

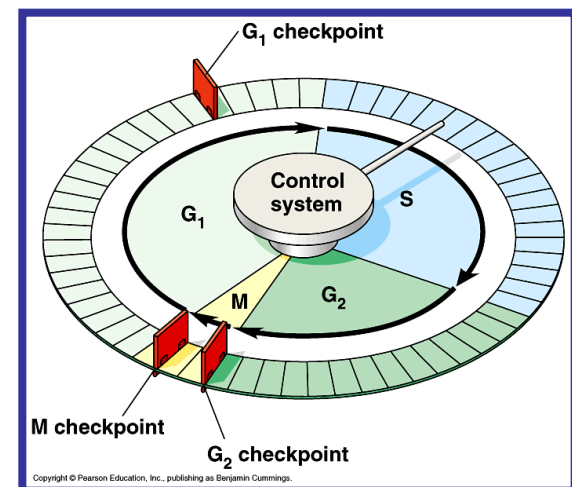
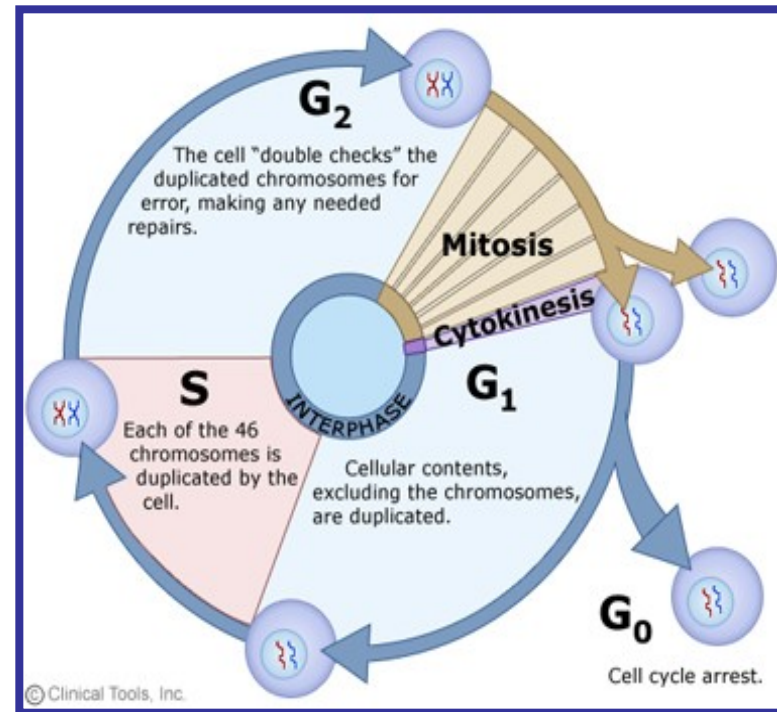
3. cvičení

Téma:

Buněčný cyklus, mitóza,
modifikace mitózy

BUNĚČNÝ CYKLUS

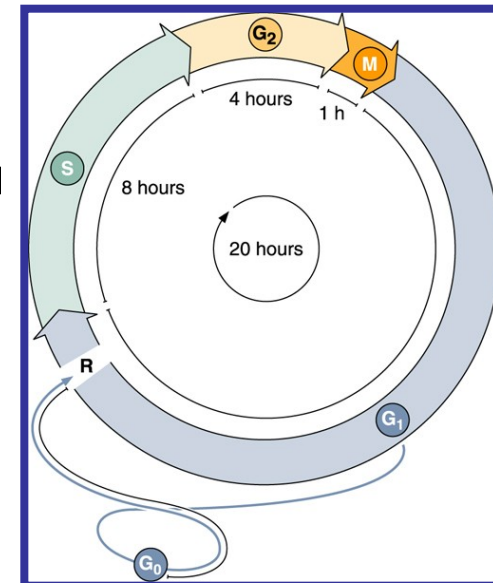
- Základní předpoklad pro růst a rozmnožování organismů – **vznik nových buněk dělením buněk výchozích**
- **MITÓZA** – část buněčného cyklu
- **BUNĚČNÝ CYKLUS** (generační čas buňky) – několik po sobě jdoucích fází děje, které probíhají v buňce od konce jedné mitózy do konce mitózy druhé. Výsledek: 2 buňky z 1 výchozí
- **Kontrolní body („checkpoints“):**
 - kontr. bod G1** – **Vstup do S!** – povel k zahájení syntézy DNA
 - kontr. bod G2** – **Vstup do M!**
 - kontr. bod metafáze** – **Ukonči M!**



- INTERFÁZE – období mezi dvěma buněčnými děleními – aktivity k zotavení buňky po mitóze, příprava další mitózy
- MITÓZA – vlastní rozdělení buňky:
 KARYOKINEZE – rozdělení jádra, dceřiné buňky dostanou stejnou část genetické informace
 CYTOKINEZE – rozdělení cytoplazmy, (zpravidla, nemusí být vždy)

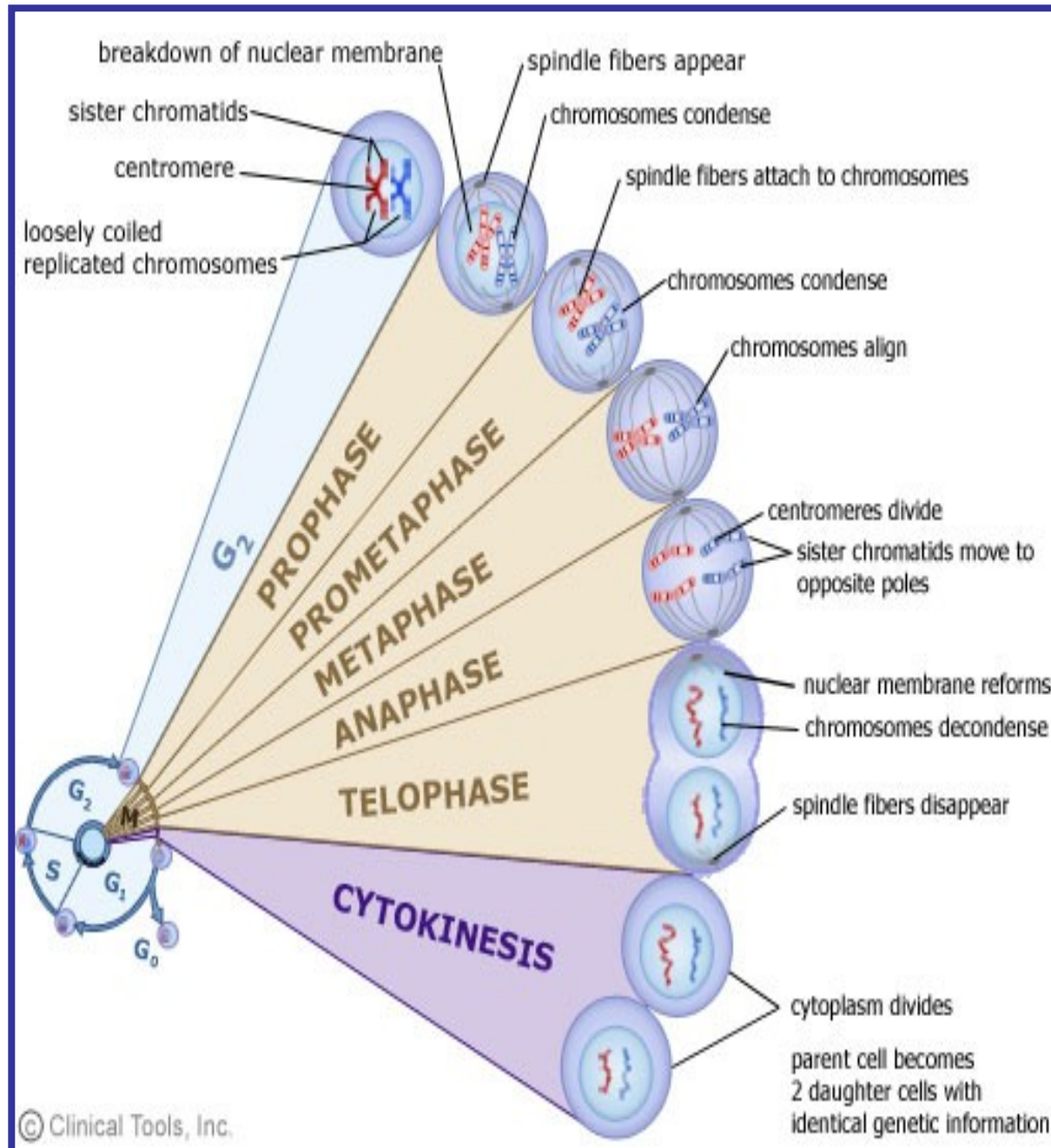
INTERFÁZE

- **G₀** – kontrolní uzel buněčného cyklu
 - **proliferující buňky** – vstupují do dalšího buněčného cyklu
 - **diferencované buňky** – neschopné proliferace, specializované (neurony, svalové elementy)
 - **dočasně neproliferující buňky** – buňky dočasně vystoupí z BC, ale v případě potřeby se mohou do cyklu vrátit a pokračovat v proliferaci (progenitorové buňky ve vazivu, hepatocyty)



- G₁ – fáze:** - postmitotické období
- buňka roste, tvoří se materiál pro 2 budoucí buňky – „zdvojení buněčného materiálu“
 - syntéza RNA, proteosyntéza
- S – fáze:** - syntetická fáze, zdvojení obsahu DNA
- transkripce DNA
 - v každém chromozómu dvě chromatidy
 - syntéza histonů v cytoplazmě
 - často duplikace centriol
- G₂ – fáze:** - premitotická fáze
- pokračuje růst buňky, proteosyntéza
 - shromažďování ATP pro energeticky náročnou mitózu
 - syntéza tubulinu pro tvorbu vřeténka

MITÓZA



MITÓZA

- **PROFÁZE**

- **mizí jadérko**

- „**zviditelňování chromozómů**“ –
spiralizace vláken chromatinu, každý
chromozóm je tvořen dvěma sesterskými
chromatidami spojenými v místě
centromér

- **formování mitotického aparátu** –

- 2 páry centriol (zdvojení v S – fázi) –
rozcházejí se na opačné strany buňky,
mikrotubuly a mikrofilamenta – astrosféra
kolem centriol a mezi centriolami dělicí
vřeténko

