

# Buněčná teorie

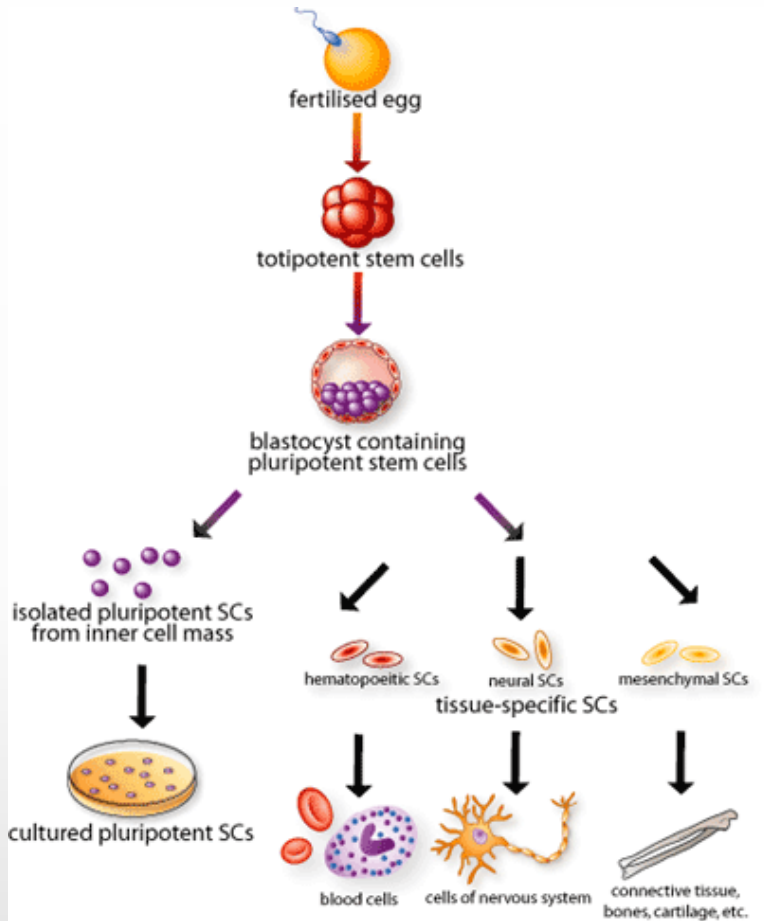
- J. E. Purkyně roku **1837**
- **1838-9 Matthias Jacob Schleiden a Theodor Schwann**
- **1855 R. Virchow *Omnis cellula e cellula***
- **všechny živé systémy jsou tvořeny buňkami a jejich produkty**
- **chemické složení buněk je obdobné**  
– poukazuje na původ života z „jedné buňky“
- nové buňky vznikají z jiných buněk **buněčným dělením**
- činnost organismu je výsledkem činností buněk a jejich interakcí



Purkyňovy buňky  
Purkyňova vlákna  
Purkyňův efekt

Purkinje

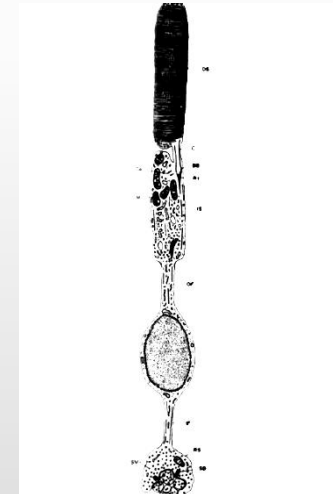
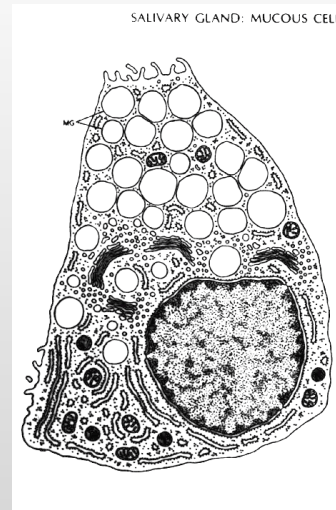
# Buňka



člověk:  $10^{13} - 10^{14}$

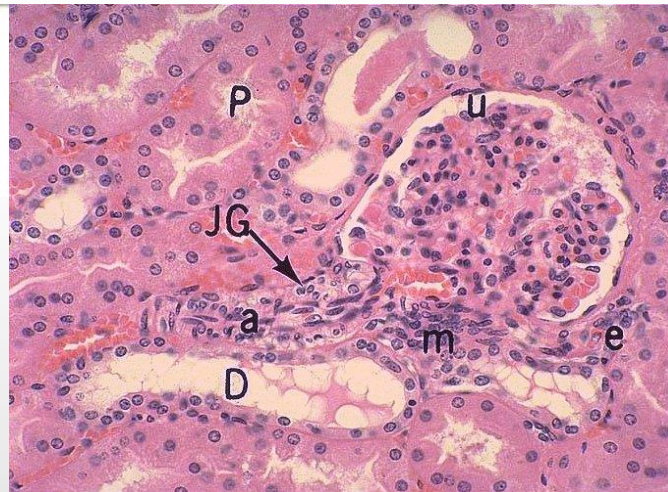
asi 200 buněčných typů

- základní morfologická a funkční jednotka organismu schopná všech životních projevů (metabolismus, růst, dráždivost, rozmnožování a pohyb), která je za určitých podmínek schopná samostatné existence

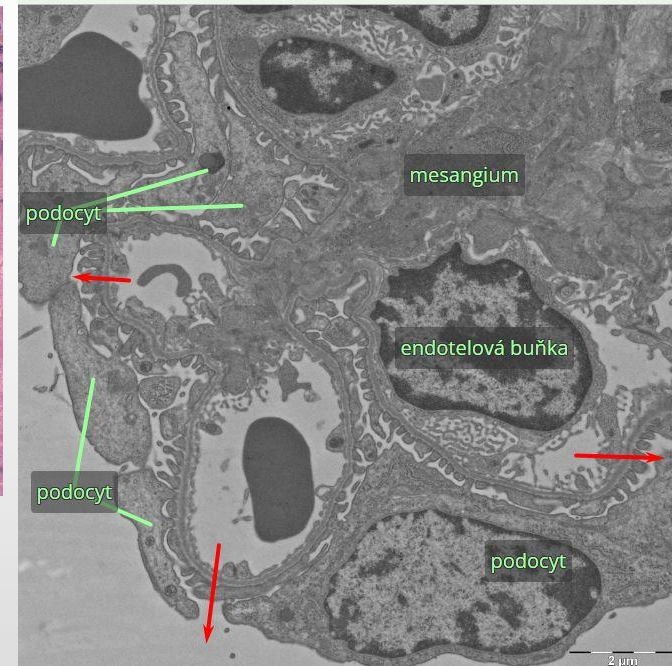


# Rozlišovací schopnost

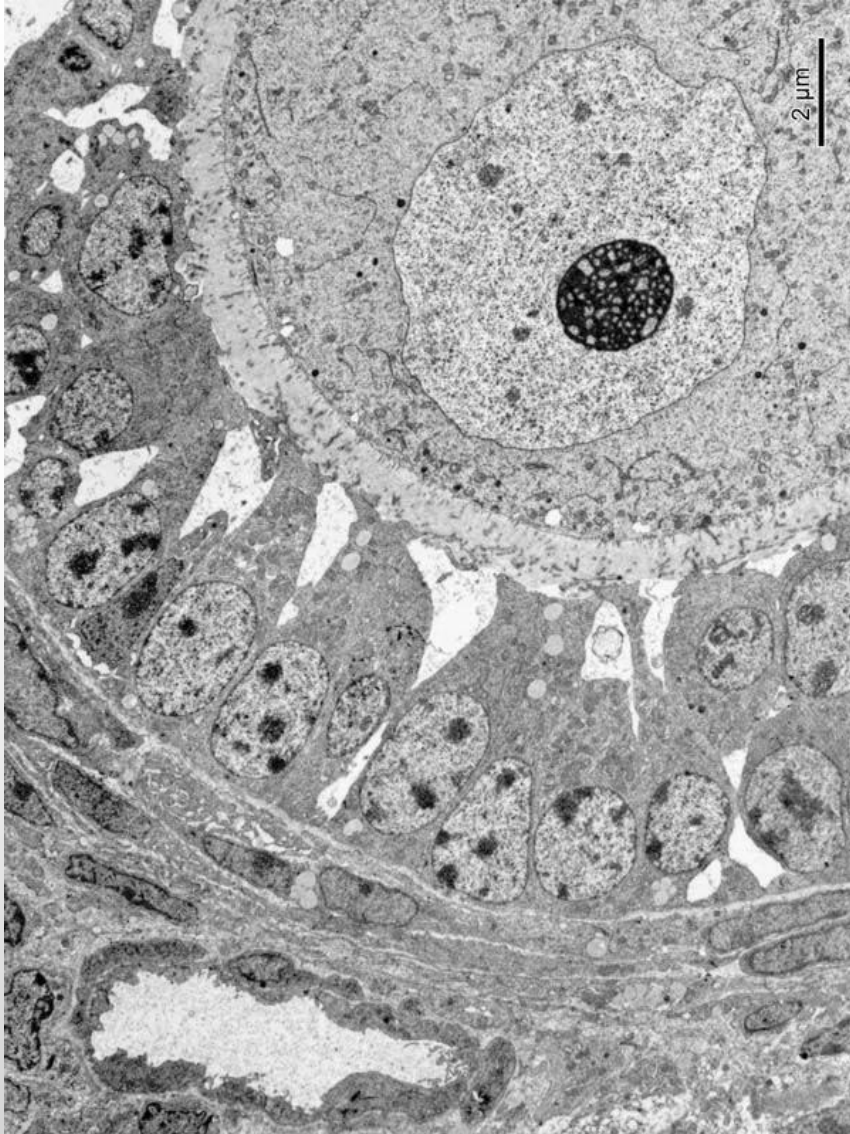
- lidského oka: 0.2 mm
- světelného mikroskopu: 0.2 μm
- elektronového mikroskopu: 0.2 nm



ledvina



# Velikost buněk



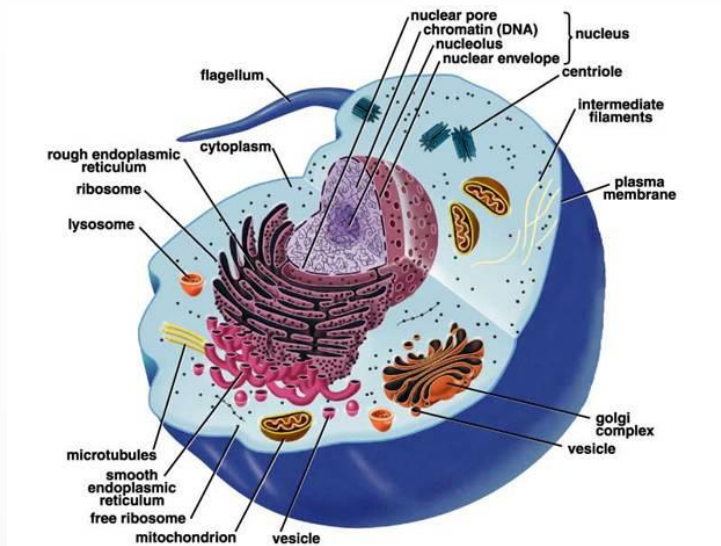
**4 – 150 μm**

- neurony v kůře mozečku 4-5 μm
- erytrocyty 7,4 μm
- Purkyňovy bb. v kůře mozečku  
nebo pyramidové bb. v kůře  
mozku 80 - 100 μm
- oocyt 120 μm
- megakaryocyt v kostní dřeni až  
150 μm

**většina somatických buněk 10 – 30  
μm**

- **x** neurony, svalové buňky

# Buňka

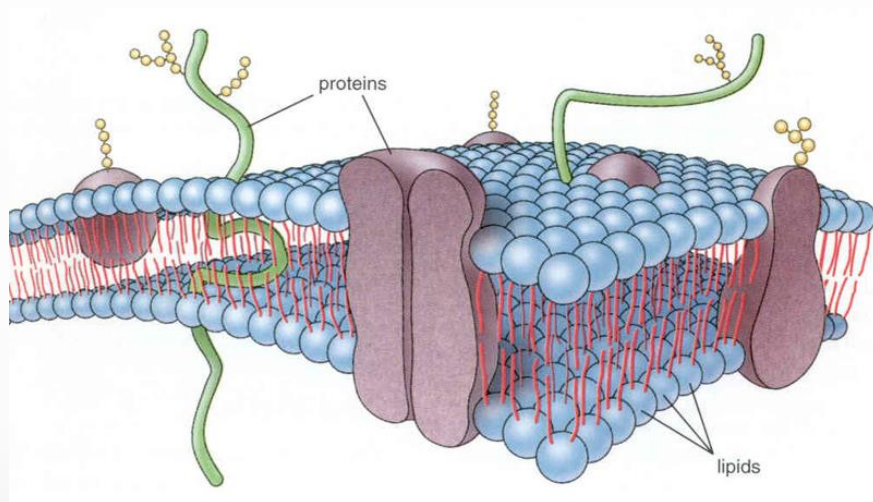


- **jádro /karyoplazma/**
- **cytoplazma /buněčné tělo/**
  - buněčná membrána
  - buněčné organely
  - cytoplazmatické inkluze
  - základní cytoplazma (hyaloplazma)

