

Histologie - přednáška

Obory Fyzioterapie, Optika a optometrie, Ortoptika

Mgr. Hana Kotasová, Ph.D.

kotasova@med.muni.cz

1. Přednáška

- Organizace výuky a ukončení předmětu
- Obor histologie
- Metody studia histologie
- Cytologie

Organizace výuky a ukončení předmětu

Fyzioterapie

- Přednášky
- Praktická cvičení
 - Mikroskopování, nutnost přezůvek (laboratoř)
 - Zápočtový test
- Ústní zkouška
 - 2 otázky:
 - 1 otázka ze společného okruhu
 - 1 otázka z okruhu specializovaného pro Fyzioterapii

Optika a optometrie, Ortooptika

- Přednášky
- Ústní zkouška
 - 2 otázky:
 - 1 otázka ze společného okruhu
 - 1 otázka z okruhu specializovaného pro Optiku a optometrii, Ortooptiku

Doporučená literatura

Svatopluk ČECH a Drahomír HORKÝ

Histologie a mikroskopická anatomie pro bakaláře

+ vybrané kapitoly

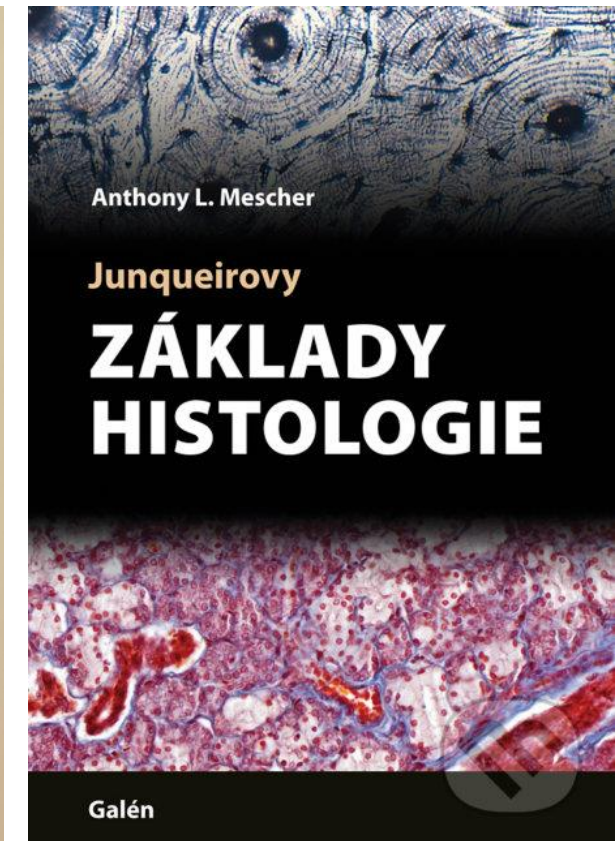
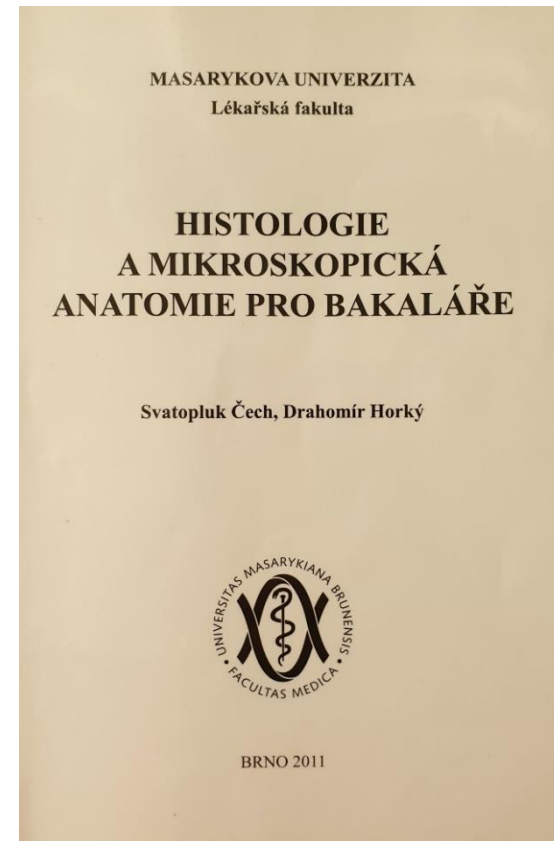
Anthony L. MESCHER

Junqueirovy **Základy histologie**

nebo

Drahomír HORKÝ a Svatoopluk ČECH

Mikroskopická anatomie



Department of Histology and Embryology

Faculty of Medicine, Masaryk University

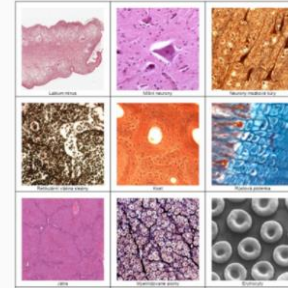
EDUCATION

RESEARCH

Histologické pexeso

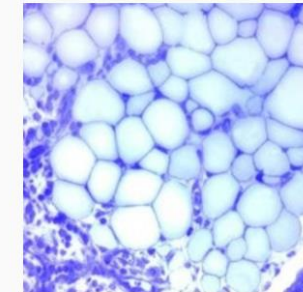
doporučený relaxační materiál

stačí stáhnout, vytisknout, vystřihnout a hrát



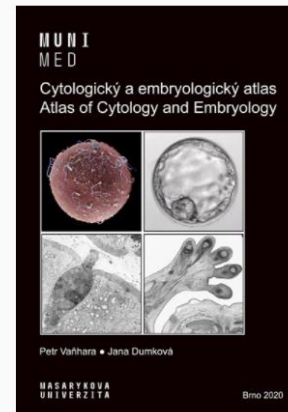
Histologický atlas

doporučený studijní materiál



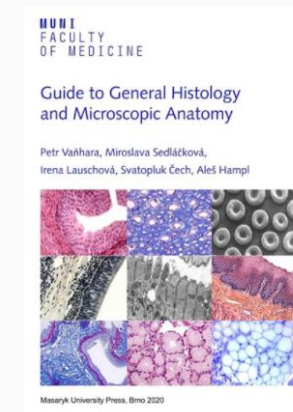
Cytologický a embryologický atlas

doporučený studijní materiál

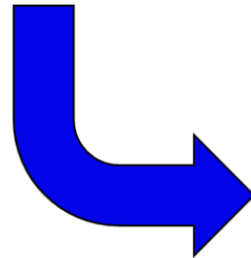


Guide to General Histology and Microscopic Anatomy

doporučeno pro praktika a revize před zkouškou



<https://histology.med.muni.cz/>



<https://histology.med.muni.cz/education/electronic-study-resources>

HISTOLOGIE

= nauka o stavbě normálních, tj. zdravých buněk, tkání a orgánů na mikroskopické a submikroskopické úrovni

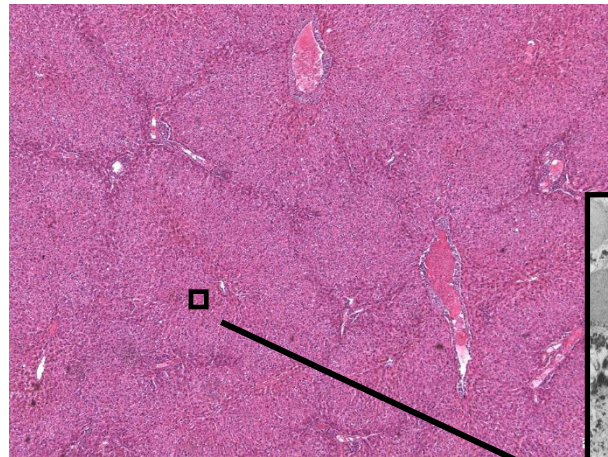
- **cytologie** = nauka o buňce
- **obecná histologie** = nauka o stavbě tkání
- **speciální histologie** = mikroskopická anatomie, nauka o stavbě orgánů jednotlivých systémů

- Propojení s dalšími obory – anatomie, fyziologie, biochemie, buněčná a molekulární biologie, embryologie
- Význam histol. vyšetření v klinické praxi: onkologie, chirurgie, hematologie a soudní lékařství ...
- Aplikace ve vědecké práci: náhrada tkání a orgánů

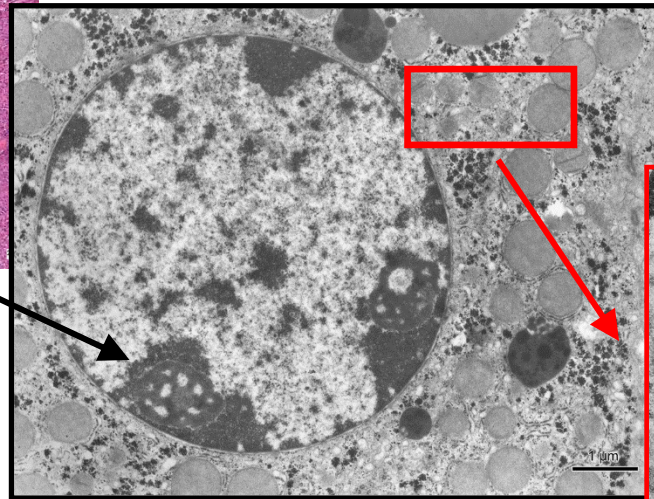
Metody histologie



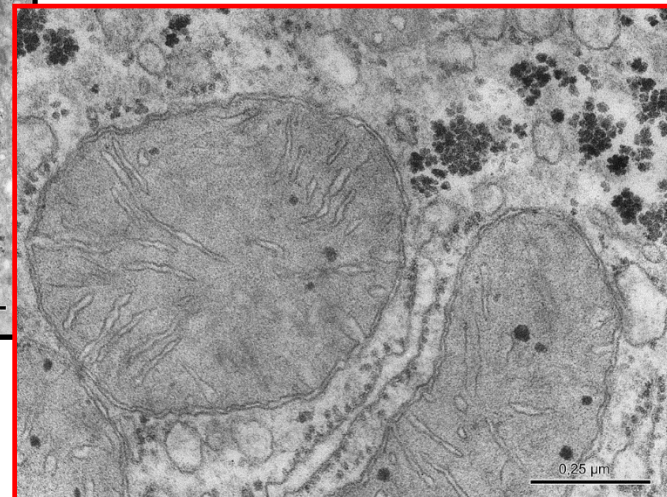
- Rozlišovací schopnost **oka** – $\sim 0,1 \text{ mm}$
- Rozlišovací schopnost **světelné mikroskopie** – $\sim 0,1 (1) \mu\text{m}$
- Rozlišovací schopnost **elektronové mikroskopie** – $\sim 0,1 (1) \text{ nm}$



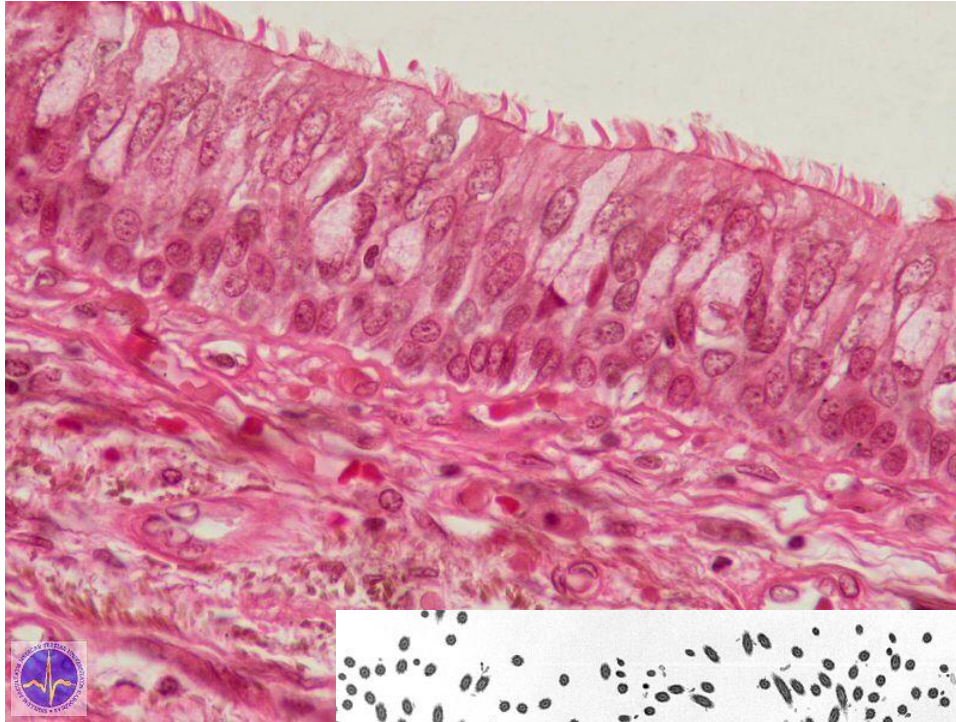
SM



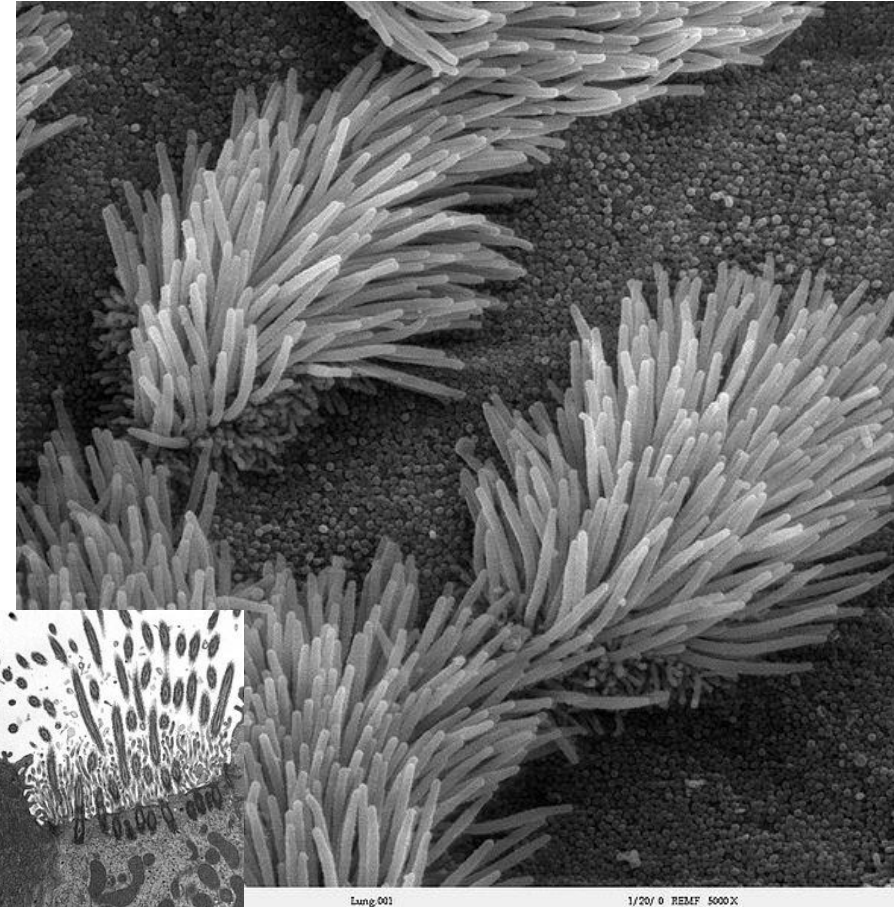
EM



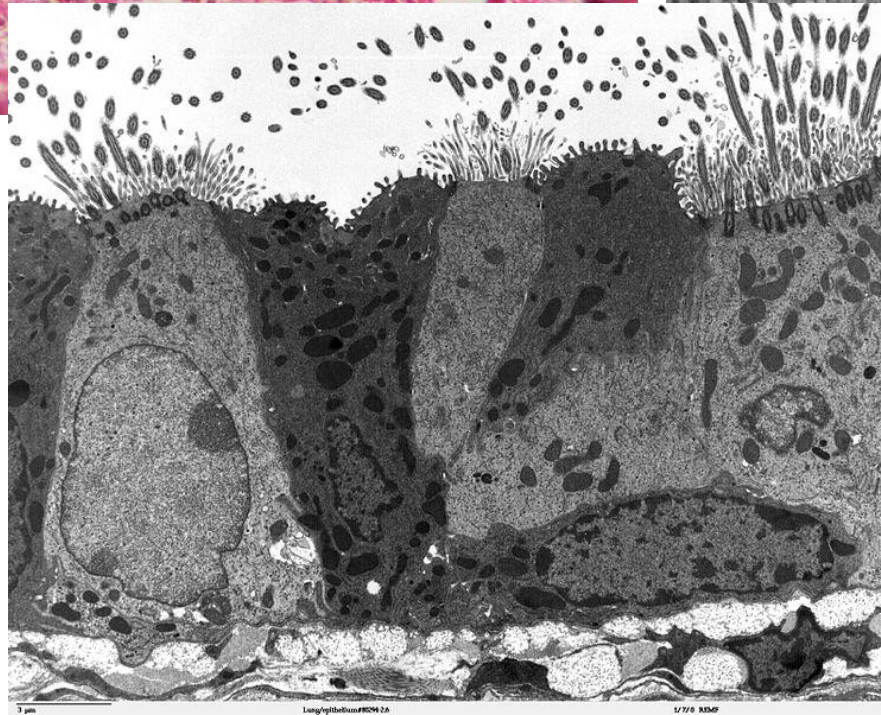
Mikroskopie



SM



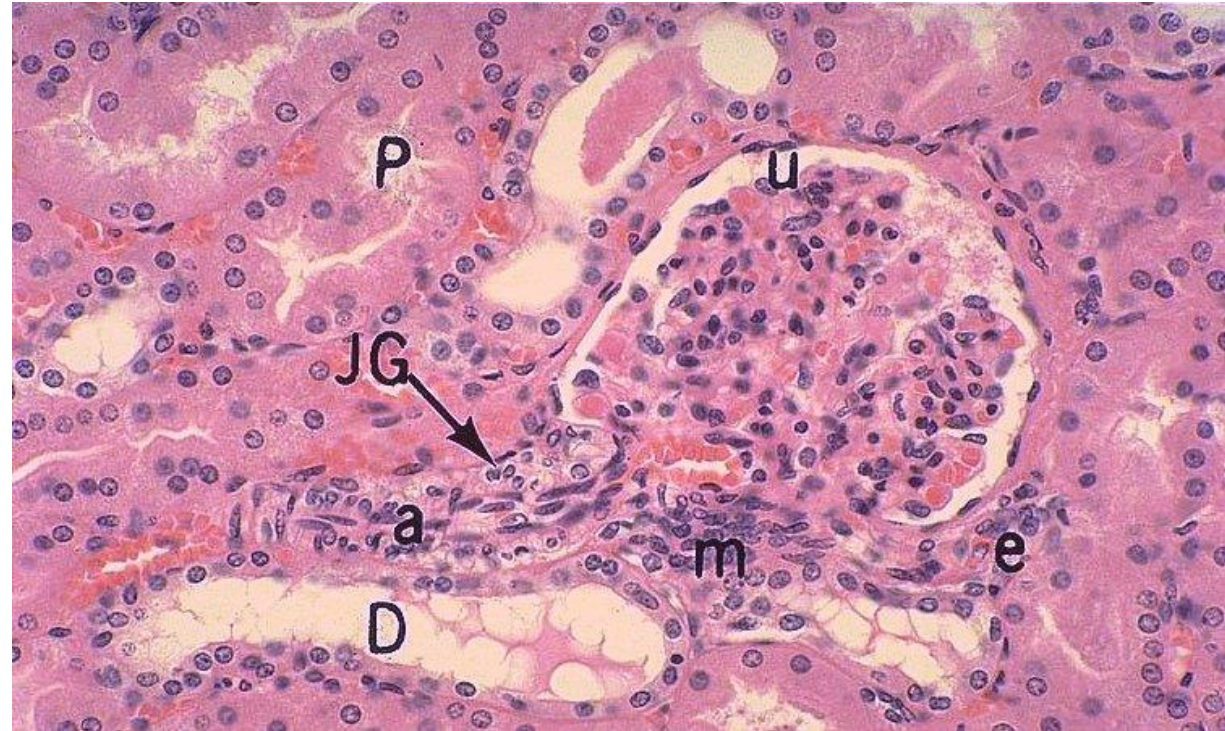
SEM



TEM

Trachea – víceřadý epitel s řasinkami

Světelný mikroskop

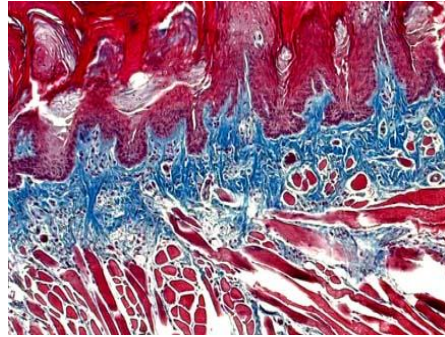
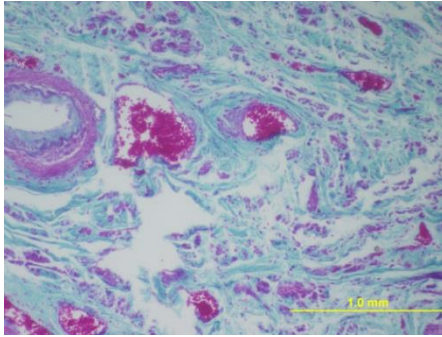


Kůra ledviny – barvení HE

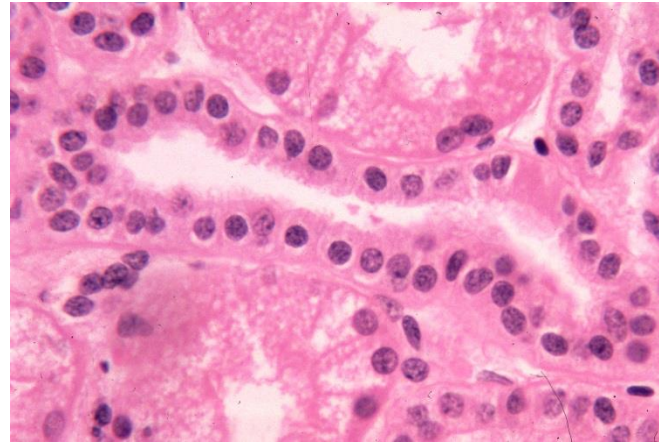
Barvicí metody:

přehledné – HE, AZAN

demonstrují všechny složky tkání

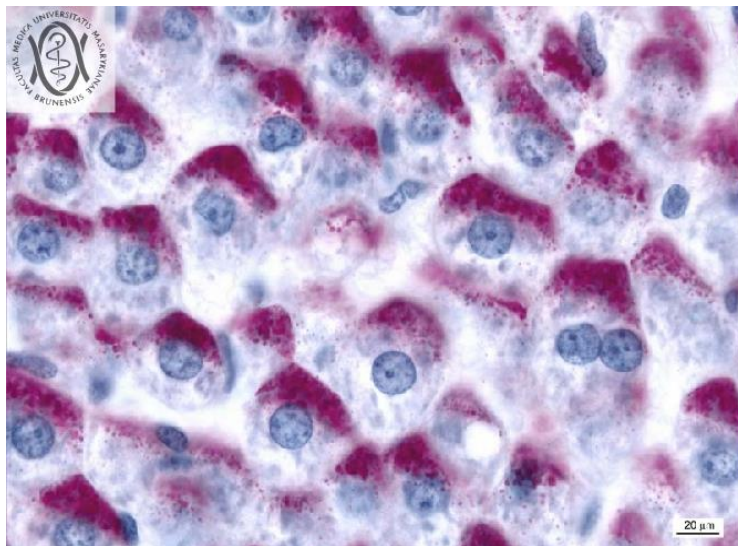


HE – nejpoužívanější barvení

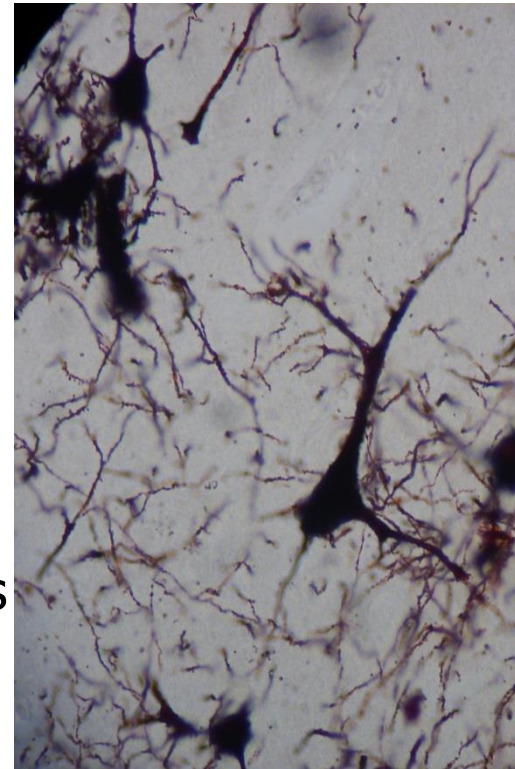


speciální

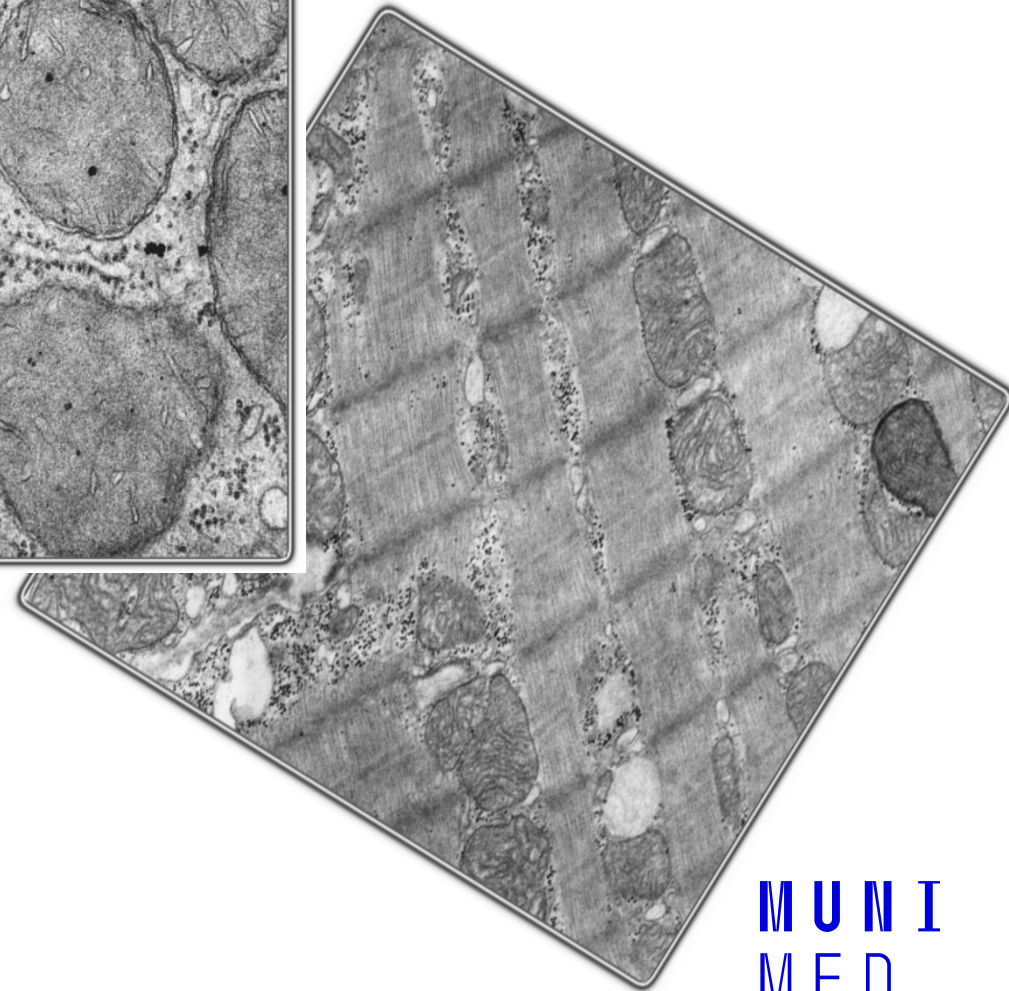
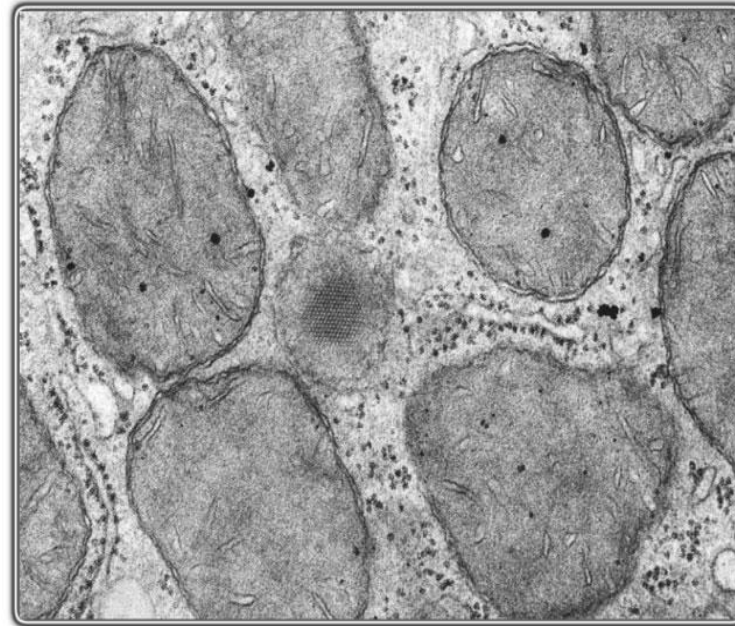
zdůrazňují určité buněčné nebo tkáňové složky



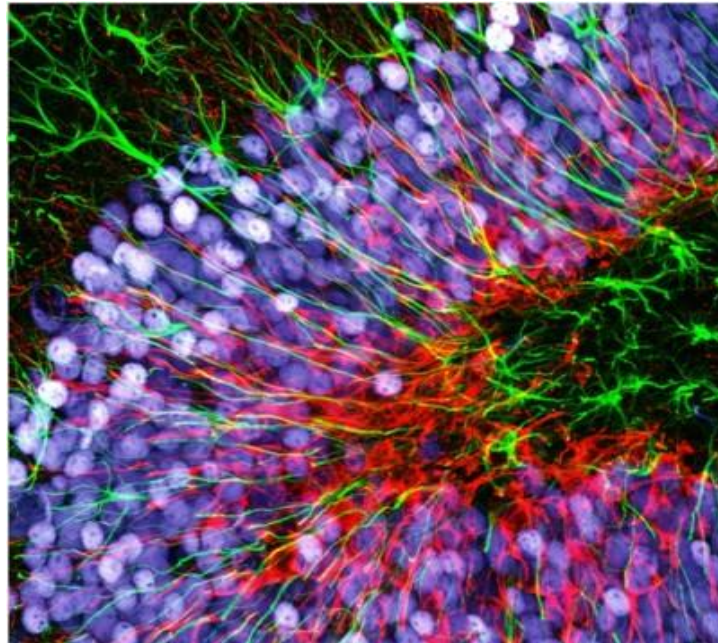
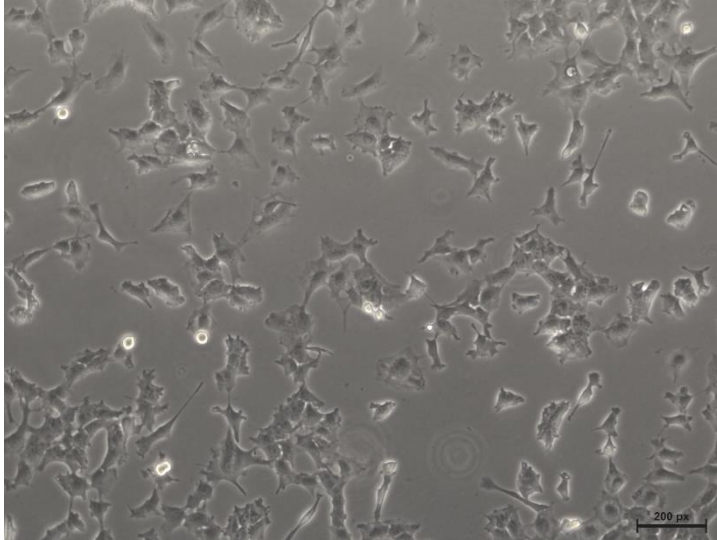
impregnační
soli Ag, Au nebo Os