- **spirem**

- **PROMETAFÁZE**

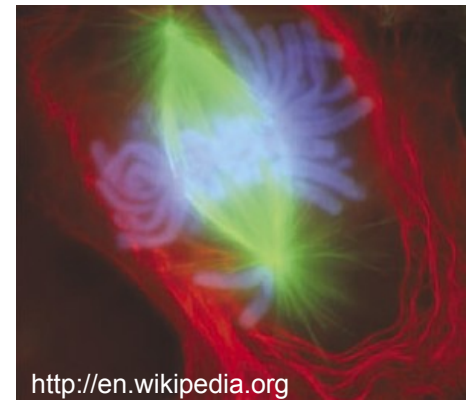
- **rozpad jaderného obalu**

- **dokončení formování mitotického
aparátu**



- **METAFÁZE**

- chromozómy se seskupují v ekvatoriální rovině, tvoří metafázní destičku - **monaster**
- chromozómy se přichycují k mikrotubulům dělicího vřeténka v místě tzv. kinetochory
- **podélné rozštěpení** chromatid



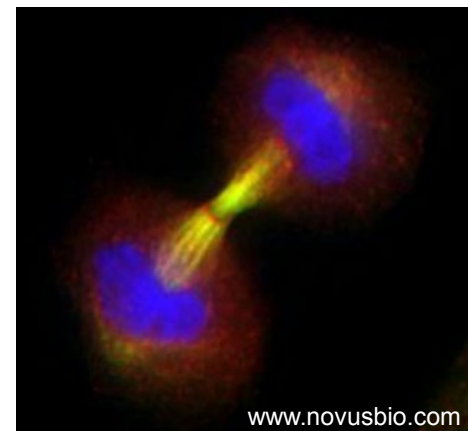
- **ANAFÁZE**

- krátké stádium, **diaster**
- sesterské chromatidy se oddělují od sebe, **rozcházejí se** k opačným pólům buňky – **dceřinné chromozómy** (1chromatidové útvary, dvojnásobný počet chromozómů)



- **TELOFÁZE**

- objevuje se **jadérko**
- **despiralizace dceřinných chromozómů** nahloučených u pólů buňky
- **zaniká dělicí vřeténko i astrosféra**
- tvoří se **nová jaderná membrána**
- **dispirem**

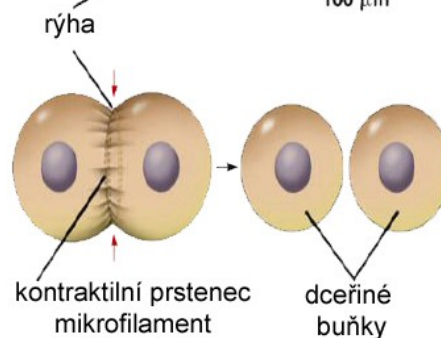
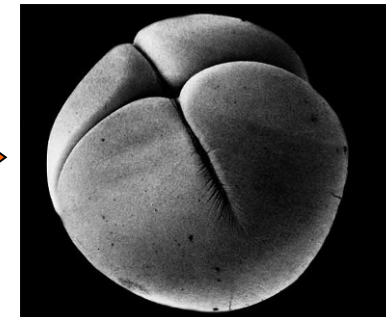
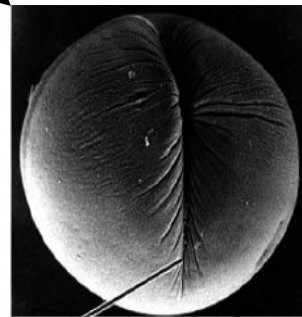
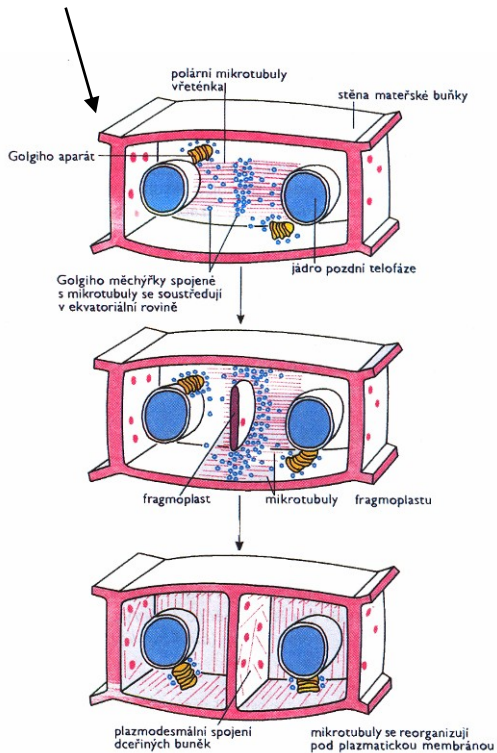
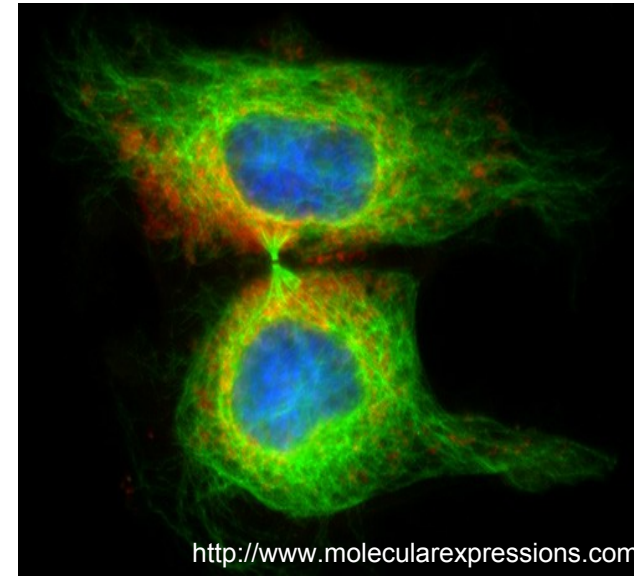


- CYTOKINEZE**

- v ekvatoriální rovině se tvoří **konstrikční rýha** (filamenta aktinu a myozinu)
- prohlubování konstrikce, rozdělení cytoplazmy a organel do dceřinných buněk

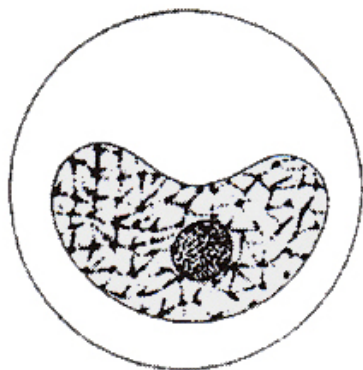
Živočišná buňka – dovnitř, centripetálně, rýhováním

Rostlinná buňka – od středu k obvodu buňky, centrifugálně



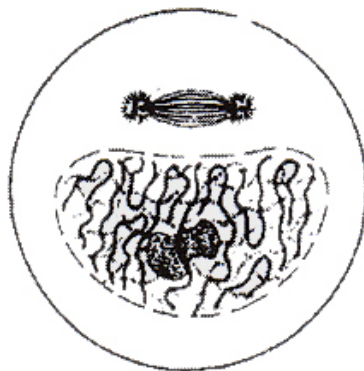
Výsledek mitózy: 2 dceřinná jádra se stejnou kvalitou i počtem chromozómů jako v mateřské buňce.

Preprofáze



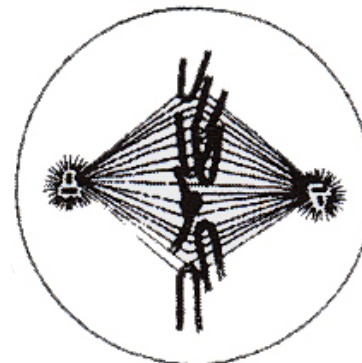
intranukleární kondenzace
chromosomů

Profáze



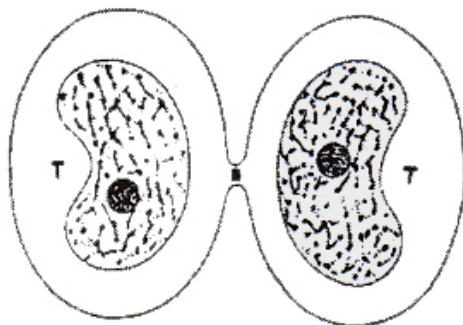
individualizace chromosomů;
vznik dělicího vřeténka; narušení
jaderného obalu

Metafáze



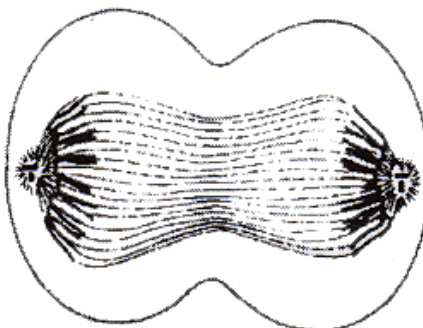
chromosomy se řadí v ekvatoriální
rovině; vývoj dělicího vřeténka
ukončen; jaderný obal i jadérko mizí

Telofáze



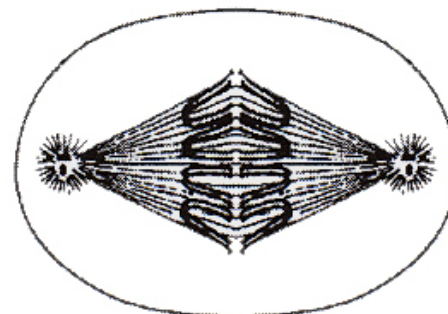
restituce jádra; tvorba jaderného obalu
a jadérka; ukončení mitózy