## Životnost buněk

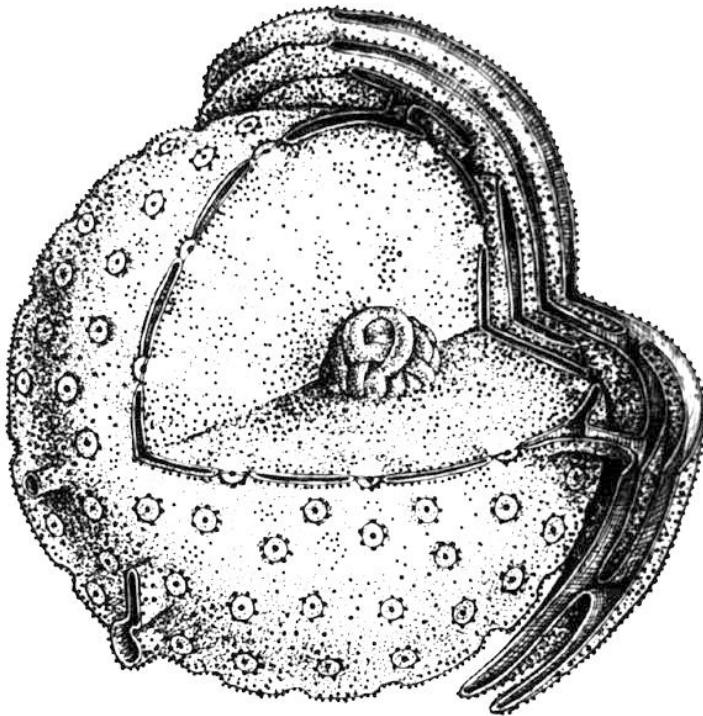
- Neutrofily – 6-7 hod
- Eozinofily – 7-14 dní
- Erytrocyty – 110 – 130 dní
- Hepatocyty – 1-2 roky
- Neurony – roky nebo celý život

# Buněčná membrána



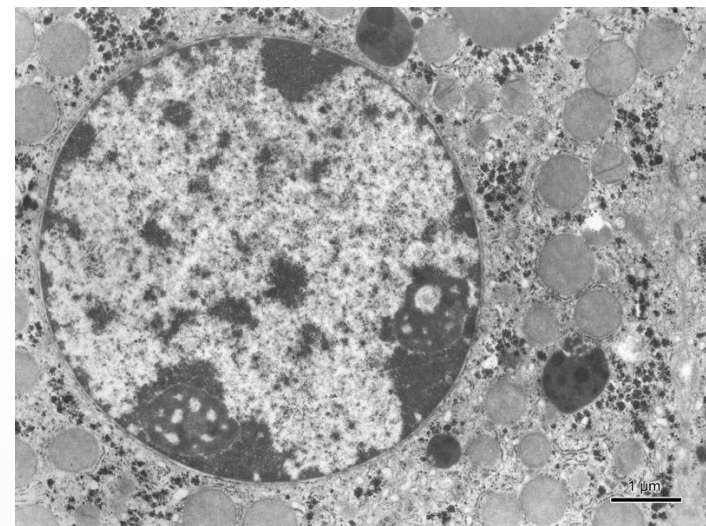
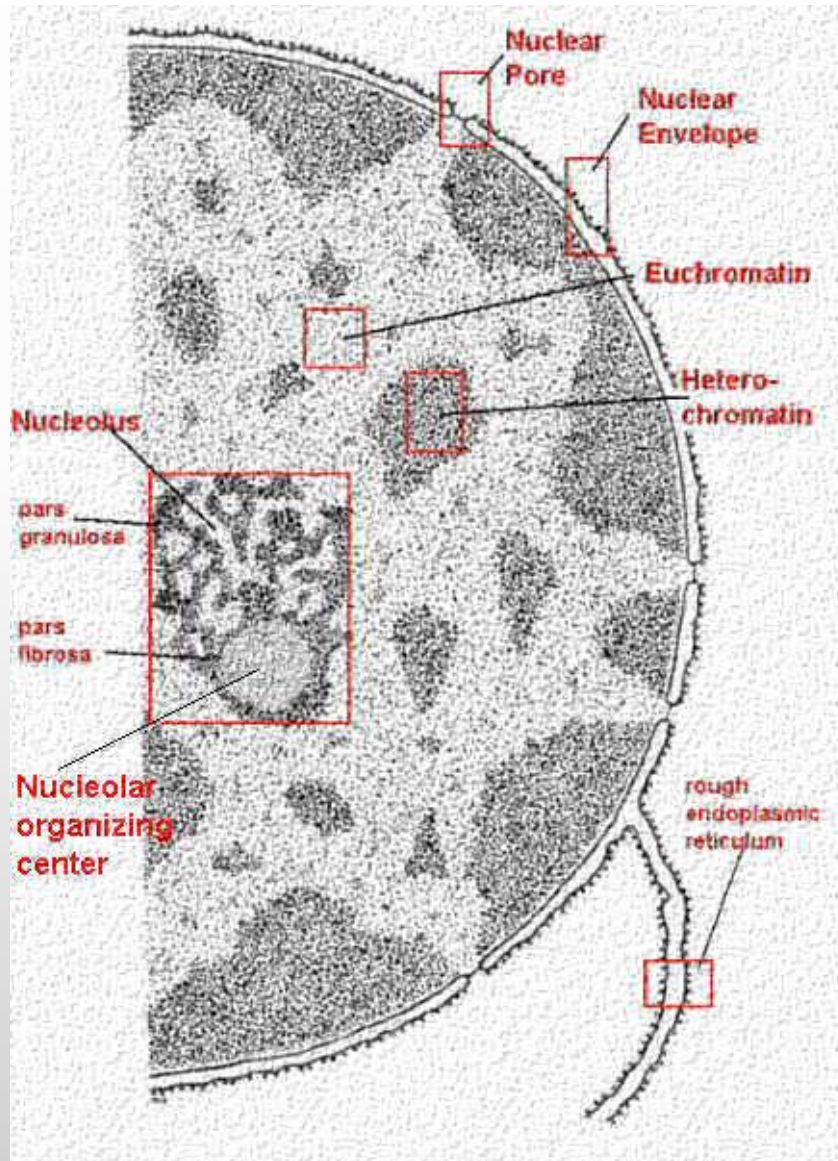
- fosfolipidy, proteiny, cholesterol
- tloušťka **7 – 10 nm**
- dvě vrstvy lipidů opačné orientace (trojvrstevný vzhled)
- povrchové a prostupující proteiny
  - strukturní
  - receptory
  - kanály a pumpy
  - vázané enzymy
- **membrána je semipermeabilní a fluidní**

# Jádro



- **zajišťuje dědičnost a vyjádření (expresi) genetické informace**
- **počet** v buňce - obvykle 1, hepatocyty 1-2, osteoklasty 50, kosterní svalové vlákno (syncytium) 20-40 / mm, erytrocyt 0
- **velikost** 4-10  $\mu\text{m}$
- **tvar** – kulovité, laločnaté, segmentované (odpovídá tvaru buňky)
- **skladba** – jaderný obal (karyolemma), matrix (karyoplazma), chromatin/chromozomy, jadérka, jaderný skelet

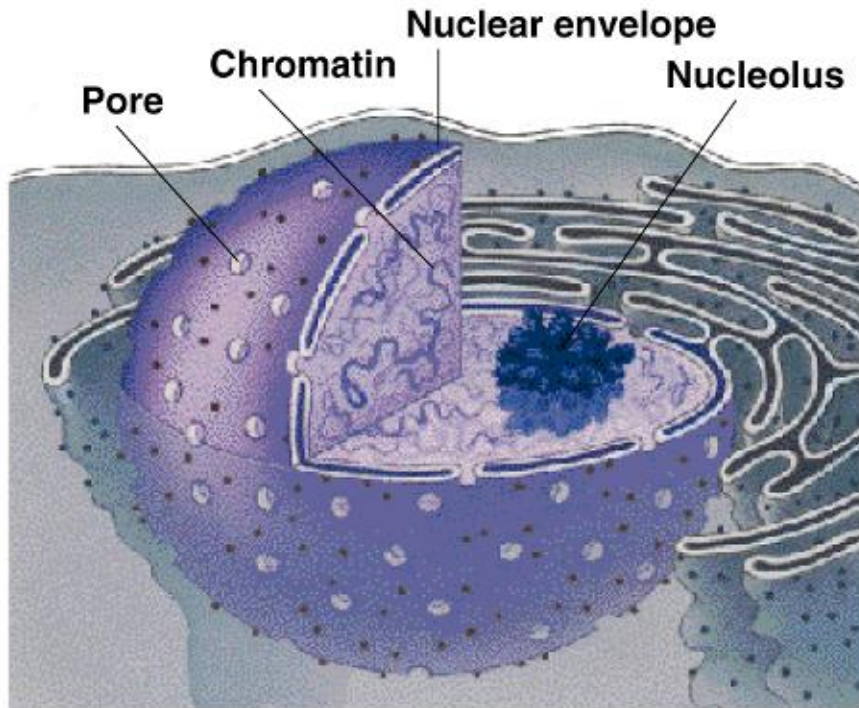
# Jádro



- **heterochromatin** – tmavé hrudky (spiralizované úseky)
  - dobře barvitelný hematoxylinem
  - marginální heterochromatin
  - karyosomy
  - s jádérkem asociovaný (perinukleolární) heterochromatin
- **euchromatin** – světlý, nebarví se (despiralizované úseky)
  - aktivní - transkripce

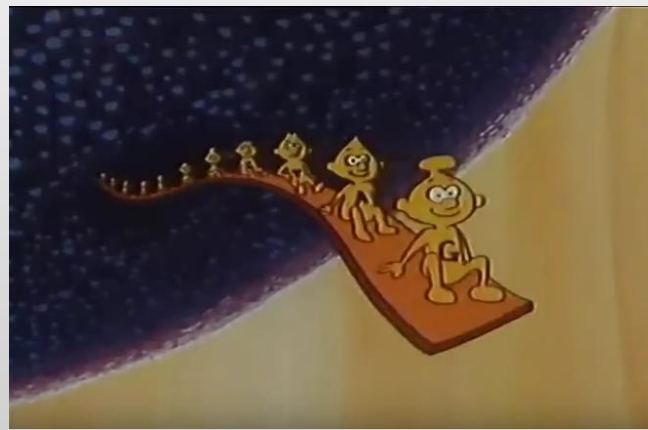


# Jaderný obal



©Addison Wesley Longman, Inc.

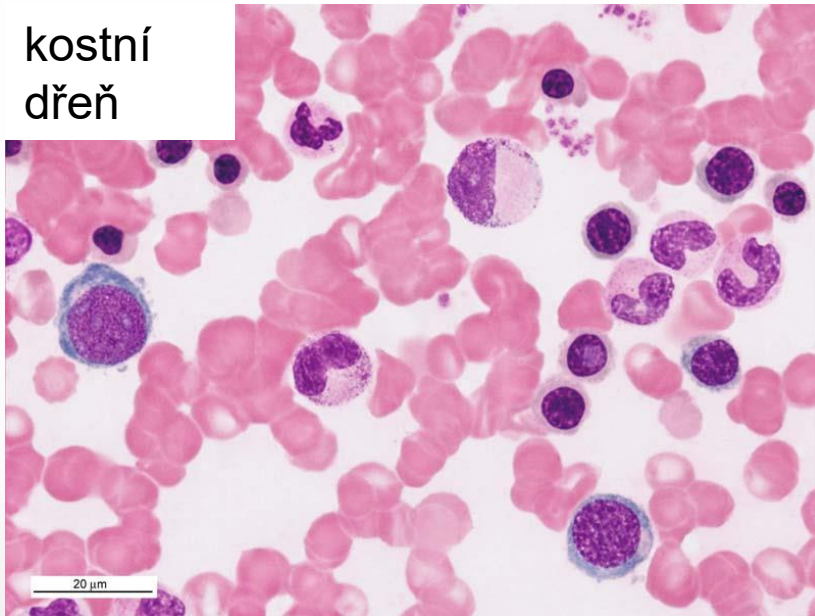
- **dvojitá biomembrána**
- **vnější** jaderná membrána (+ ribosomy)
- **vnitřní** jaderná membrána
- perinukleární prostor (40 – 70 nm) – napojení ER
- jaderné póry kryté diafragmou (60-70 nm  $\varnothing$ ) – transport látek



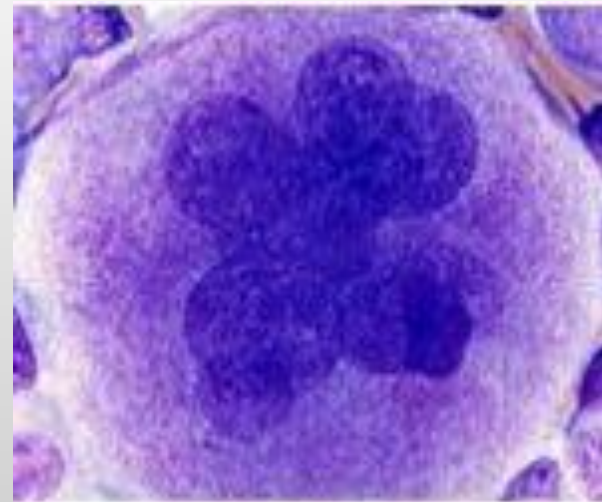
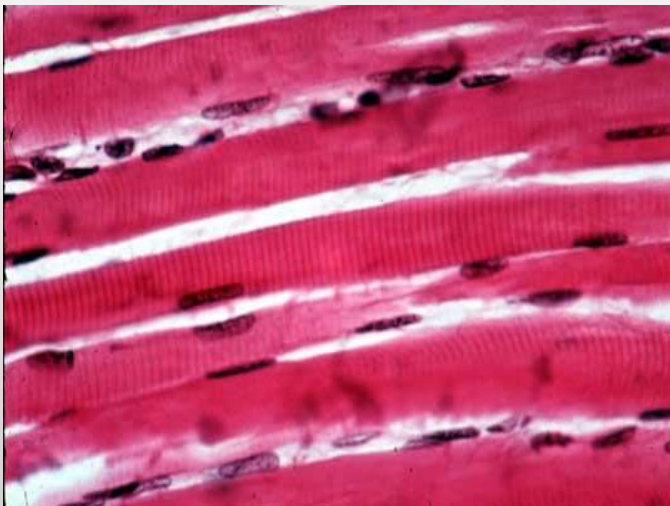
mRNA opouští jádro