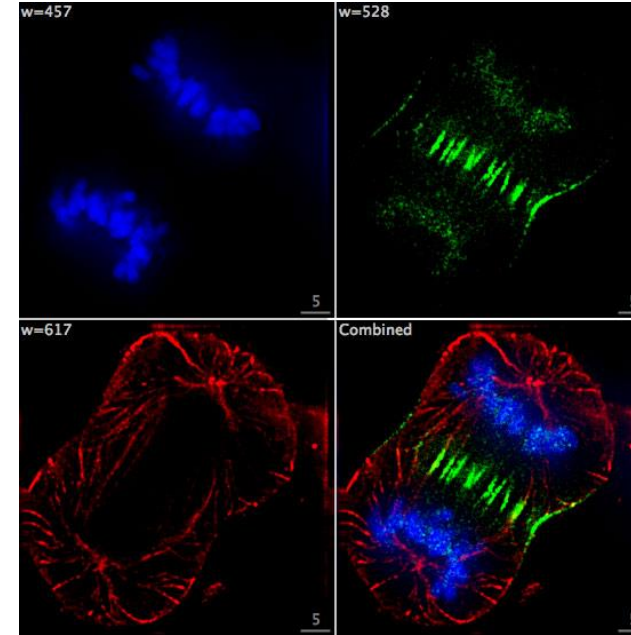
Elektronový mikroskop



Mikroskop s fázovým kontrastem

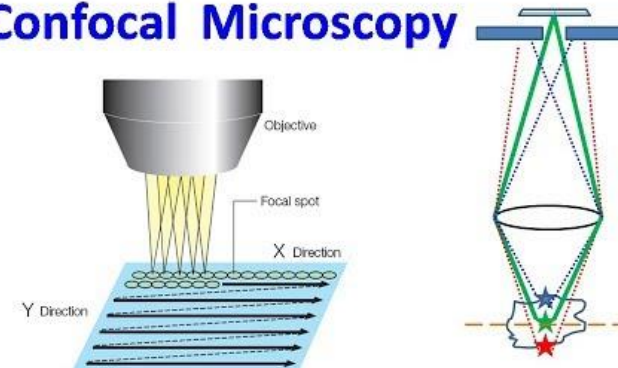


Fluorescenční mikroskop



[CC BY-SA 4.0](#)

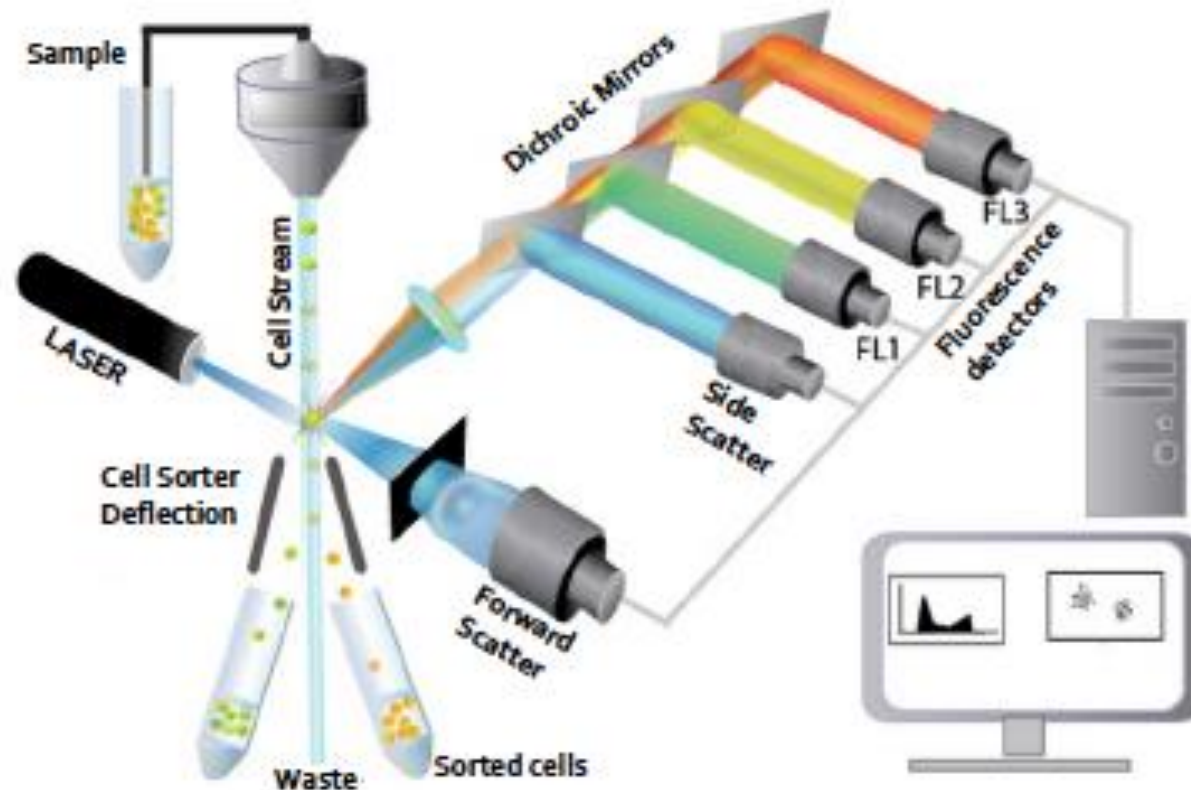
Confocal Microscopy



Průtoková cytometrie

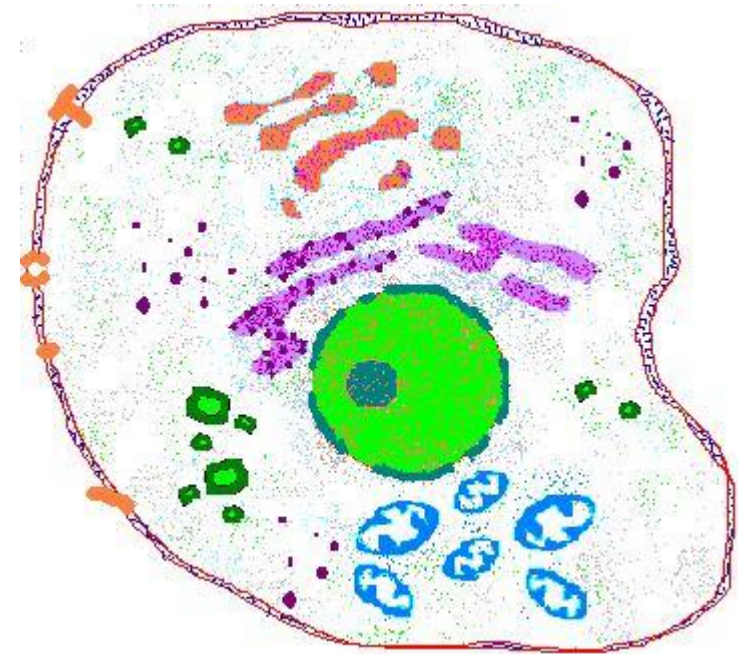
Analýza fenotypu jednotlivých buněk – možné využití i pro jejich třídění

Hematologická laboratoř – DBOK



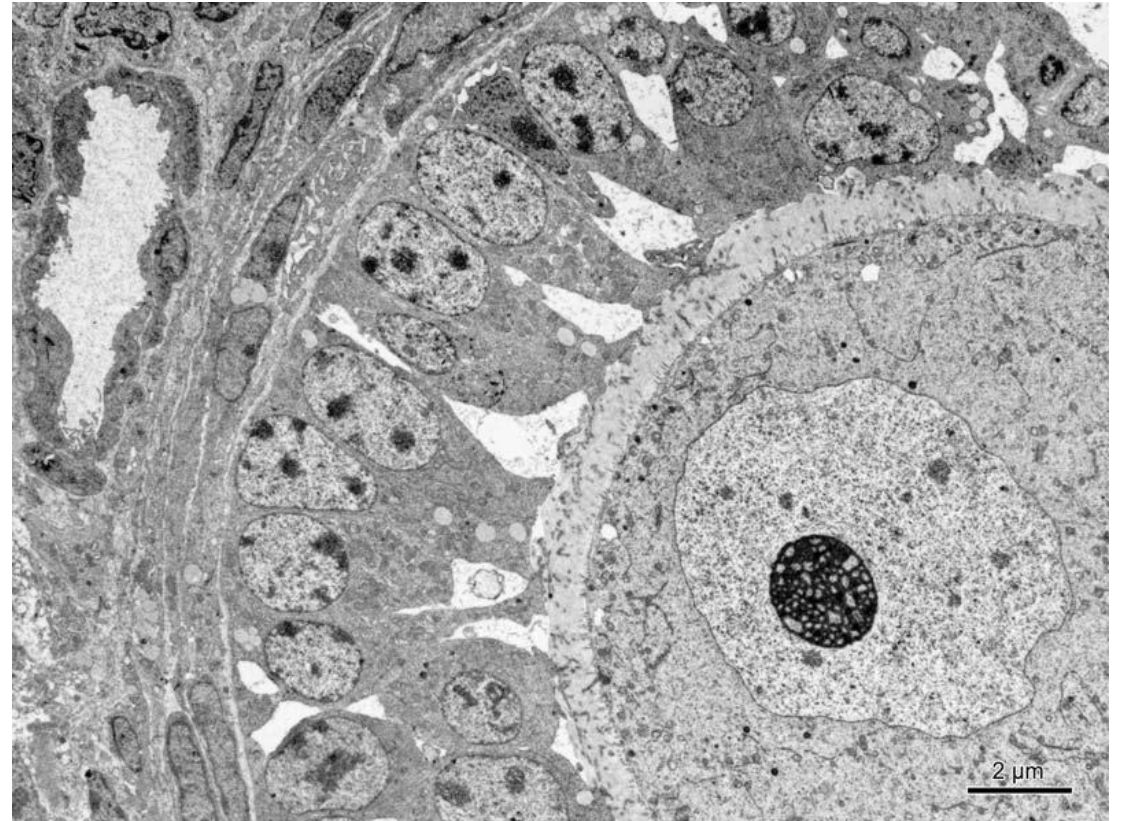
Buňka

- základní **stavební a funkční jednotka** mnohobuněčného organismu
- za vhodných podmínek je schopná samostatné existence (kultivace *in vitro*)
- vykazuje základní **vitální funkce**:
 - růst, metabolismus, pohyb, rozmnožování, dráždivost



Velikost buněk

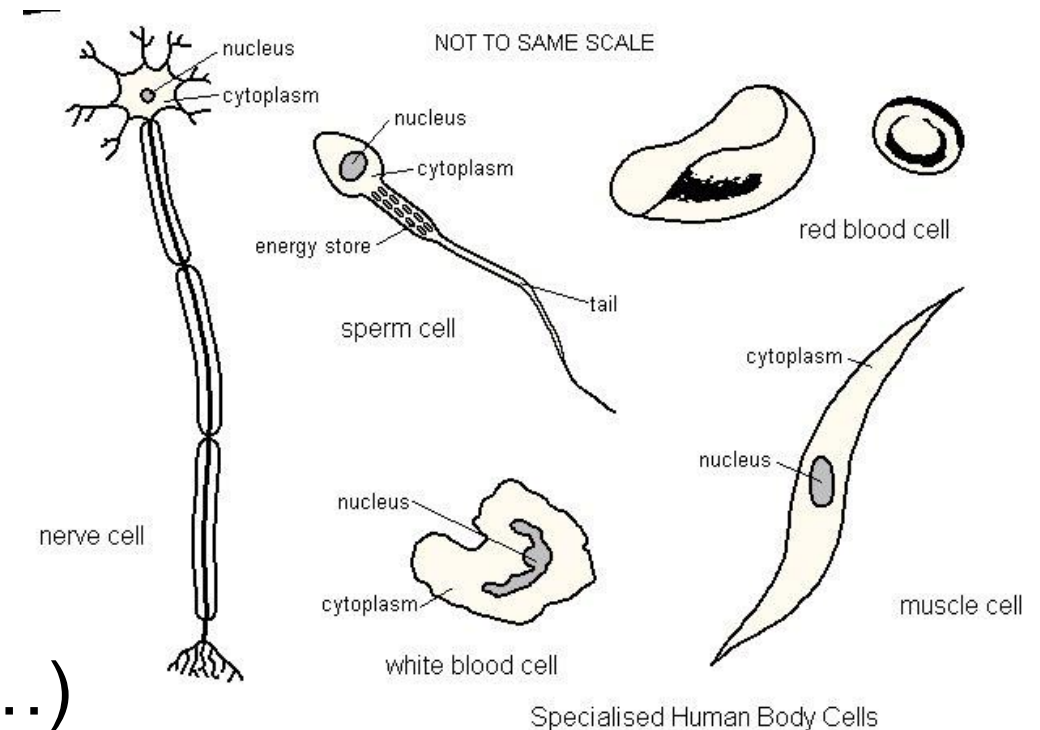
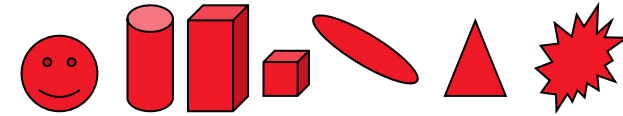
- rozmezí 5 – 150 μm ,
- u neuronů i více (až 1 m)
- obvykle 10 – 30 μm



Primární folikul v ovariu: tvar a velikost buněk

Tvar buněk

- stálý nebo se mění
- kulovitý
- plochý
- kubický
- cylindrický
- vřetenovitý/protáhlý
- buňky s výběžky
- jiné (t. pohárku, pyramidy, hrušky...)

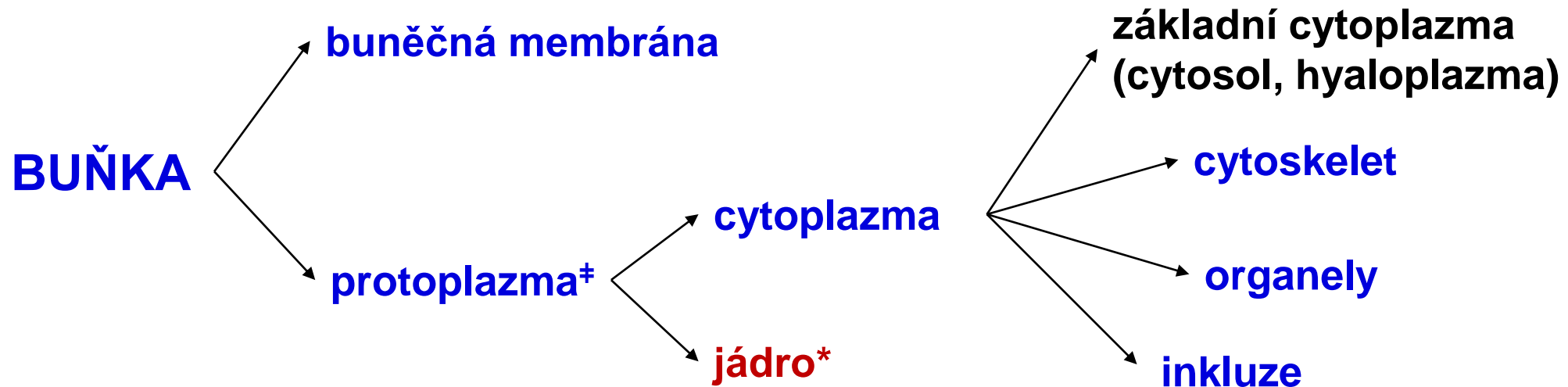


Životnost buněk

- hodiny až roky
- Enterocyty – cca 1-2 dny
- Neutrofily – 6-7 hod
- Eozinofily – 7-14 dní
- Erytrocyty – 3 měsíce
- Hepatocyty – 1-2 roky
- Neurony – celý život (desítky let)

Stavba buňky - kompartmentalizace

Izolace specifických prostředí
Selektivní přenos látek, energie a informací



‡ Protoplazma je metabolicky aktivní živá hmota vyplňující vnitřní část buňky.

* Jádro není považováno za organelu. Je to jedna ze 2 komponent protoplazmy.

Membránová jednotka = Biomembrána

- základní stavební jednotka všech membrán v buňce (cytoplasmatické membrány, membrán organel, inkluzí)

Rozděluje cytoplasmu na kompartmenty

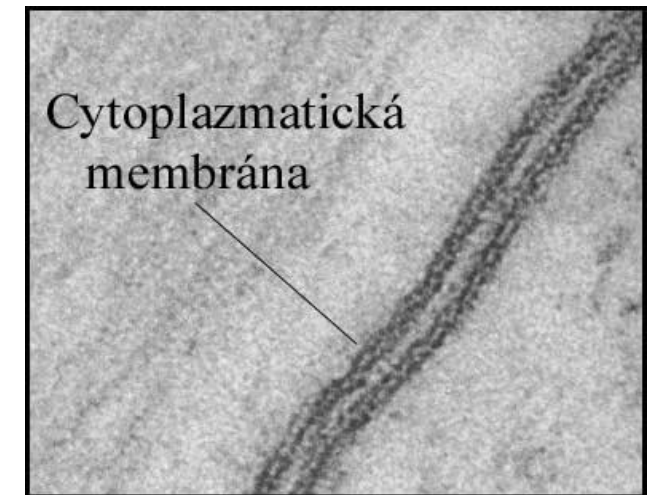
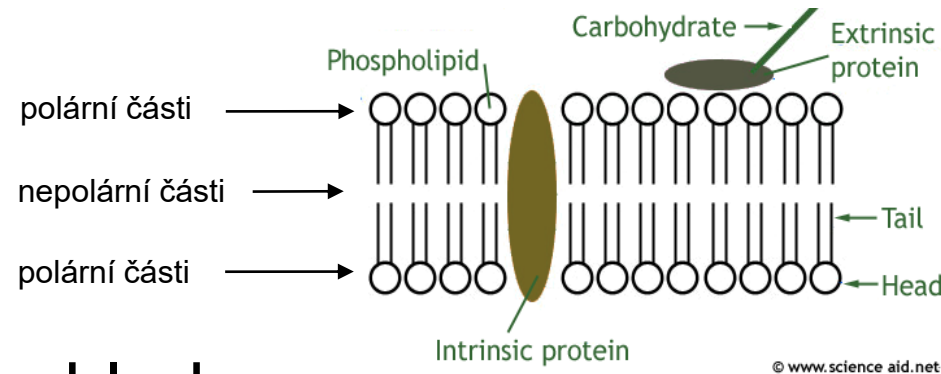
– složení:

- fosfolipidy
- proteiny
- cholesterol

– V EM trojvrstevný vzhled

– tloušťka 6 – 10 nm

– semipermeabilní, fluidní mozaika, lipidové rafty



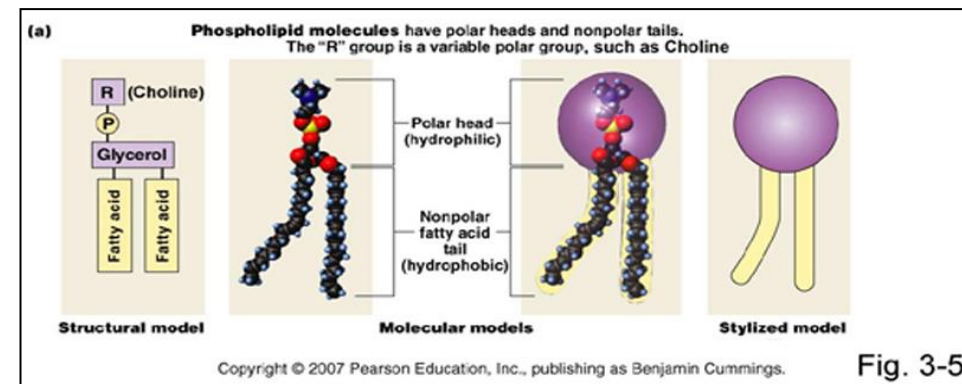
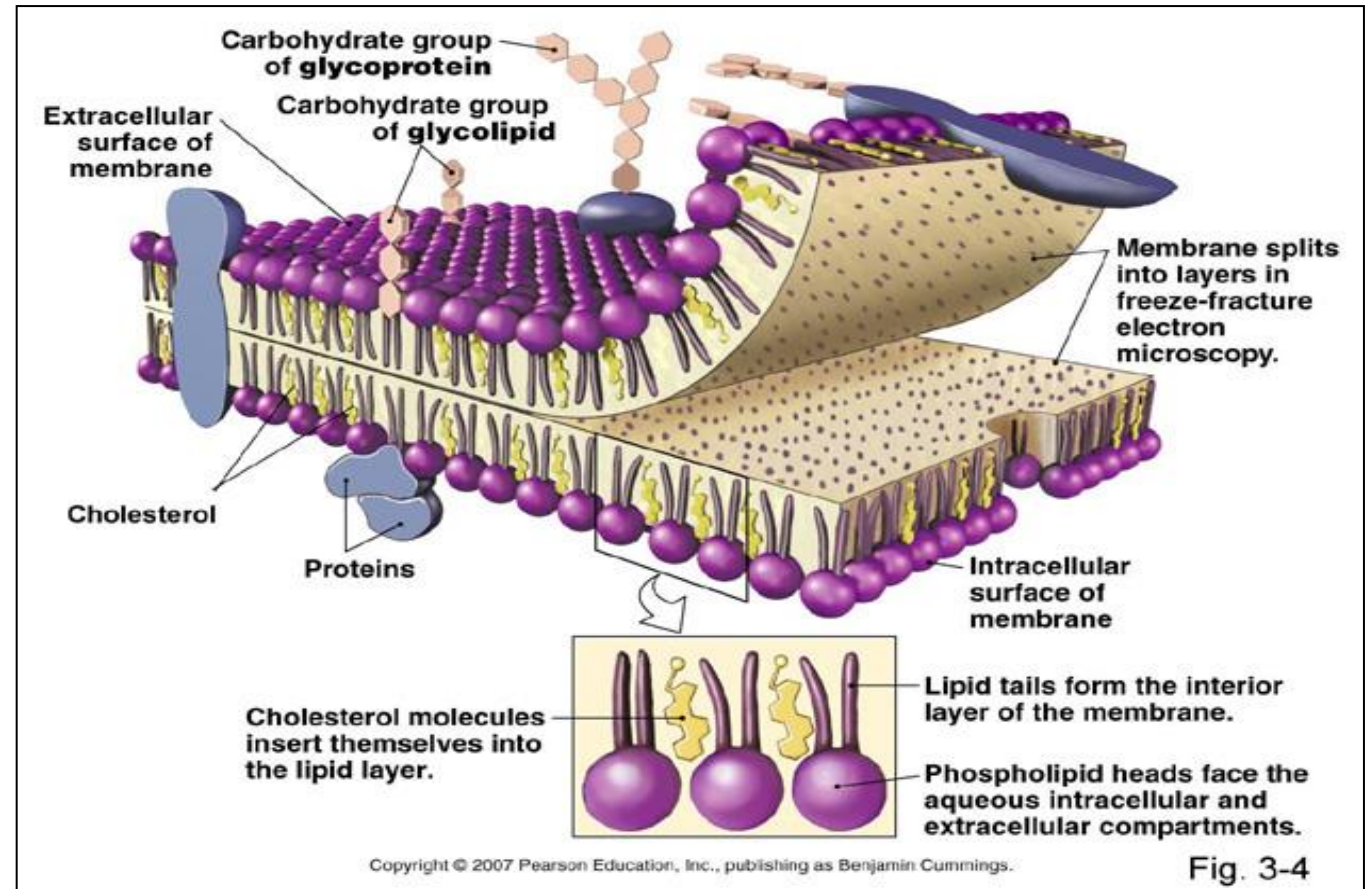
Biomembrána

Proteiny

- Periferní
- Integrální

Sacharidové molekuly

- navázané na
 - lipidy → glykolipidy
 - proteiny → glykoproteiny
- Glykokalyx



Funkce integrálních proteinů v membráně

– Pumpy

- aktivní transport, proti gradientu, vyžaduje energii (ATP z mitochondrií),
- přenos iontů, malých molekul, mohou mít i enzymatickou funkci, př. Na⁺/K⁺ pumpa

– Kanály

- selektivní regulace toku látek, po směru gradientu

– Receptory

- specifická vazba molekul, signál – přenos informací

– Enzymy

- katalytická funkce, na membráně buňky, mitochondrií aj.

– Strukturní proteiny

- udržení struktury, mezibuněčných spojů

Základní cytoplazma (hyaloplazma, cytosol)

- homogenní hmota
- koloidní systém o dvojm skupenství koloidů:
gel a sol (mění se s hustotou sítí vláken a tělísek)
- tvoří prostředí pro organely a inkluze, obsahuje cytoskelet

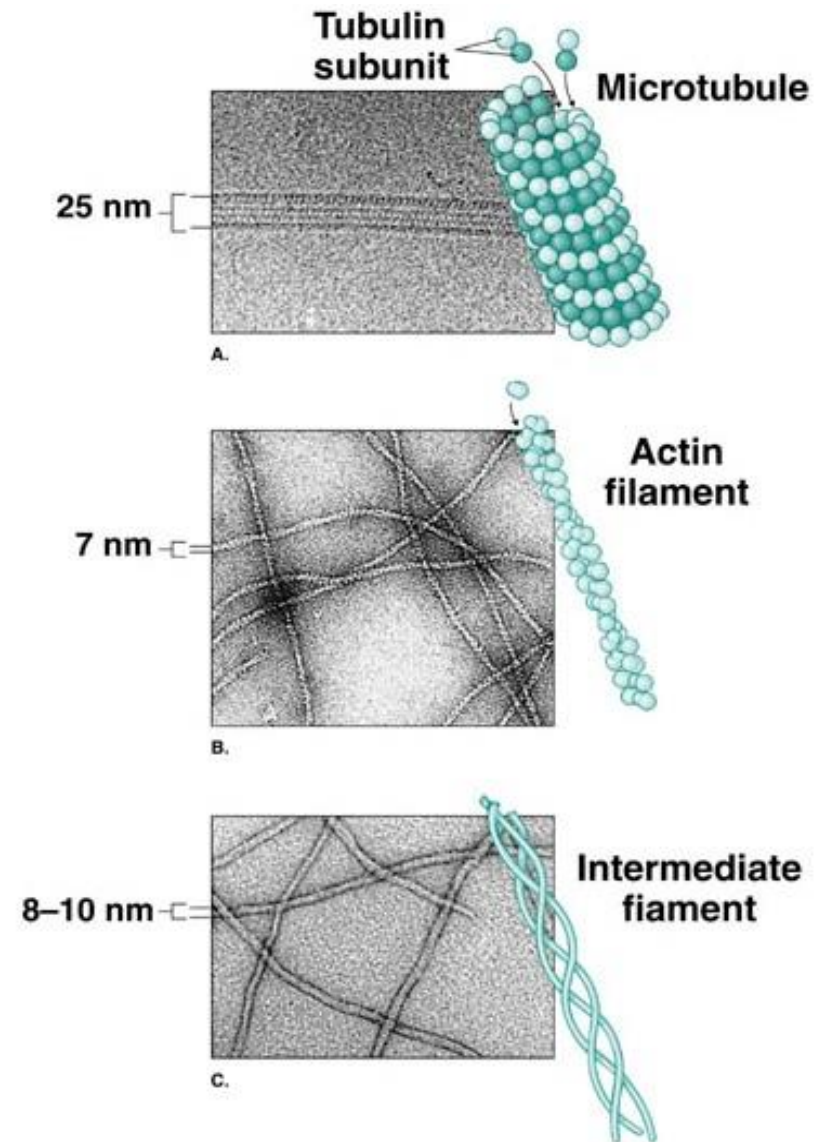
- složení:
 - 60 % vody
 - 4 % minerálních látek (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , fosfátové a chloridové anionty)
 - 36 % organických látek (sacharidy, lipidy, proteiny /albuminy, globuliny/, aminokyseliny, fosfolipoproteiny)

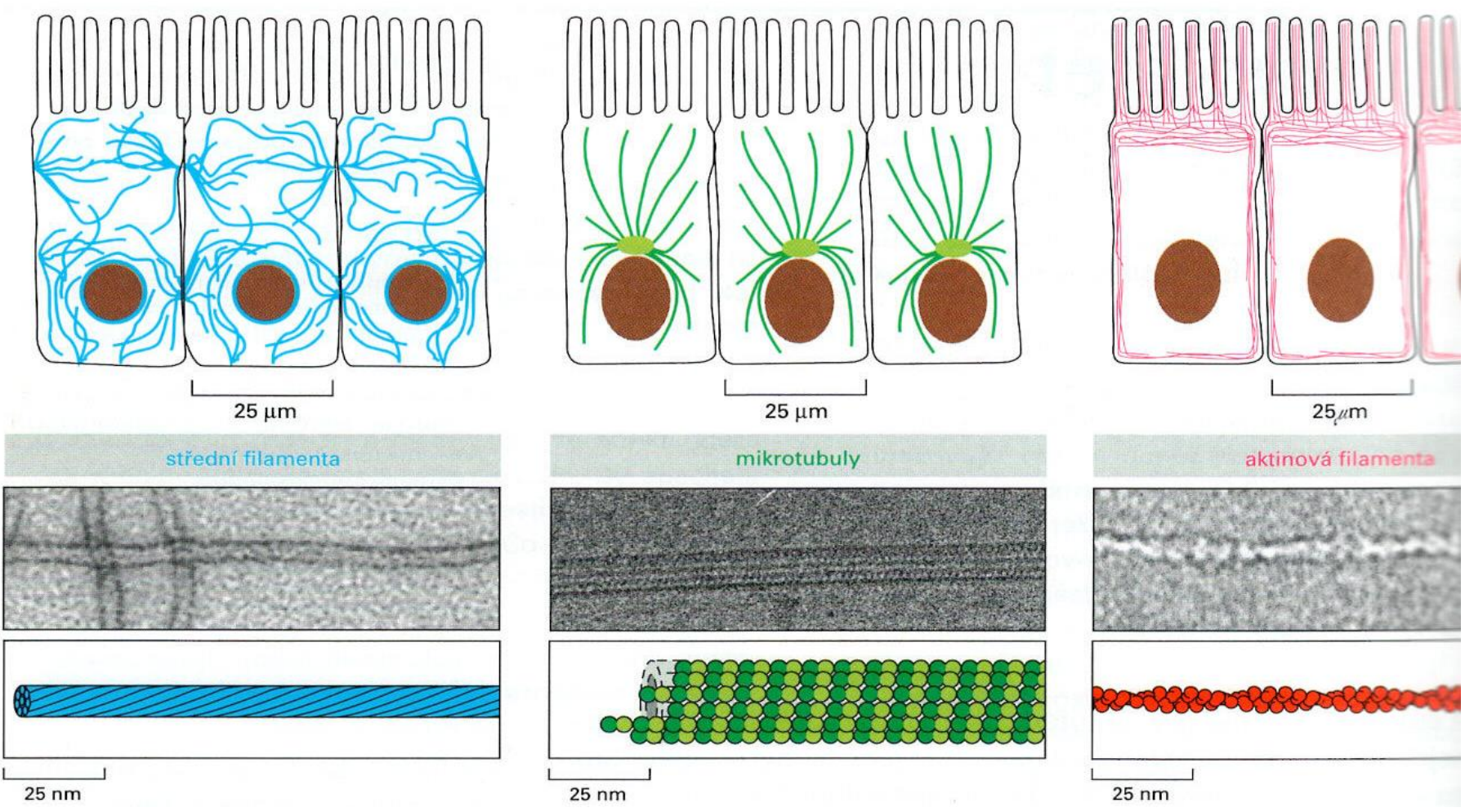
Cytoskelet

- mikrotubuly, mikrofilamenta, intermediární filamenta a asociované proteiny
- udržování buněčného tvaru, intracelulární transport látek, buněčné dělení, pohyb buněk, reparační děje, ...