Pozdní anafáze

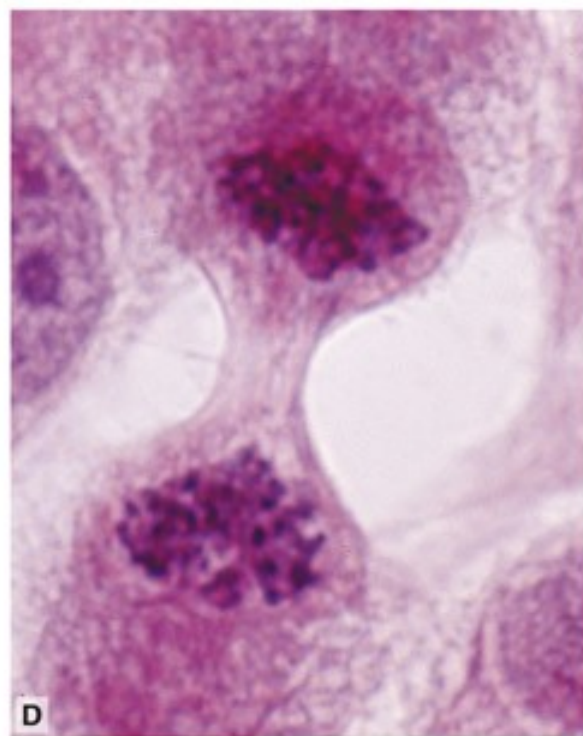
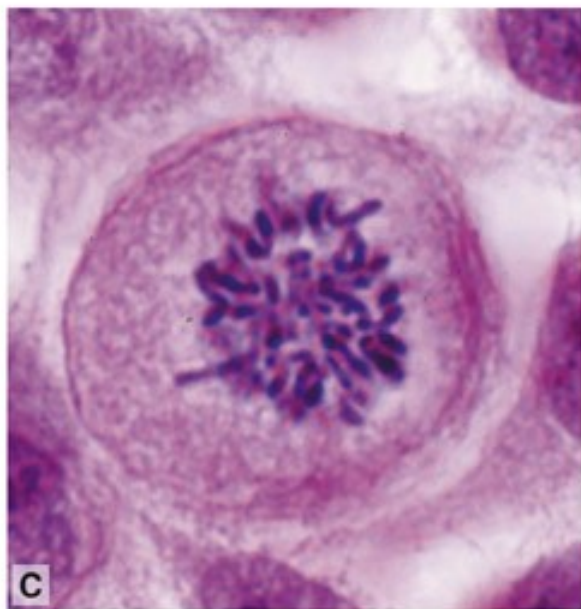
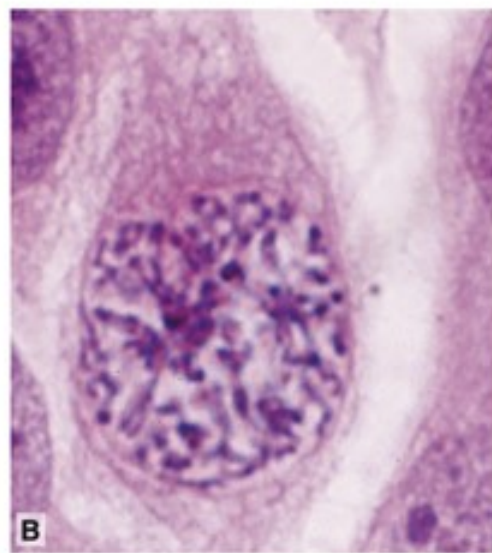
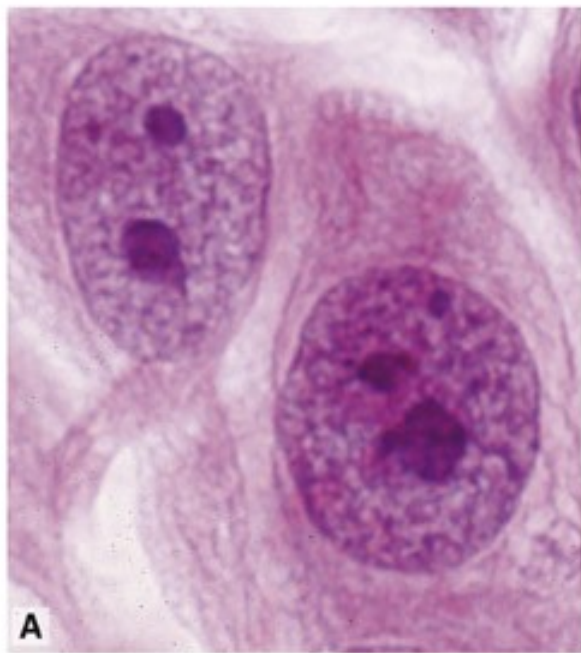


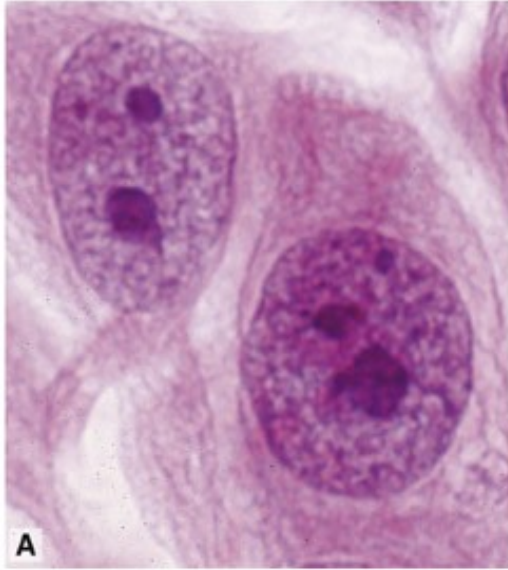
chromosomy se shromažďují na pólech;
počátek cytokinezy; objevuje se dělicí
rýha

Časná anafáze

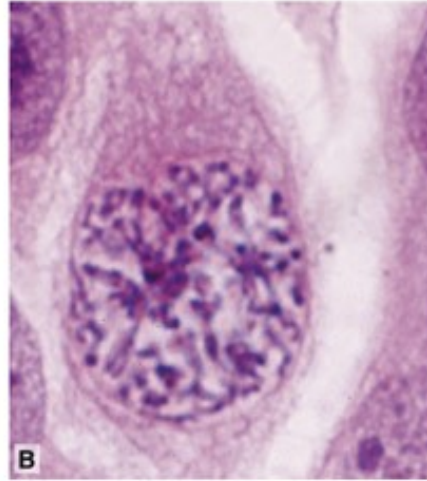


chromosomy se podélně štěpí
a cestují k pólům

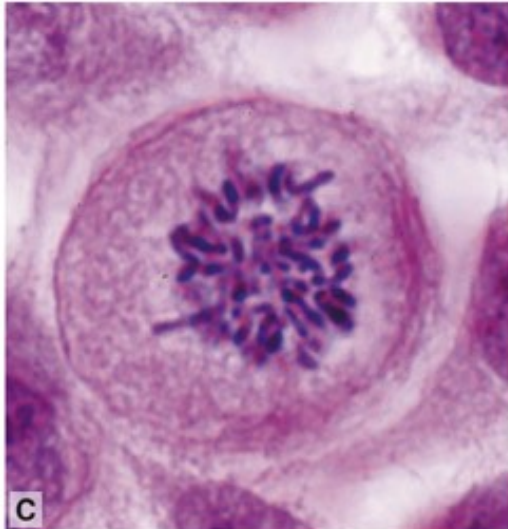




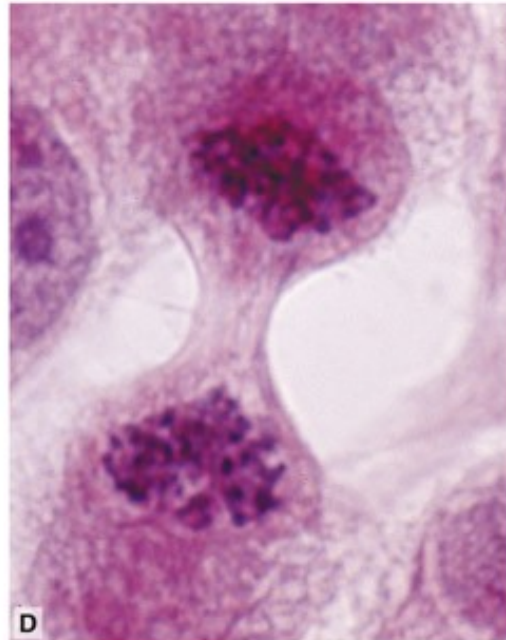
A



B



C



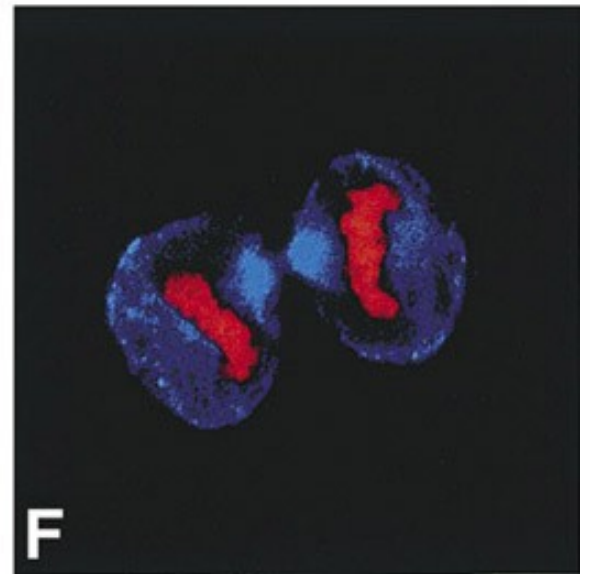
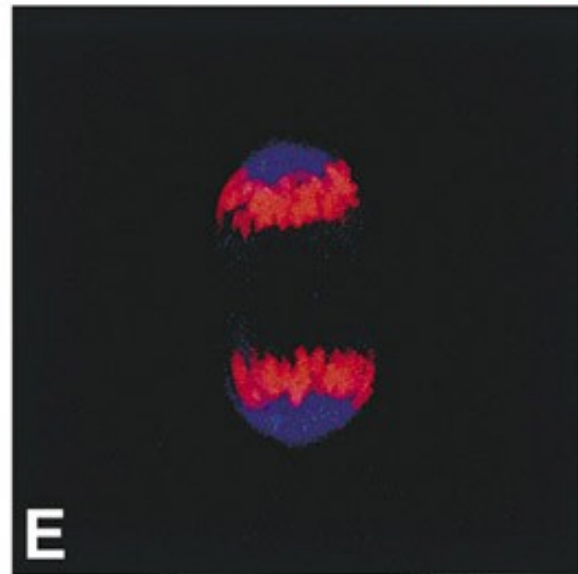
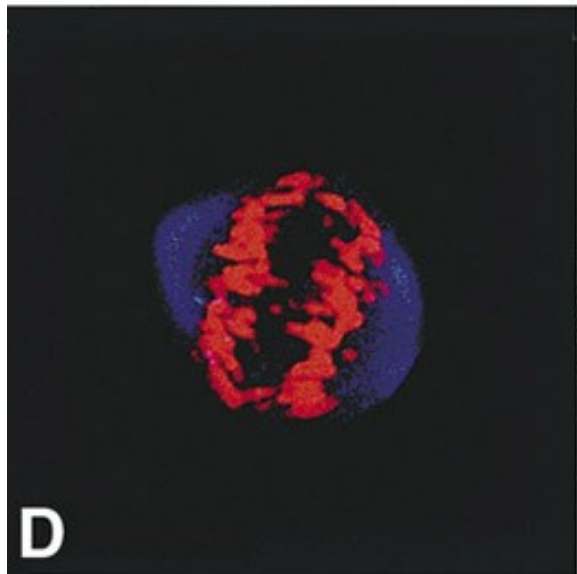
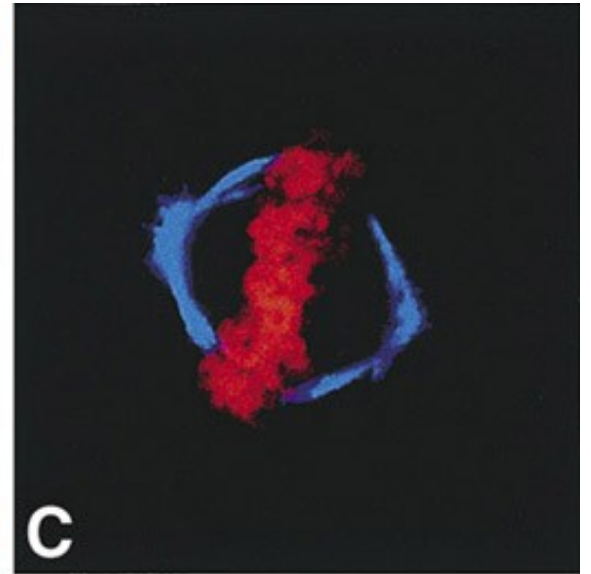
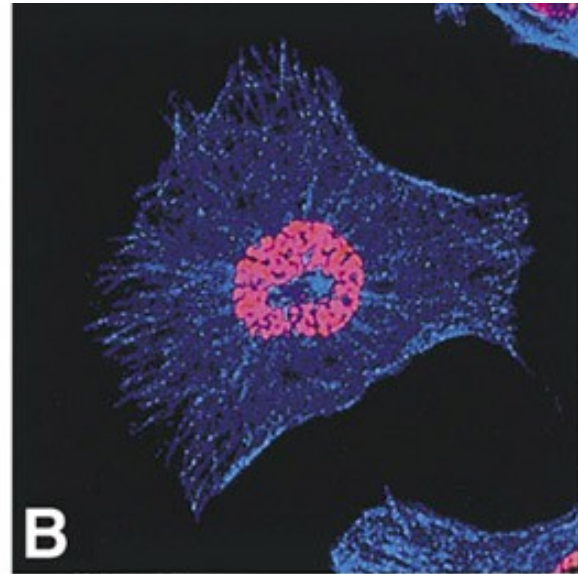
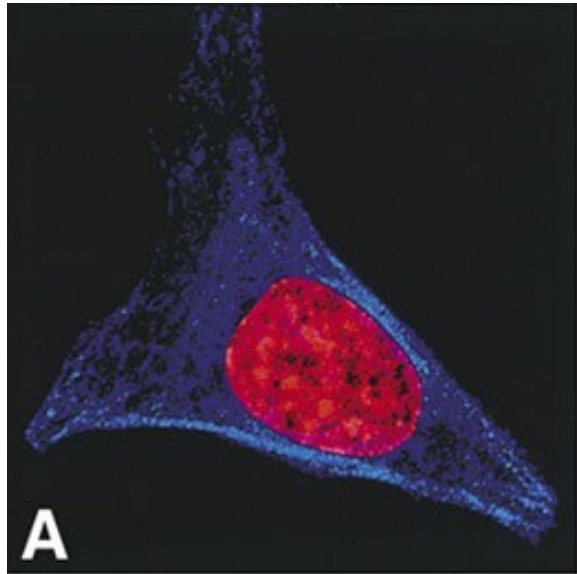
D