# Jádra a jadérka

kostní  
dřeň



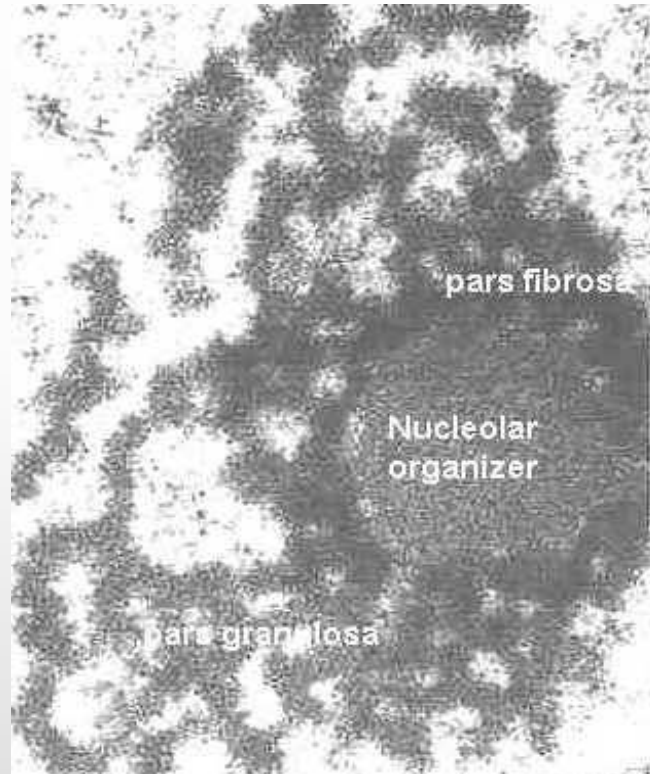
mozeček



# Jadérko (nucleolus)

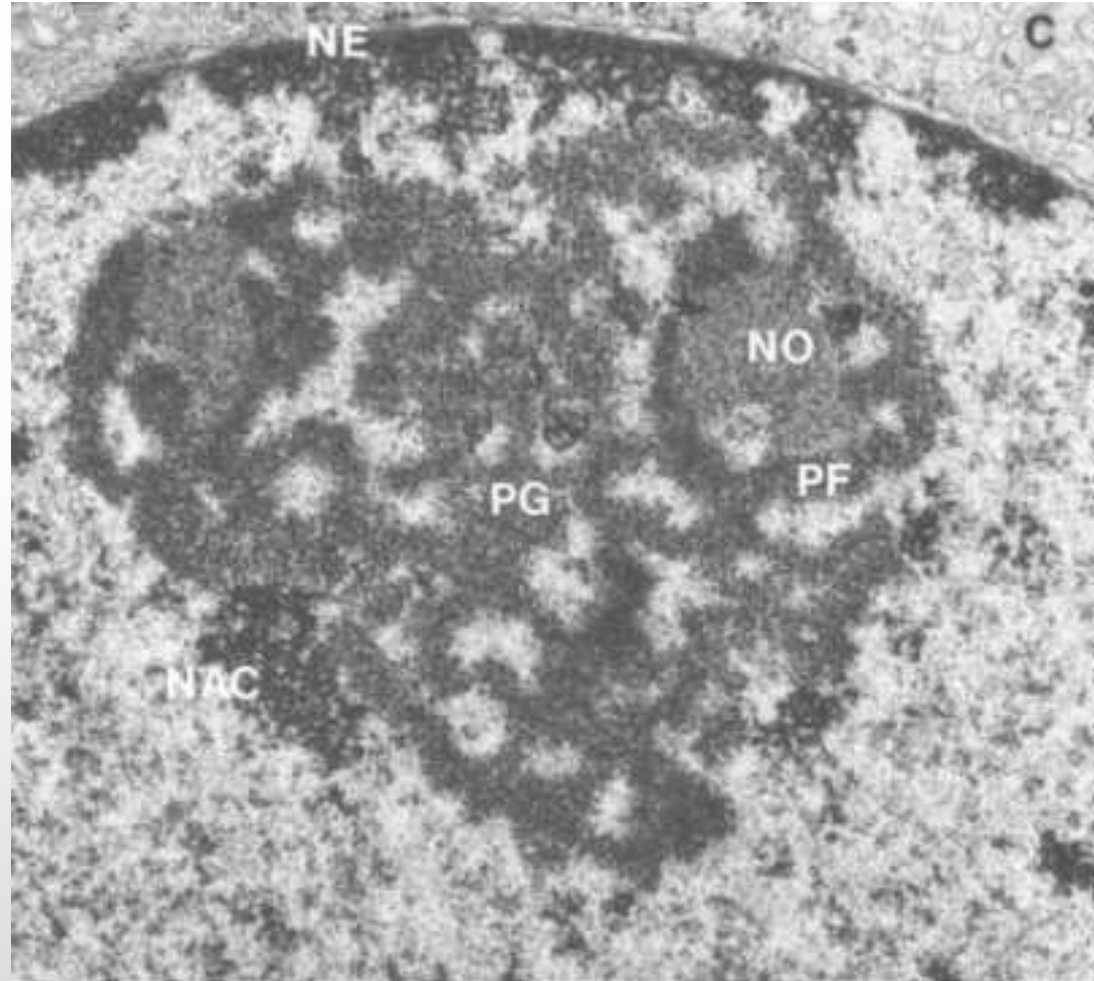
- nekonstantní počet – mizí v profázi, objeví se v telofázi
- měří 1 – 2  $\mu\text{m}$ , **neohraničené**, sférického tvaru
- složení - RNA, proteiny, DNA
- produkce ribosomů

- pars fibrosa
- pars granulosa
- fibrilární centra

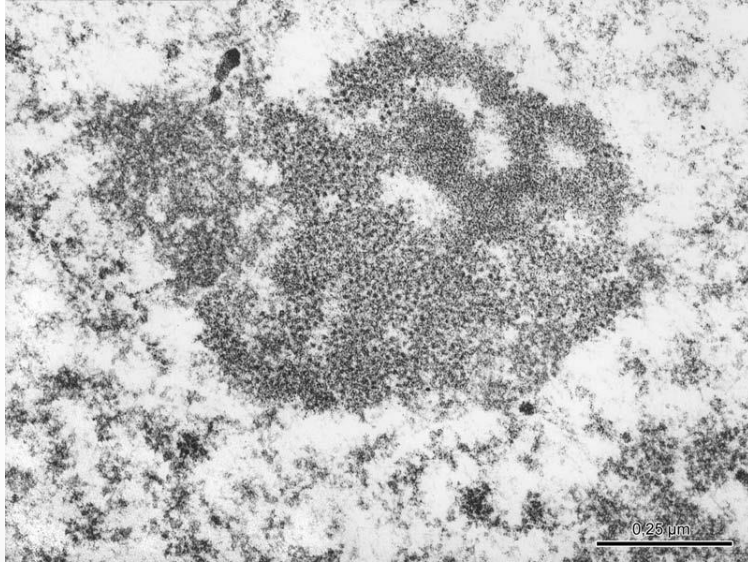


# Jadérko

- Struktura
  - fibrilární centra DNA nukleolárního organizátoru
  - pars fibrosa RNA fibrily o  $\varnothing$  3-5 nm
  - pars granulosa RNA granula (preribosomy) o  $\varnothing$  15-20 nm
  - perinukleolární chromatin /asociovaný s jadérkem/
- Funkce
  - místo syntézy a dozrání rRNA
- Barvitelnost
  - barví se intenzivně hematoxylinem
  - nebo je světlejší než jádro

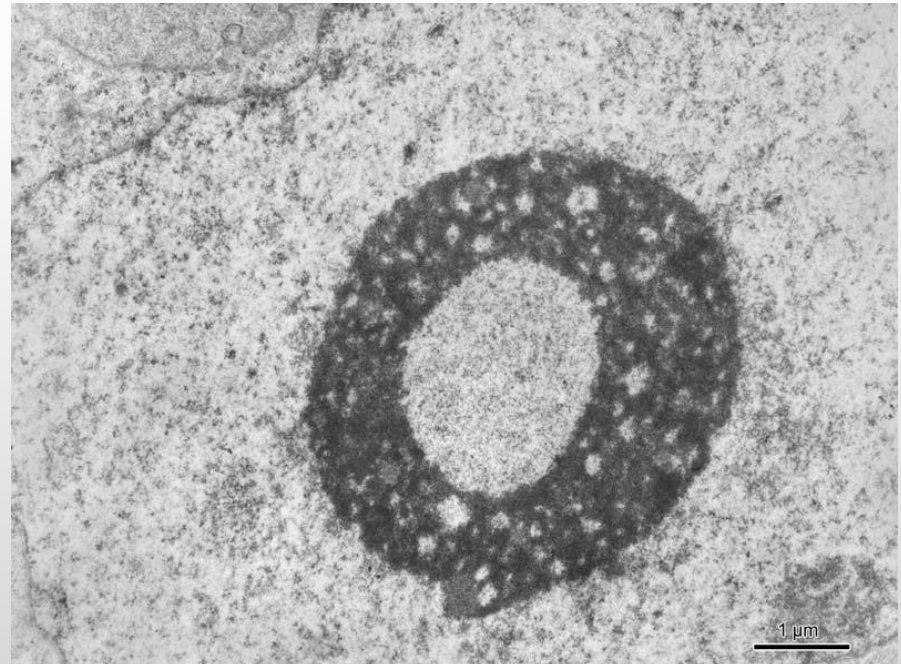
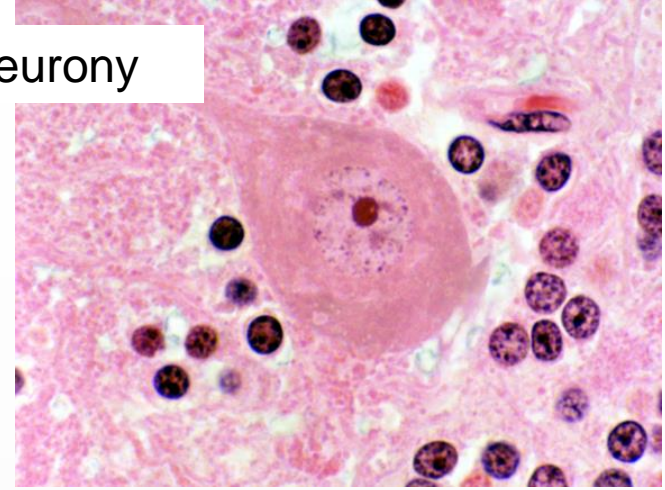


# Jadérko



- retikulární
- kompaktní
- prstenčité

neurony



# Chromosomy (M-fáze)

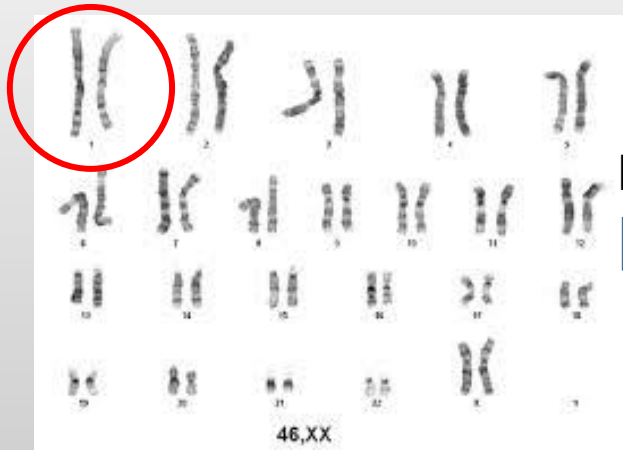
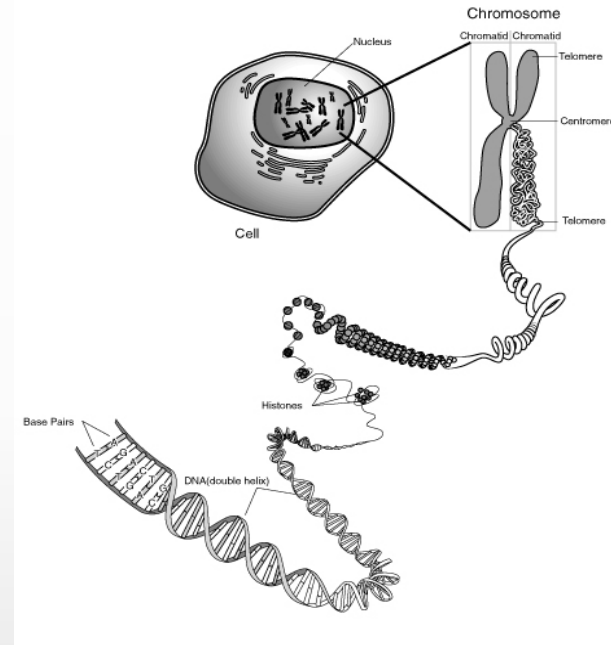
- viditelná kondenzovaná vlákna DNA během mitózy