Cytoskelet

- **mikrotubuly** (**tubulin**, Ø 22 nm)
 - centrioly, bazální tělíska, axonema řasinek a bičků,
 - dělicí vřeténko, intracelulární transport
- **mikrofilamenta** (**aktin**, Ø 5-7 nm)
 - cytoplazmatické sítě;
 - ve svalových buňkách – **aktin** + myosin – kontrakce
- **intermediární filamenta** (Ø 8-16 nm)
 - **cytokeratin** - tonofilamenta v epitelových buňkách
 - **vimentin** - buňky mezenchymového původu
 - **desmin** - svalové buňky
 - **neurofilamenta** - neurony
 - **gliofilamenta** - gliový fibrilární kyselý protein (GFAP) - neuroglie





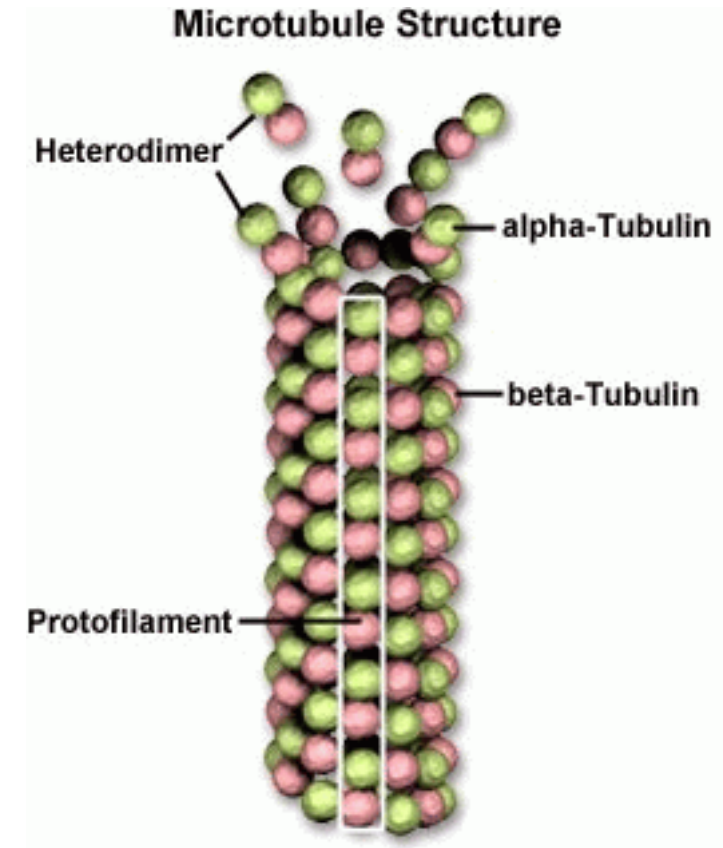
intermed. filamenta

mikrotubuly

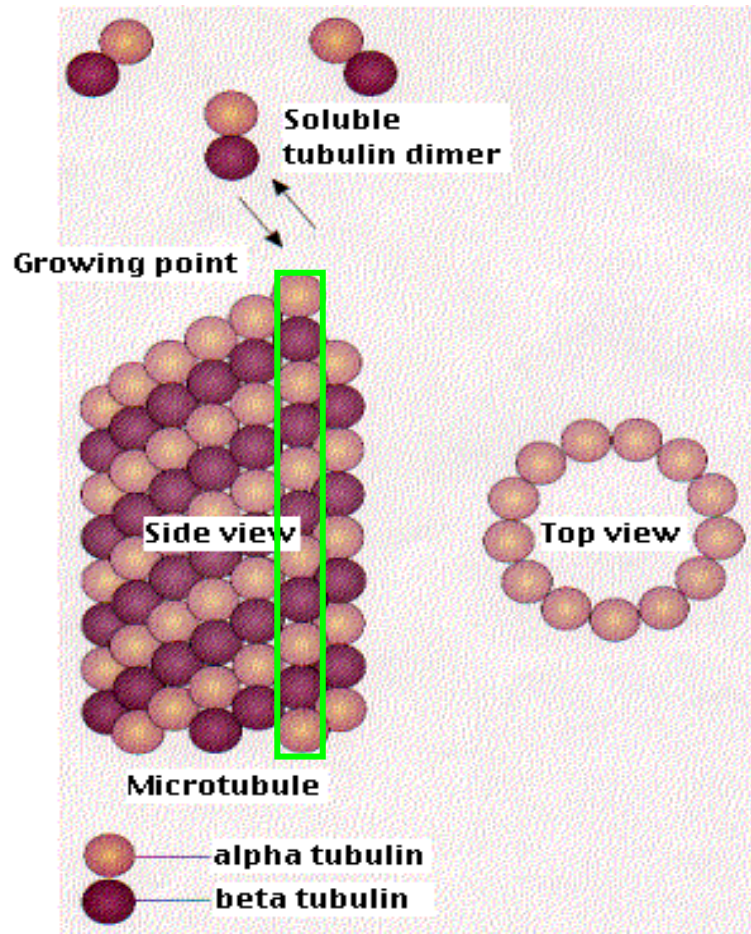
mikrofilamenta

Mikrotubuly

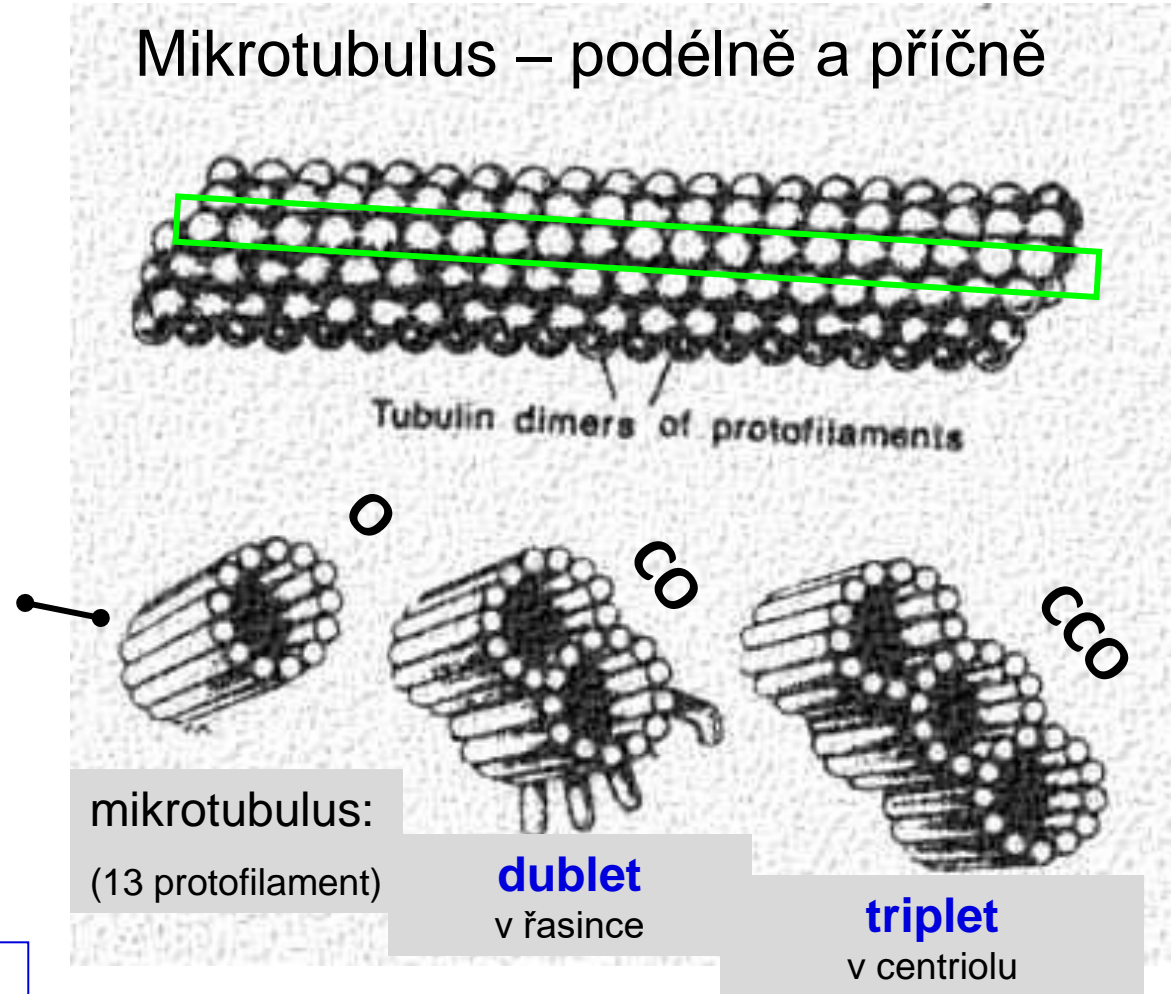
- Ø 22 nm,
- bílkovina **tubulin** (α a β)
- duté válce, dynamické struktury
- asociované s **molekulárními motory** (kinezin, dynein)
- funkce:
 - udržování tvaru buněk, intracelulární transport sekrečních granul, pohyb řasinek a bičíků, fagocytóza, pohyb chromosomů během mitózy – dělicí vřeténko, součást centriolů a bazálních tělísek



13 řetězců/protofilament



Mikrotubulus – podélně a příčně



mikrotubulus:
(13 protofilament)

dublet
v řasince

triplet
v centriolu

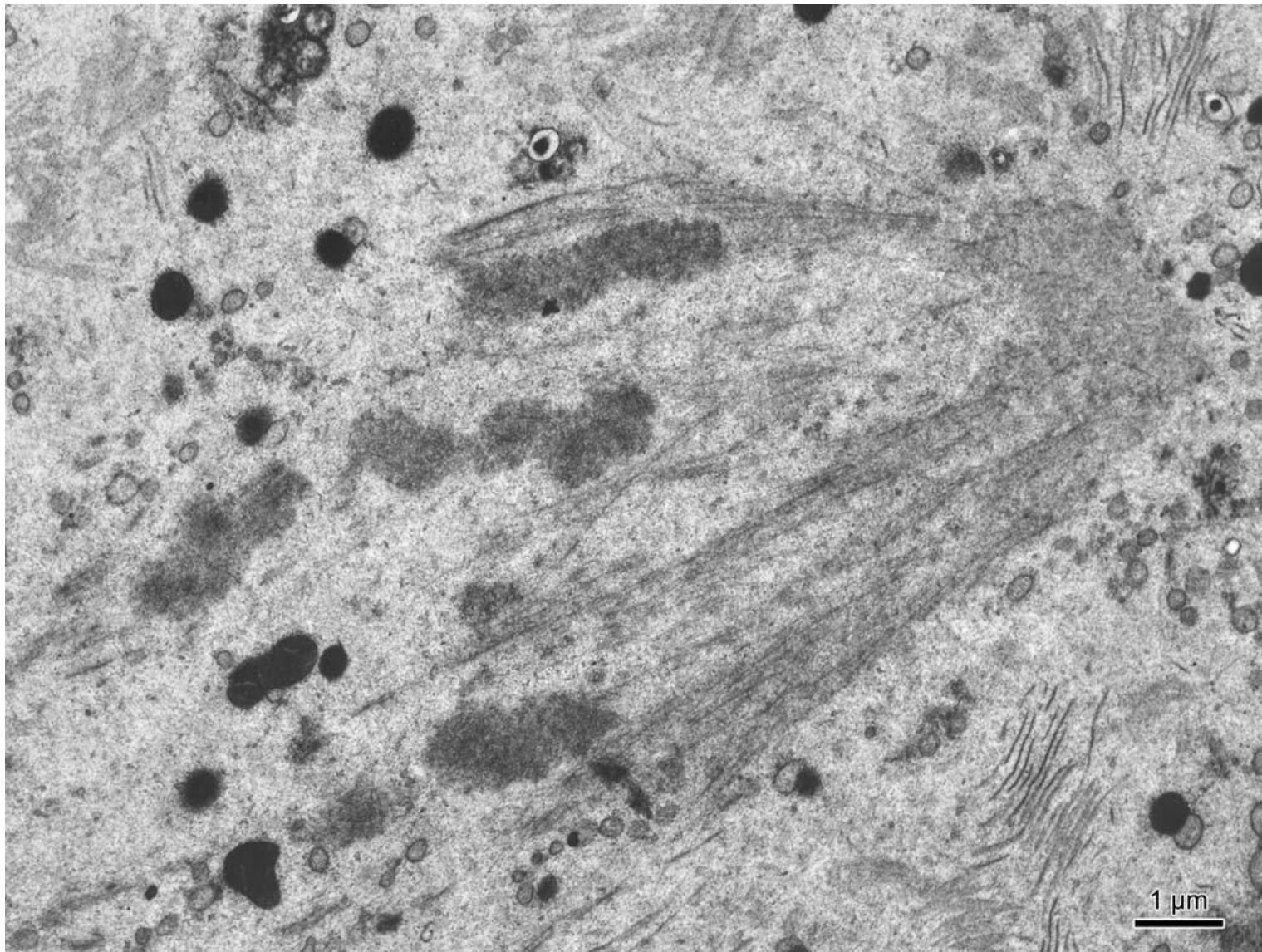
Dublety a triplety – částečně sdílená stěna mikrotubulů

protofilamentum

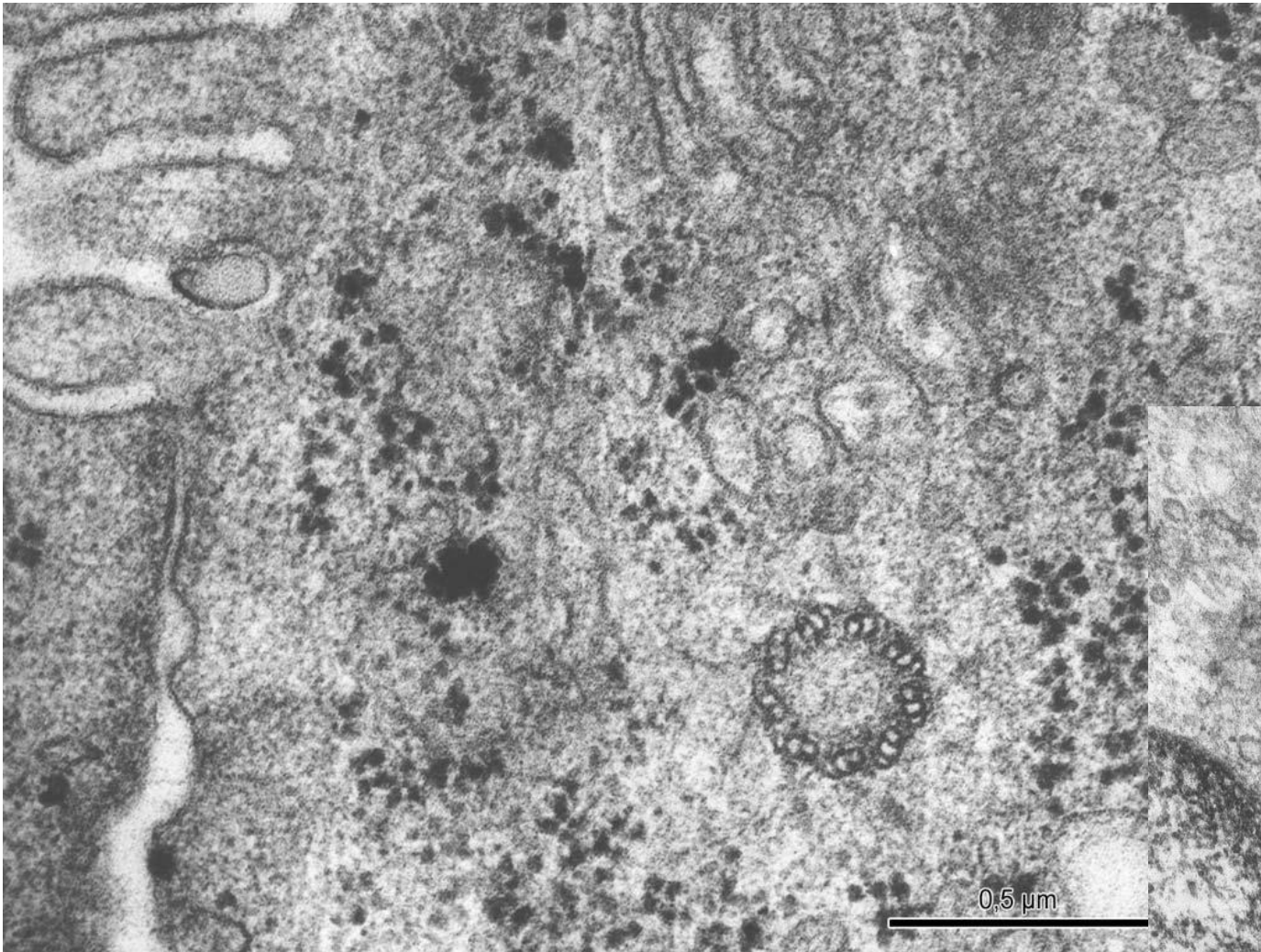
se skládá z dimerů α a β tubulinu

mikrotubulus

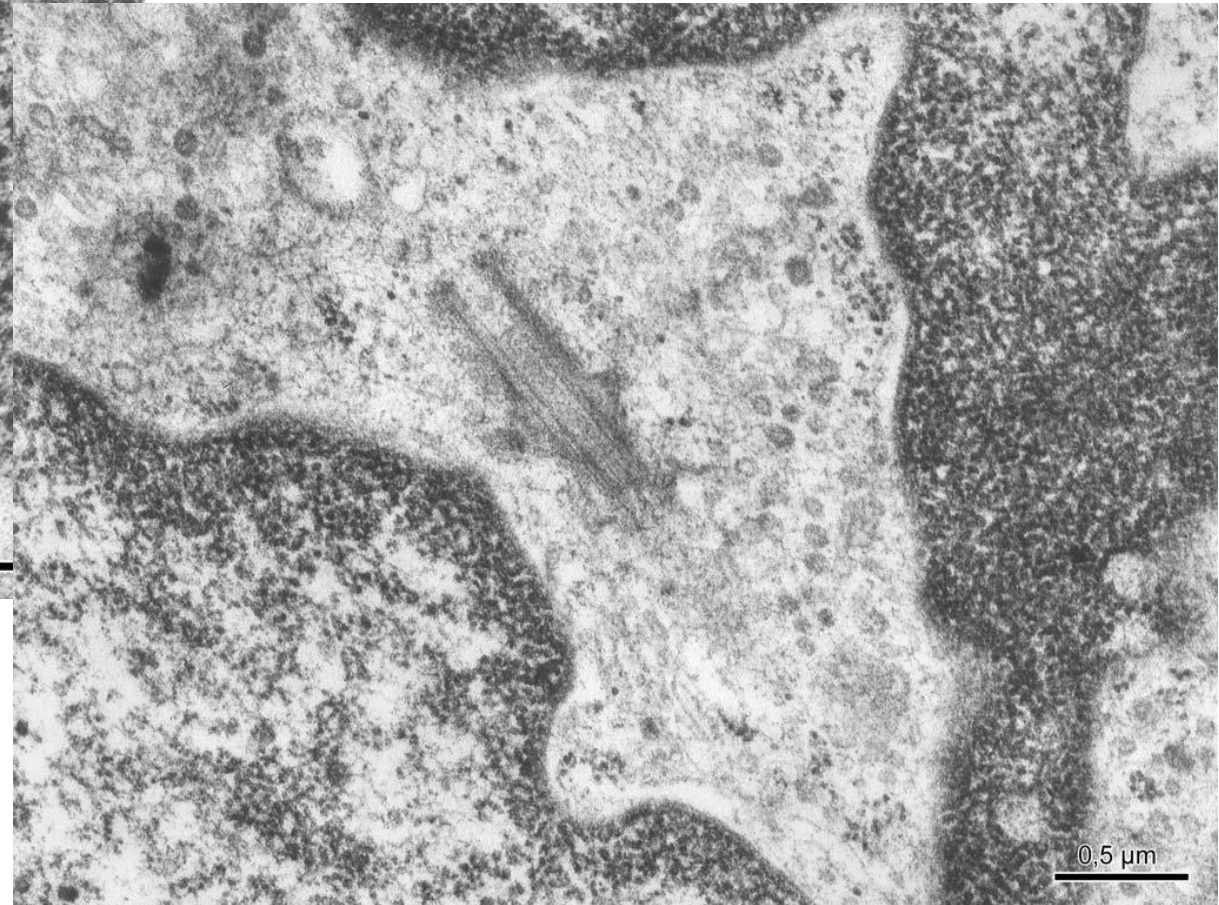
se skládá z 13 protofilament



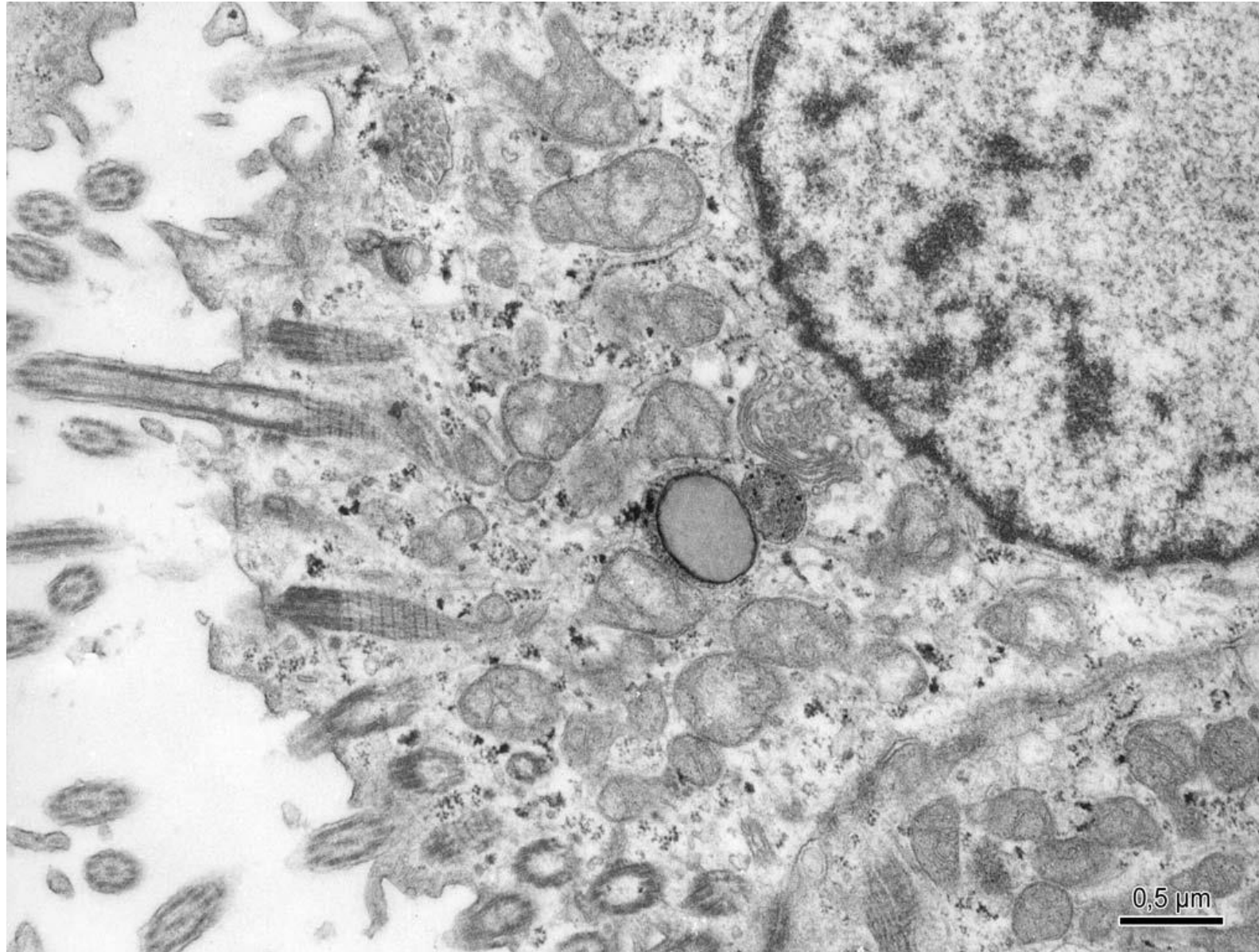
Dělicí vřeténko s chromosomy



Příčný řez centriolem



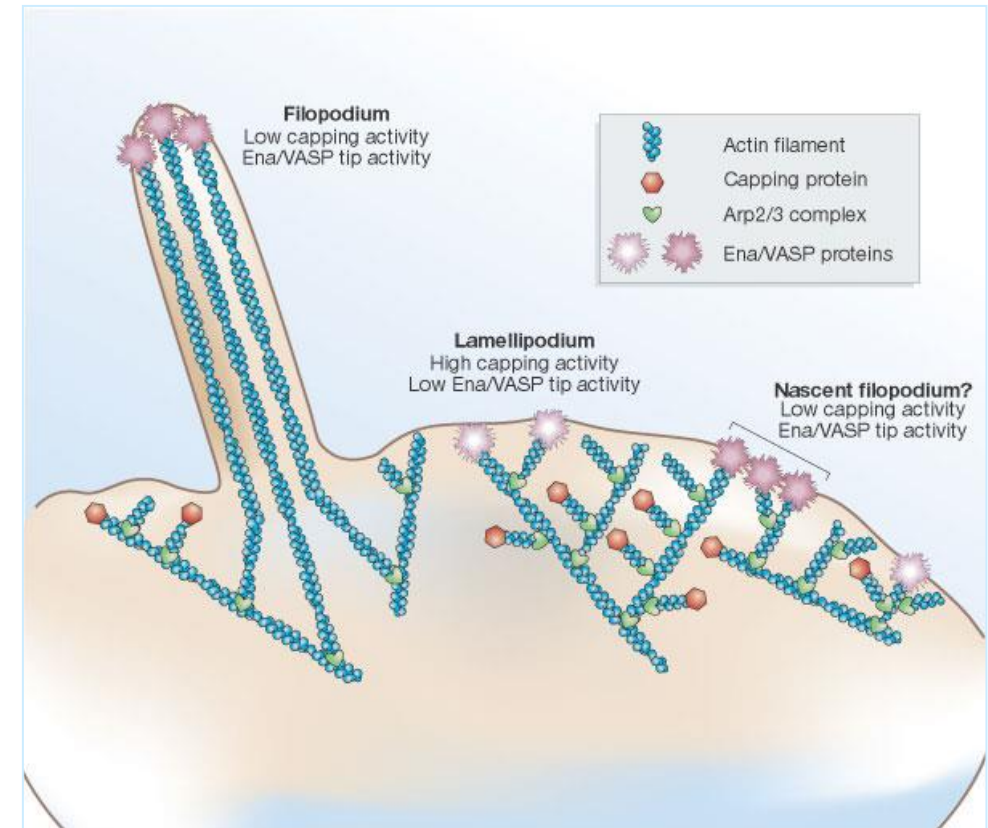
Podélný řez centriolem



Řasinky s bazálním tělískem a axonemou

Mikrofilamenta

- 5-7 nm
- bílkovina **aktin** (aktinové monomery),
2 filamenta → dvojšroubovice
- vlákna, dynamické struktury
- ve svalových buňkách „myofilamenta“
v ostatních „mikrofilamenta“
- **s membránou asociovaná**
 - pohyb plazmatické membrány, výběžků buněk, lokomoce buňky, endo-/exocytóza, ukotvení a přesun membránových proteinů, buněčné dělení – aktinový kontraktilní prstenec
- **intracytoplazmatická 3D-síť**
 - proudění cytoplazmy, udržení pozic organel



