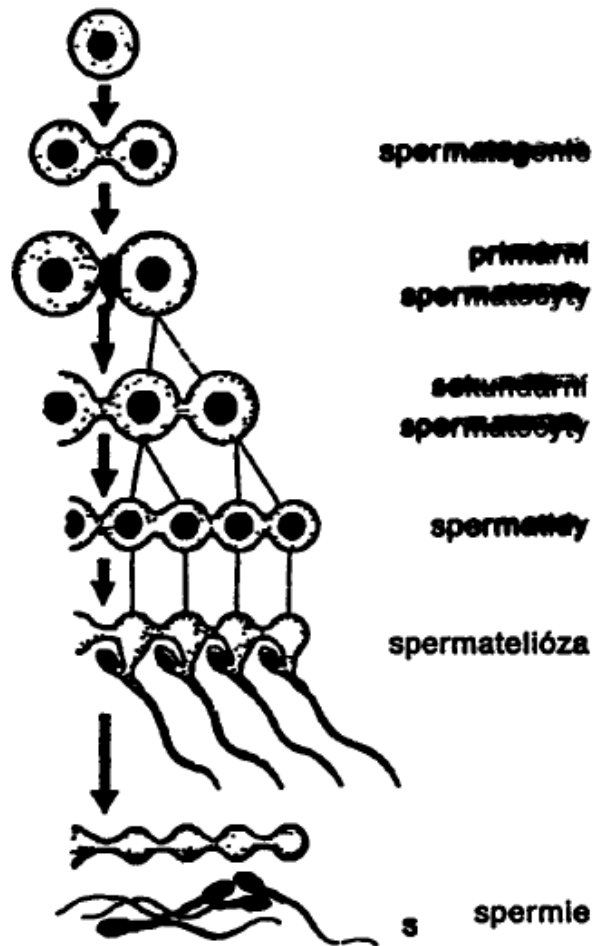
Fáze meiózy- druhé meiotické dělení

– druhé meiotické dělení (homotypické) – prakticky běžná mitóza

- profáze II – de facto shodná s telofází I
- metafáze II – chromozómy se rovnají do rovníkové roviny dělicího vřeténka, připojí se centromerami na mikrotubuly dělicího vřeténka, centromery se podélně rozštěpí
- anafáze II – mikrotubuly se zkracují, chromatidy rozštěpených chromozomů jsou taženy k opačným pólům
- telofáze II – začíná cytokineze (= dělení buňky); vytvoření jaderné membrány a jadérka dceřinných buněk

Jde o pochopení principu meiózy jako redukčního dělení ($2n \rightarrow n$), kdy dojde 2x k rozdělení buňky (1. a 2. zrací dělení), ale jen 1x k rozdělení chromozomů (chybí interfáze)!

... K meióze dochází v průběhu tvorby gamet (pohlavních buněk) ...



... V průběhu tvorby gamet může docházet k tzv. crossing-overu. ...