**diploidní sada chromosomů = 2x23  
v každé somatické buňce**

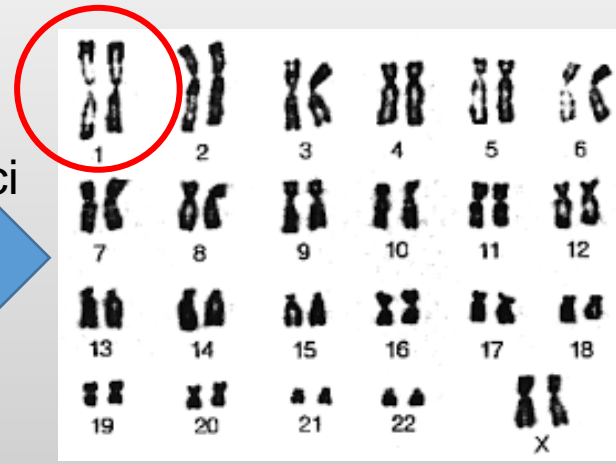
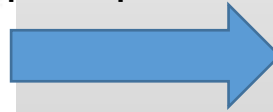
♀ 44 + XX (46,XX)

♂ 44 + XY (46,XY)

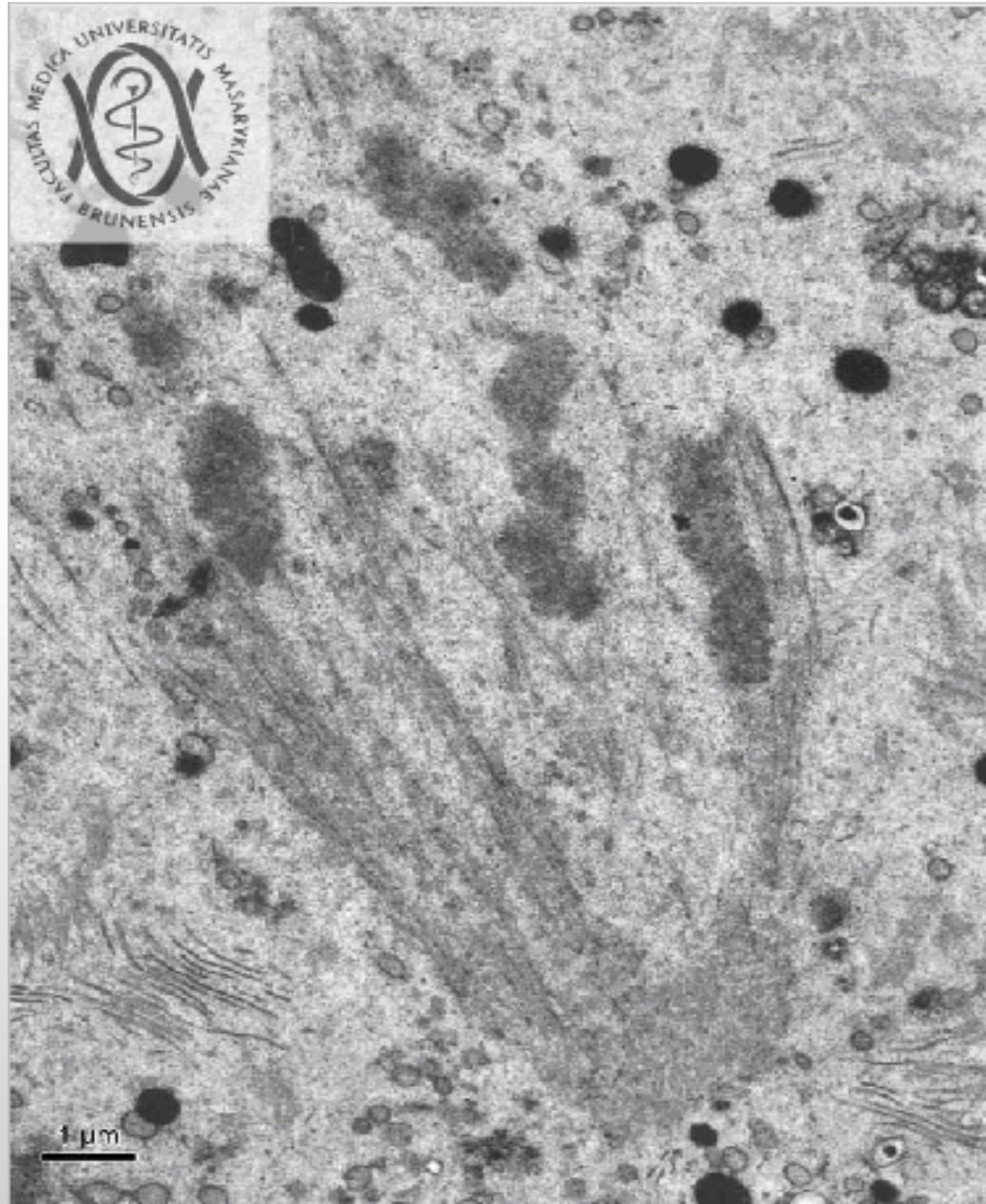
- 2 chromatidy (po replikaci)
- centromera – spojení chromatid, připojení dělicího vřeténka



po replikaci

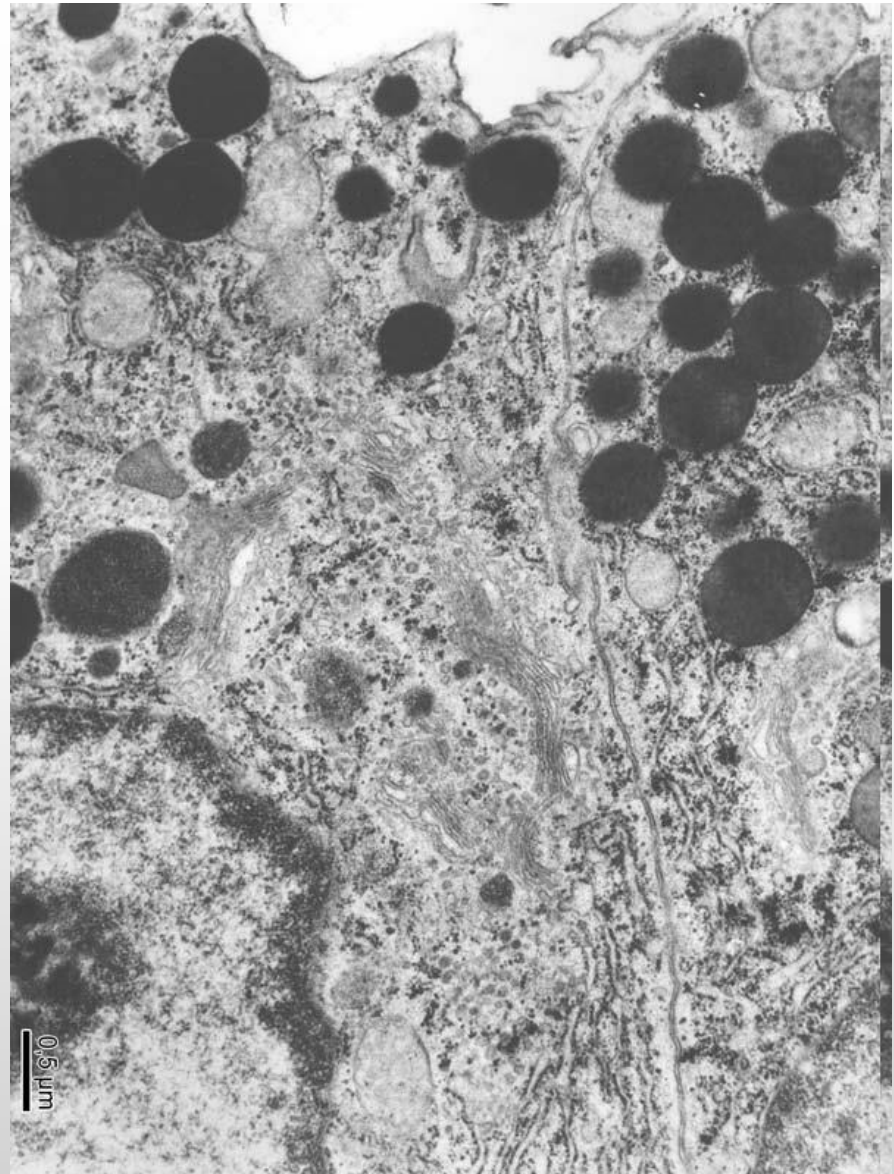


# Chromosomy (M-fáze)



# Buněčné organely vs buněčné inkluze

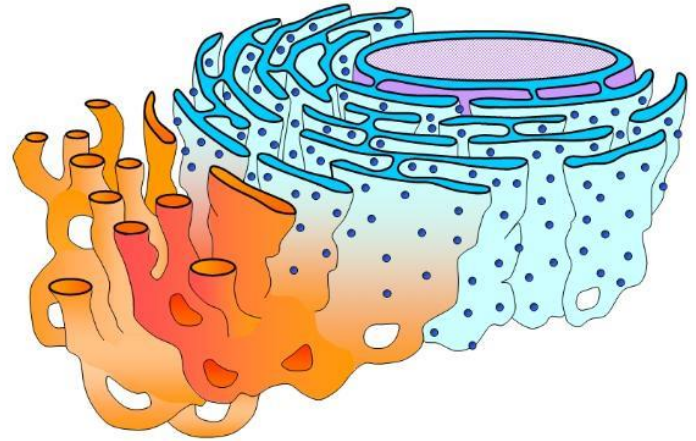
- Mitochondrie
- Endoplazmatické retikulum
  - granulární – drsné ER /GER/
  - agranulární – hladké ER /AER/
- Golgiho aparát
- Lyzosomy a endosomy
- Peroxisomy
  
- Ribosomy
- Centrioly





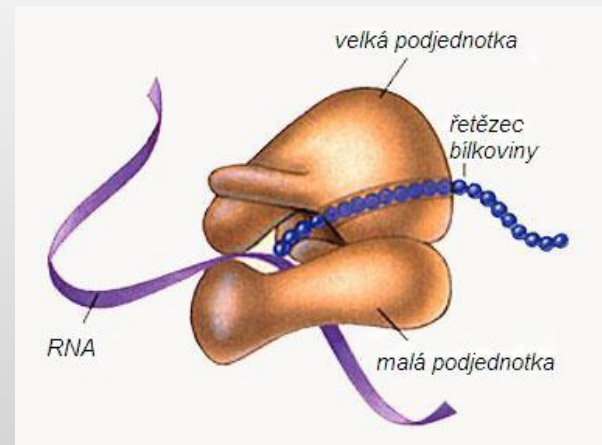
## Membránové struktury

- cytoplazmatická membrána
- endoplazmatické retikulum
- Golgiho aparát
- mitochondrie
- lyzosity, endosomy, peroxisomy



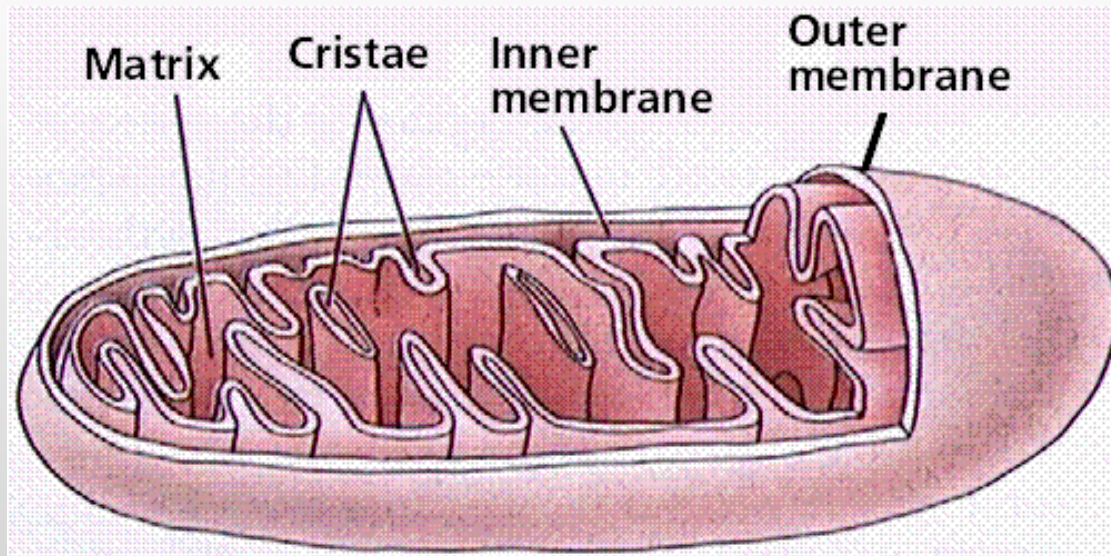
## Struktury bez membrány

- ribosomy
- cytoskelet
  - centriol
- inkluze



# Mitochondrie

- semiautonomní organela – vlastní DNA a ribosomy
- dvojitá membrána – vnější, vnitřní – cristae nebo tubuli mitochondriales
- tvar - kulatý, oválný (až vláknitý)
- velikost - 0,5  $\mu\text{m}$  x 2  $\mu\text{m}$ , protáhlé až 10  $\mu\text{m}$
- počet: různý dle metabolické aktivity buňky a jejich nároků na dodání energie (např. v jaterní buňce 1000 – 2500 mitochondrií)
- matrix – enzymy (65-70%), lipidy (25-30%), NK (3%), ADP, ATP atd.