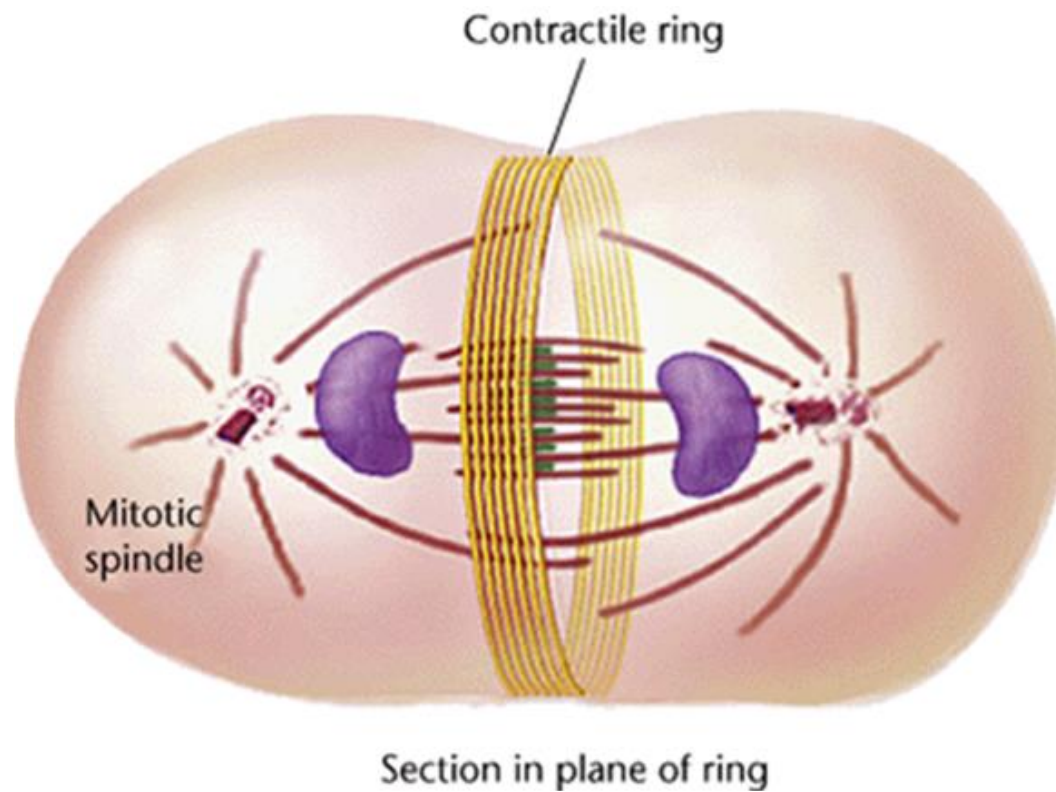
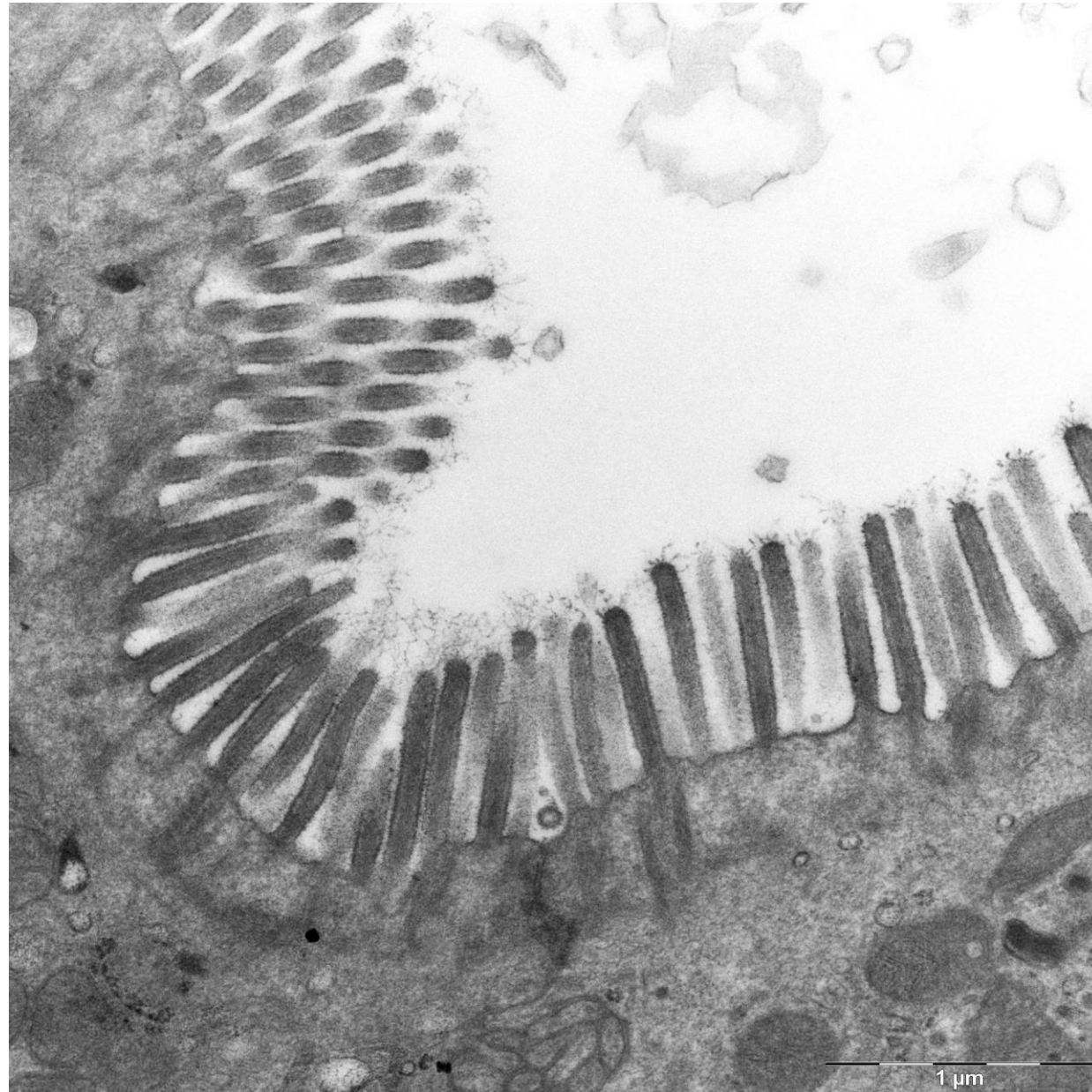


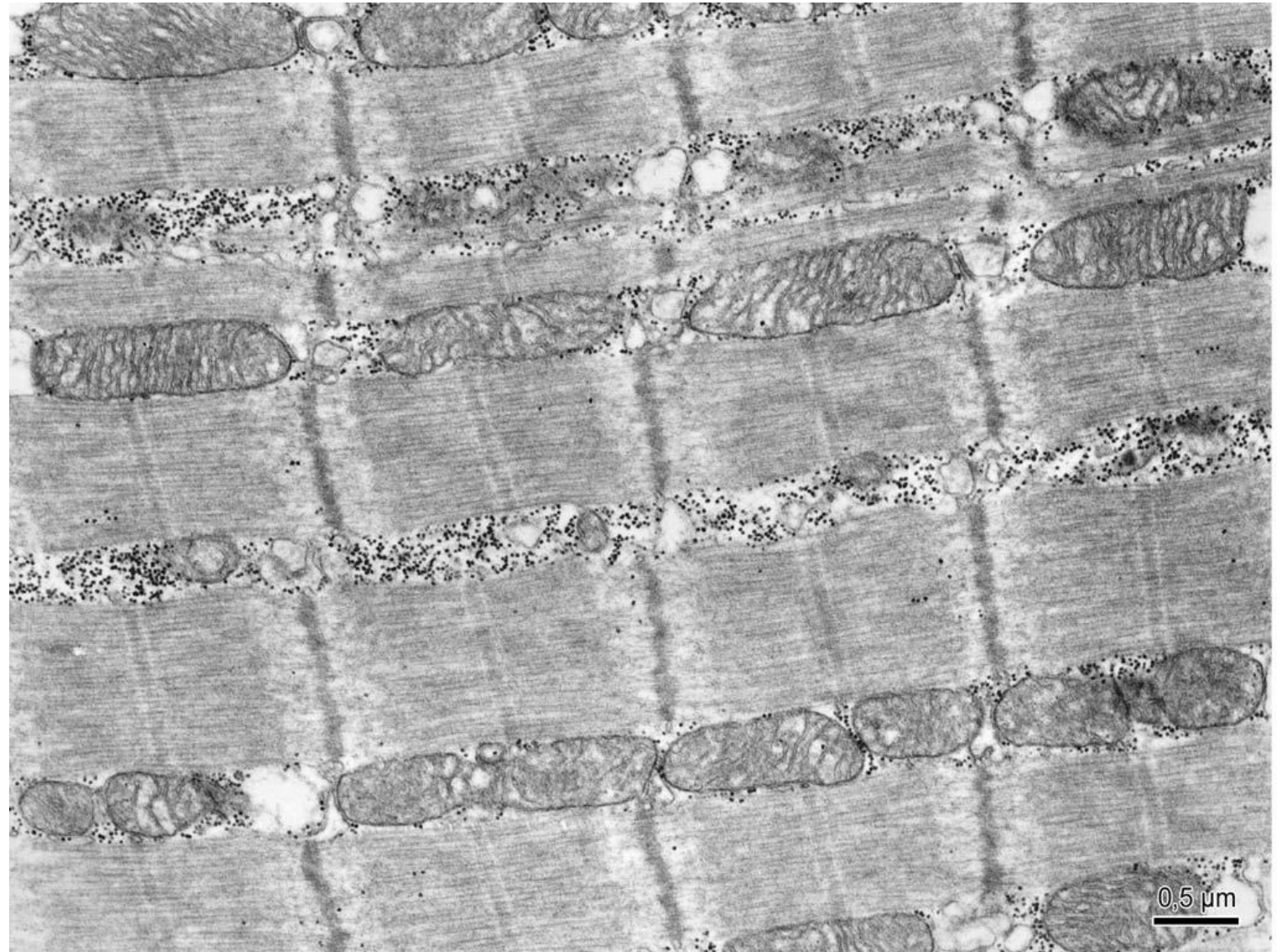
Figure 2. Animal cytokinesis and the contractile ring. (Stephen L.G. 2011)

Aktinový kontraktílní prstenec – dělení buňky



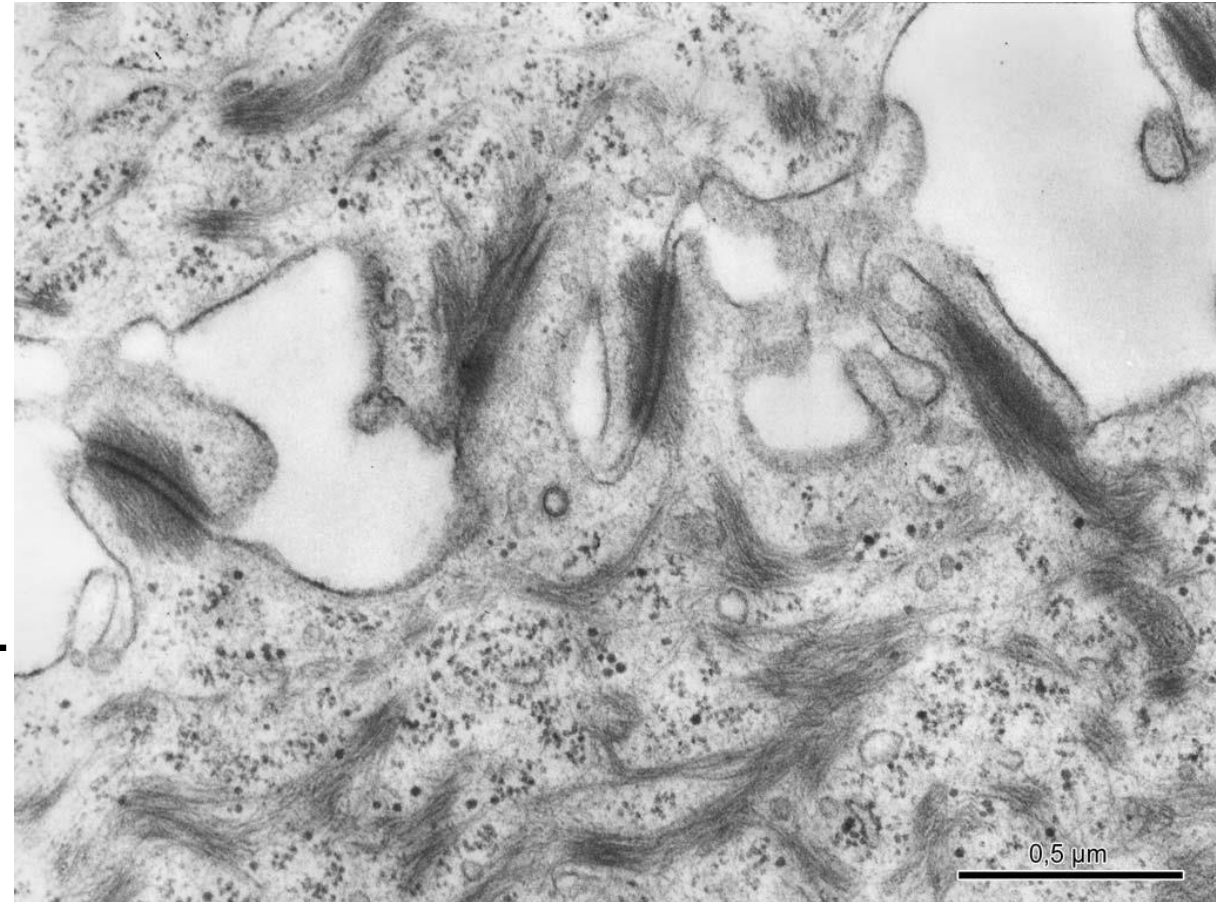
Mikroklky vyztužené aktinem a aktinová kortikální síť

Myofilamenta



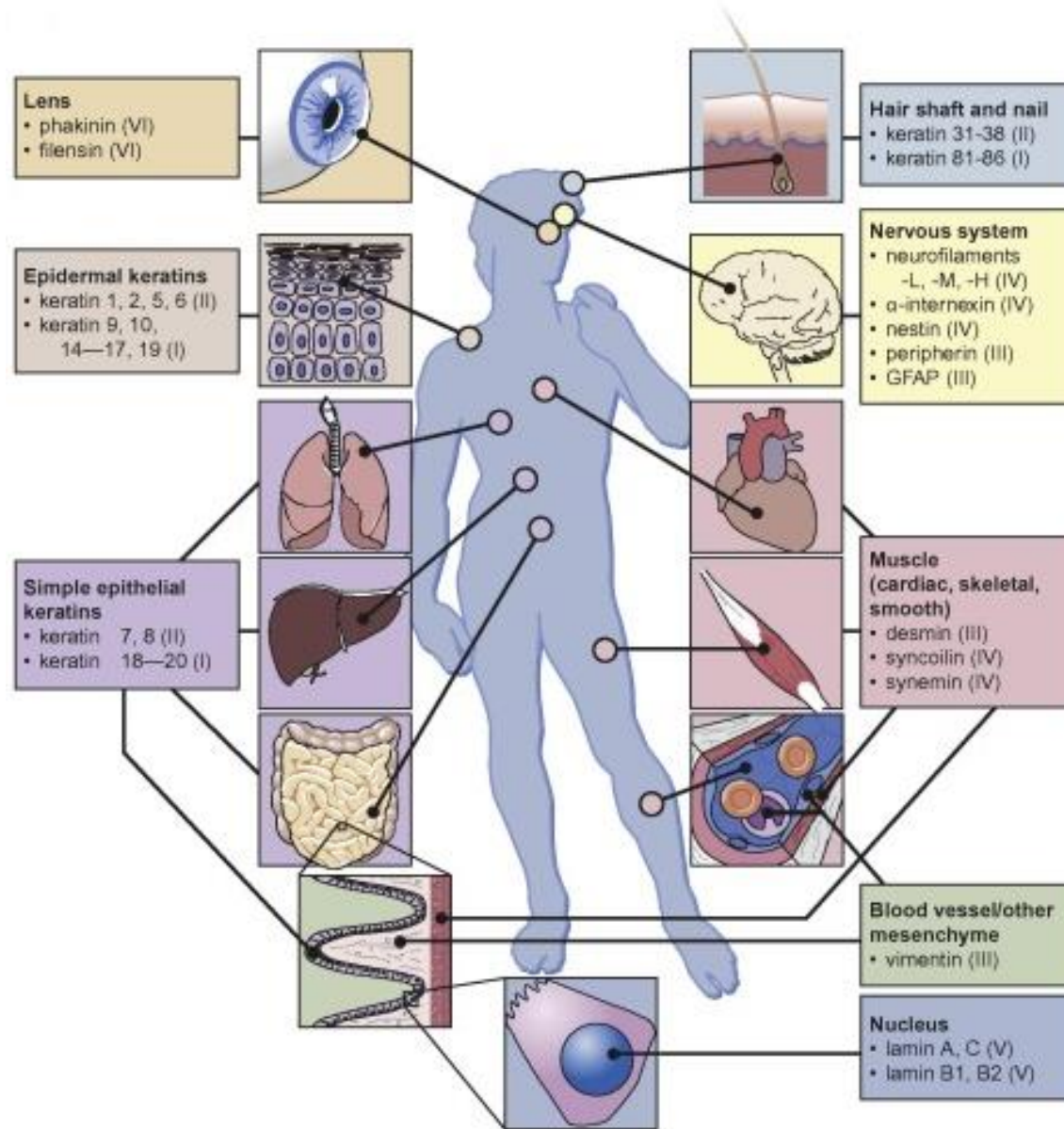
Intermediární filamenta (diagnostika nádorů)

- 8 – 16 nm
- zajišťují mechanickou pevnost buňky, ukotvují mezibuněčné spoje
- **cytokeratinová** (tonofilamenta) – epitelové buňky
- **vimentinová** – b. mezenchymového původu – hladké svalové, endotelové...
- **desminová** – svalové b.
- **neurofilamenta** – neurony
- **gliofilamenta** – neuroglie



desmosomy a intermediární filamenta

Detekce intermediárních filament - nástroj pro diagnostiku nádorů



Jádro (nucleus)

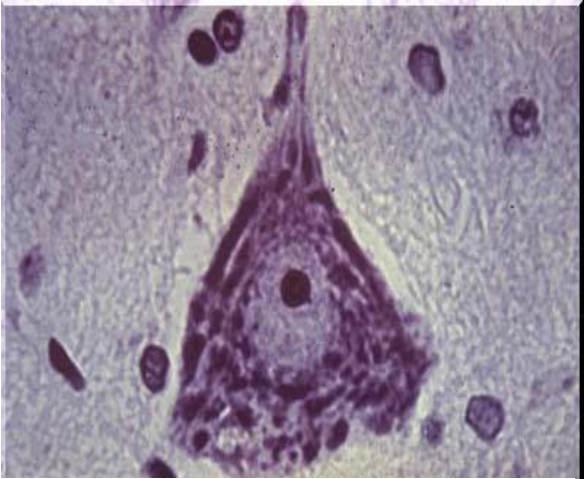
- obsahuje genetickou informaci
- řídí činnost buňky

- počet jader
 - obvykle 1
 - hepatocyty 1-2
 - osteoklasty 50
 - svalové vlákno kosterní 20 – 40 jader na 1 mm délky
 - lidské erytrocyty bezjaderné

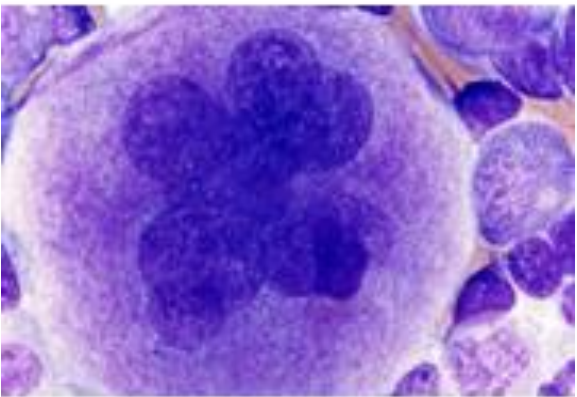
- velikost jádra
 - ve většině bb. 4 – 15 μm

- tvar jádra
 - u epitelů odpovídá zhruba tvaru buňky
 - může být laločnaté, segmentované (leukocyty)

- obvykle ve středu buňky, méně často excentricky



Buňka ve světelném mikroskopu



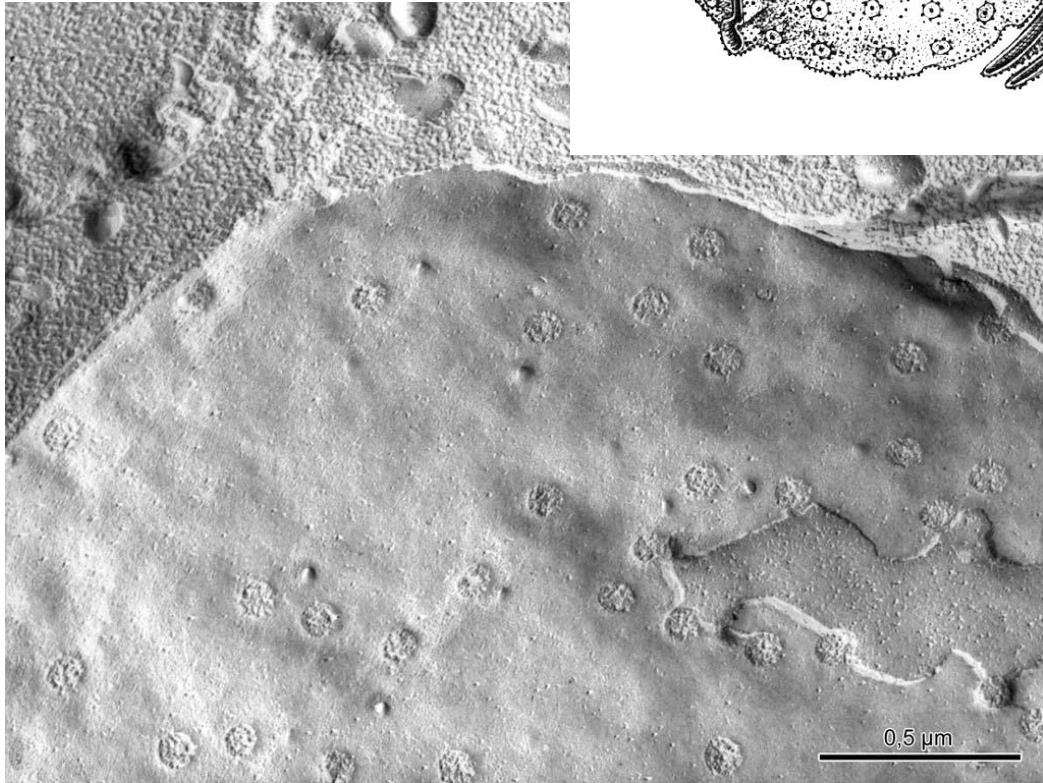
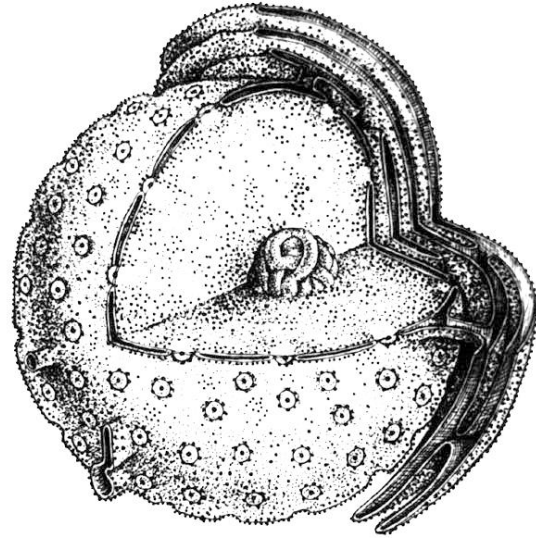
Funkce jádra a jadérka

- místo uložení genetické informace (DNA)
- řídí aktivity buňky prostřednictvím produkce mRNA
 - ⇒ proteosyntéza
- komunikace pomocí pórů v jaderném obalu – napojení na drsné endoplasmatické retikulum (GER)
- **jadérko** – produkce rRNA a **ribosomů** (buňky s intenzivní proteosyntézou)

Stavba jádra

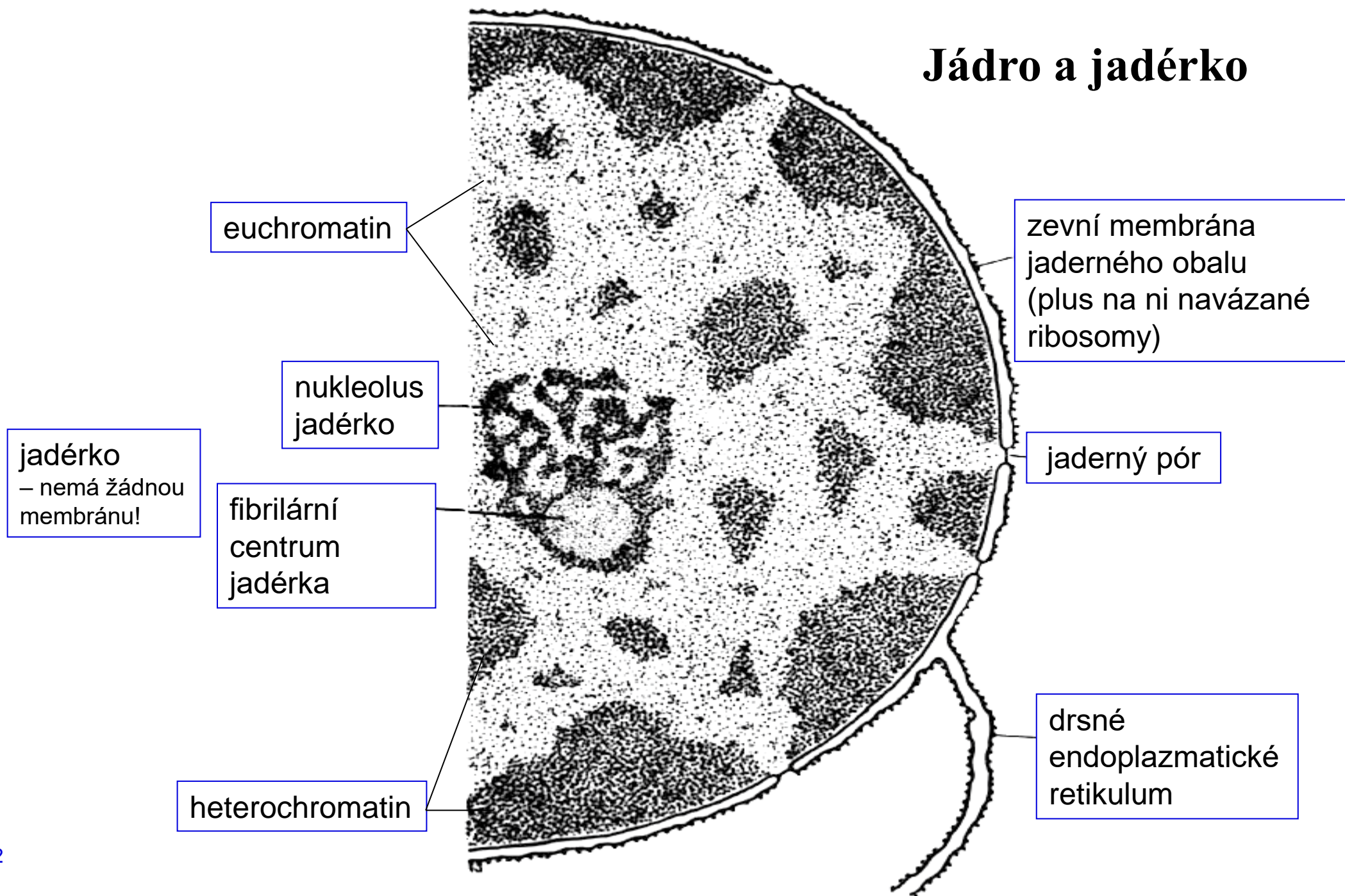
- jaderný obal – karyolema
- jaderná matrix – karyoplazma (nukleoplazma)
- chromatin (v interfázi) / chromosomy (při dělení)
 - jedná se o DNA a asociované proteiny v různé míře kondenzace
- jaderný skelet – anastomozující intermediální filamenta laminy tvoří síť pod vnitřní jadernou membránou (jaderná lamina)
- jadérko(a) – nekonstantní výskyt

Jaderný obal



- vnější jaderná membrána
(+ asociované ribosomy)
- perinukleární prostor
(40 – 70 nm šířka)
- vnitřní jaderná membrána
(+ jaderná lamina)
- jaderné póry
(\varnothing 60 – 70 nm, s diafragmou)

Jádru a jadérko



Chromatin

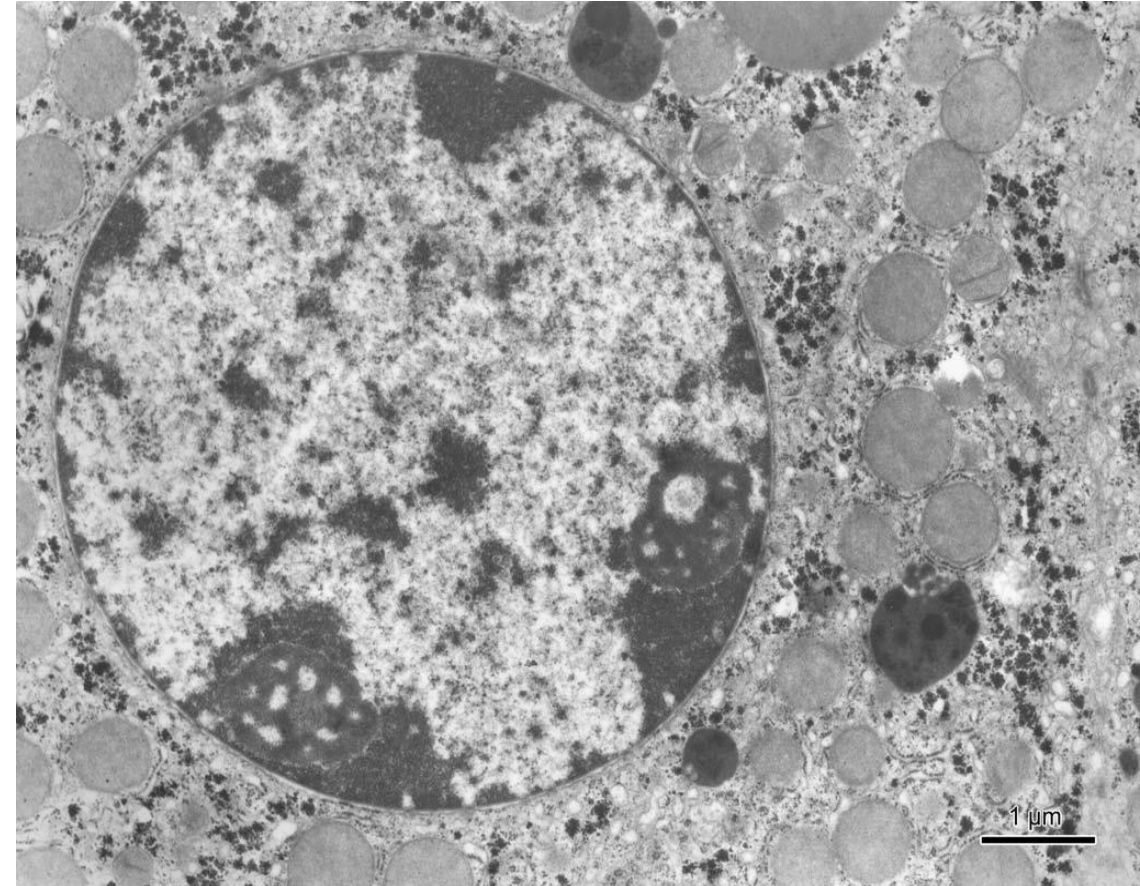
= dekondezované chromosomy v interfázi

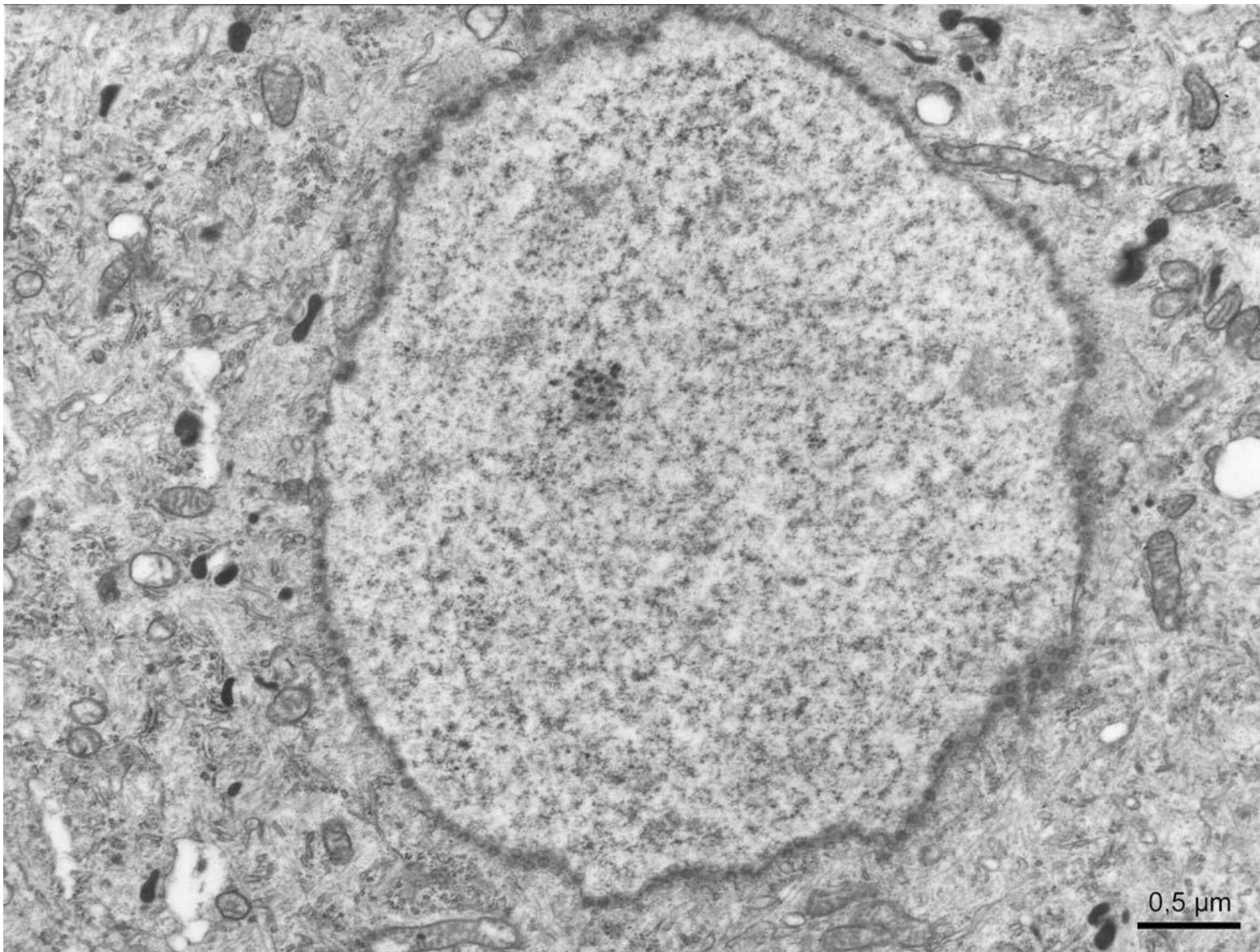
- **heterochromatin**

- elektronově denzní (tmavé)
- pouze částečně dekondezovaný, **není transkripčně aktivní**
 - marginální
 - karyosomy
 - asociovaný s jadérkem (perinukleolární)