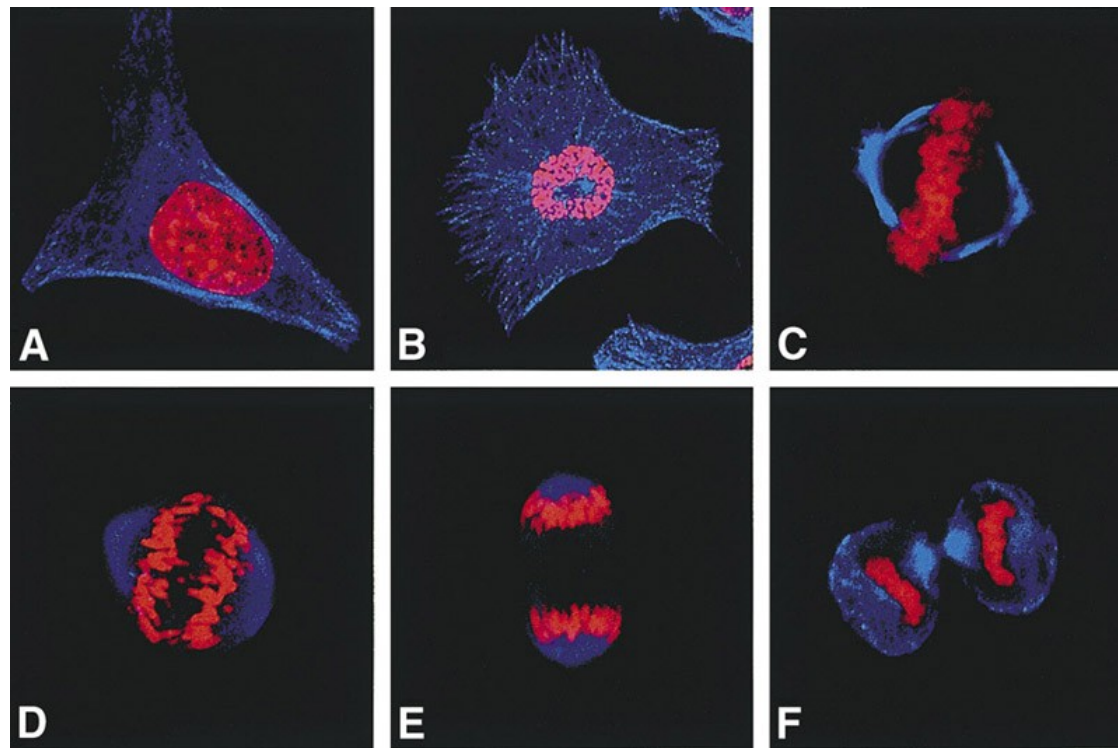
A – interfázní jádro
(chromatin, jadérko v jádře)

B – profáze (není jaderný obal, není jadérko, kondenzované chromozómy)

C – metafáze (chromozómy uspořádané v metafázní destičce v ekvatoriální rovině)

D – pozdní anafáze
(chromozómy na obou pólech buňky, DNA rovnoměrně rozdělená do dceřiných buněk)





Snímek z konfokálního mikroskopu, buňky z tkáňové kultury,
DNA – červeně, mikrotubuly v cytoplasmě modře

A – interfáze, nedělící se buňka

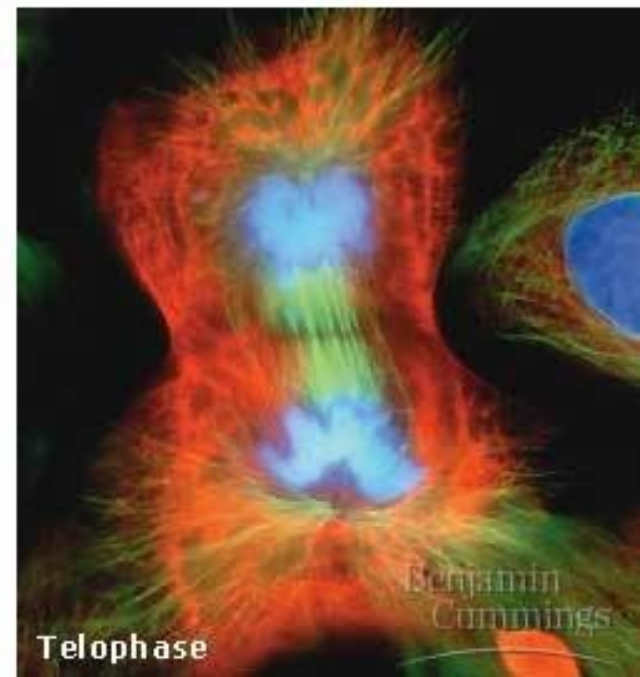
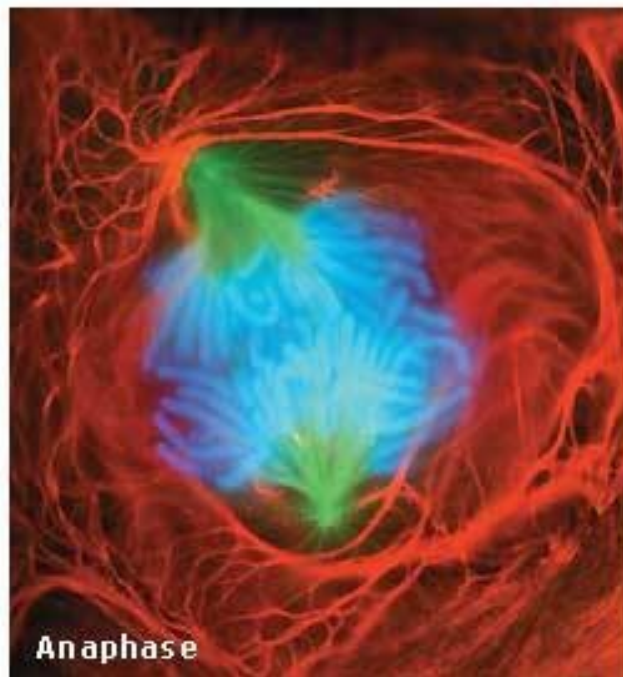
B – profáze, kondenzace chromozómů, začínají být viditelné