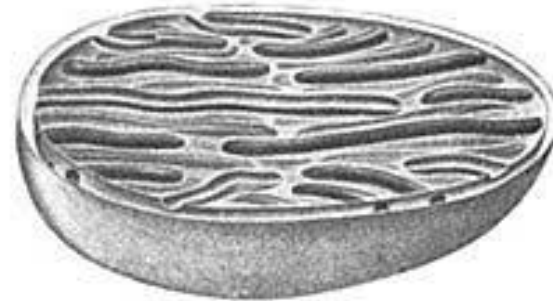


# Mitochondrie - mitochondriální krysty

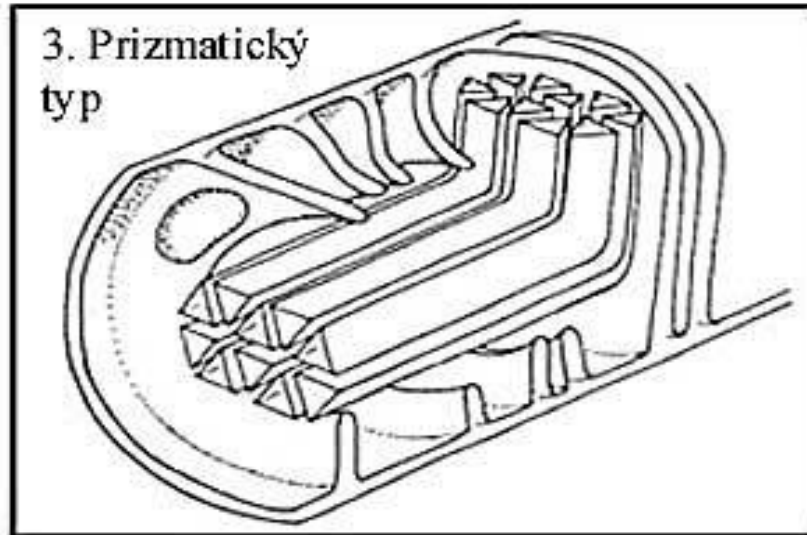
1. Kristový typ



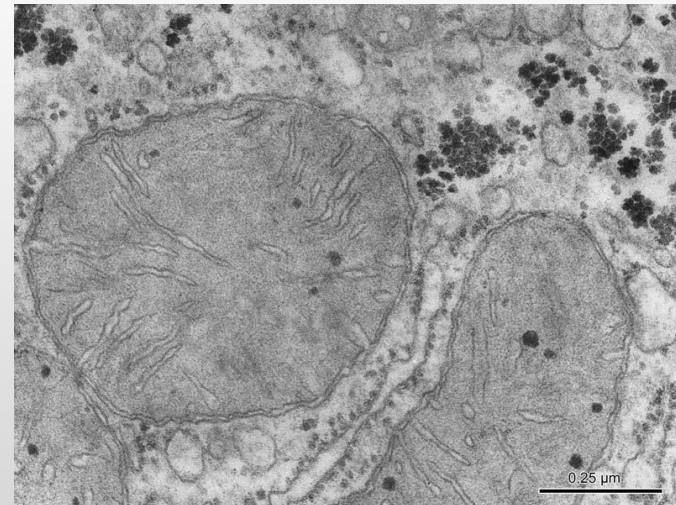
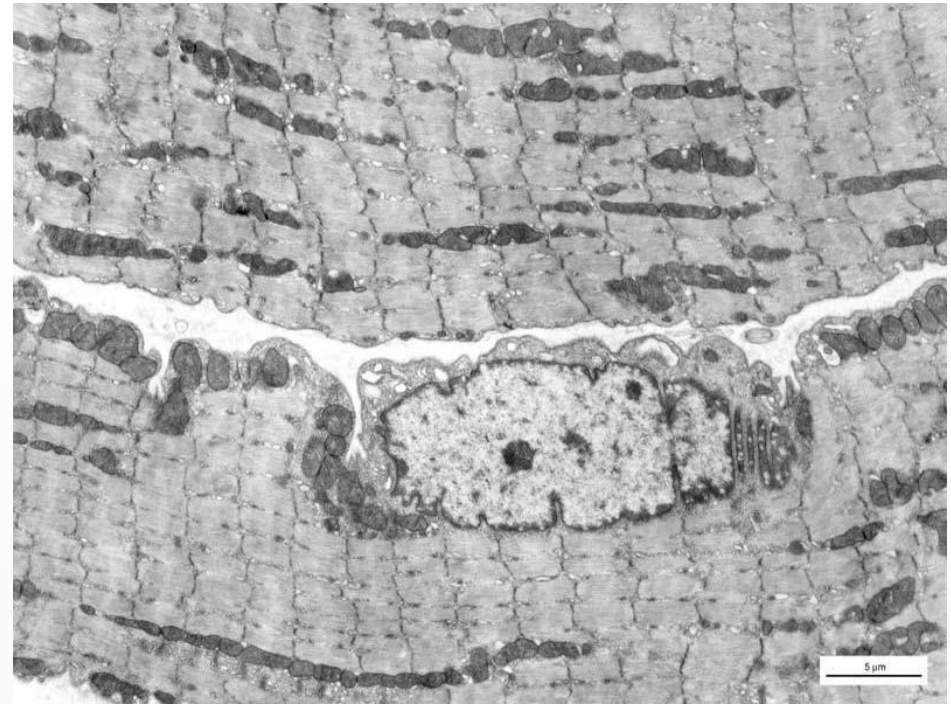
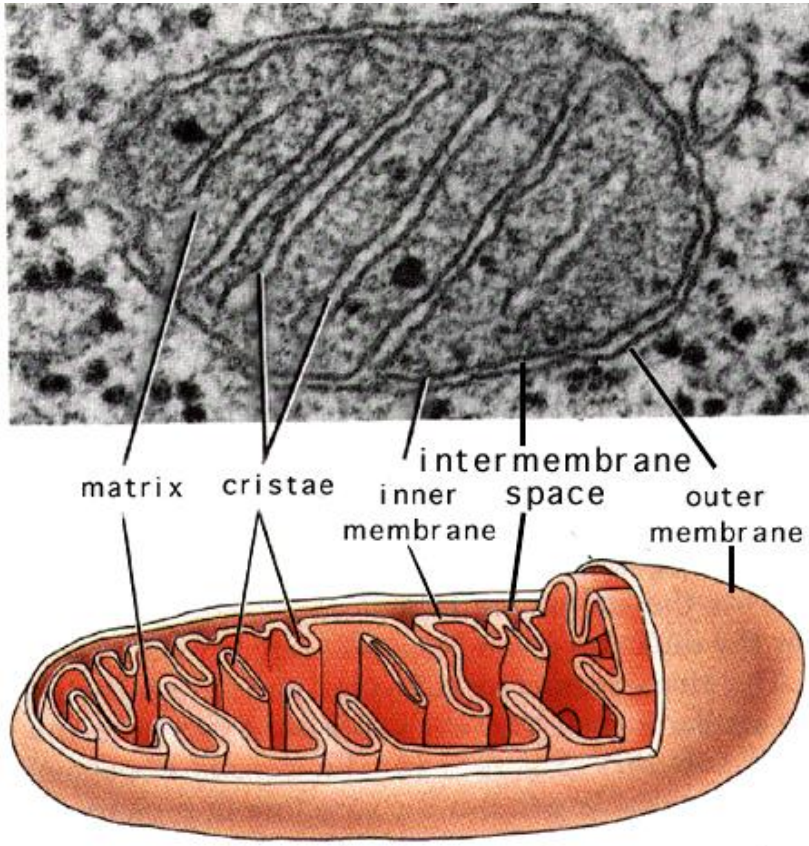
2. Tubulární typ



3. Prizmatický  
typ



# Mitochondrie

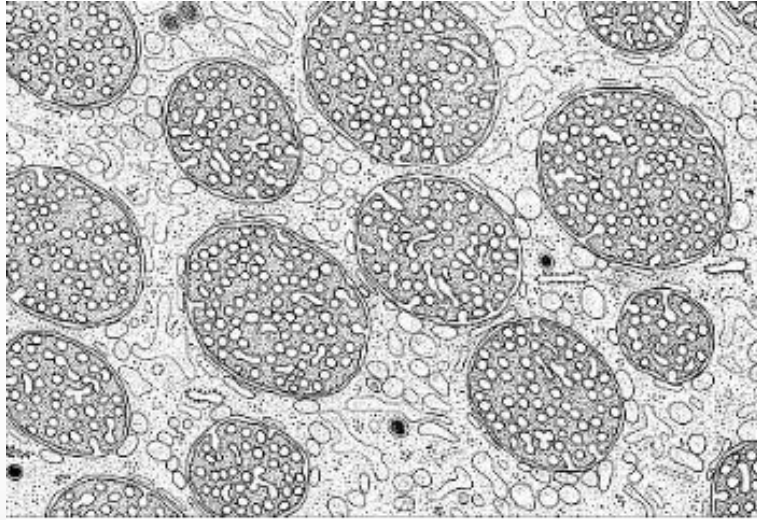


Tloušťka: 0.5-1  $\mu\text{m}$

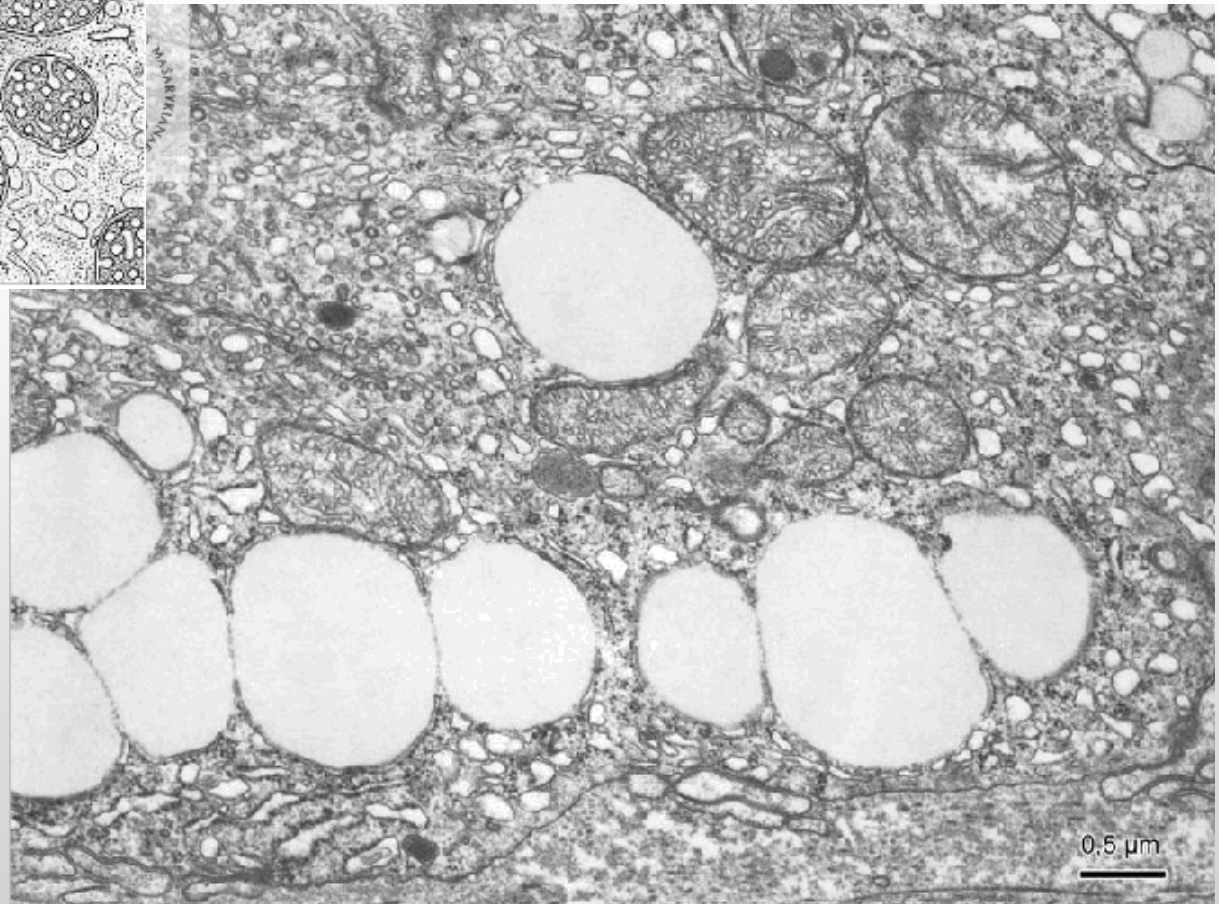
Délka: 1-10  $\mu\text{m}$

počet krist!!