- **euchromatin**

- barví se méně - světlý, elektronově málo denzní
- úplně dekondezovaný, **transkripčně aktivní úseky chromosomů**





Jádro s převahou euchromatinu

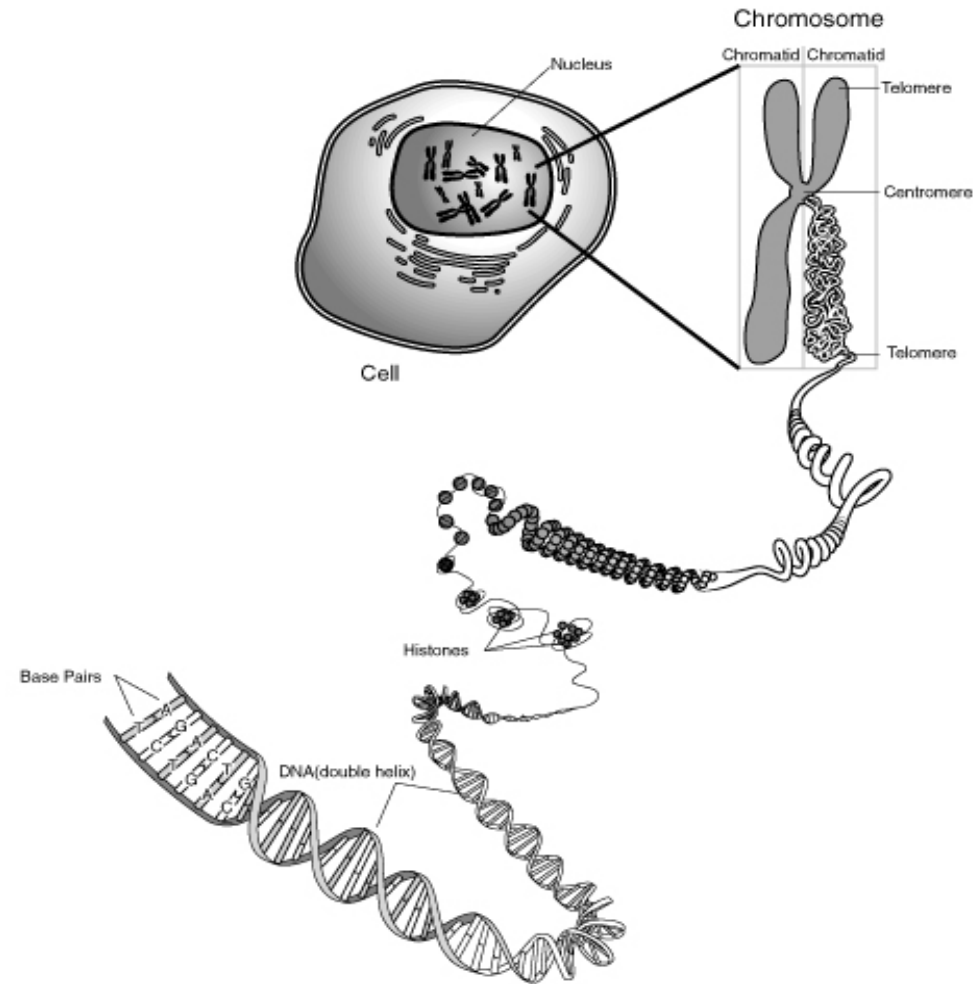
Chromosomy

- Viditelná kondenzovaná vlákna DNA
- patrné během mitózy a meiózy

**Diploidní sada chromozomů = 2x23
v každé somatické b.**

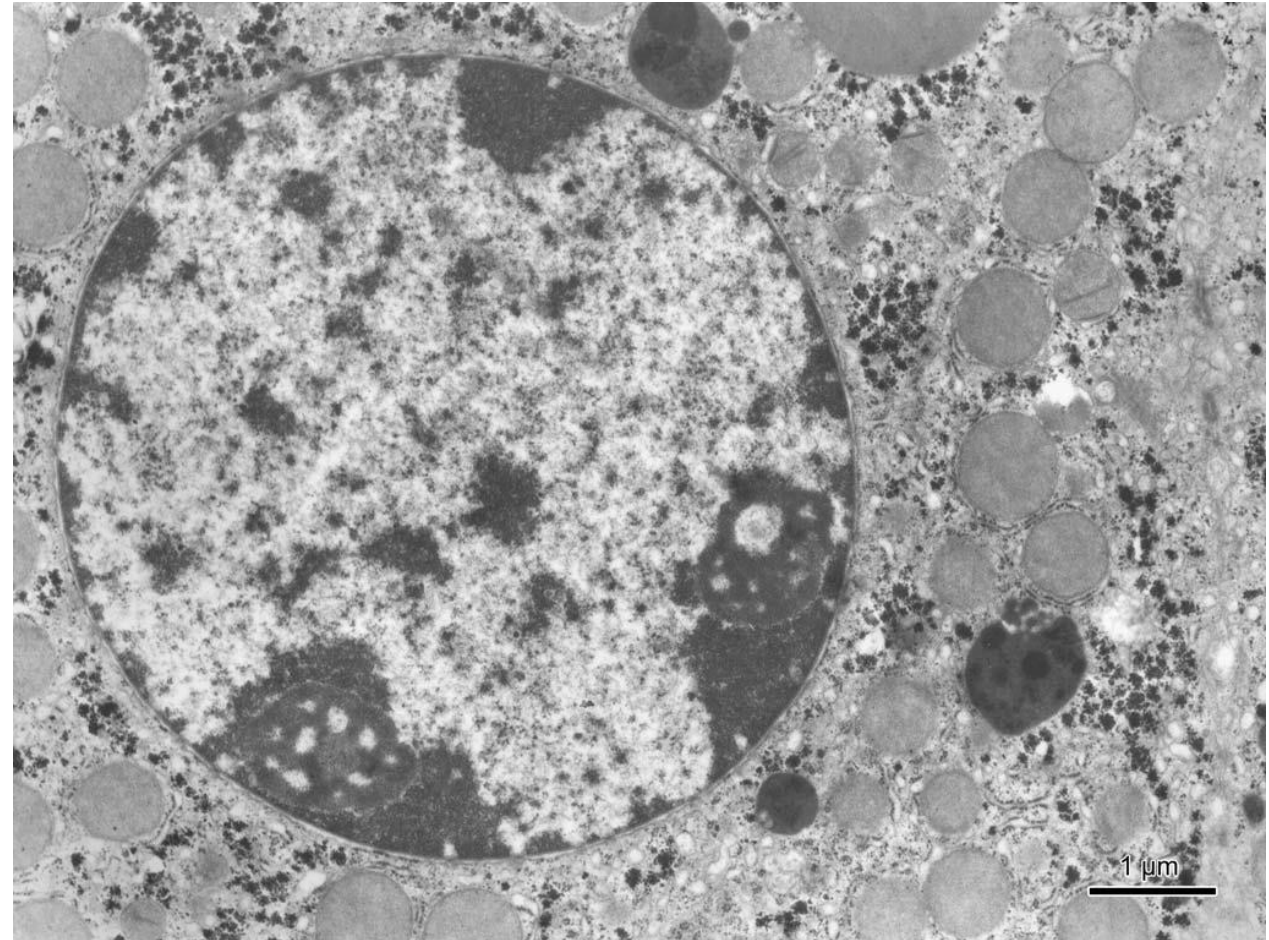
♀ 44 + XX

♂ 44 + XY



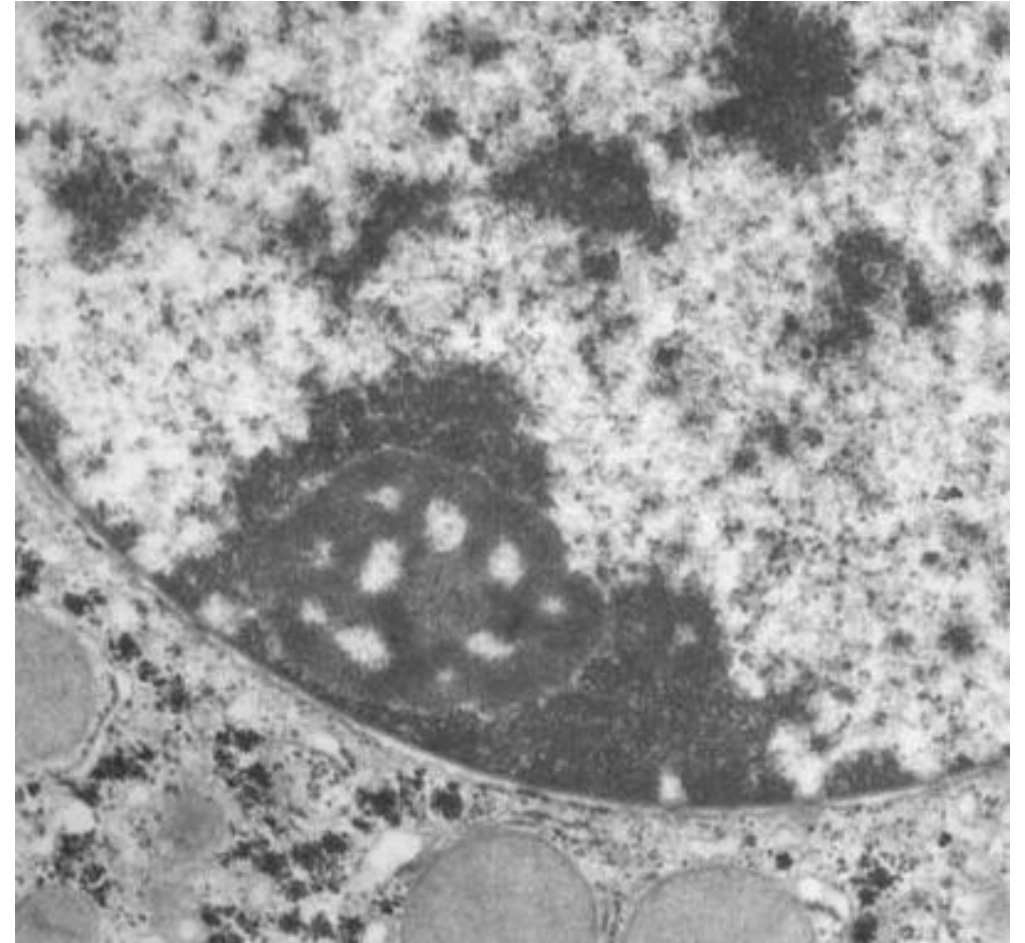
Jadérko (nucleolus)

- funkce
 - místo syntézy a dozrávání rRNA v ribosomové podjednotky
- počet nekonstantní (1 – 10), během mitózy mizí v profázi a objeví se v telofázi
- velikost 1 – 2 μm
- složení - RNA, proteiny, DNA
- jadérko není ohraničeno membránou!



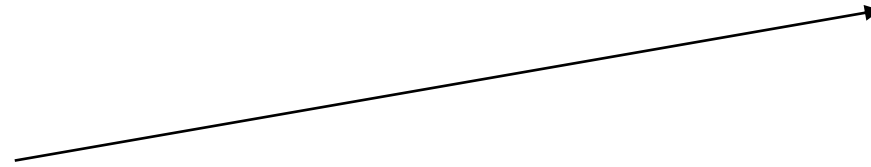
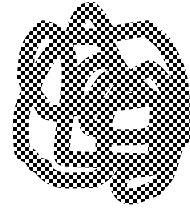
Jadérko

- struktura
 - organizační centra (NOR) - chromozomální DNA kódující rRNA
 - pars fibrosa - transkribovaná rRNA
 - pars granulosa - rRNA + proteiny (ribosomové podjednotky)
 - perinukleolární heterochromatin (asociovaný s jadérkem)

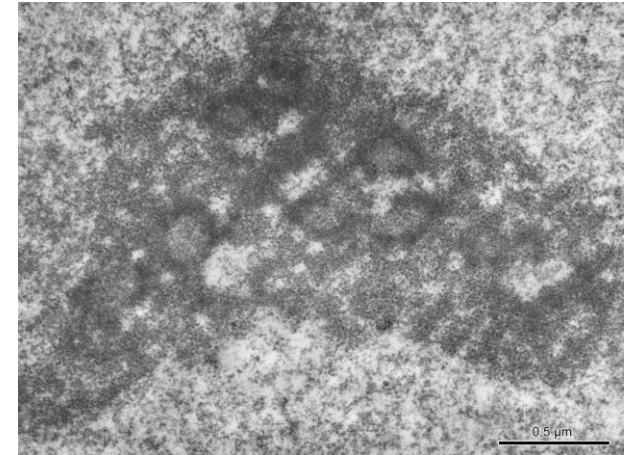


Typy jadérek

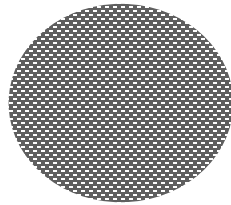
- Retikulární
(nukleolonemata)



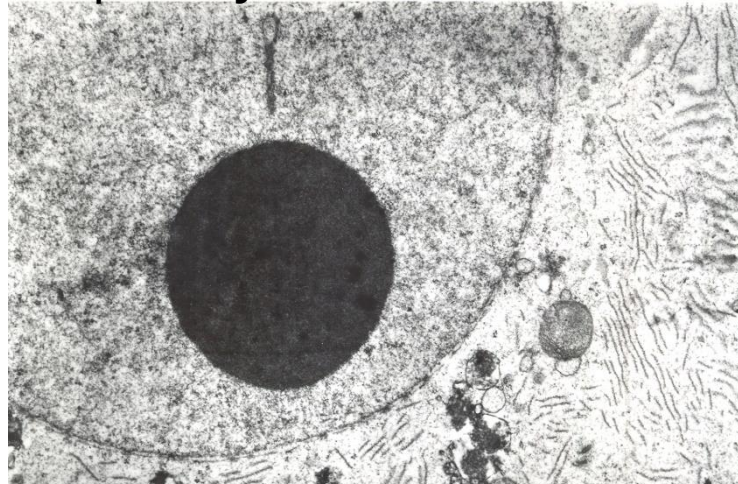
retikulární jadérko



- Kompaktní

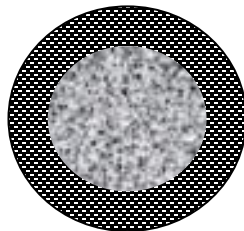


kompaktní jadérko

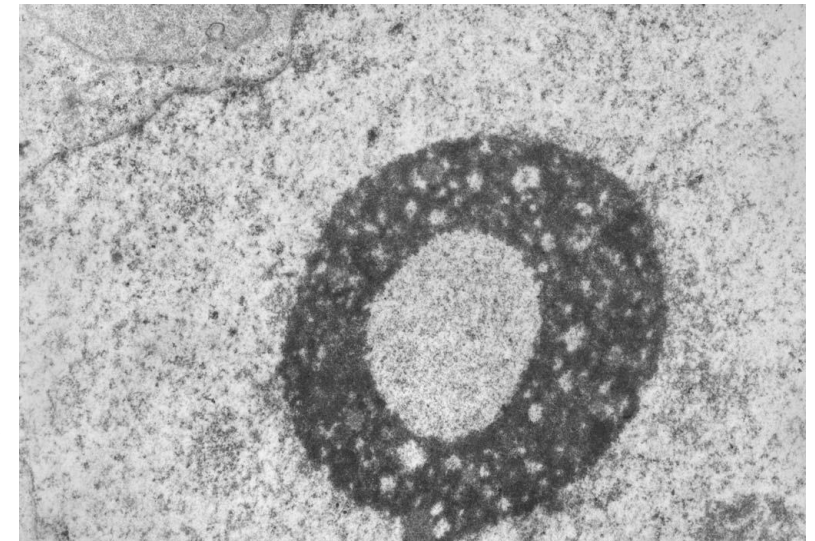


proteosynteticky aktivní buňky, které vytvářejí mnoho ribosomálních podjednotek

- Prstenčité



prstenčité jadérko



buňky s nízkou úrovní proteosyntézy

Buněčné organely

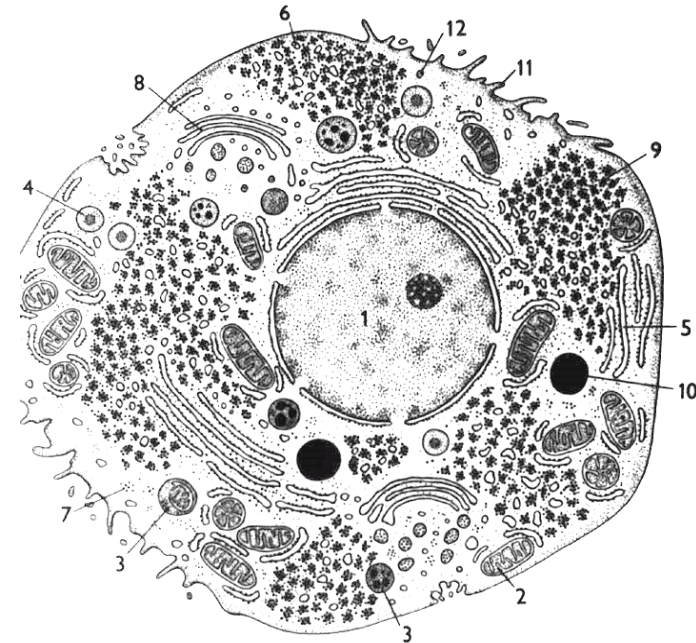
jsou konstantní součásti cytoplazmy
vyžadují přísun energie k vykonávání svých funkcí

Membránové

- Mitochondrie
- Endoplazmatické retikulum
(drsnné a hladké)
- Golgiho aparát
- Lyzosomy a endosomy
- Peroxisomy

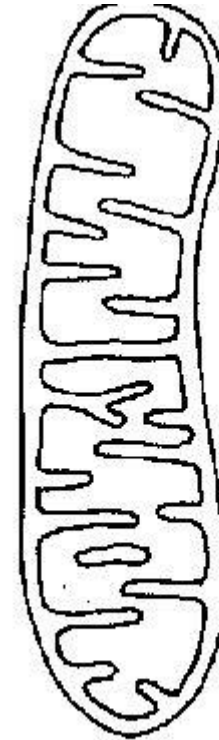
Bez membrány

- Ribosomy
- Centrioly



Mitochondrie

- tvar: kulatý, oválný (až vláknitý)
- velikost: $\varnothing \sim 0,5 \mu\text{m}$, délka 1-10 μm
- počet: různý dle metabolické aktivity buňky a jejich nároků na dodání energie (*např. v jaterní buňce 1000 – 2000 mitochondrií*)
- nové mitochondrie vznikají dělením stávajících



Stavba mitochondrie

- zevní membrána (hladká)
- vnitřní membrána s kristami
- matrix (DNA, RNA, ribosomy, enzymy) – semiautonomie
- mitochondriální tělíska (osmiofilní)

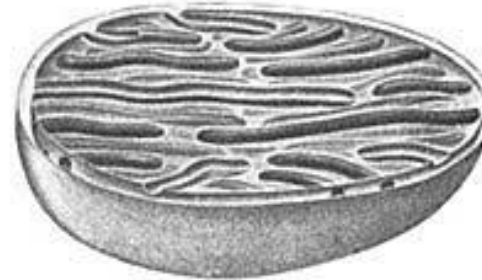


Mitochondriální kristy

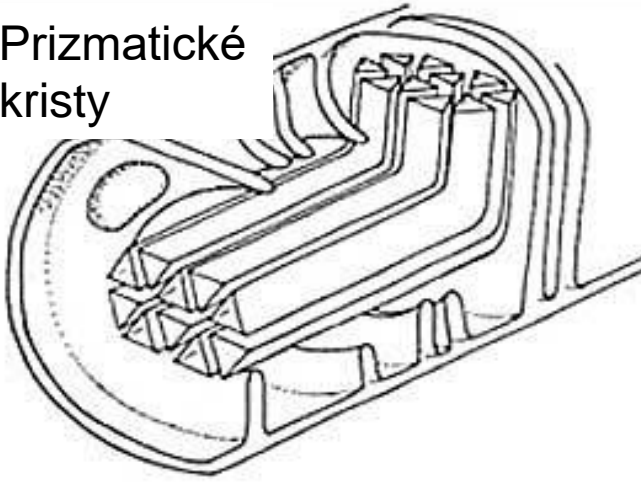
Hřebenovité (listovité) kristy



tubulózní kristy



Prizmatické kristy



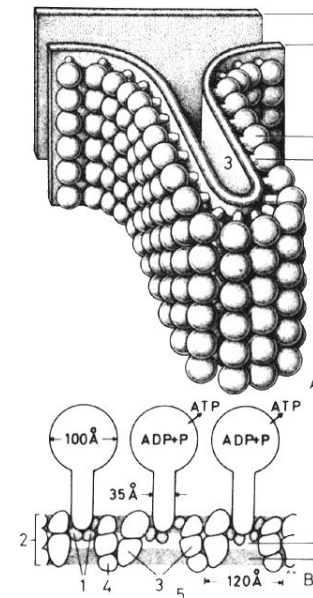
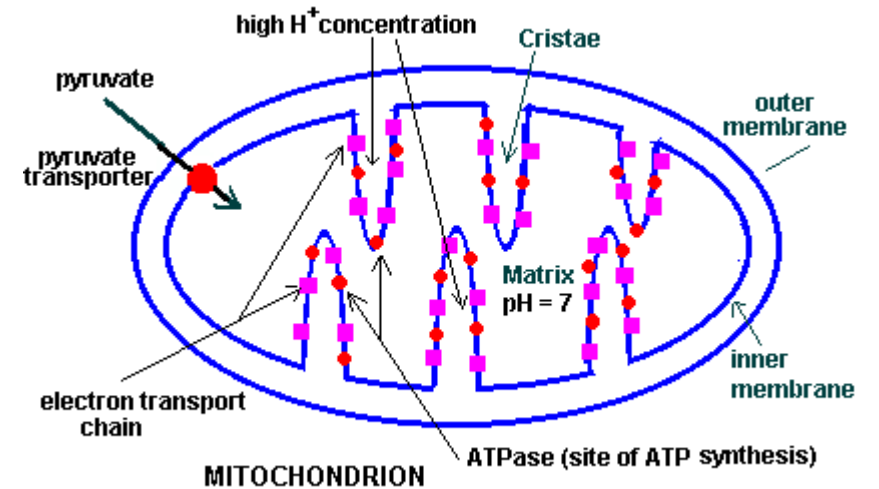
Funkce mitochondrií

v matrix:

- enzymy Krebsova (citrátového) cyklu
- β -oxidace mastných kyselin
- dekarboxylace pyruvátu

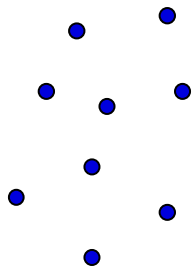
na vnitřní membráně:

dýchací řetězec, **oxidativní fosforylace** (ATP-syntáza)

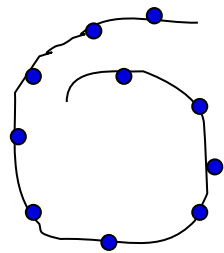


Ribosomy

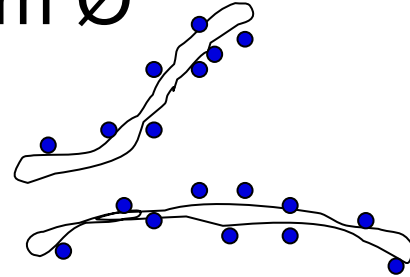
- tělísko složené ze 2 podjednotek
- rRNA + proteiny
- velikost ribosomu: ~20-25 nm Ø



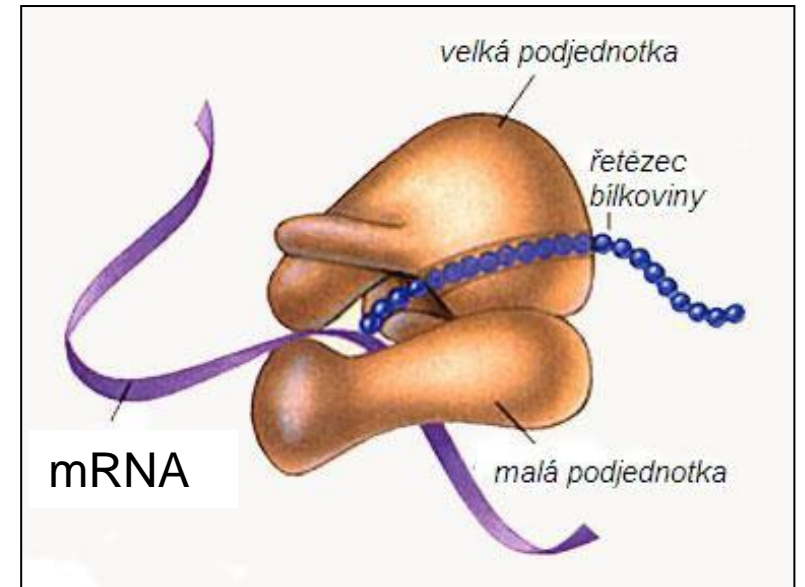
volné
ribosomy



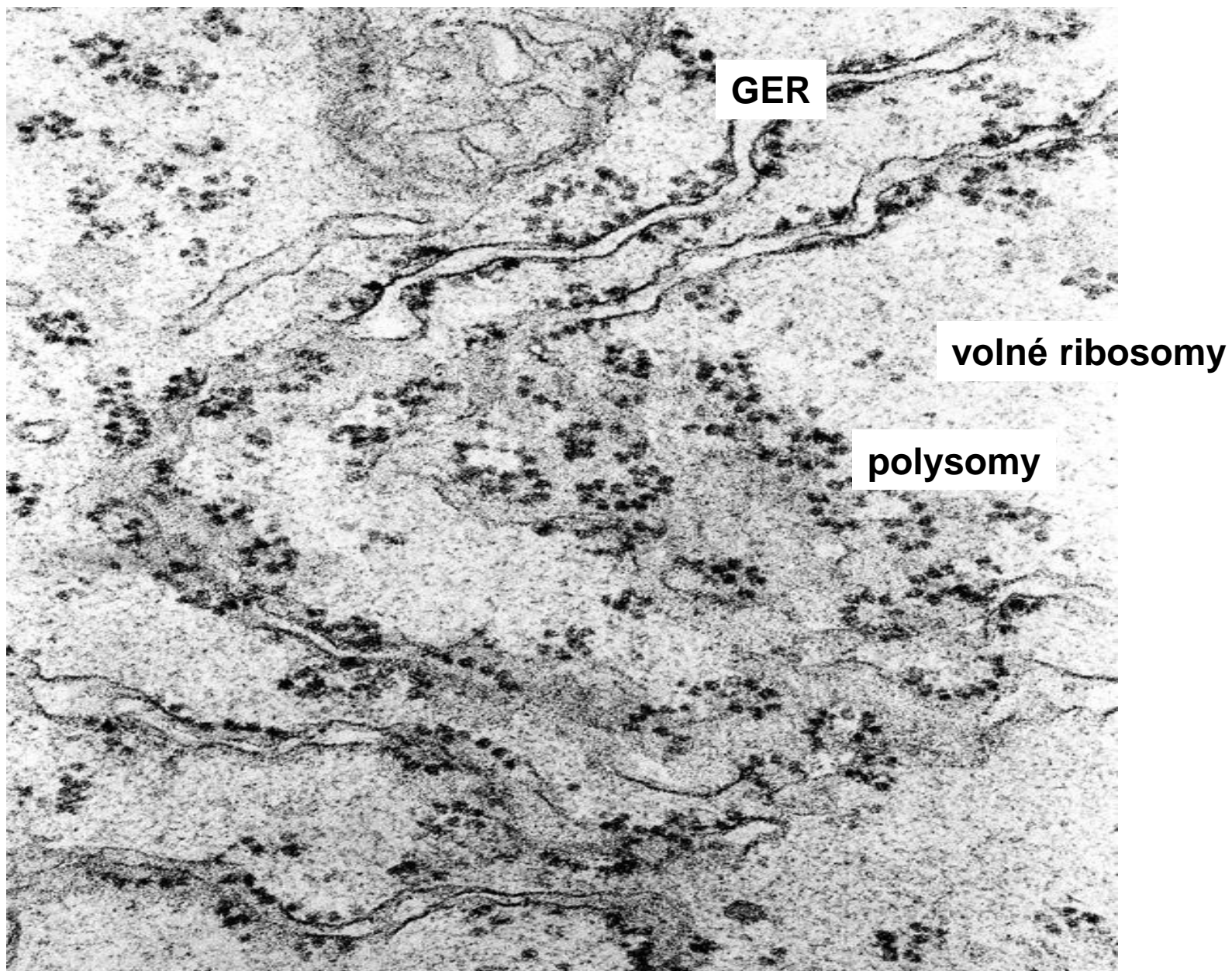
poly(ribo)somy



ribosomy na
endoplazmatickém
retikulu



Proteosyntéza „pro buňku“ a „na export“ (např. žlázné bb.) nebo jako součást membrán