C – metafáze, chromozómy v ekvatoriální rovině

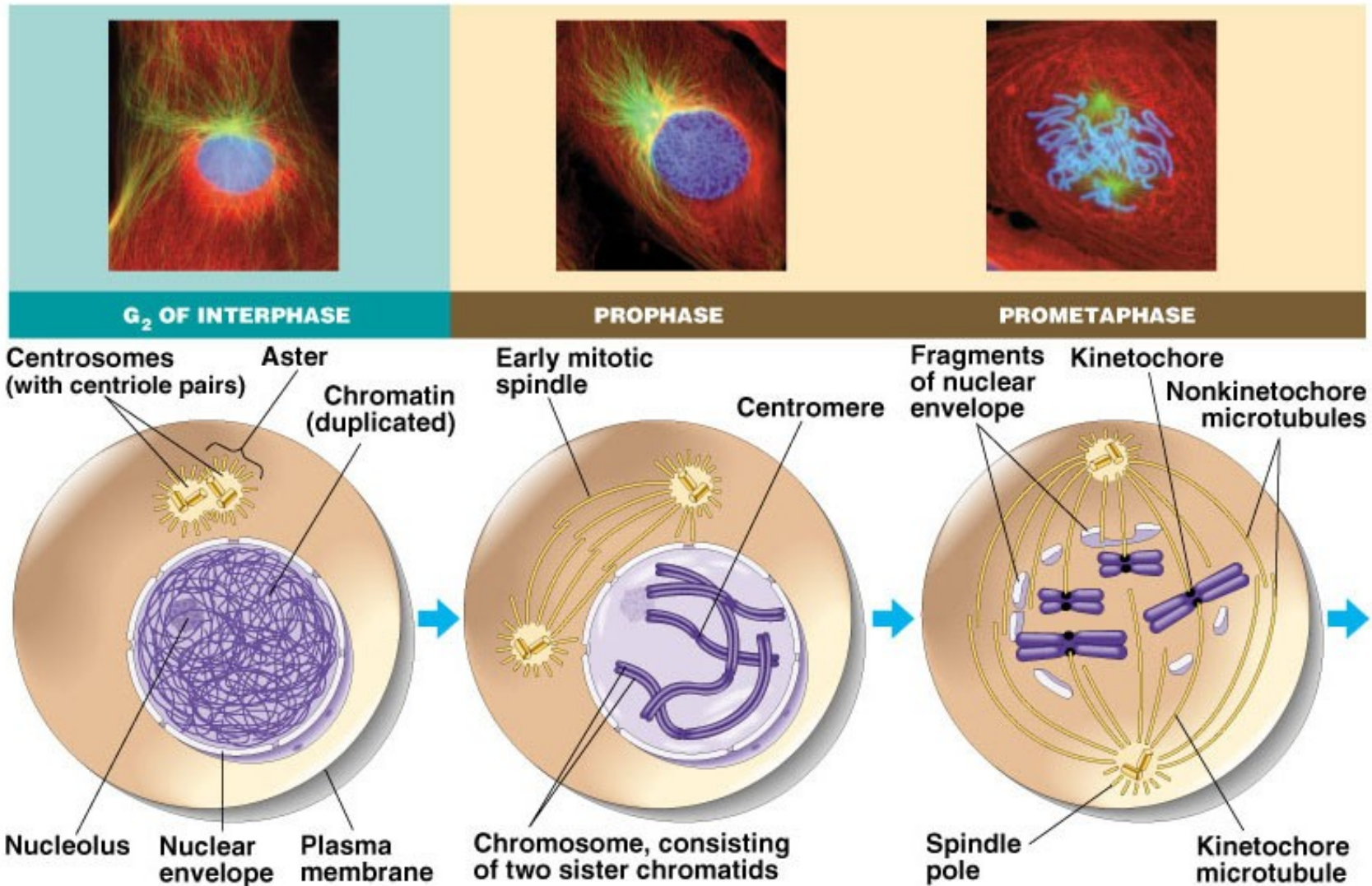
D – anafáze, rozchod 2 sad dceřiných chromozómů k pólům buňky za pomoci mikrotubulů

E – časná telofáze, 2 sady chromozómů na pólech

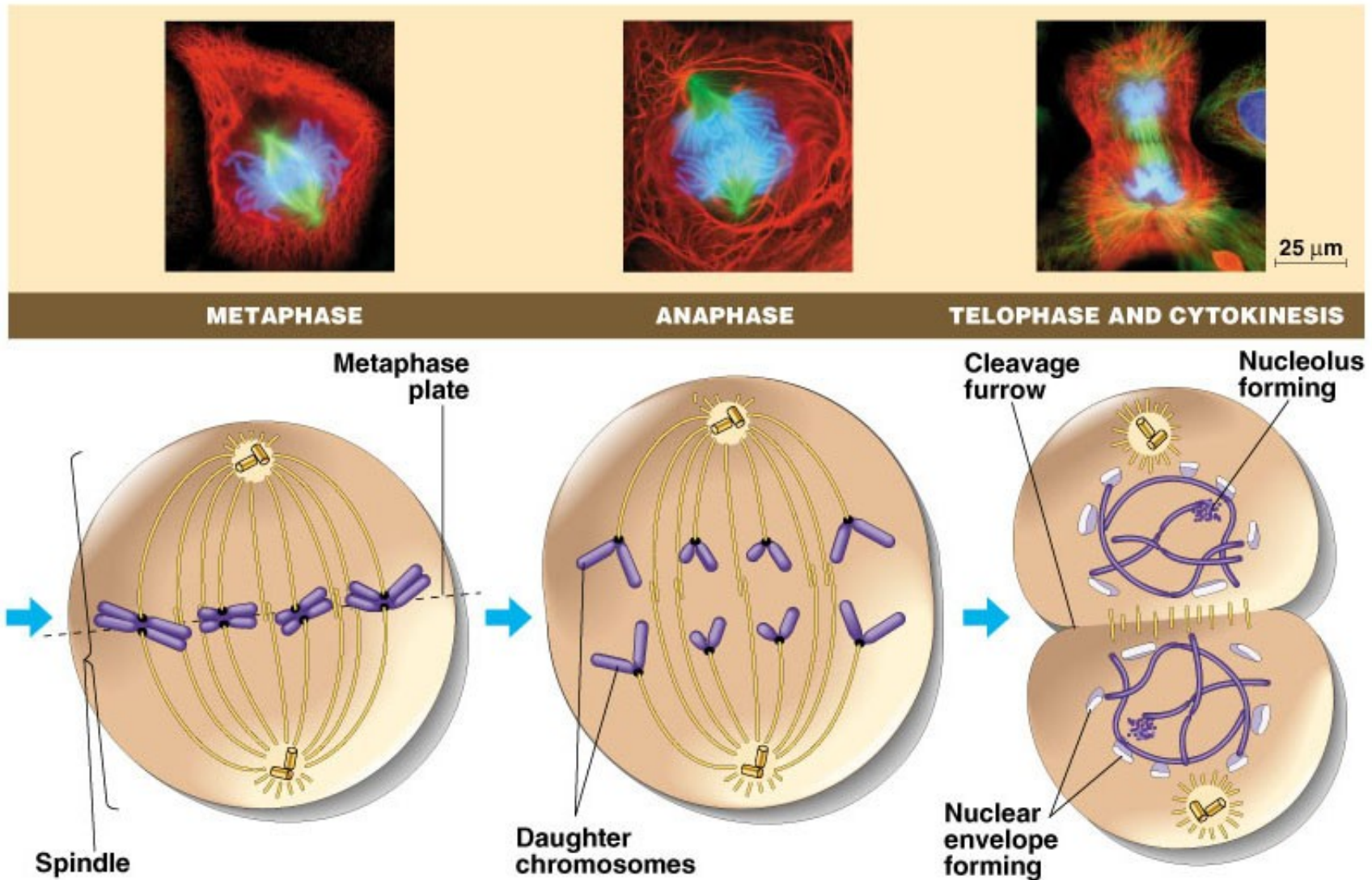
F – telofáze, dělení cytoplazmy, konstrikce v ekvatoriální rovině, dceřiné buňky kulaté, menší než mateřská buňka



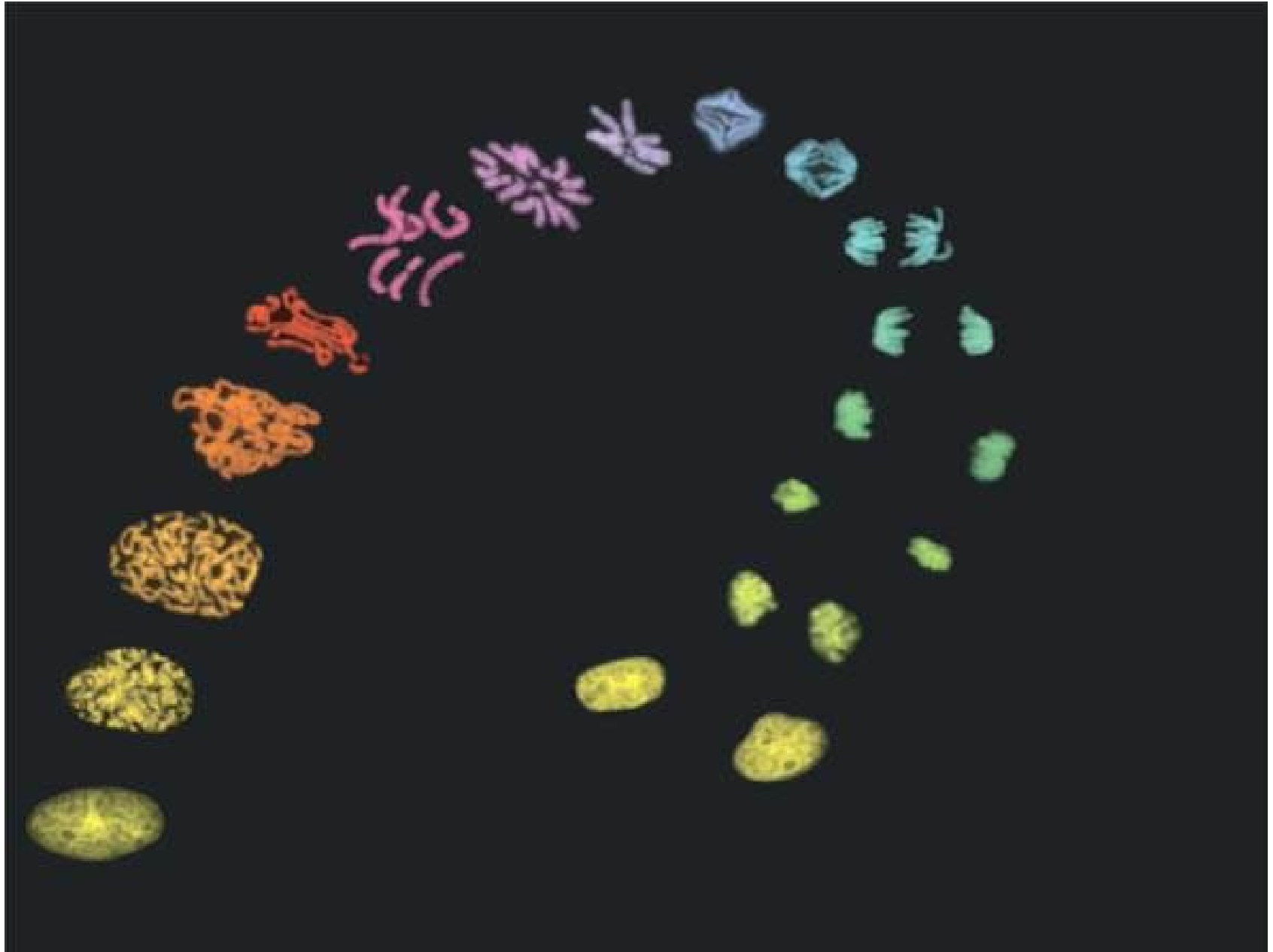
chromozómy modře, mikrotubuly zeleně, intermediární filamenta červeně