# Mitochondrie



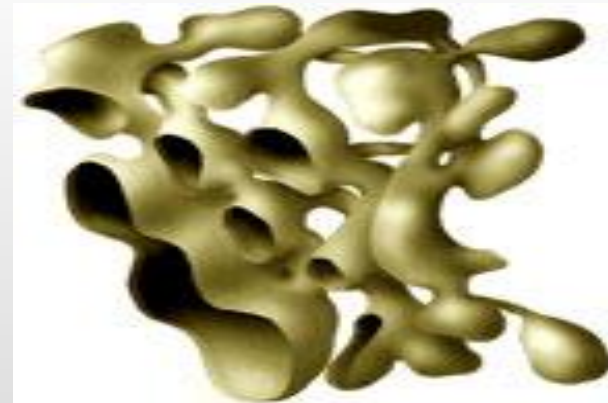
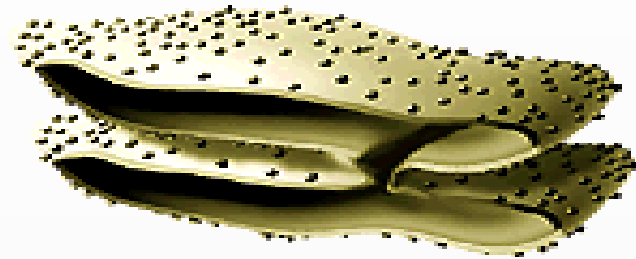
s tubuly – steroidogenní buňky



# Endoplazmatické retikulum

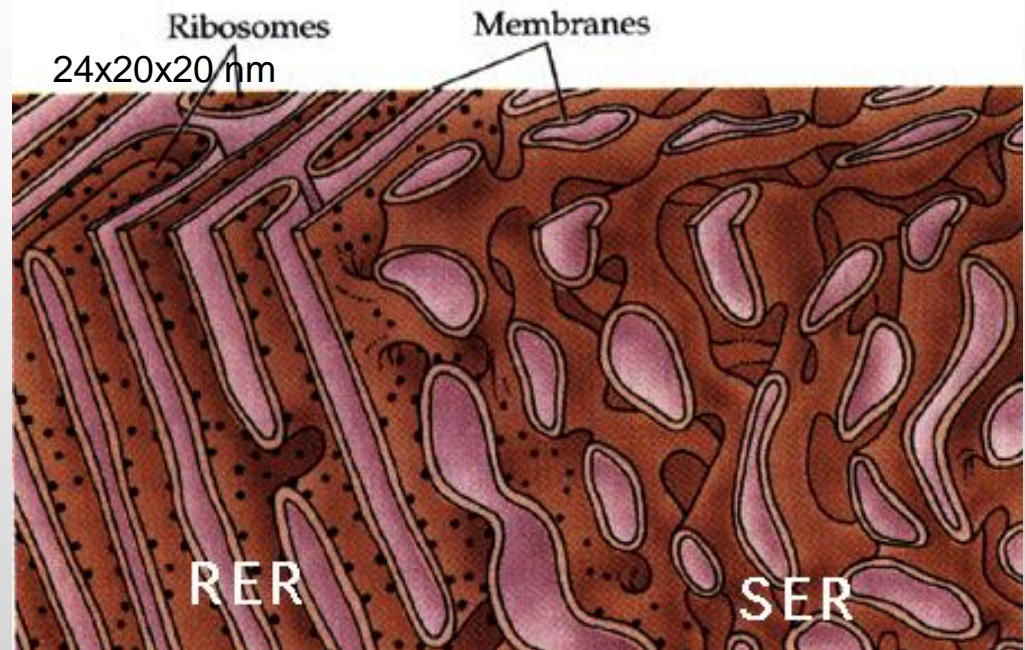
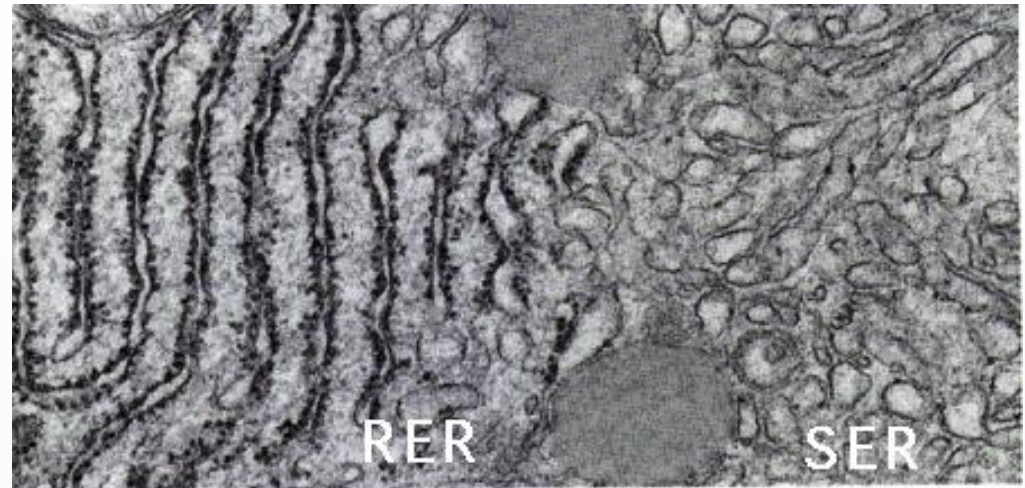
členitý, 3D systém membrán  
v cytoplazmě buňky – 2 formy:

- **Zrnité (granulární) ER – GER:**  
systém plochých, anastomozujících  
cisteren + (poly)ribosomy reversibilně  
vázané na membránu
- **Hladké (agranulární) ER – AER:**  
systém tubulů a váčků  
s membránou, bez ribosomů



# Granulární a agranulární ER - funkce

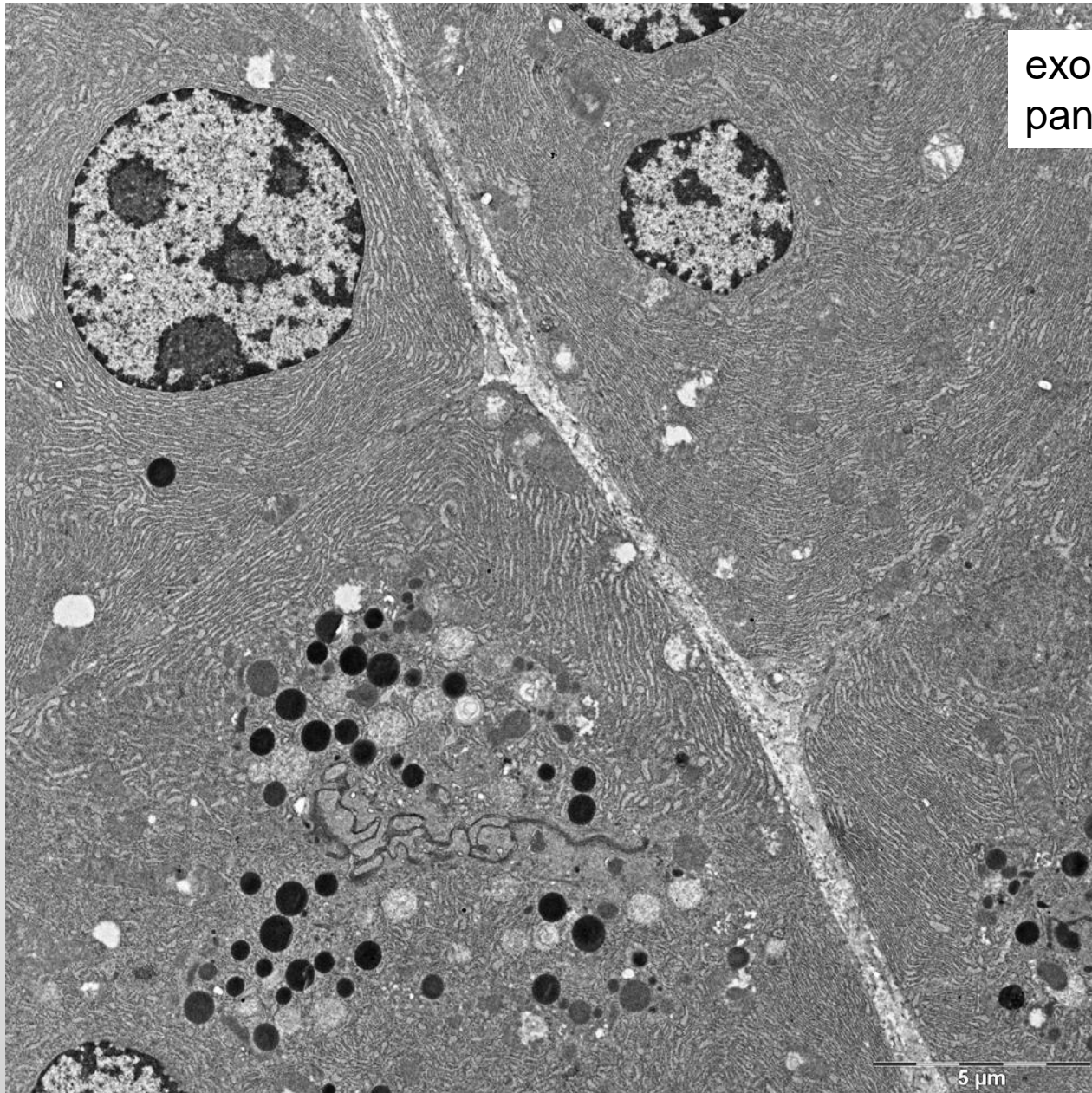
- GER
  - proteosyntéza na export
- AER
  - lipidový a cholesterolový metabolismus /syntéza steroidních hormonů/
  - syntéza membrán
  - detoxikace určitých látek a toxinů
  - Ca<sup>++</sup> zásobárna /pool/
  - metabolismus glykogenu



cisterny

síť tubulů a váček

# Granulární ER

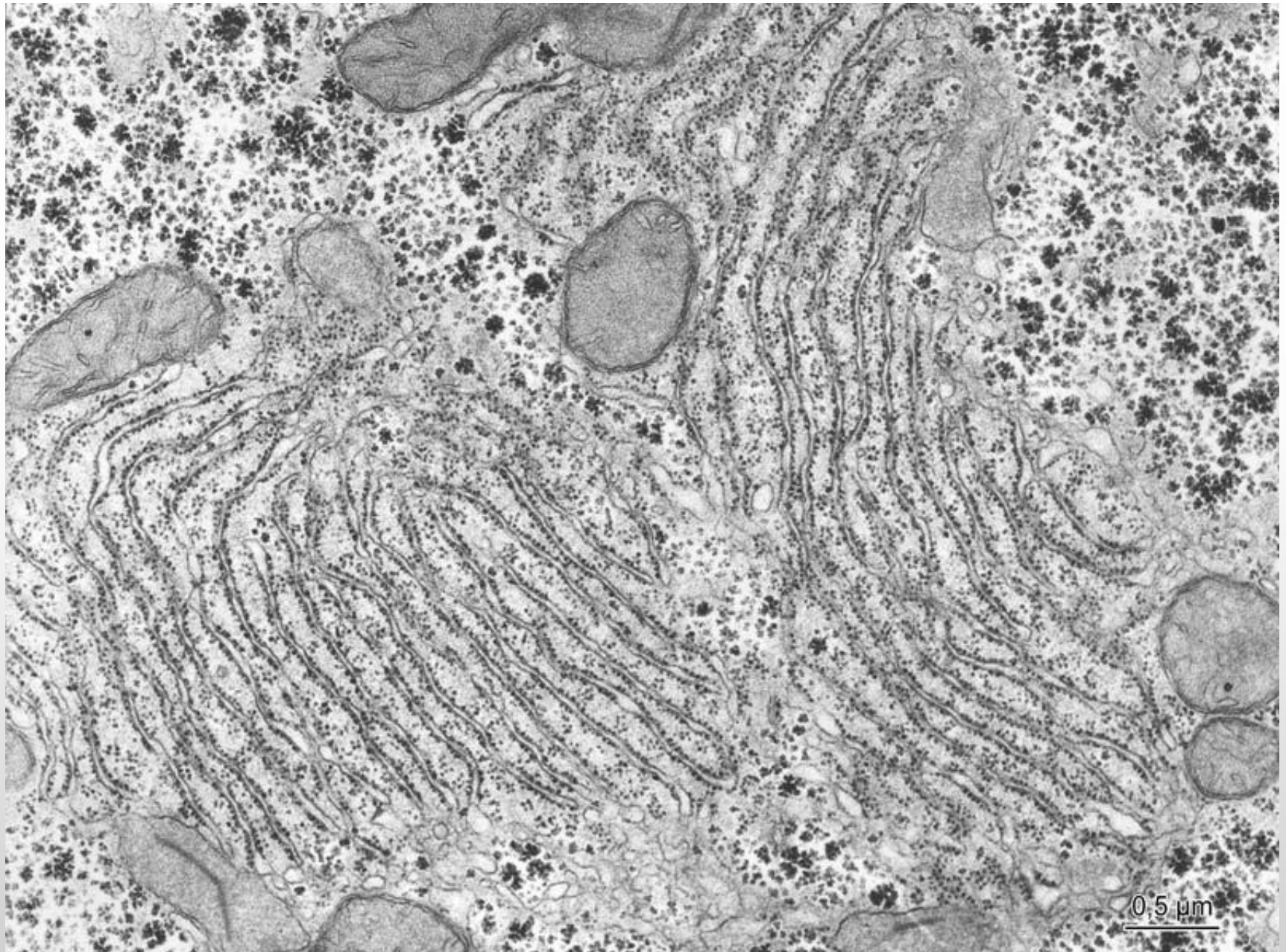


exokrinní  
pankreas

5  $\mu$ m

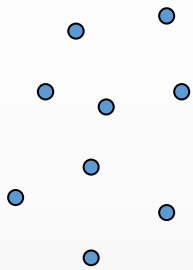


# Granulární ER

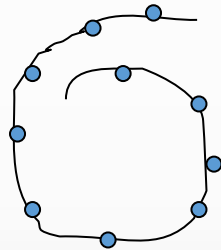


# Ribosomy

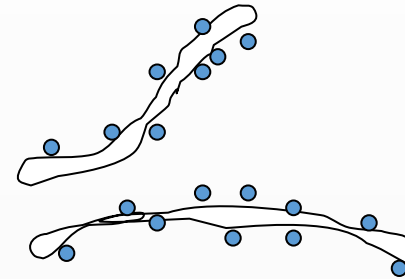
- tělíška složená ze 2 podjednotek
- velikost ribosomu: 20 nm Ø



volné  
ribosomy



polyribosomy

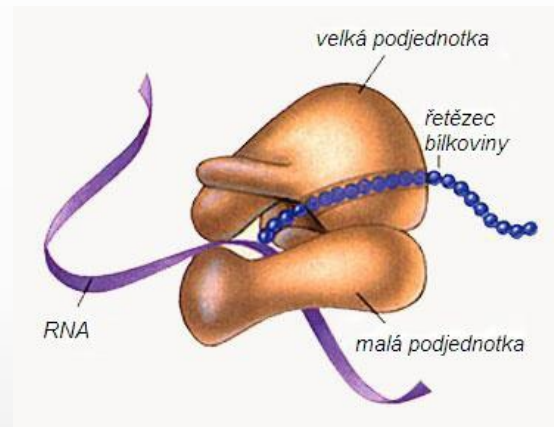
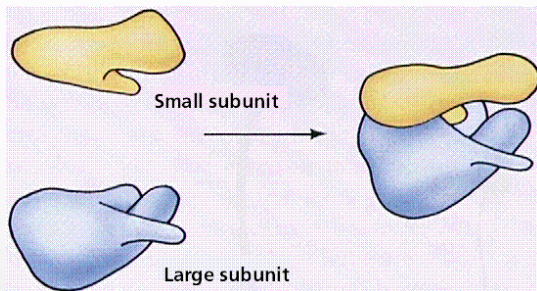
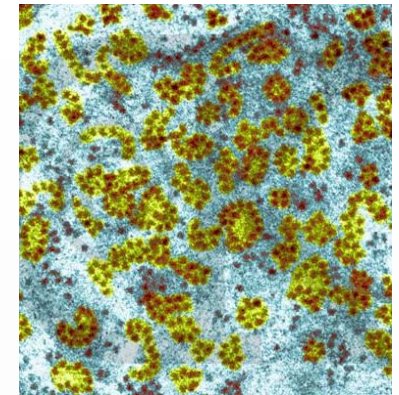
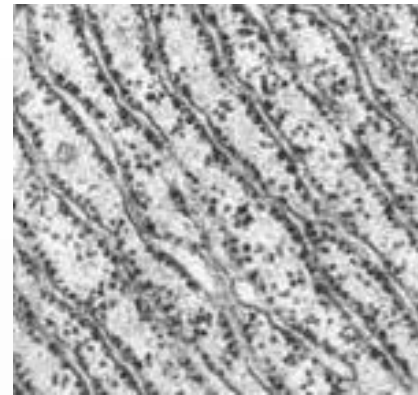


ribosomy na  
endoplazmatickém  
retikulu

proteosyntéza „pro buňku“ a „na export“ (např. žlázné bb.)