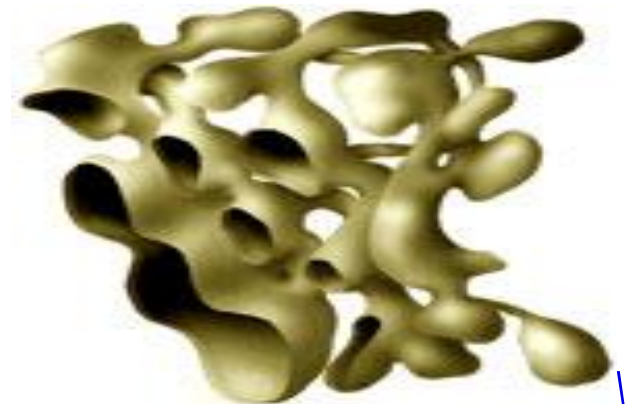
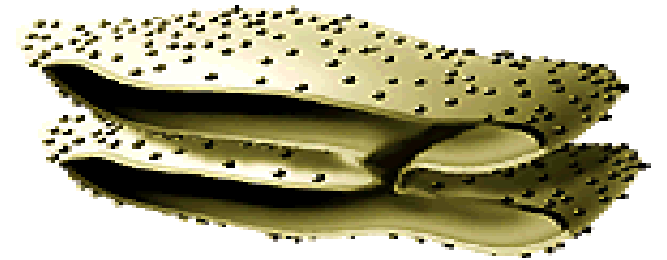
GER

volné ribosomy

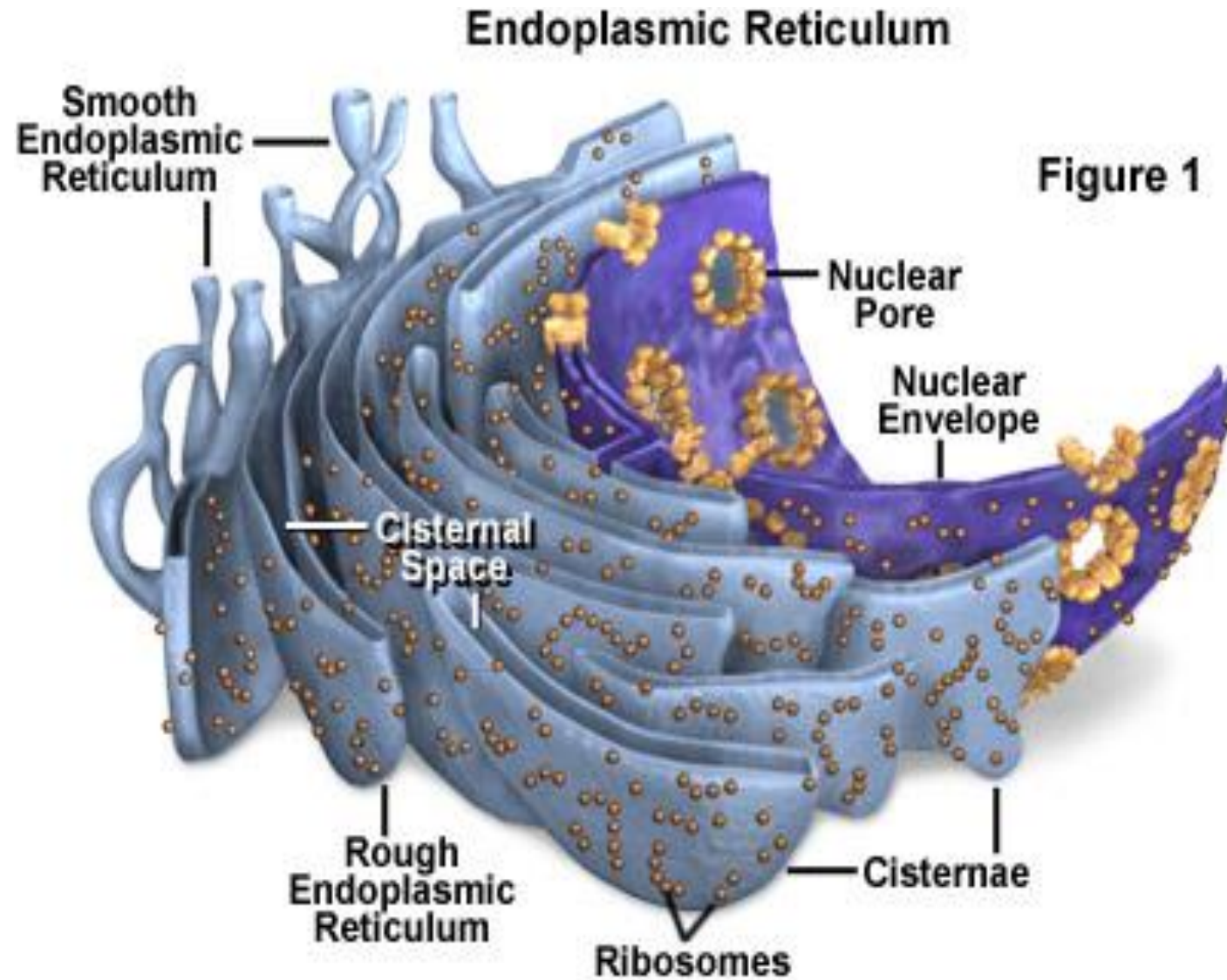
polysomy

Endoplazmatické retikulum (ER)

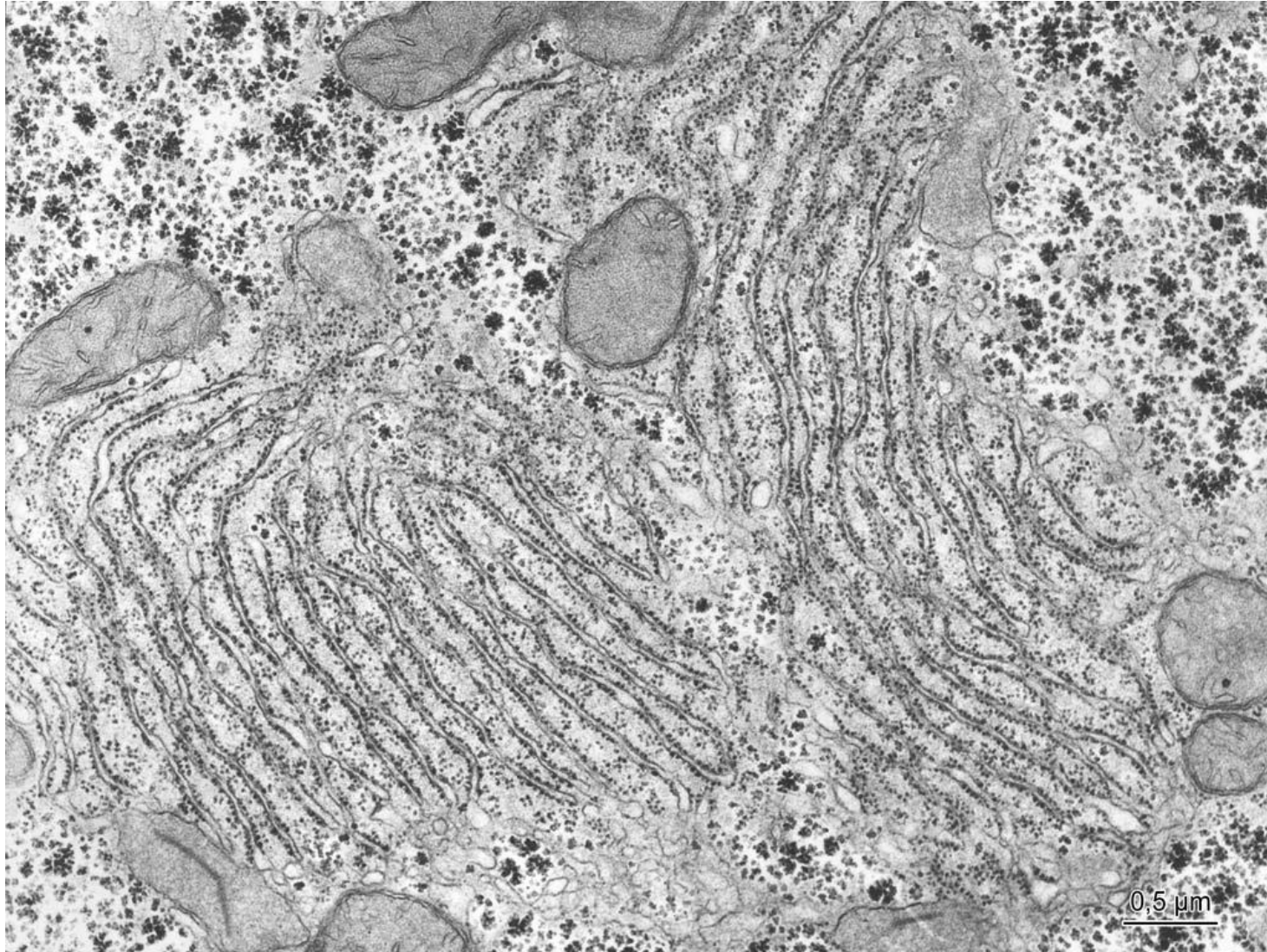
- členitý 3D systém membrán, v cytoplazmě buňky – 2 formy:
- **zrnité (granulární) ER – GER:**
 - systém plochých, anastomozujících cisteren
+ (poly)ribosomy reverzibilně vázané na membránu
- **hladké (agranulární) ER – AER:**
 - systém tubulů a váčků s membránou bez ribosomů



Komunikace GER s perinukleárním prostorem jaderného obalu

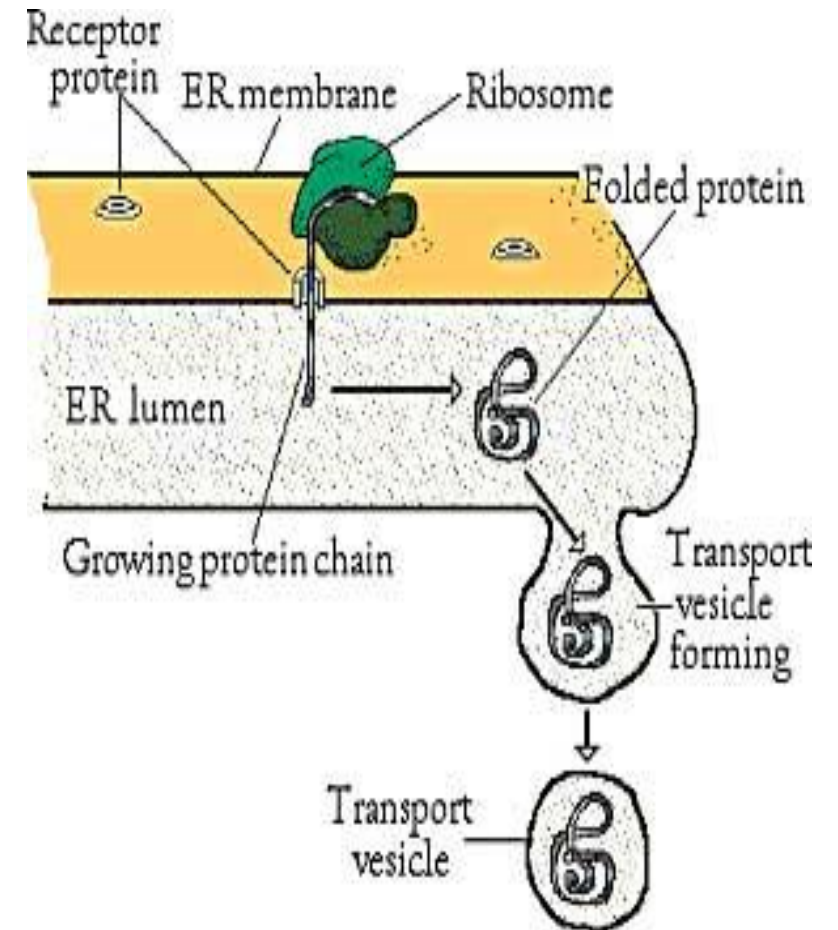


Zrnité (granulární) endoplazmatické retikulum (GER)

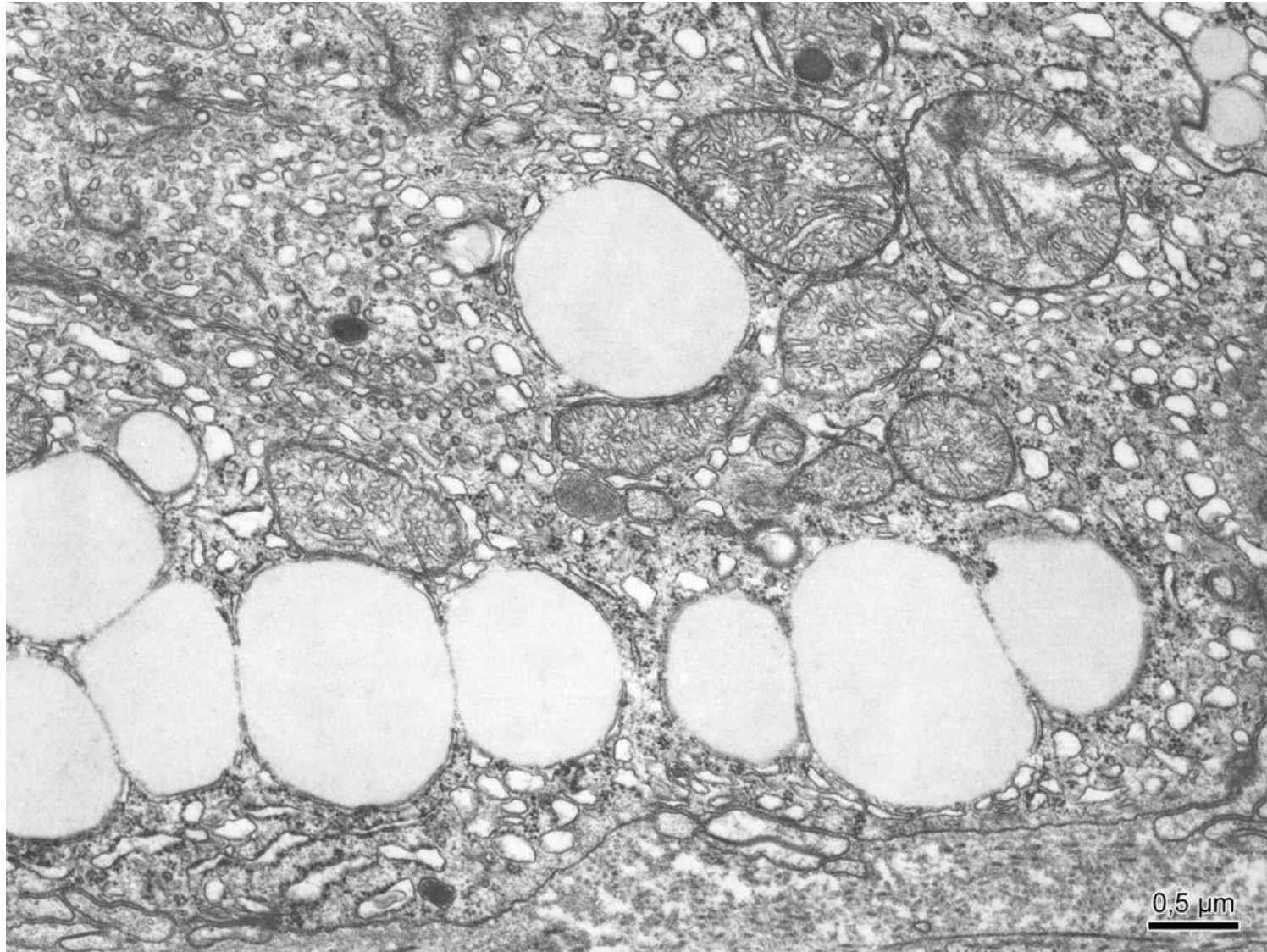


Funkce zrnitého ER

- **Proteosyntéza** a posttranslační modifikace a skládání a následný transport proteinů do Golgiho aparátu (**transportními váčky**) nebo do membrán
- Intercelulární uskladnění proteinů ve specifických (leukocyty) a pro transport mimo buňku (**sekreční granula**)
- Produkce peroxisomů



Hladké (agranulární) endoplazmatické retikulum (AER)

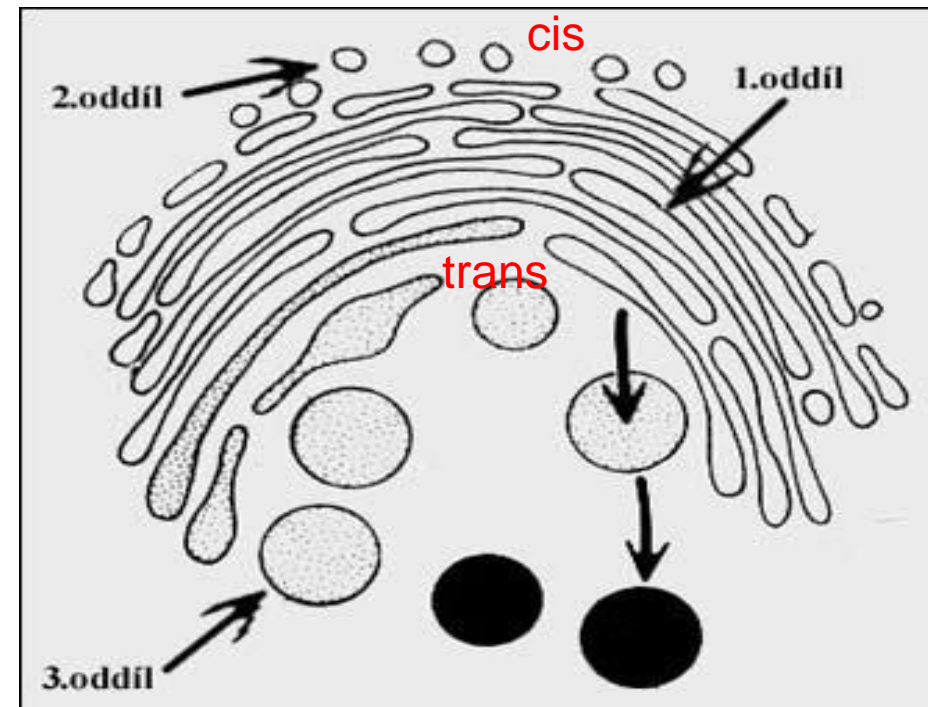
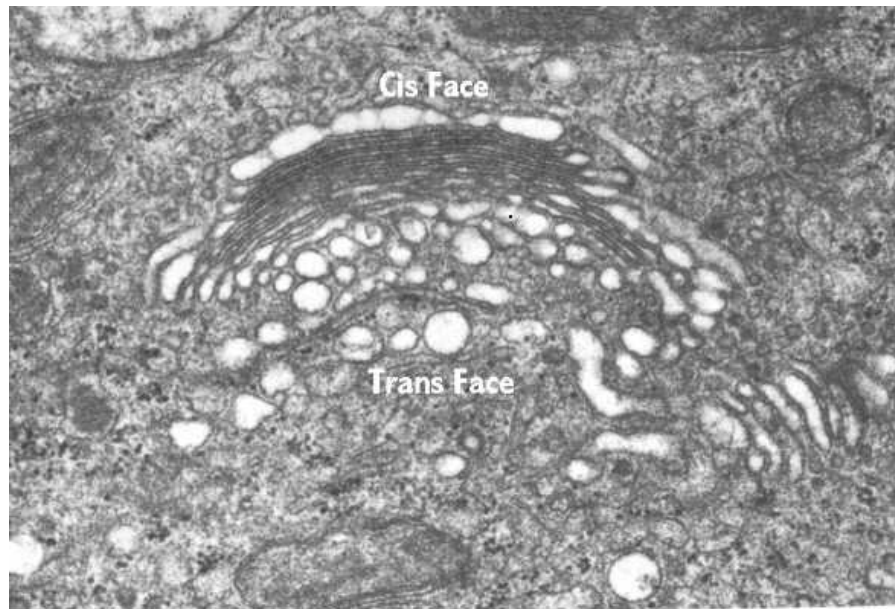
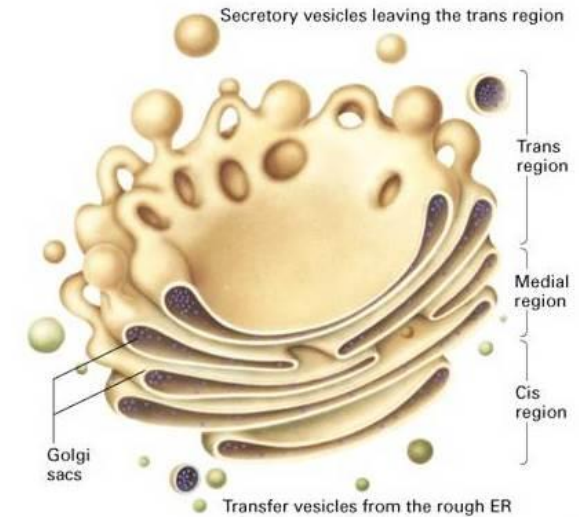


Funkce hladkého ER

- syntéza **lipidů** včetně fosfolipidů a steroidních hormonů
- **detoxikační procesy** (jaterní buňky)
- **sarkoplazmatické retikulum** ve svalových buňkách (Ca^{2+})

Golgiho aparát (GA)

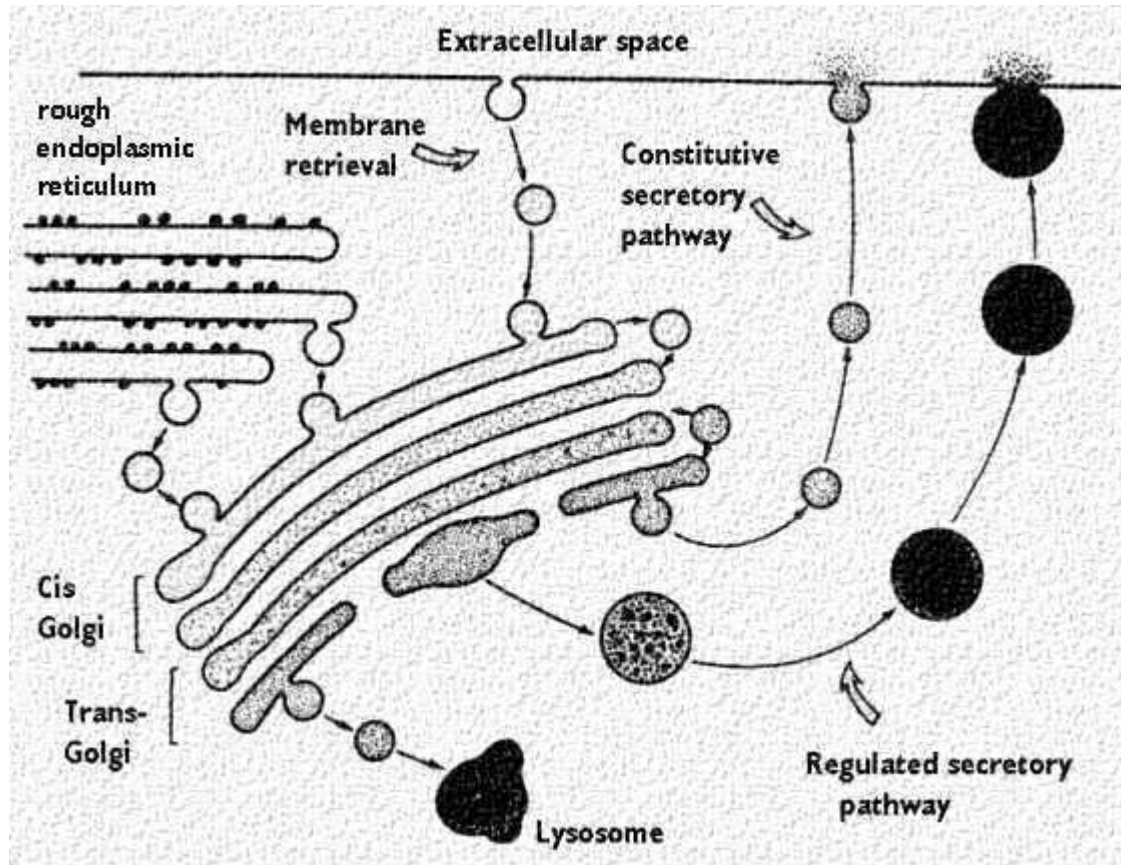
- Systém hladkých membrán ohraničujících:
cisterny (3-10) a **vesikuly**
- Polarita GA: *cis*
trans



Funkce GA

- posttranslační úprava a maturace proteinů
(glykosylace, sulfatace, fosforylace)
- kondenzace a skladování sekrečních produktů
⇒ kondenzační vakuoly, sekreční granula
- vznik lysozomů
- vznik akrozomálního váčku při přeměně spermatidy ve spermii
- donor membrán

Funkční polarita GA



Transport proteinů z GER:
transportními váčky

Strana konvexní – **cis**
(produkční)

Strana konkávní – **trans**
(maturační)

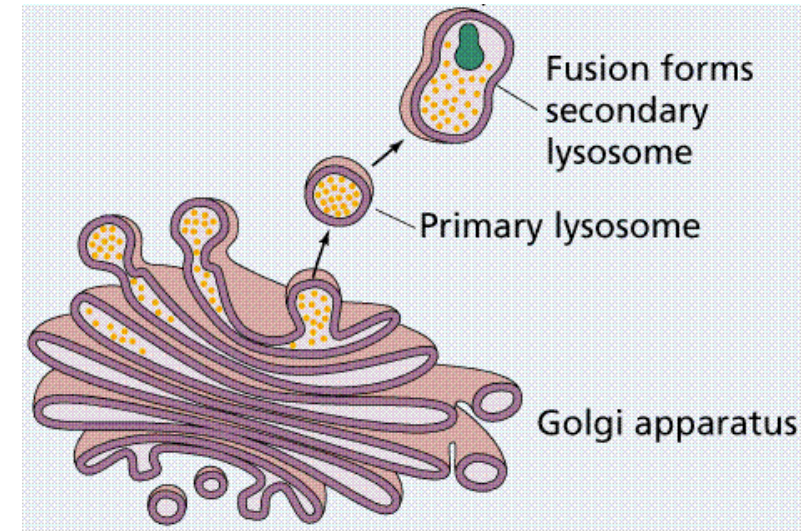
kondenzační vakuoly

sekreční zrna

lyzosomy

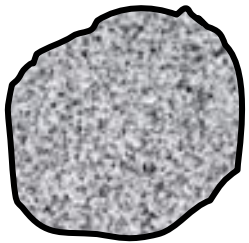
Lyzosomy

- **Funkce:** intracelulární digesce endo- a exogenního materiálu
- váčky – jednoduchá membrána,
- matrix s **hydrolytickými enzymy** kyselého pH (kys. fosfatáza, katepsiny, hyaluronidáza, lipáza, ribonukleáza, kolagenáza aj.)



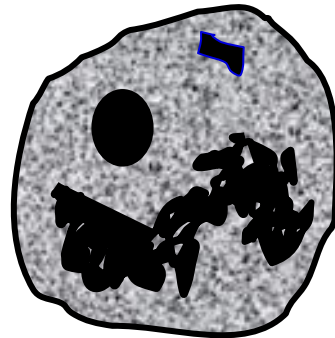
Lyzosomy

primární Ly

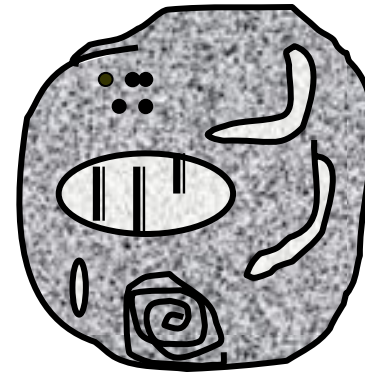


sekundární Ly

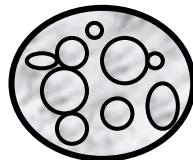
fagosomy



autofagická vakuola



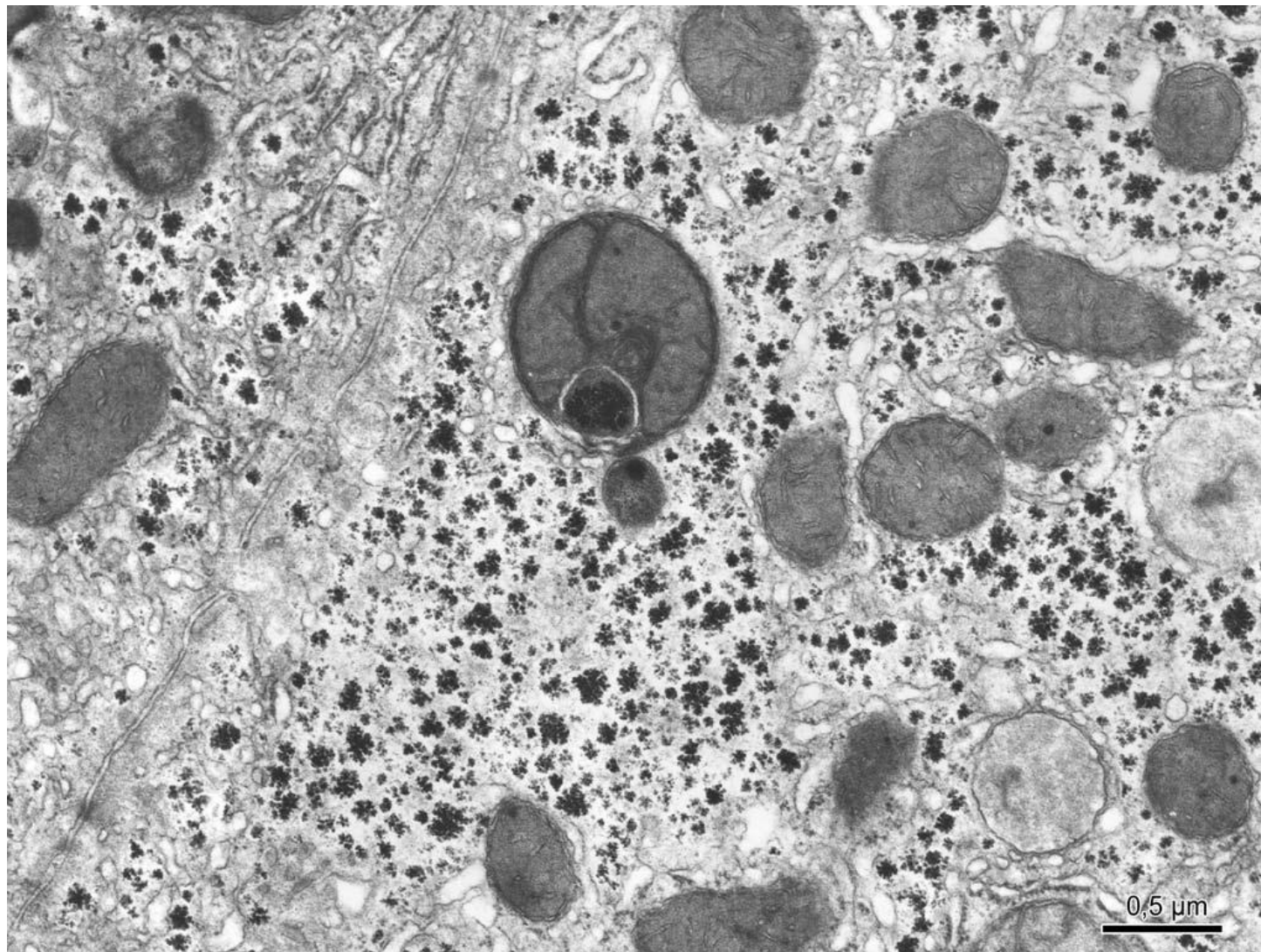
multivesikulární tělísko



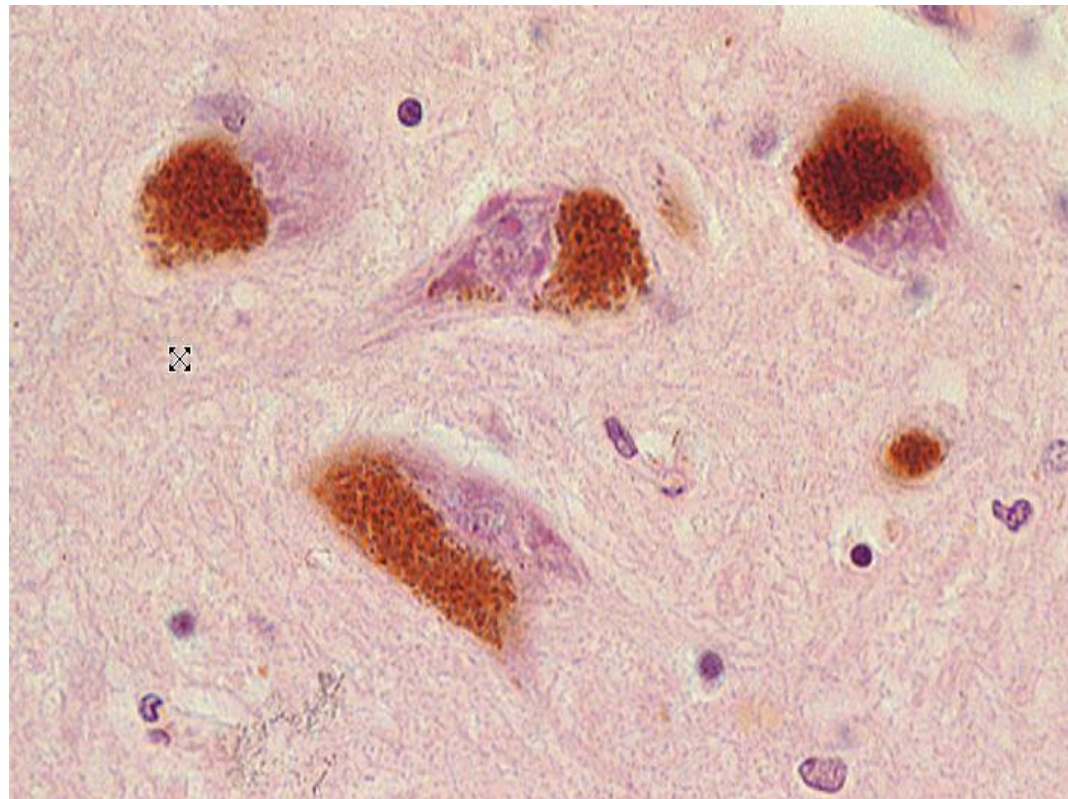
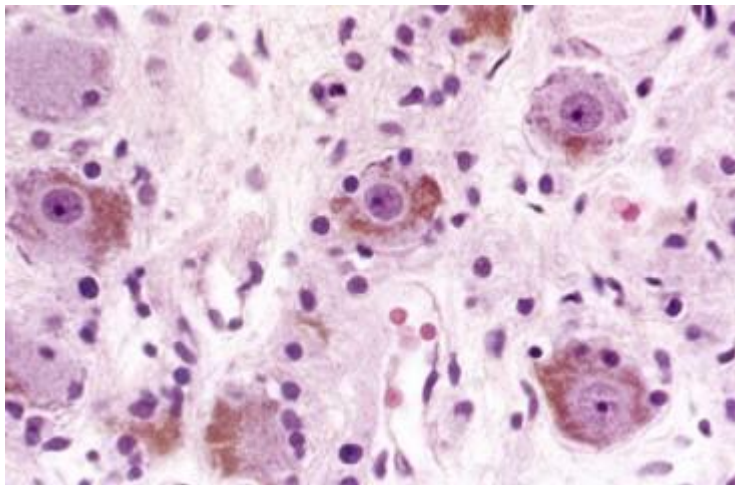
terciární Ly
reziduální tělísko