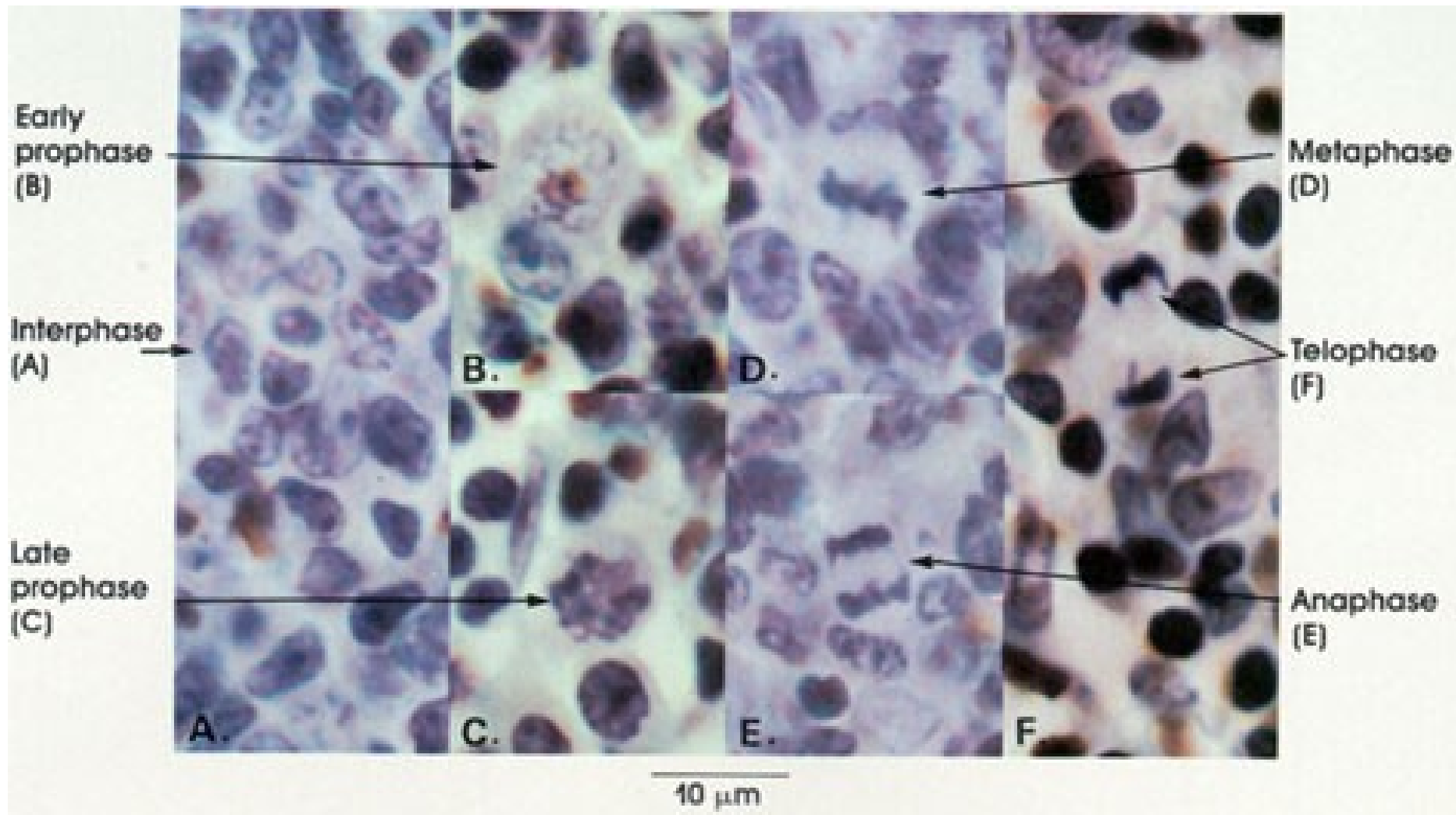


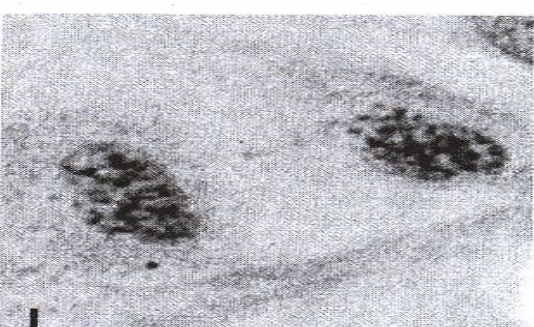
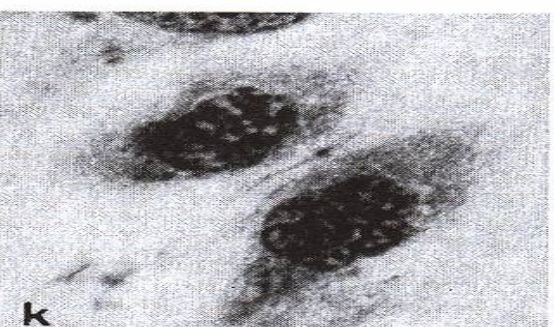
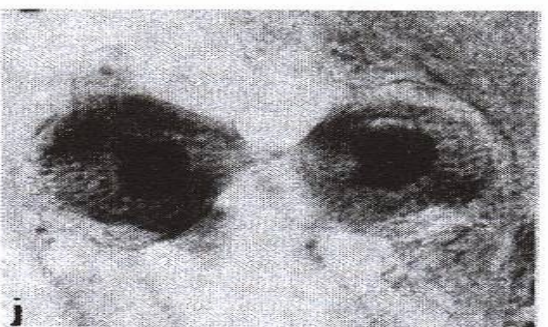
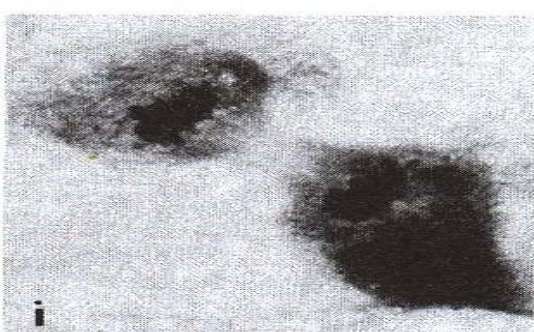
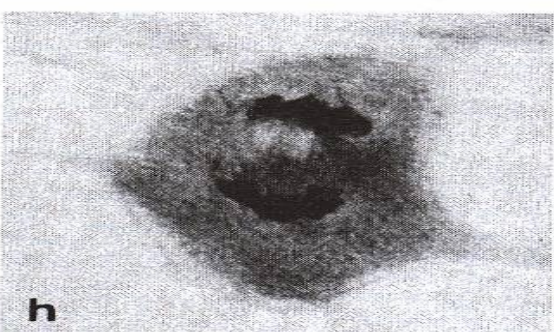
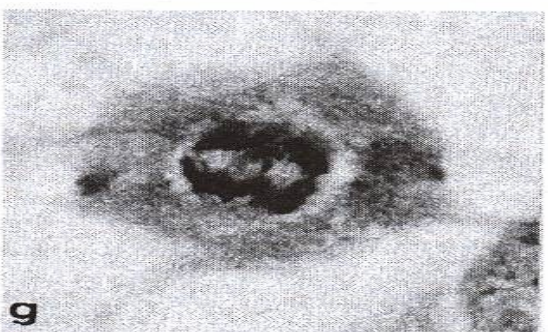
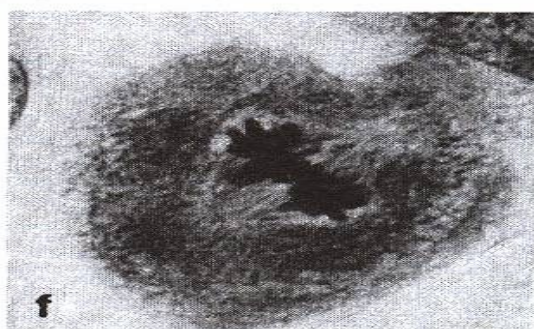
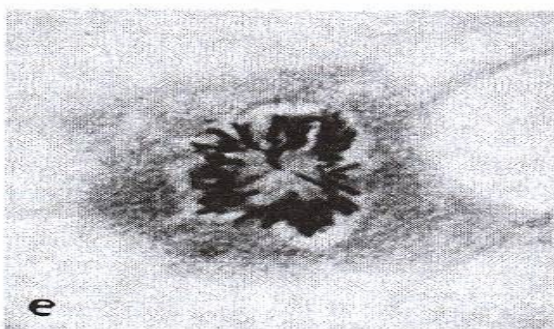
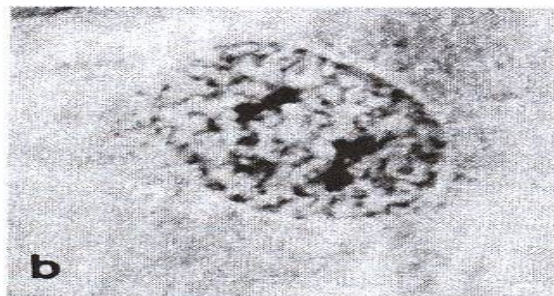
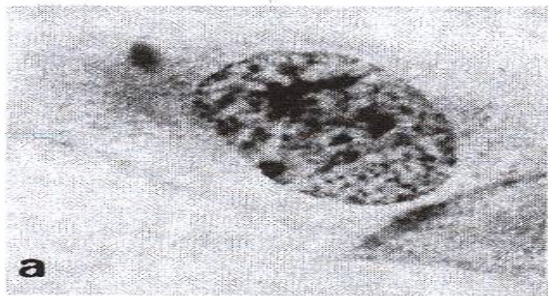
chromozómy modře, mikrotubuly zeleně, intermediární filamenta červeně