# Ribosomy

monosomy x polysomy  
/vzhled spirál nebo roset/



TRANSLACE



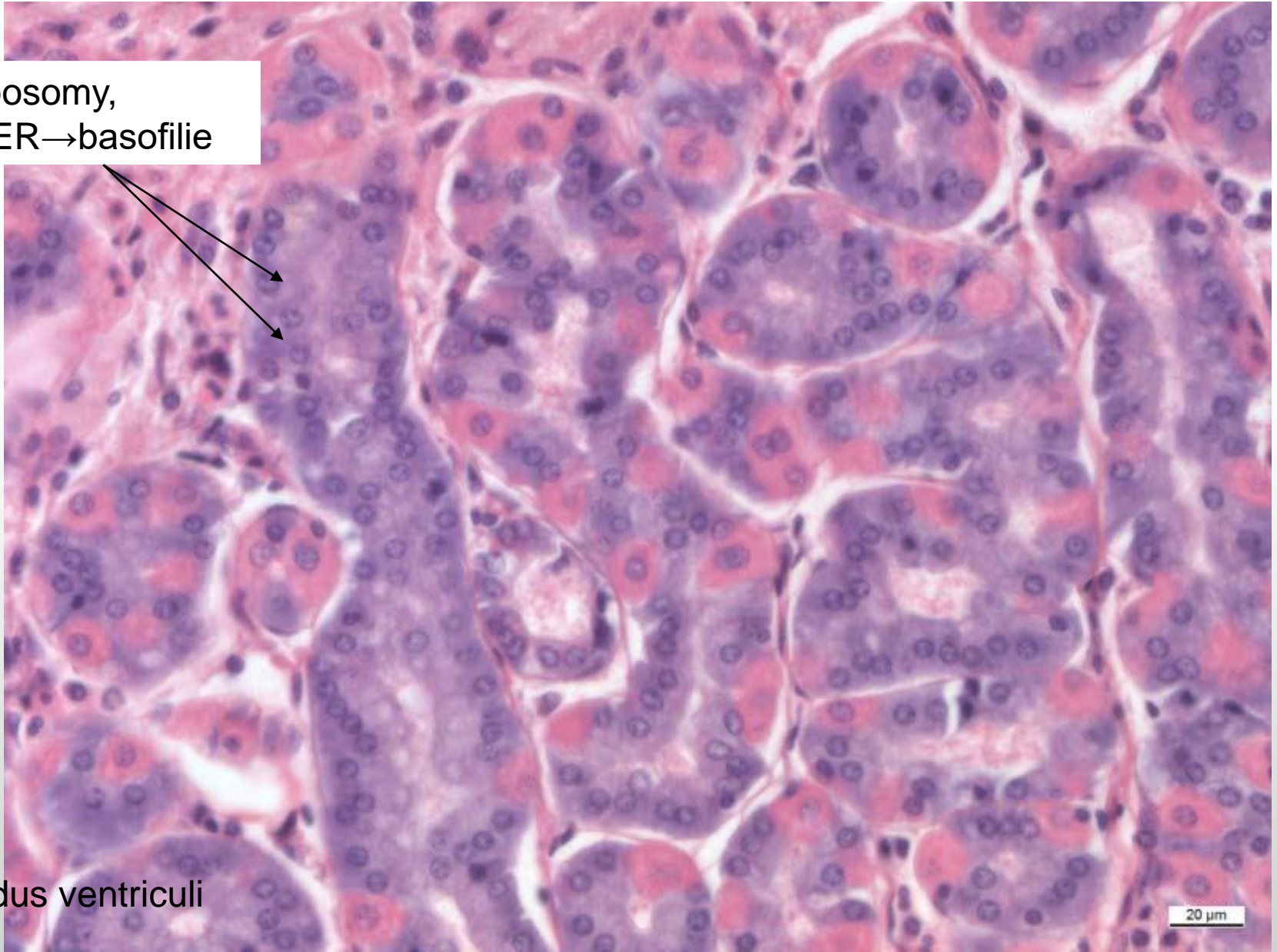
tRNA s aminokyselinou

mRNA



# GER - basofilní cytoplazma buňky (x acidofilní)

ribosomy,  
GER→basofilie



fundus ventriculi

20 μm

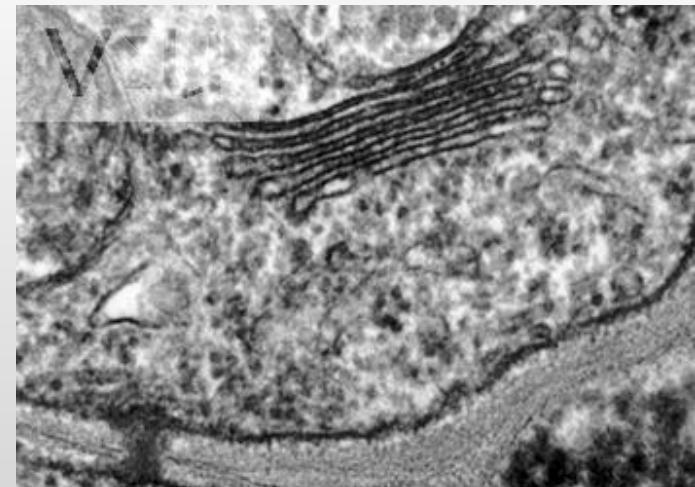
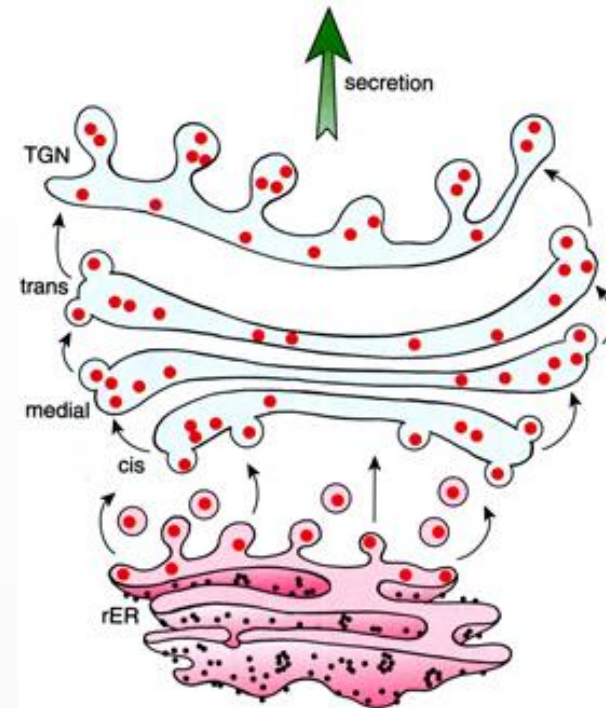
# Golgiho aparát

## • Struktura

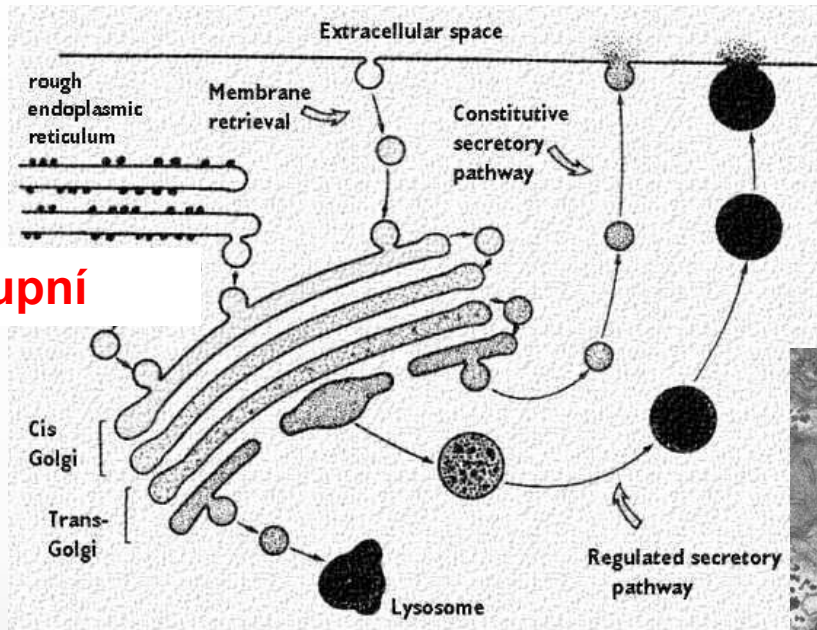
- paralelně uspořádané cisterny (3-10)
- malé váčky
- větší vakuoly

## • Funkce

- finalizace produktů vyrobených buňkou
- produkty
  - sekreční granula /na export/
  - primární lyzosomy
  - části buněčné membrány