autofagická vakuola



terciární Lysozom - reziduální tělíčka – pigment lipofuscin



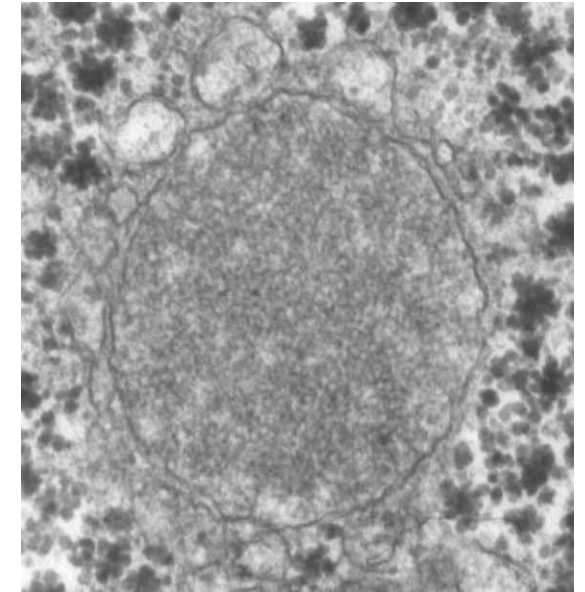
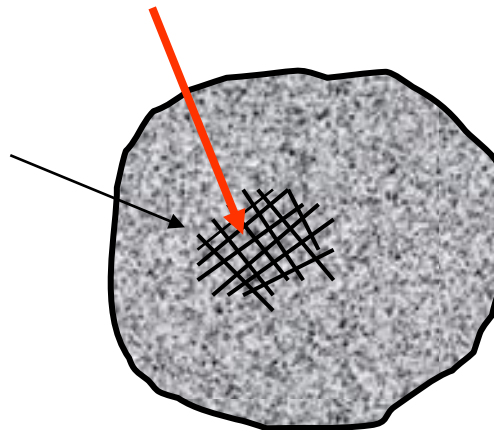
Peroxisomy (mikrotělíška)

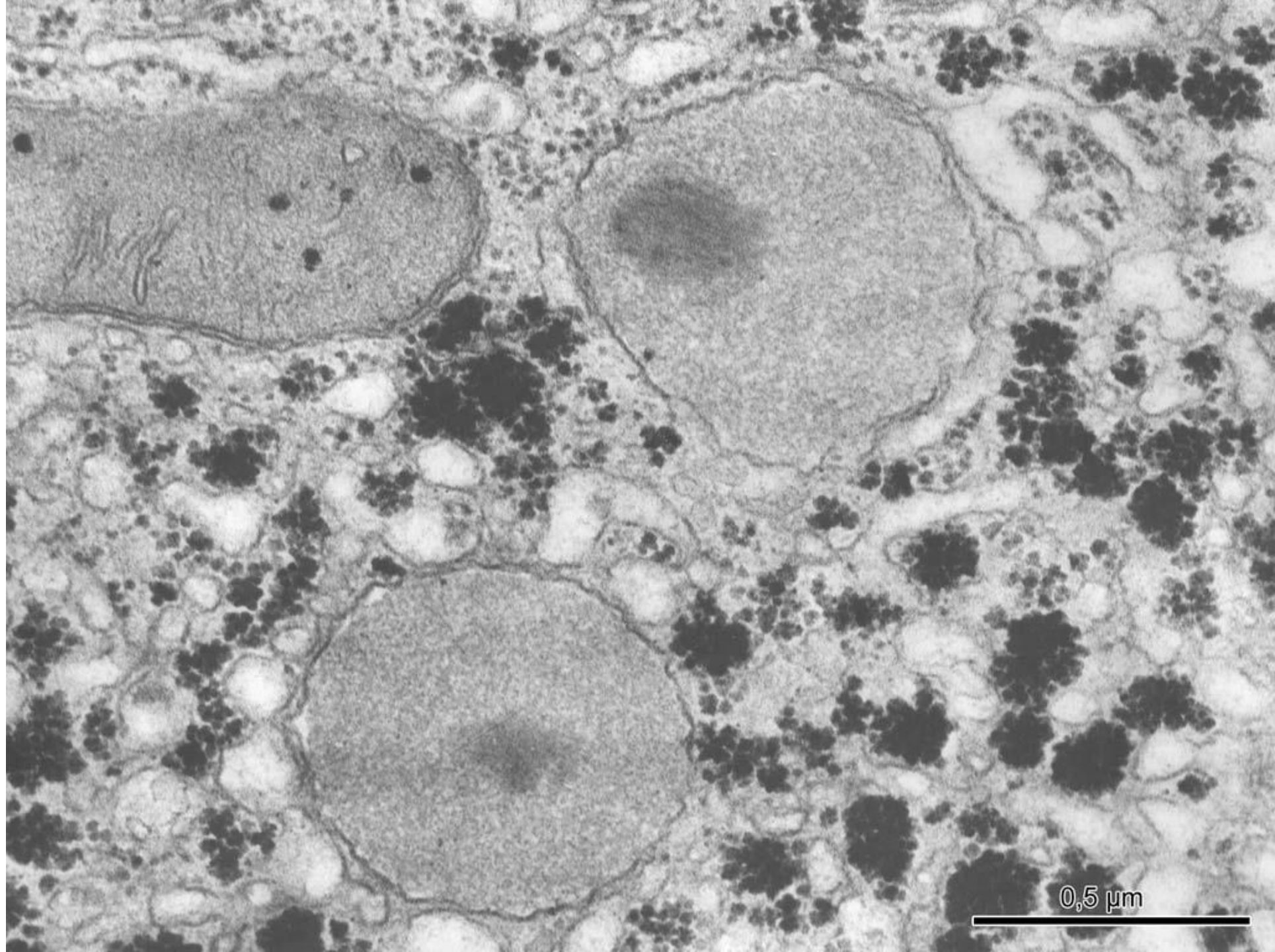
Funkce: - detoxikace (rozklad H_2O_2 , štěpení purinů a mastných kyselin)

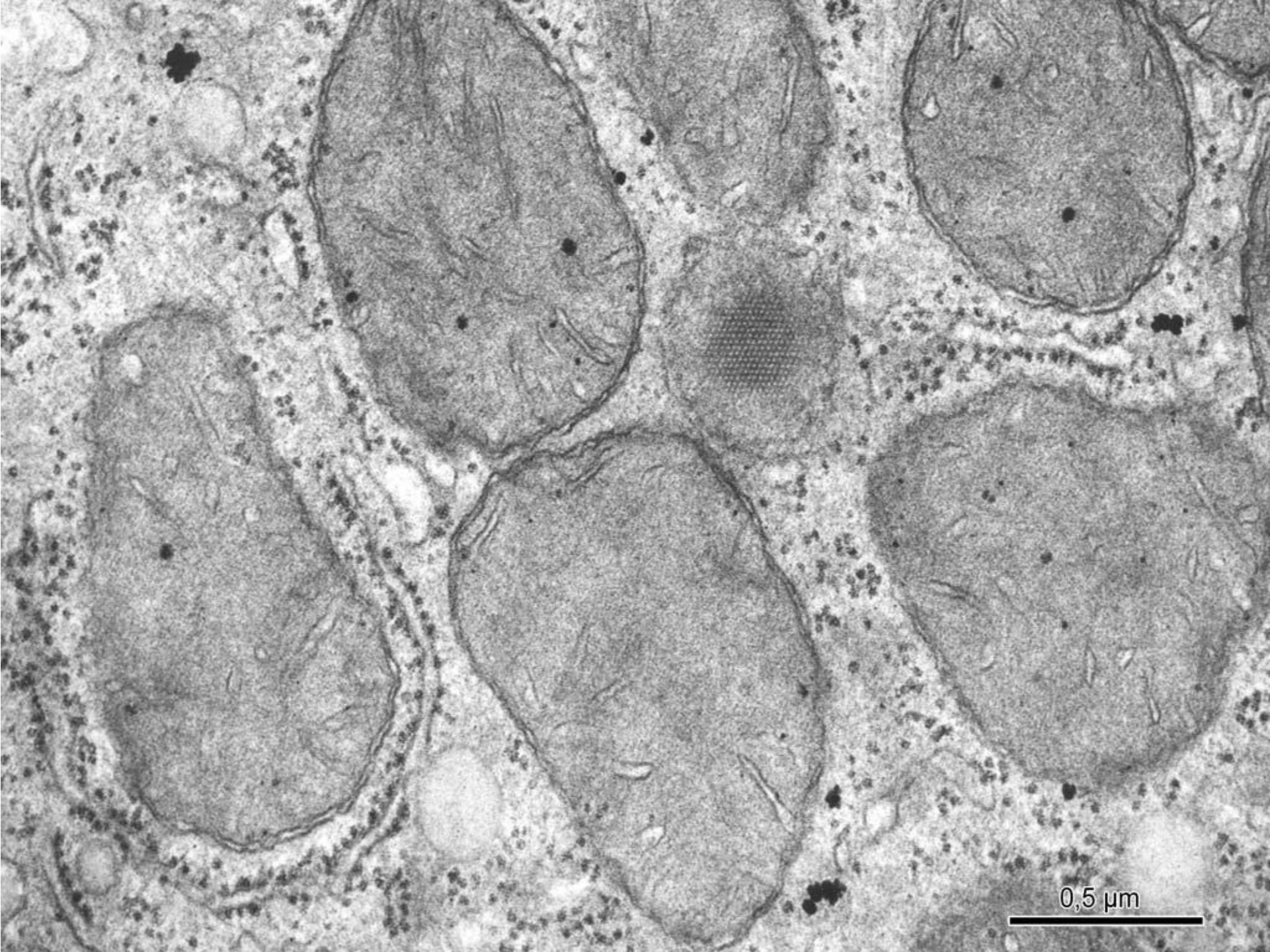
- účast na syntéze žlučových kyselin
- účast na syntéze fosfolipidů

- váčky – 0,1 - 0,5 μm \emptyset , jednoduchá membrána
- matrix s oxidativními enzymy
(peroxidáza, kataláza, urikáza aj.)

[nukleoid = *krystaloid*]

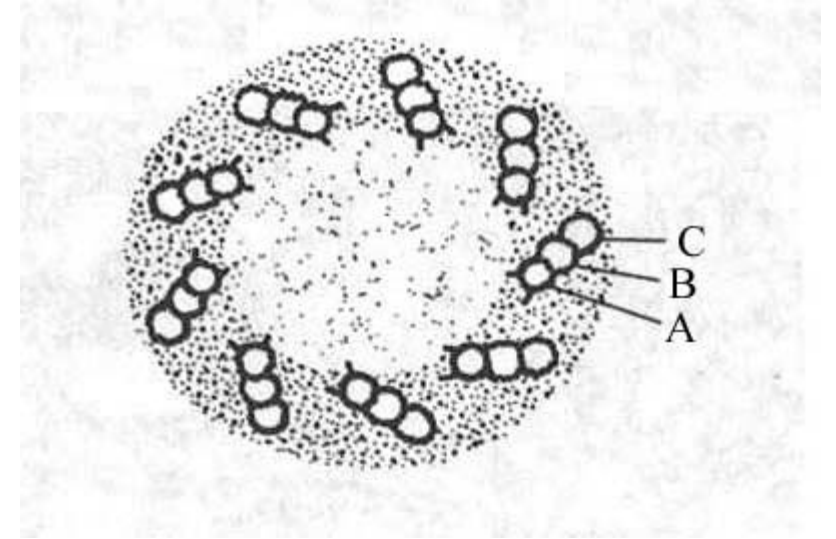


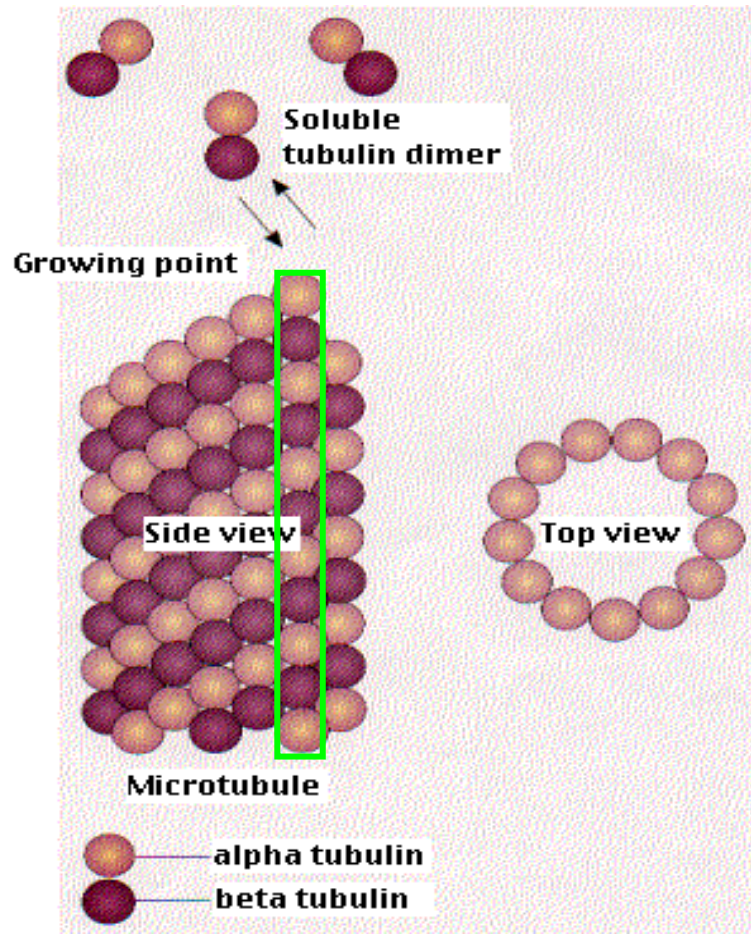




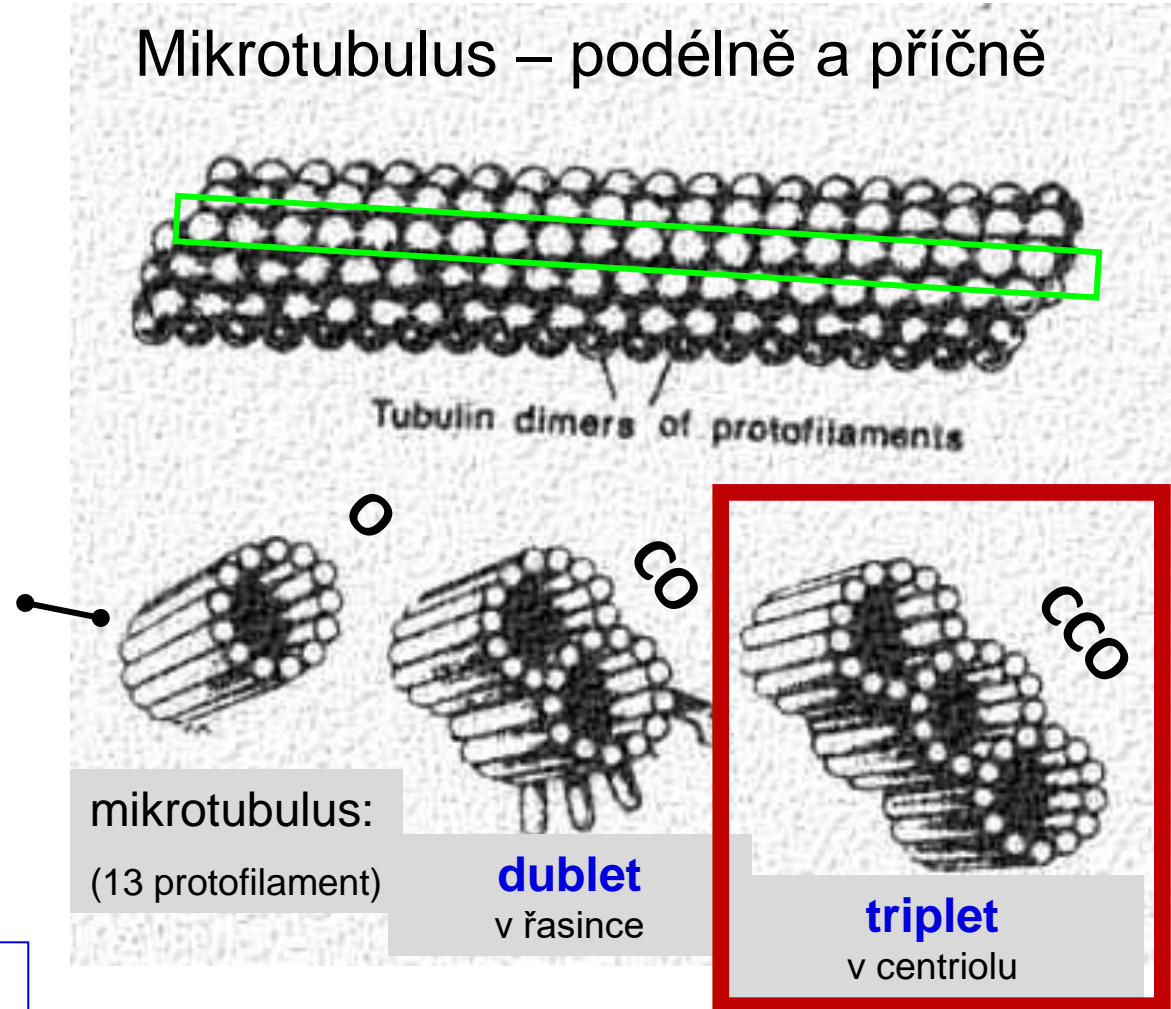
Centriol

- tvar: cylindr (válec)
- velikost: \varnothing 0,2 μm , délka 0,3 - 0,5 μm
- stavba: **9 tripletů mikrotubulů** po obvodu stěny centriolu
- výskyt v buňce (v interfázi):
1 pár na sebe kolmých centriolů [„T“]
v cytoplazmě blízko jádra =
centrosom





Mikrotubulus – podélně a příčně



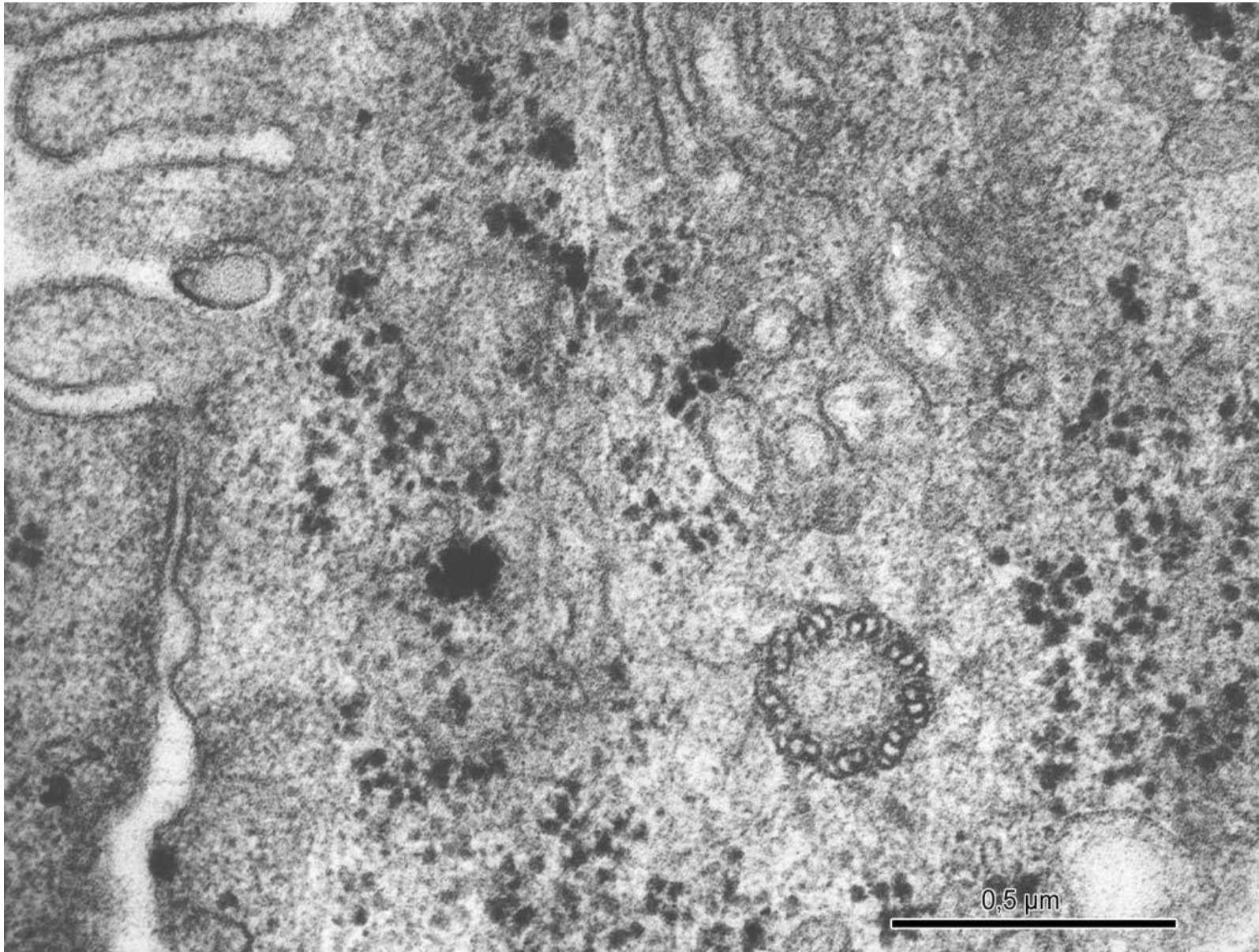
protofilamentum

se skládá z dimerů α a β tubulinu

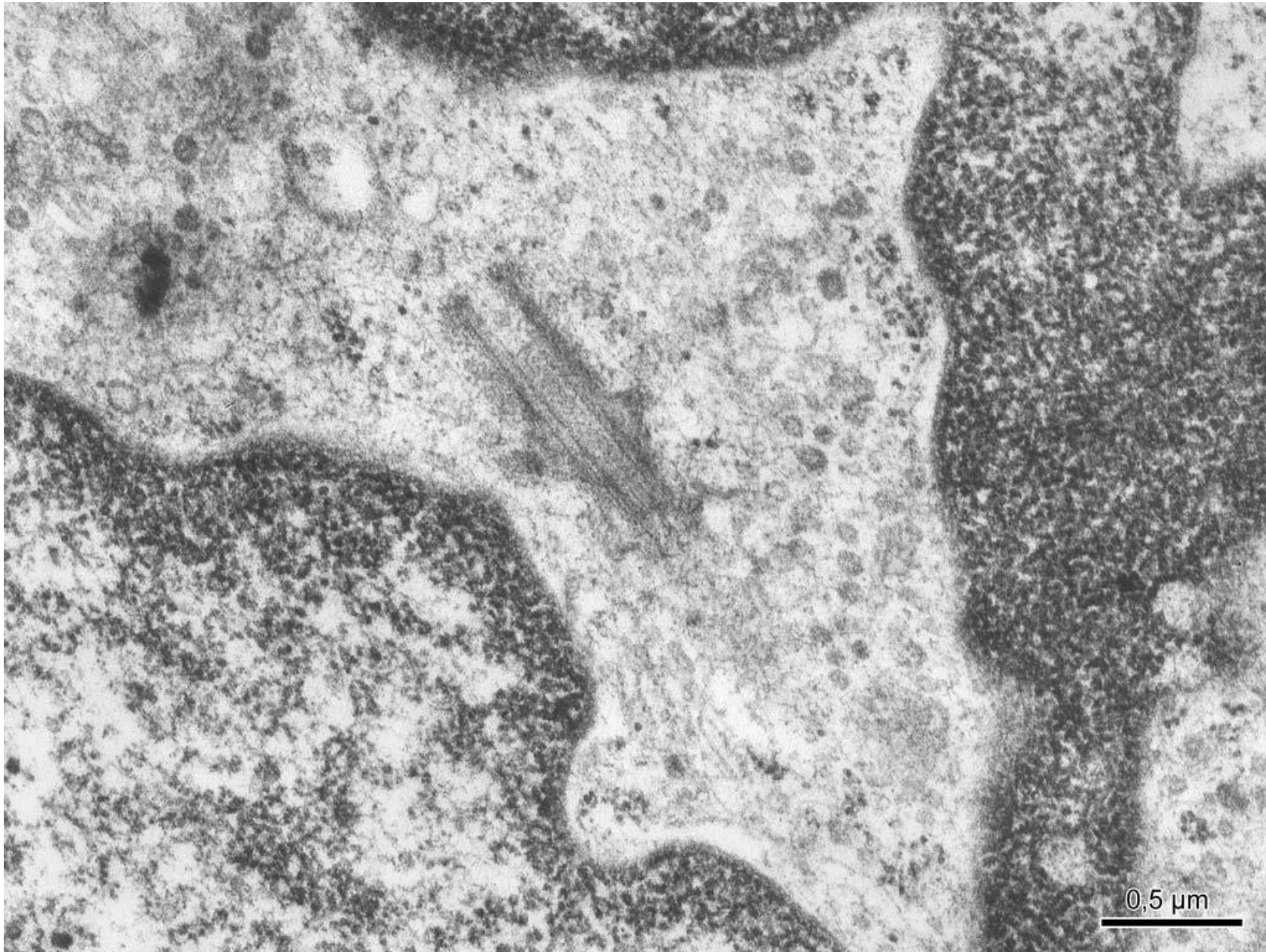
mikrotubulus

se skládá z 13 protofilament

Dublety a triplety – částečně sdílená stěna mikrotubulů



Centriol, pericentriolární matrix a satelitní struktury - příčně

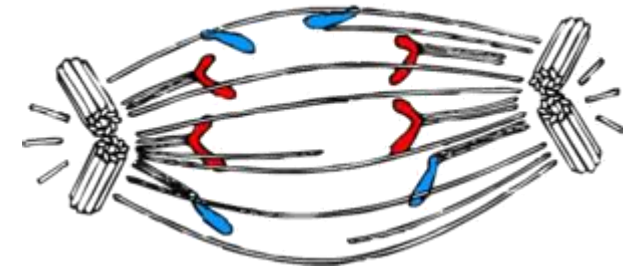


Centriol a satelitní struktury - podélně

Funkce centriolů

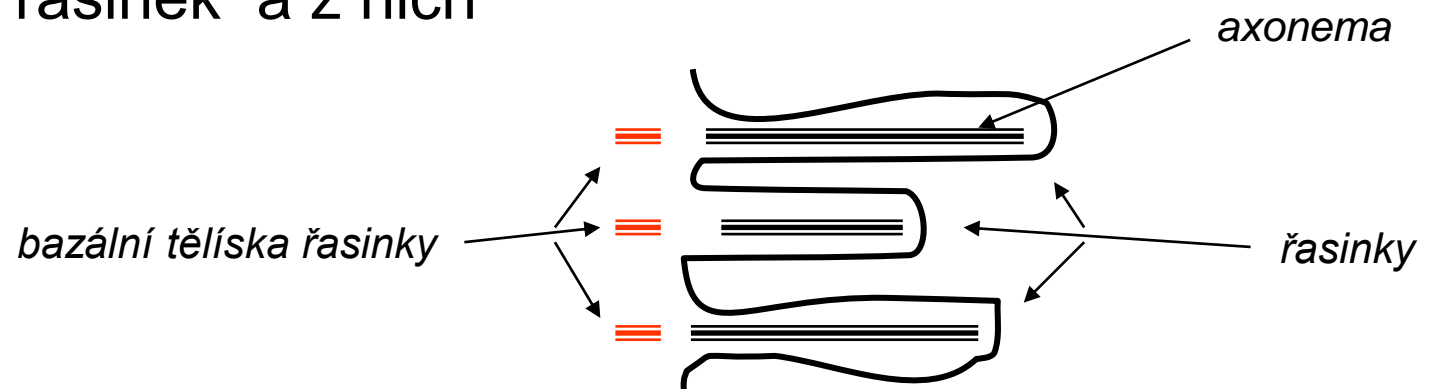
Duplikace centrozomů v průběhu dělení buňky