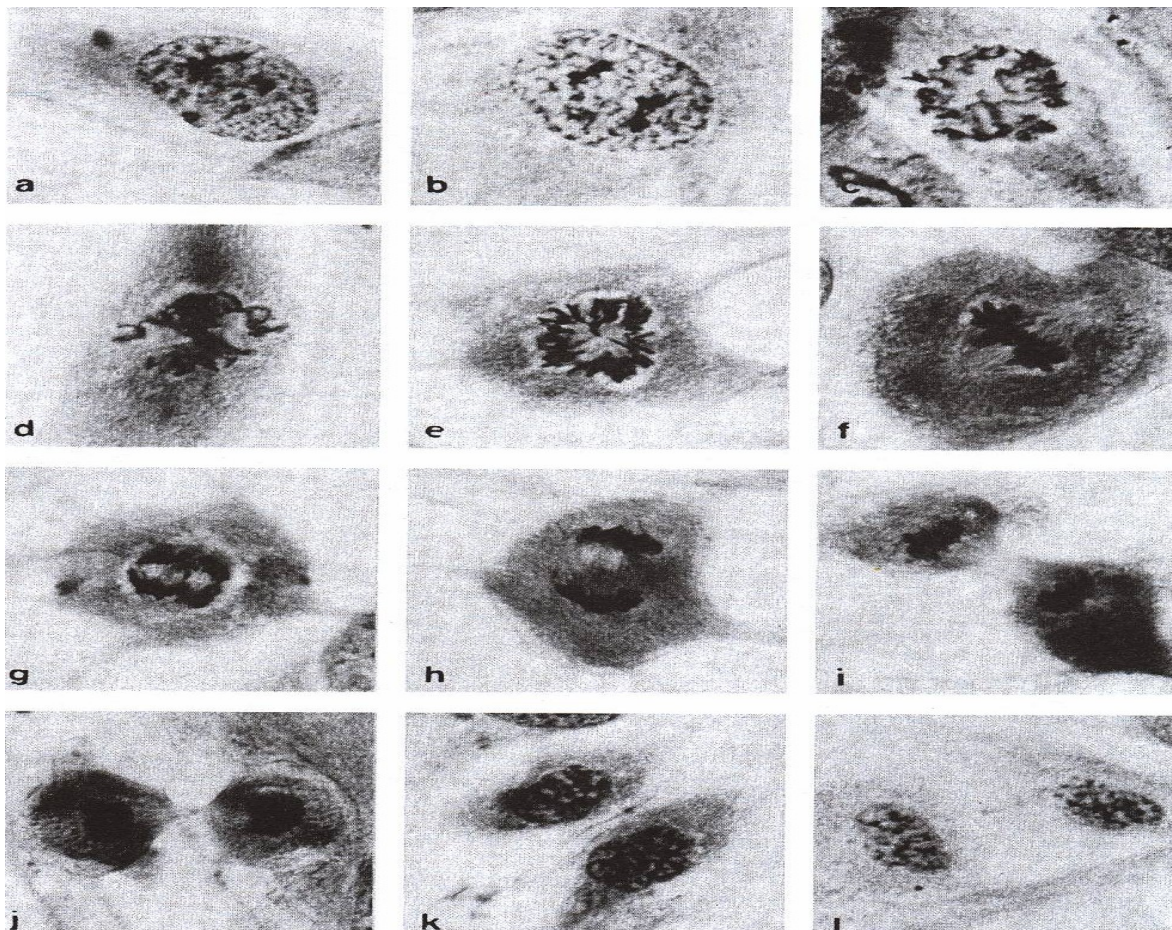


Chromozómy v dělicí se buňce



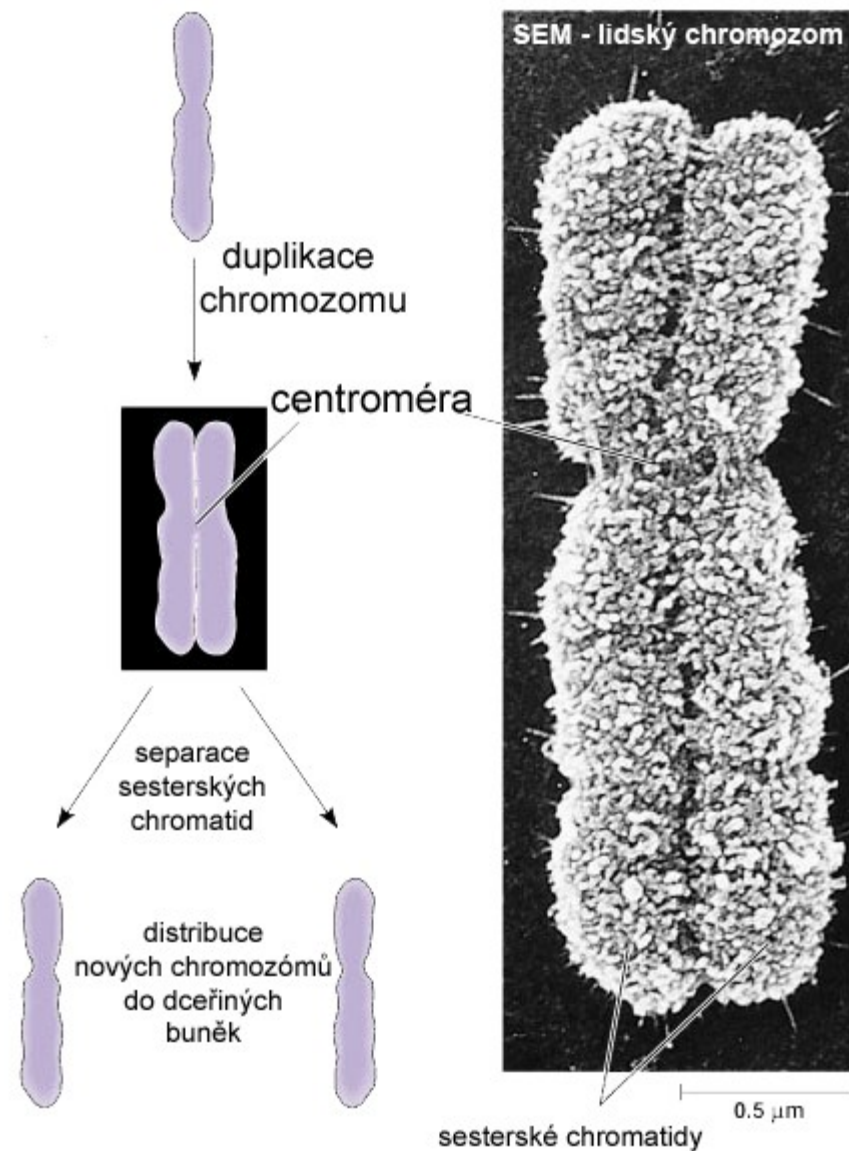
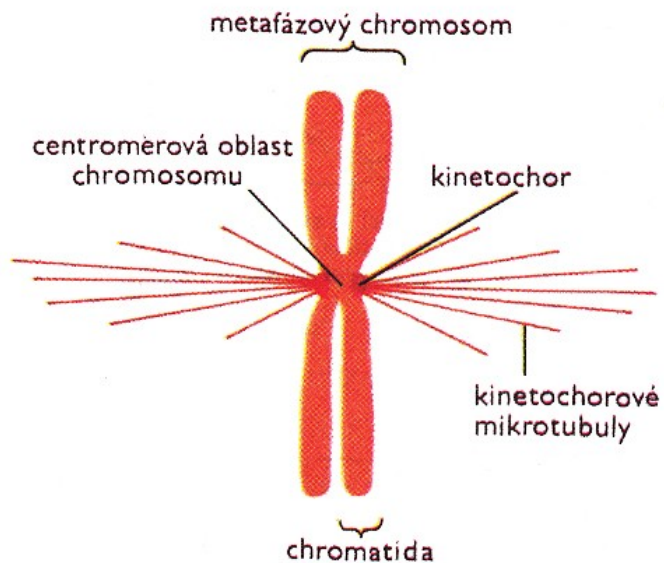






Stádia mitózy v kultivovaném lidském fibroblastu. A – interfáze, B – časná profáze, C – pozdní profáze/časná prometafáze, D – pozdní prometafáze, E – metafáze z polárního pohledu, F – metafáze v rovníkovém pohledu, G – časná anafáze, H – pozdní anafáze, I – pozdní anafáze s pokročilou cytokinezou, J – časná telofáze s ukončenou cytokinezou, K – telofáze, L – pozdní telofáze

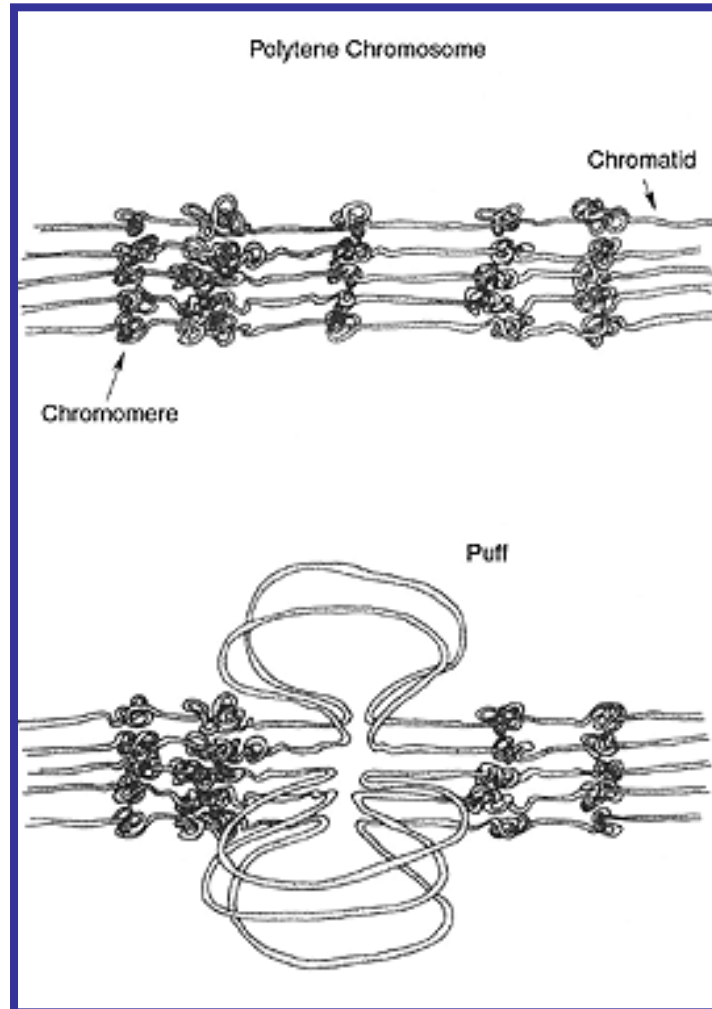
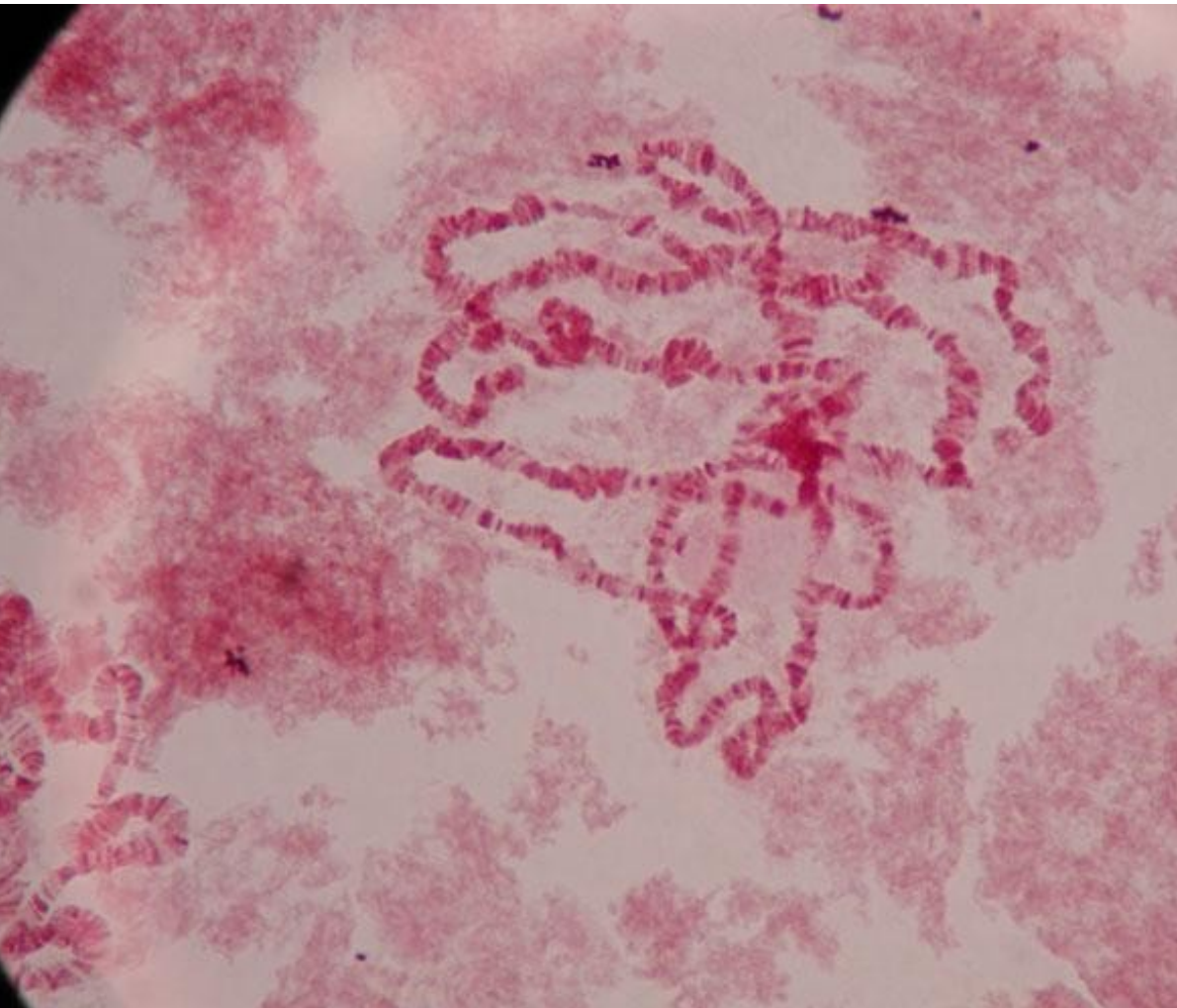
Duplikace a distribuce chromozómu během mitózy