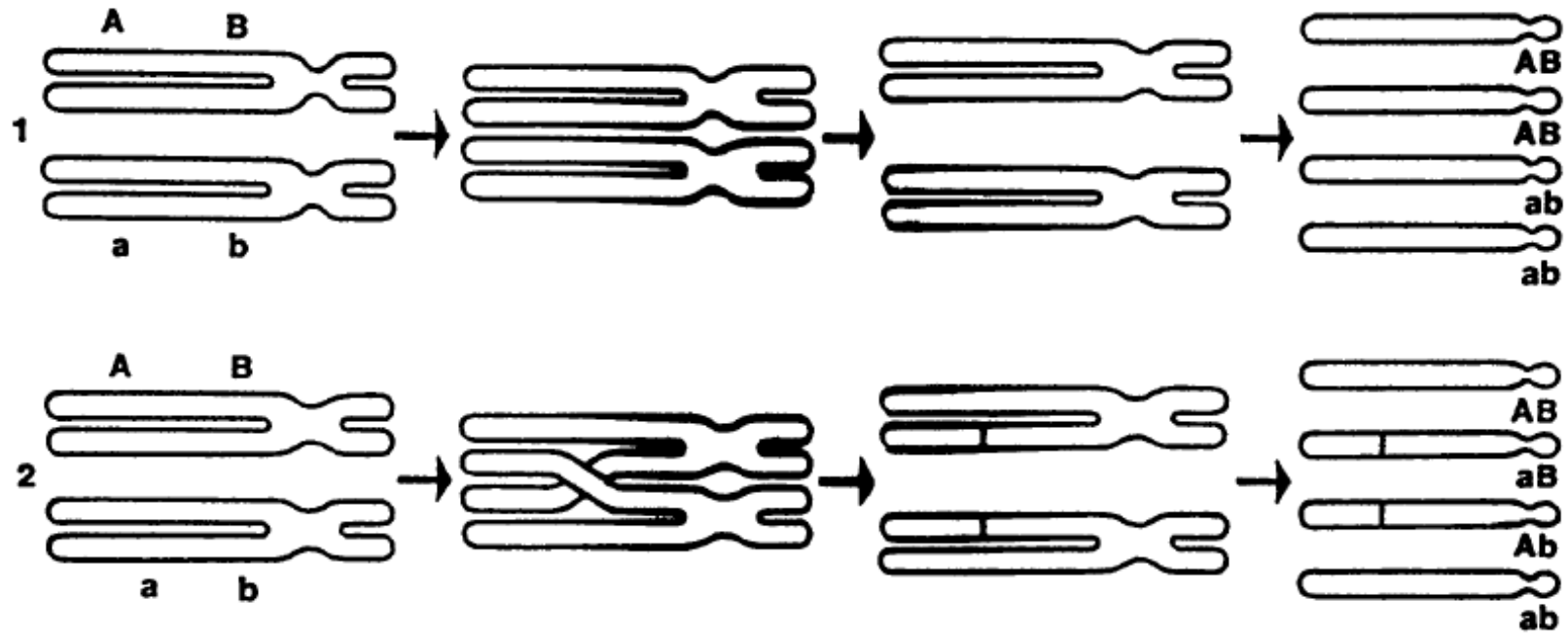


Schéma crossing-overu: 1 kombinace alel v gametách bez uplatnění crossing-overu,
2 kombinace alel v gametách s uplatněním crossing-overu

13. Chromozóm

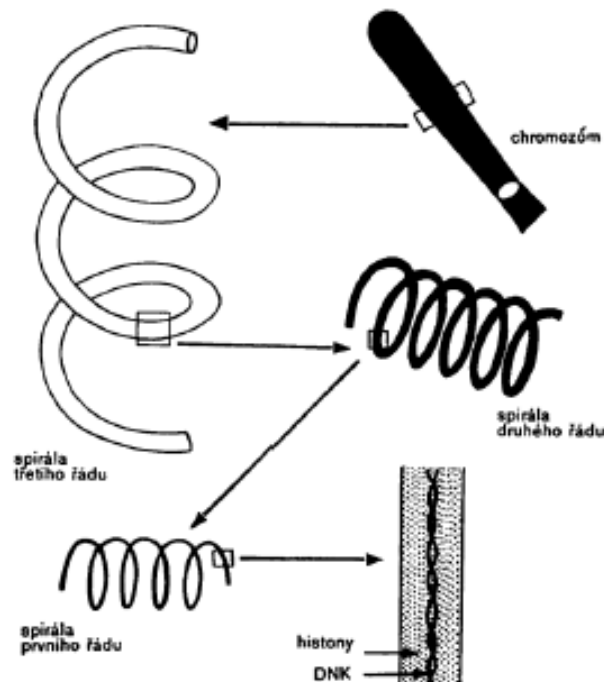
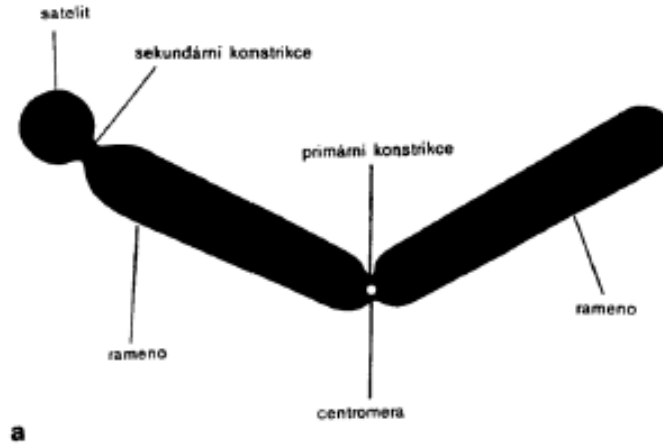
a obecné schéma chromozómu;

b schéma vícenásobné spiralizace chromatinového vlákna v chromozómu (podle modelu Bahra); ohraničený úsek je vždy v následujícím obrázku silně zvětšen;

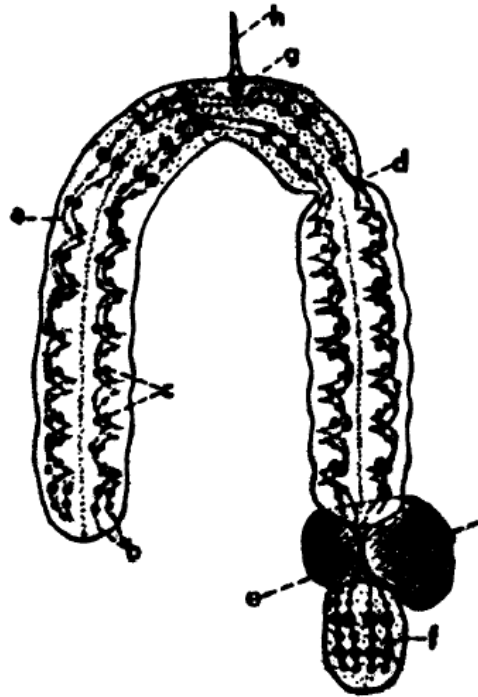
c interpretace ultrastruktury chromatinového vlákna v chromozómu;

d změny spiralizace chromatinového vlákna v chromozómu během buněčného cyklu.
Podle různých autorů.

chromozom



Stavba chromozomu



Obr. 68. Stavba chromozómu
a = chromonema, b = chromatida,
c = chromomery, d = primární
konstrikce, e = sekundární
konstrikce, f = satelit, g =
centromera, h = trakční vlákén-
ko, i = organizátor jadérka.