⇒ vznik **dělicího vřeténka**

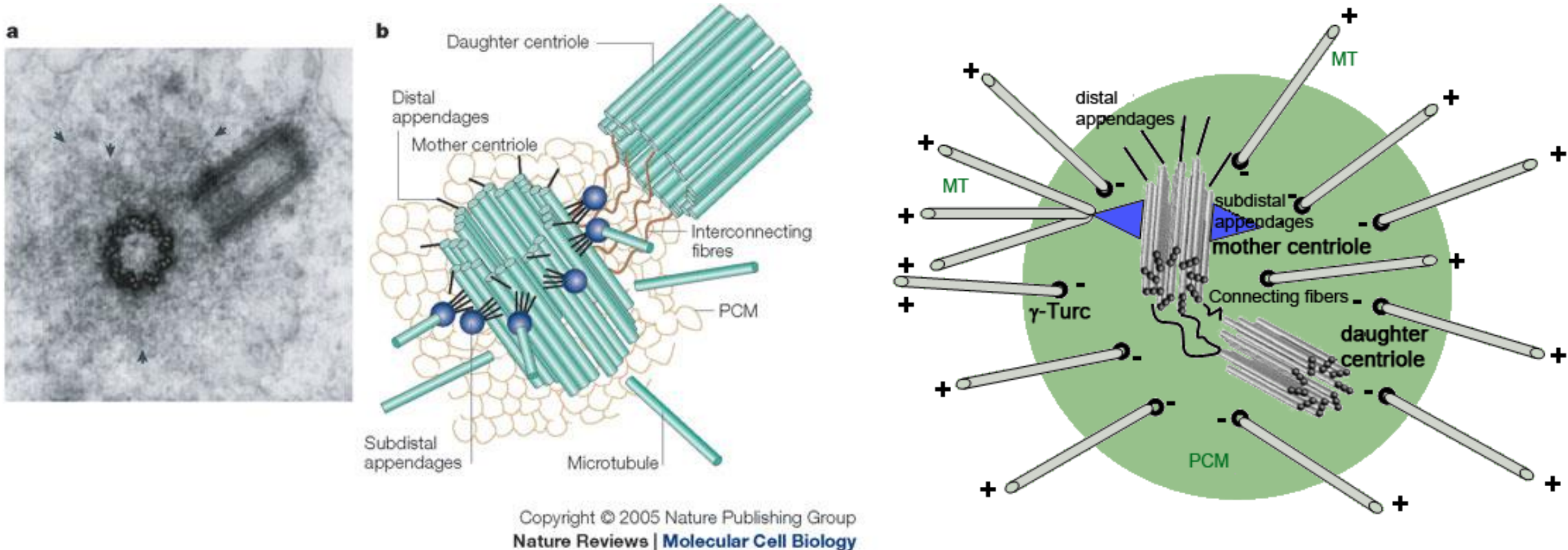


Mnohočetná replikace centriolů v průběhu ciliogeneze

⇒ vznik **bazálních tělísek** řasinek a z nich vycházející **axonemy**



Stavba centrozomu




Pár vzájemně kolmých centriolů spolu s pericentriolární matrix a satelitními strukturami vytváří **centrosom** → **mikrotubuly organizující centrum**

Inkluze

– přechodné (dočasné) součásti buňky

– Sekreční granula

– Zásobní látky 

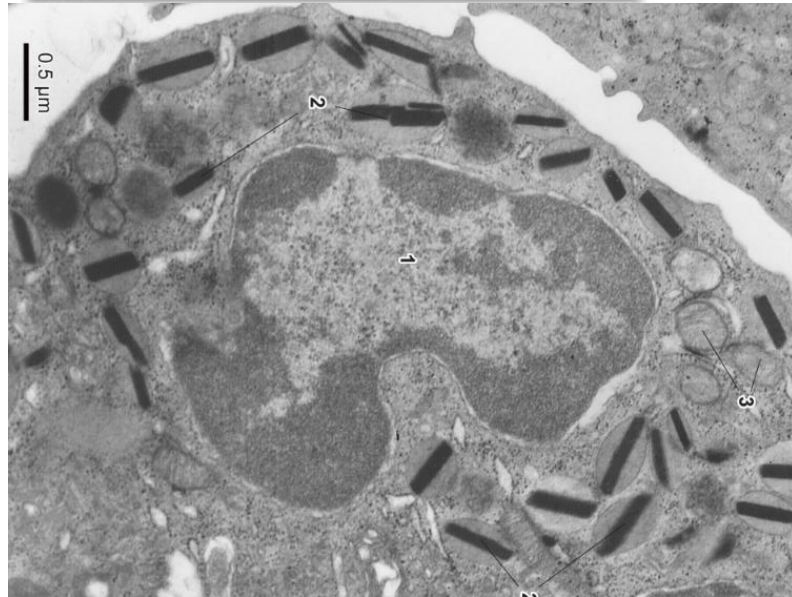
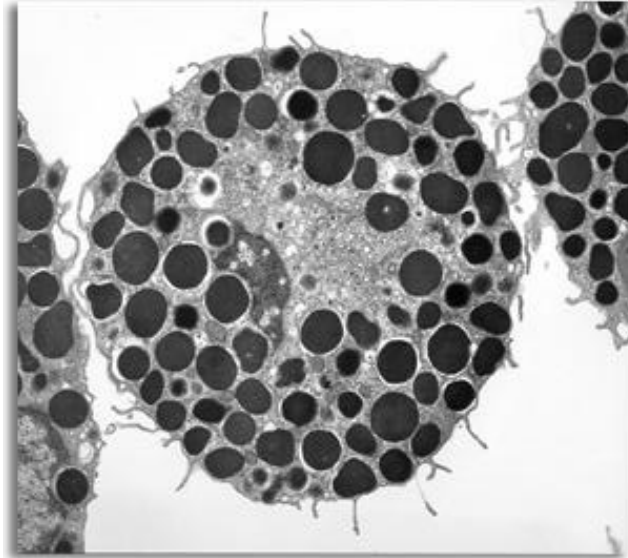
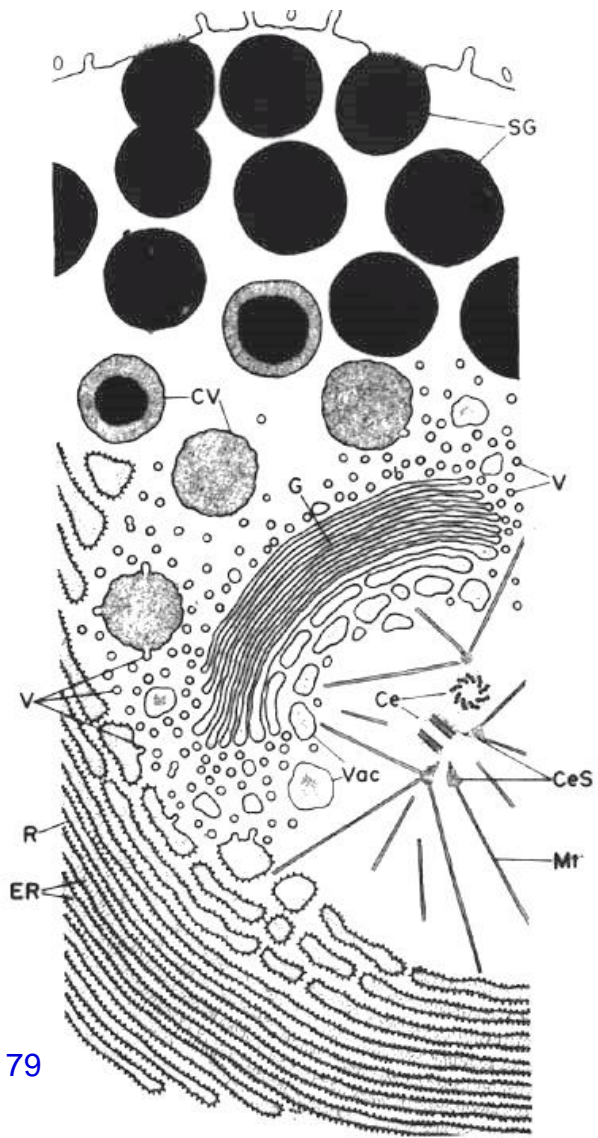
– Krystaly

– Pigmenty

endogenní - autogenní (melanin), hematogenní (hemosiderin, biliverdin, bilirubin), lipofuscin

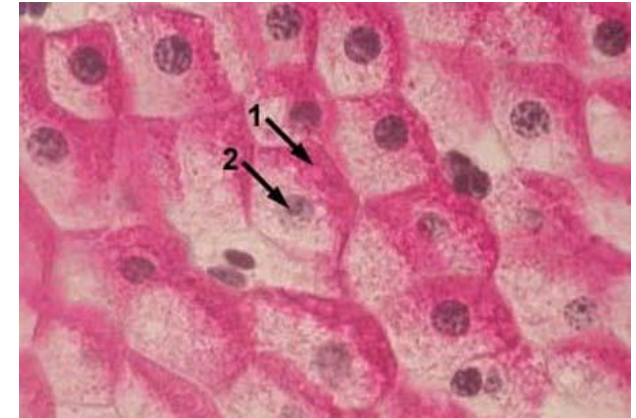
exogenní - prach, barviva (karoteny), tetováž

Sekreční granula



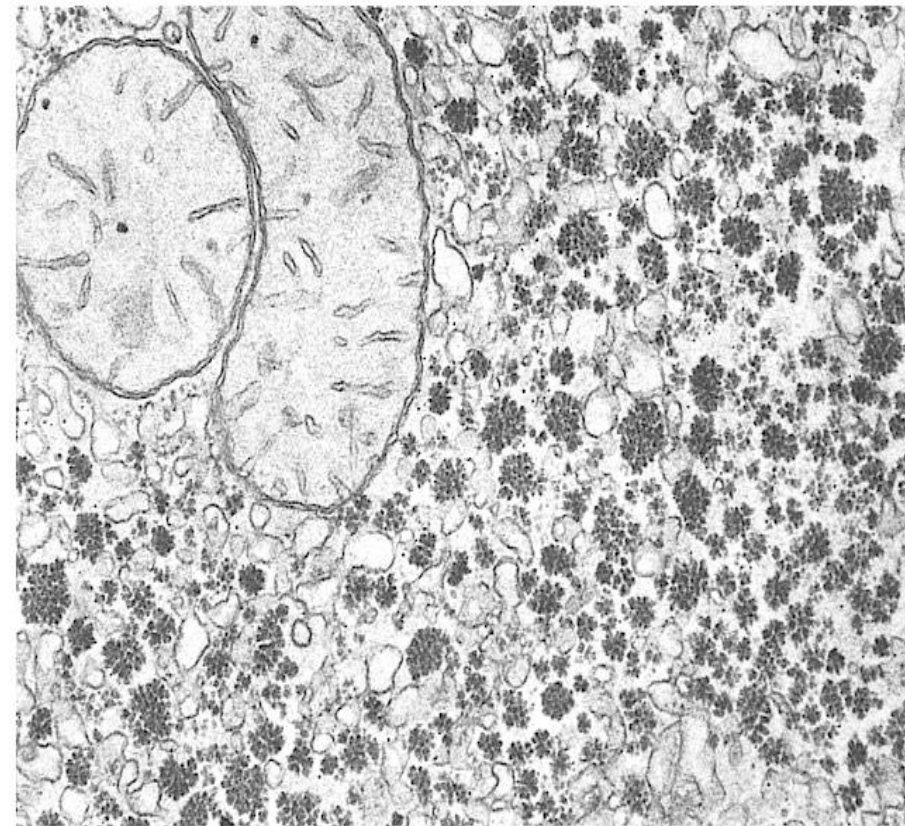
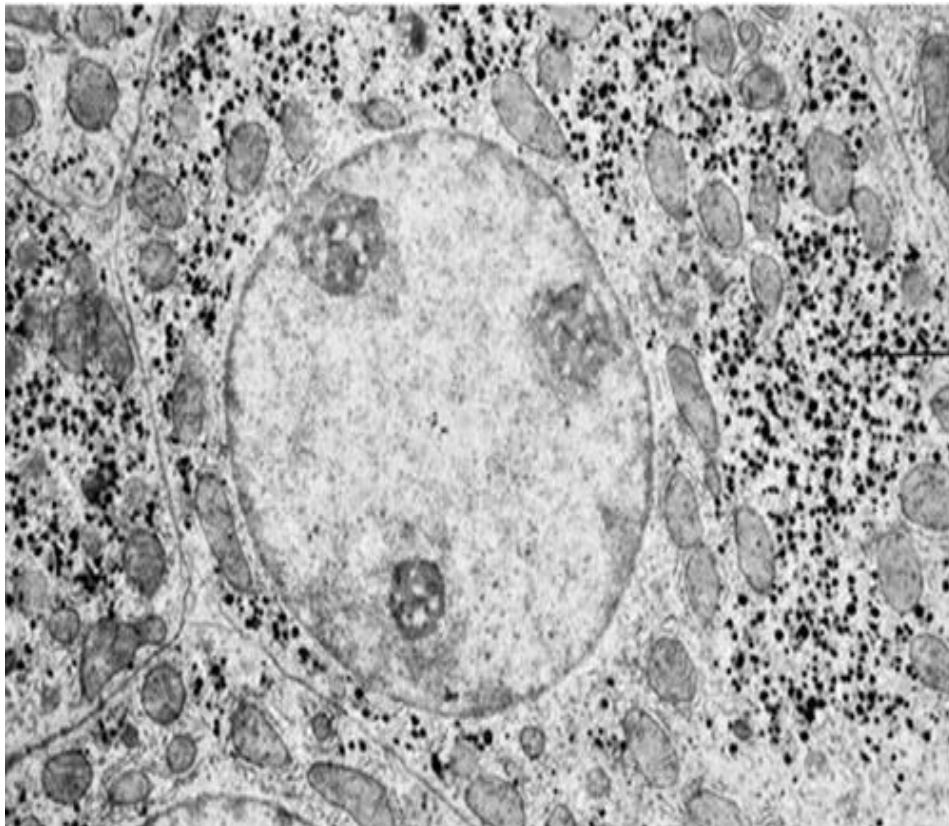
Glykogen

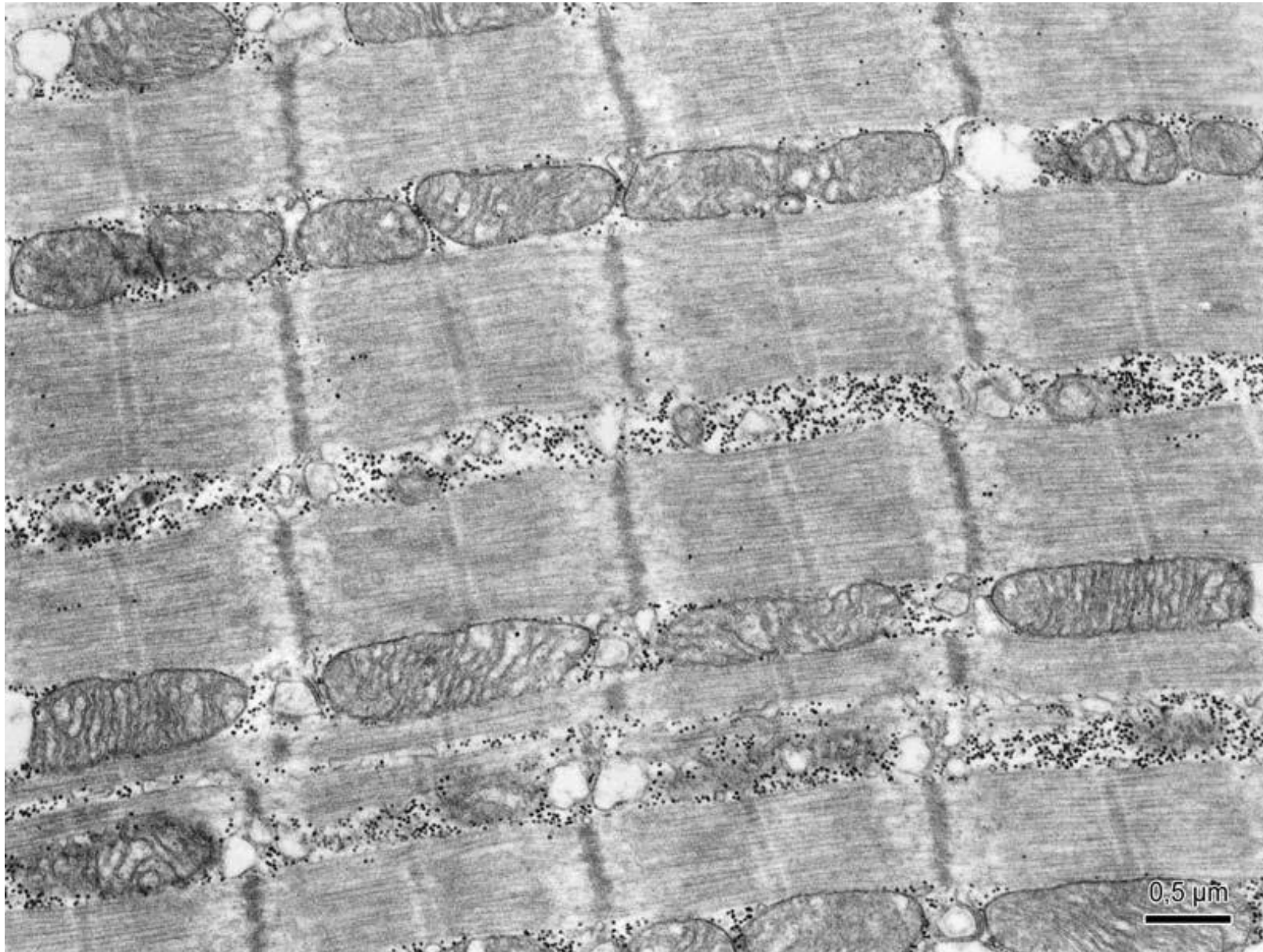
lineární, bohatě větvený polymer složený z molekul glukózy



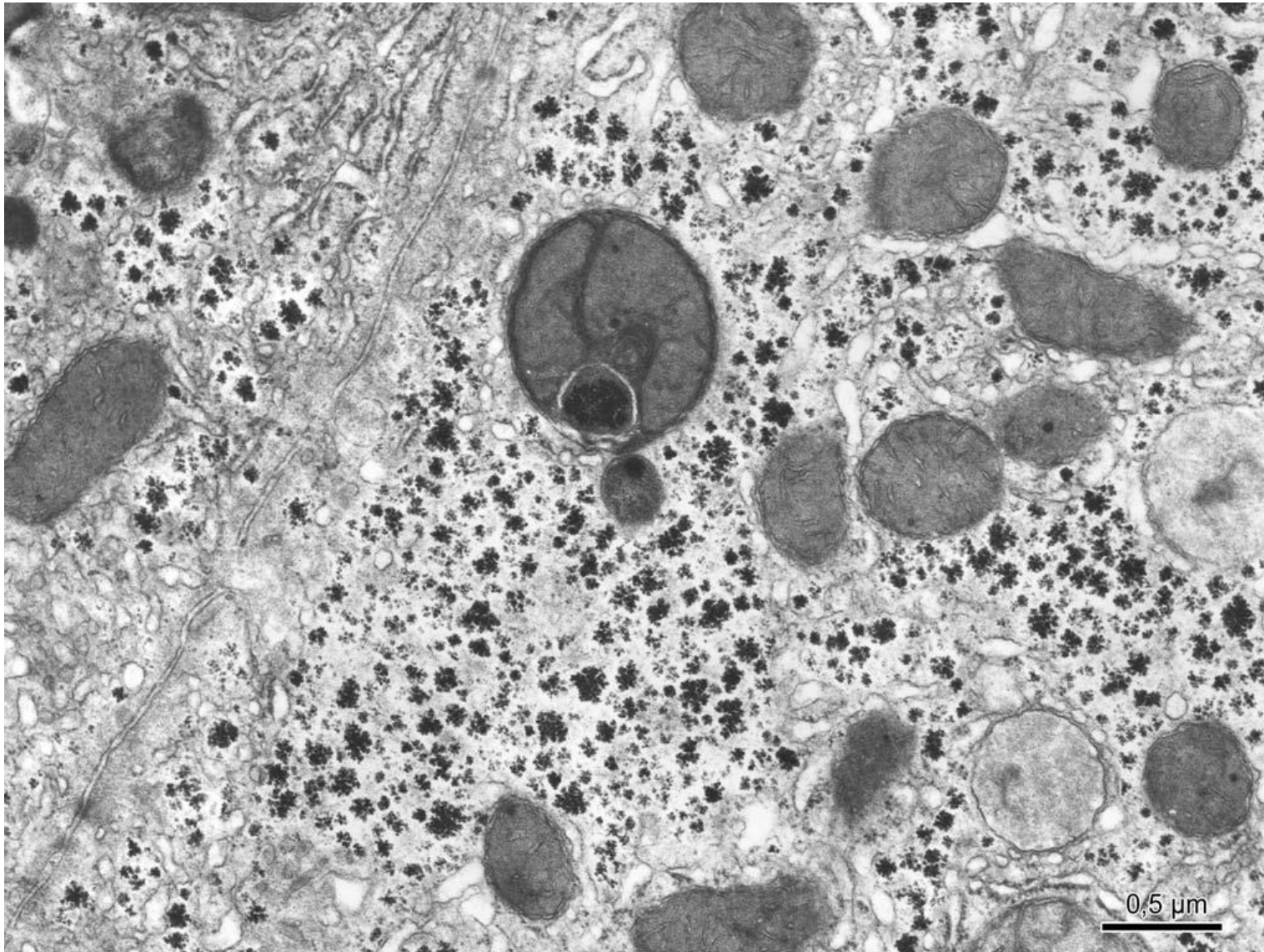
β – granula (40 nm)

α – granula (shluky, až 400 nm)





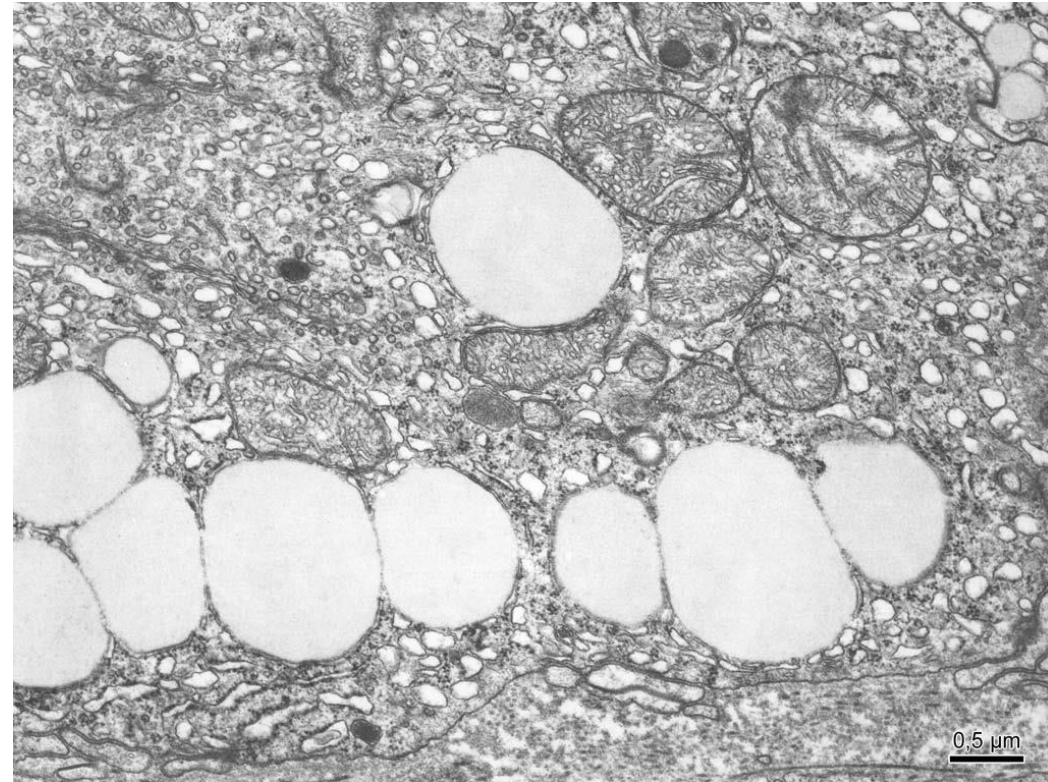
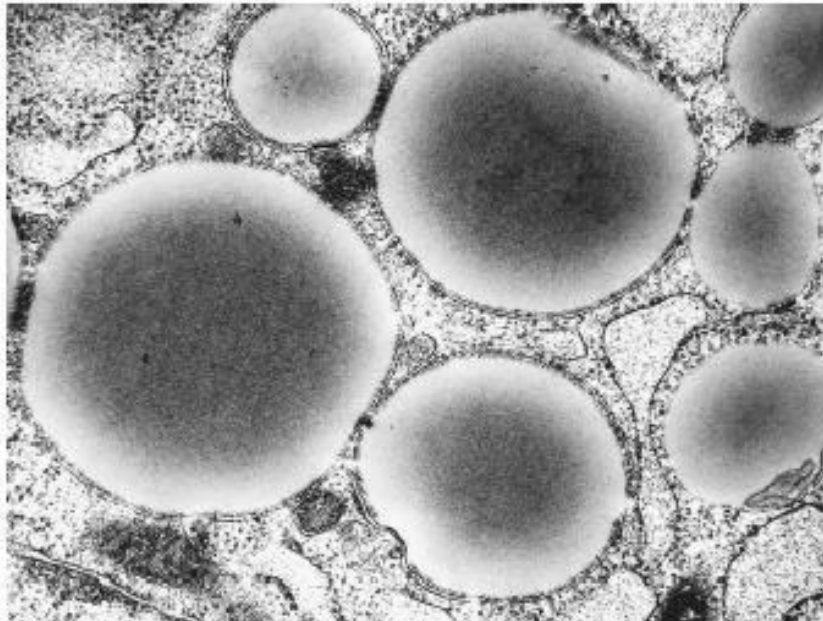
Beta granula glykogenu



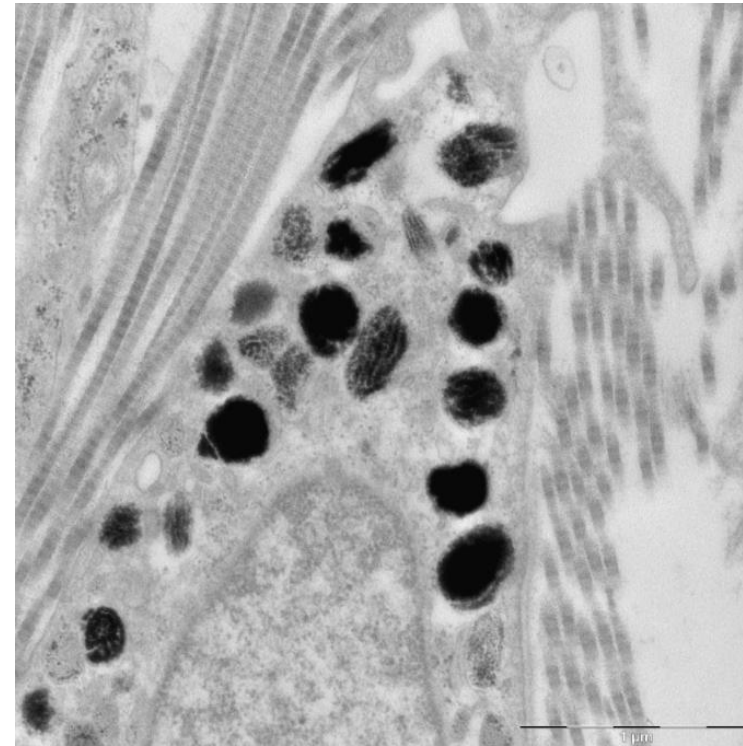
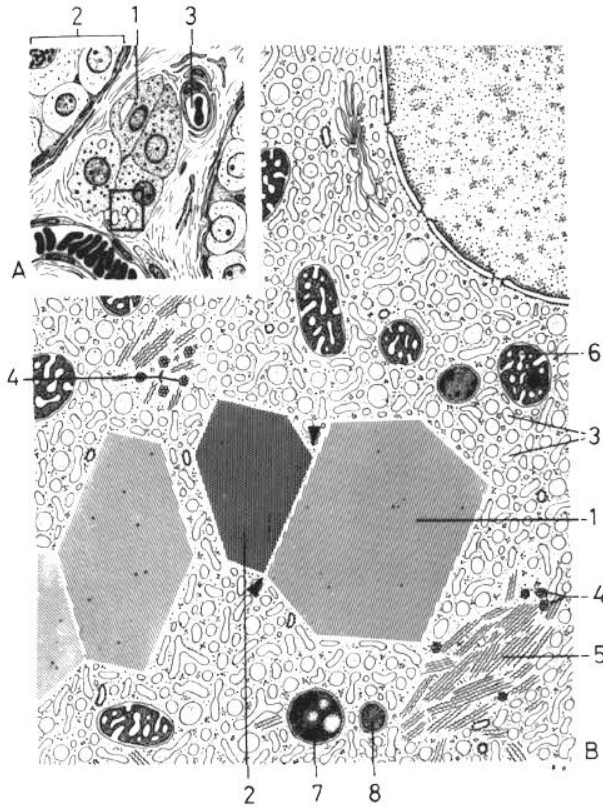
Alfa granula glykogenu

Lipidové kapky

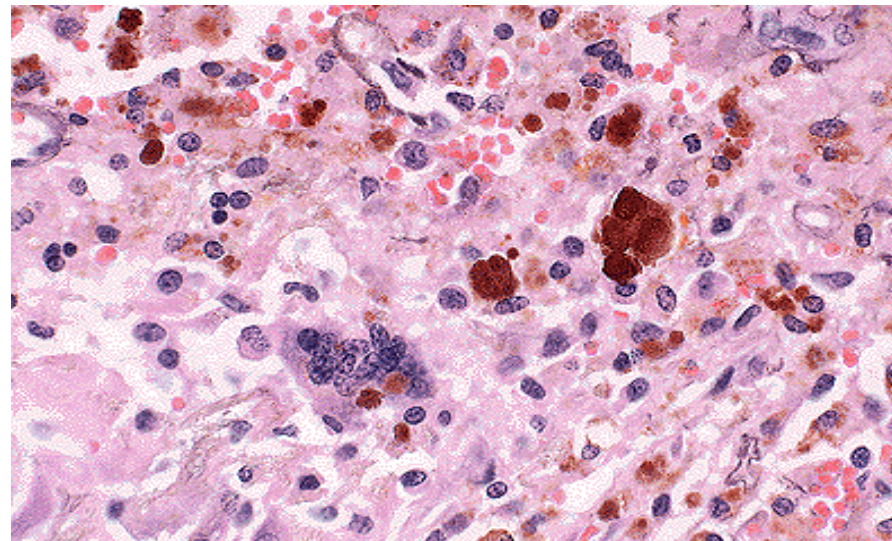
nemají membránu, pouze fázové rozhraní



Krystaly, pigmenty



Pigment melanin



Zkouškové otázky

1. Buňka: definice, charakteristika a struktura. Stavba biomembrán. Základní cytoplazma a cytoskelet.
2. Buňka: jádro – tvar, velikost, stavba a význam. Buněčné inkluze.
3. Buňka: organely – struktura a funkční význam.