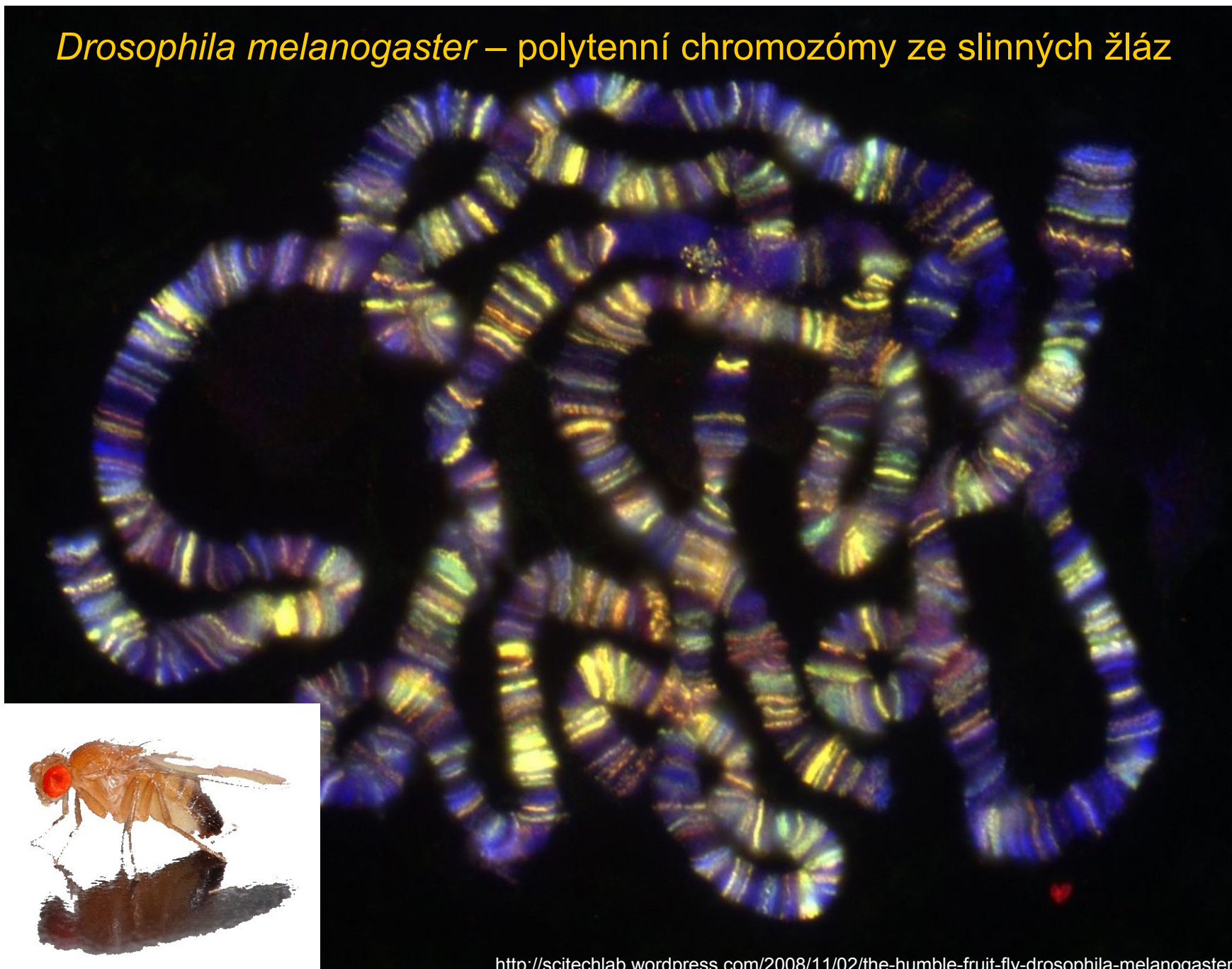
MODIFIKACE MITÓZY

POLYTENIE

- **Polytenní chromozómy** – také obří, mnohovláknové
- V různých tkáních **larev někt. dvoukřídlých - Diptera** (slinné žlázy, malphigické trubice, rektální žlázy)
- Vznik: **mnohonásobnou replikací (endoreduplikací)** (1000x) DNA bez oddělení chromatid, chromatinová vlákna zůstávají spolu v paralelním uspořádání
- dávají buňce schopnost nadprodukce proteinů – *genová dávka*
- **Pozorování v interfázi**
- Ve světelném mikroskopu: lineární řada střídajících se **proužků (disků) a meziproužků tmavší a světlejší barvy** – rozdílné barvení heterochromatinu a euchromatinu
- Poloha a počet disků pro určitý chromozóm druhově specifická
- **Balbaniho prstence (pufy, „puffs“)** – **zduřeniny** – rozestup hustě stočeného vlákna DNA do postranních kliček, aktivní místa, v nich právě probíhá přepis genetické informace
- Místa vzniku pufů – specifická pro každou tkáň a stádium vývoje

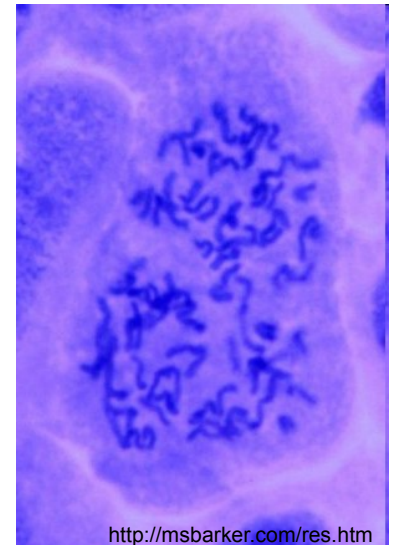


Drosophila melanogaster – polytenní chromozómy ze slinných žláz



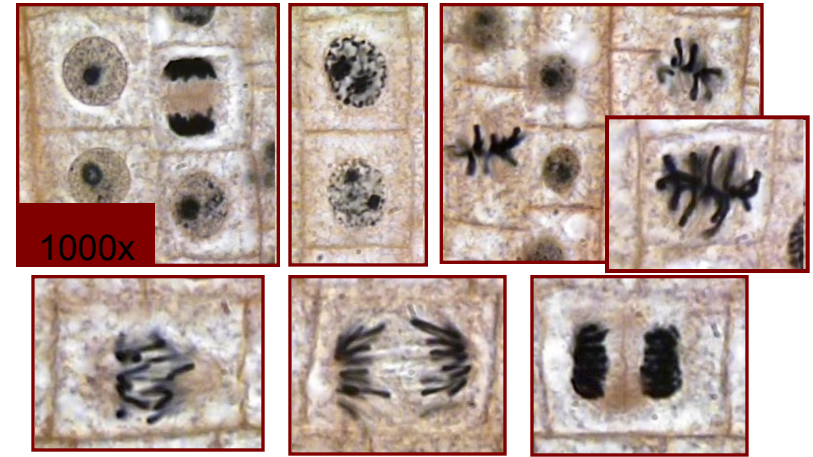
POLYPLOIDIE

- V jádře **více kompletních chromozomových sad** (více než $2n$)
- Tetraploidní ($4n$), oktaploidní ($8n$), polyploidní buňky
- Po zmnožení chromozómů nedochází k rozdělení jádra a nedojde k cytokinezi - **endomitóza**
- Vznik: - spontánně – často u rostlin, výhody (větší, odolnější r.)
- indukovaně – účinkem např. kolchicinu (alkaloid) – blokáce syntézy dělicího vřeténka
- **Slinné žlázy u Lepidopter** (potřeba zvýšeného množství produktů v určité fázi vývoje)
- Genová dávka: počet kopií daného genu v buňce
- Vyšší počet – větší množství genového produktu



ÚKOLY

1. Stádia mitózy v buňkách kořenové špičky cibule (*Allium cepa*)



<http://lima.osu.edu/biology/archive/mitosis.html>

2. Polytenní chromozómy – buňky slinných žláz larev dvoukřídlých (Diptera)



3. Polyploidní jádro – buňky slinných žláz housenek bource morušového (*Bombyx mori* - Lepidoptera)