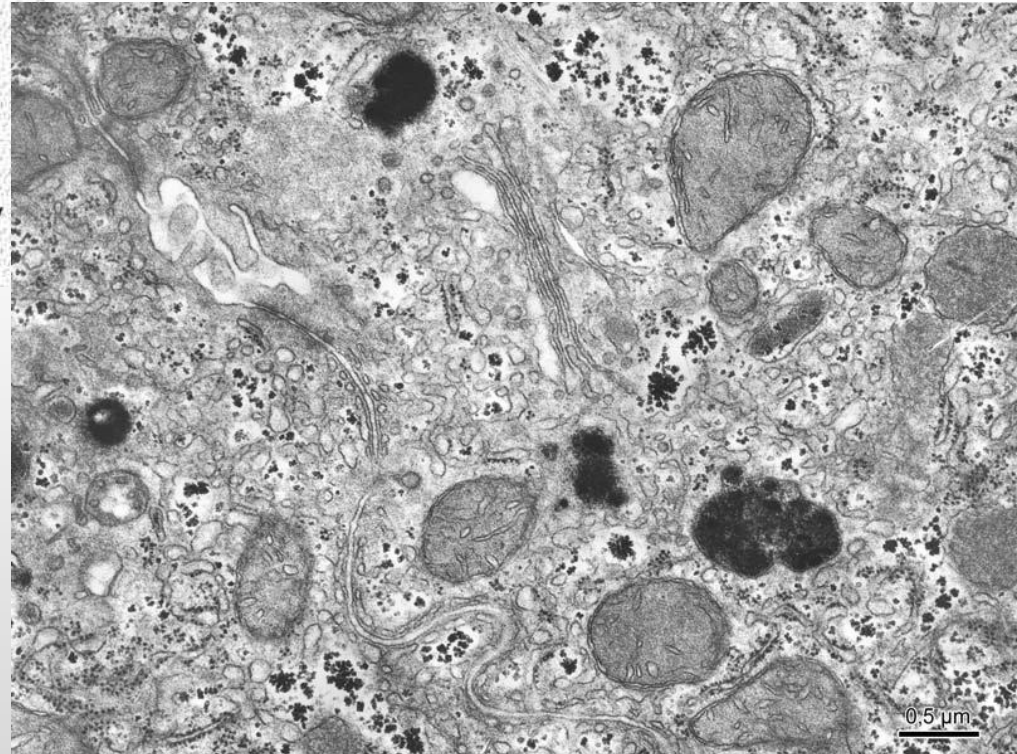


# Golgiho aparát

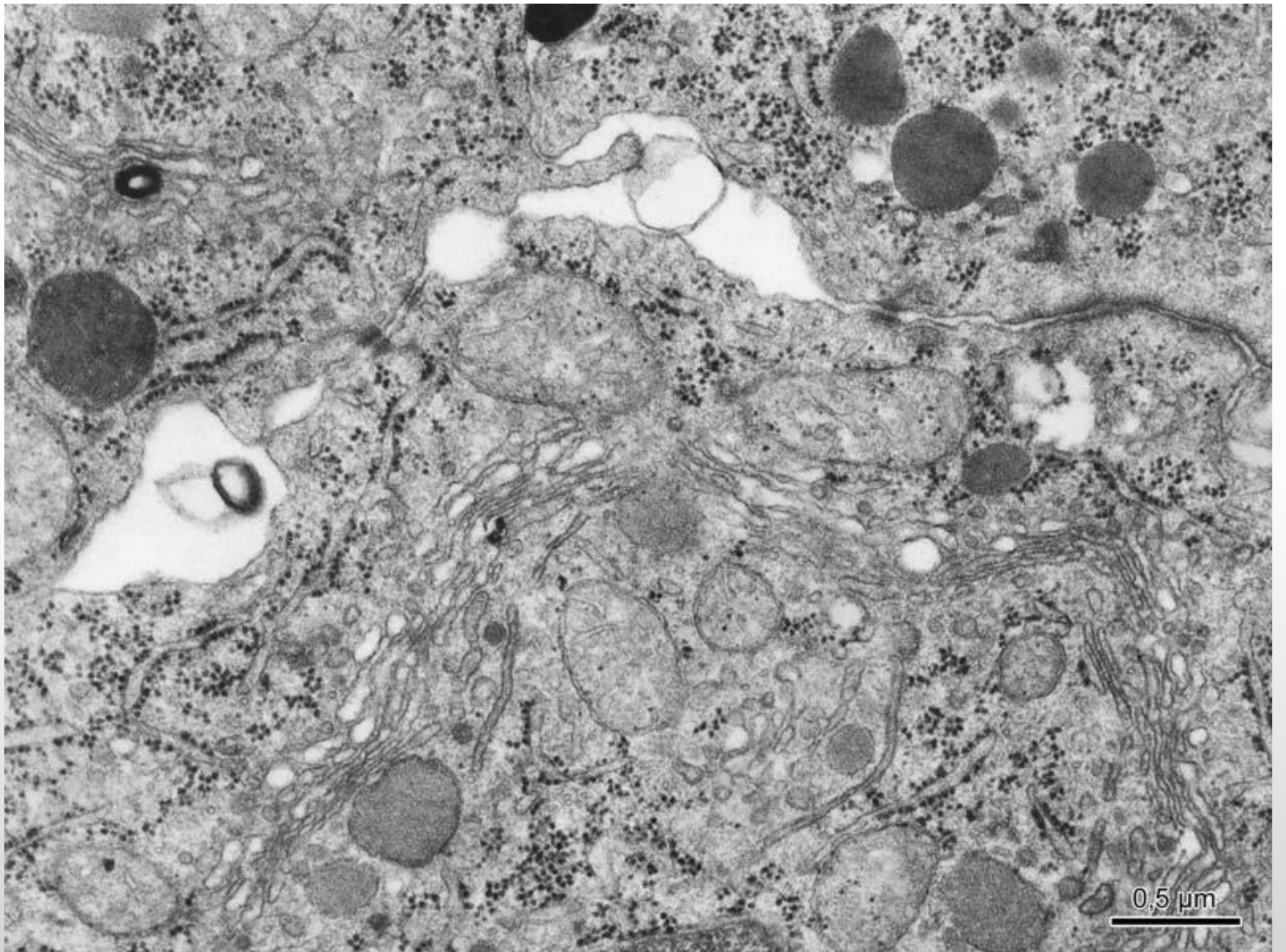


vstupní

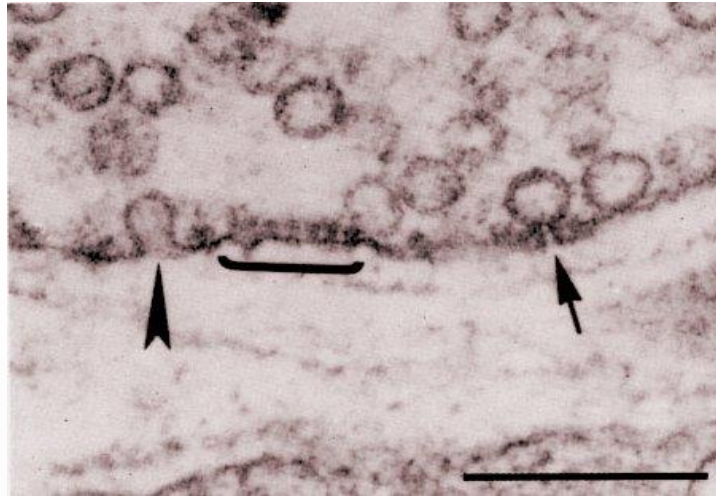
maturační



10 – 20 na buňku



# Endosomy

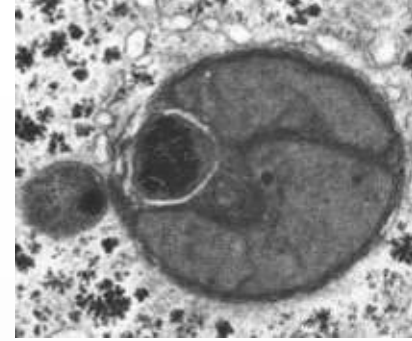
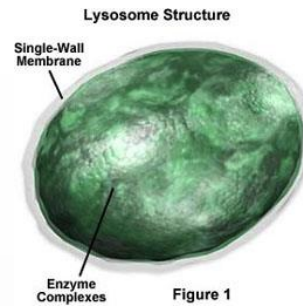


- membránové váčky ( $\emptyset$  20-150 nm) - vstup do buňky – pinocytózou

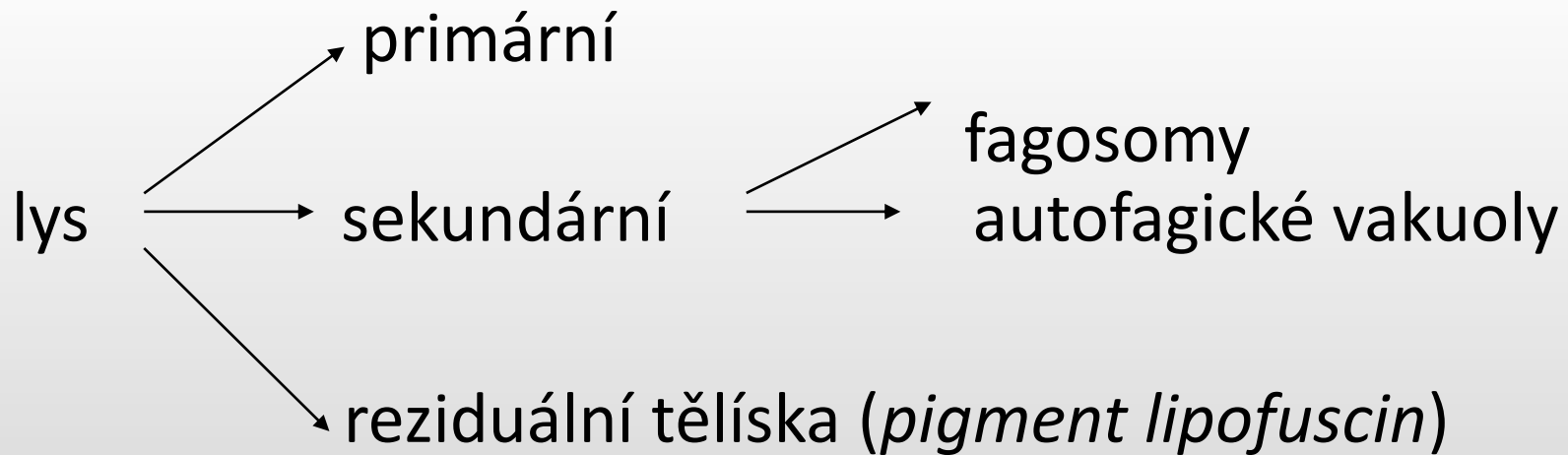
osud v buňce  $\begin{cases} \rightarrow \text{transcytóza} \\ \rightarrow \text{fúze s ly} \Rightarrow \text{sekundární ly} \end{cases}$



# Lyzosomy

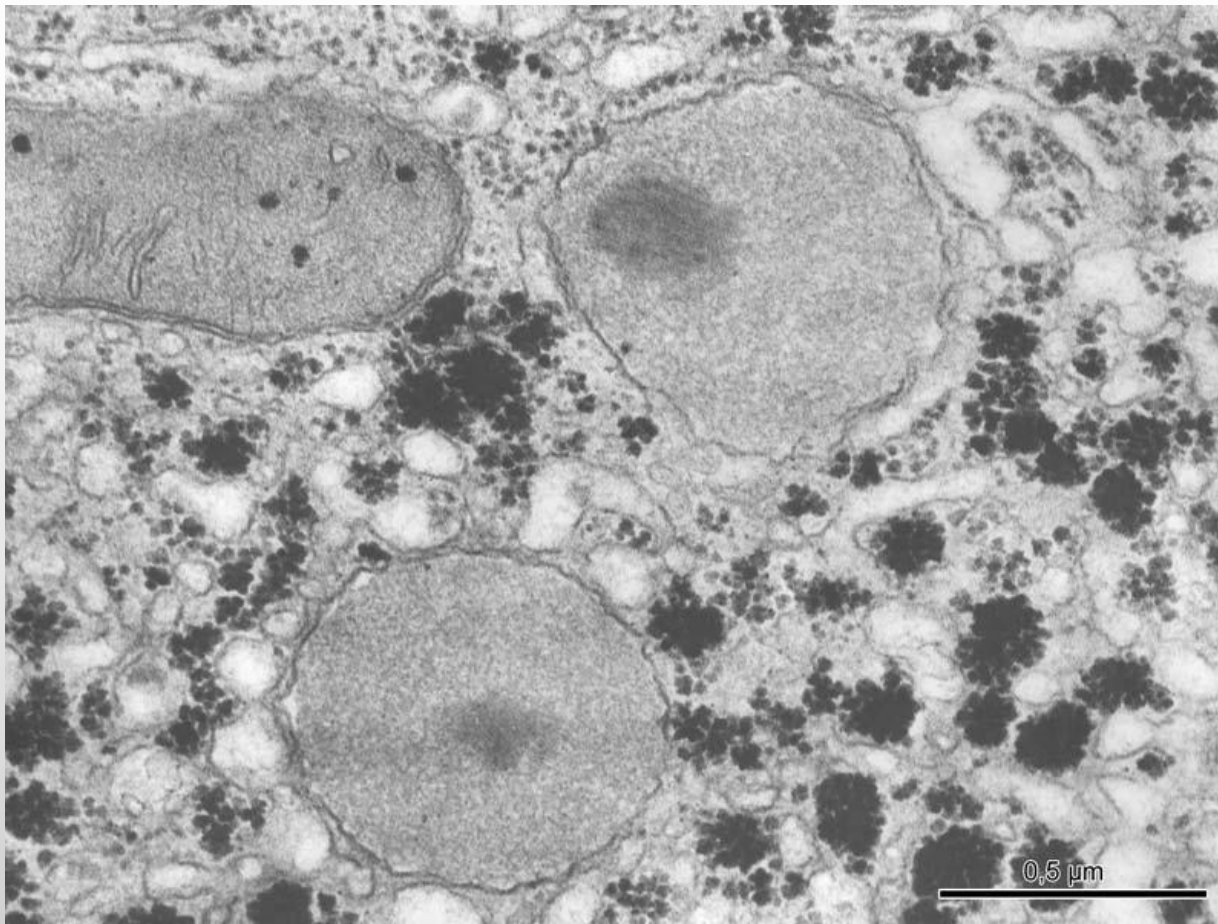


váčky – od  $0,5 \mu\text{m}$   $\emptyset$ , jednoduchá membrána, matrix s hydrolytickými enzymy kyselého pH (*kyselá fosfatáza, karboxylesterhydrolázy, katepsiny, hyaluronidáza, nespecifická esteráza, lipáza, ribonukleáza, aj.*)



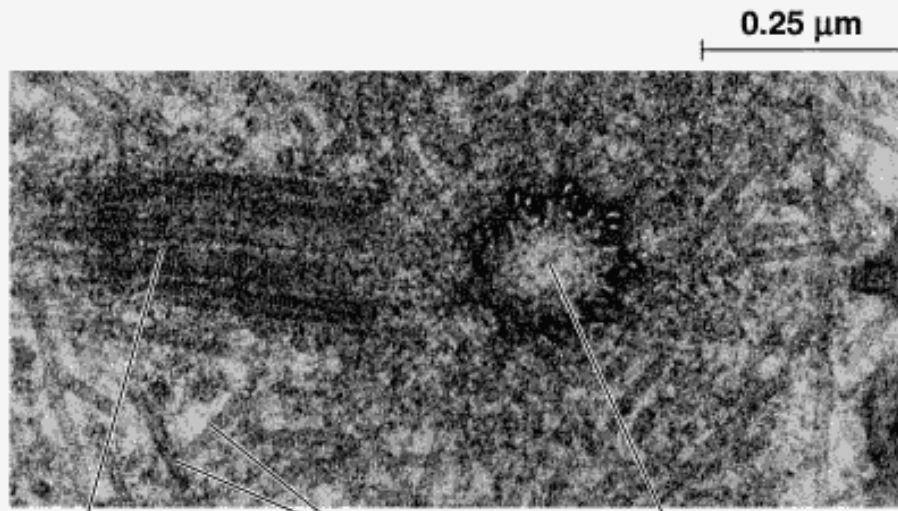
# Peroxisomy

- organely obalené membránou, četné v játrech..
- **nucleoid** – charakteristický tmavě denzní střed – ne u lidí
- obsahuje kolem 40 enzymů /kataláza, peroxidáza, oxidativní e./
- váčky – 0,1 - 0,5  $\mu\text{m}$   $\emptyset$
- funkce: detoxikační, syntéza lipidů..



# Centriol

- nemembránová organela
- složen z **9 sad tripletů mikrotubulů** /s částečně sdílenou stěnou – OCC/

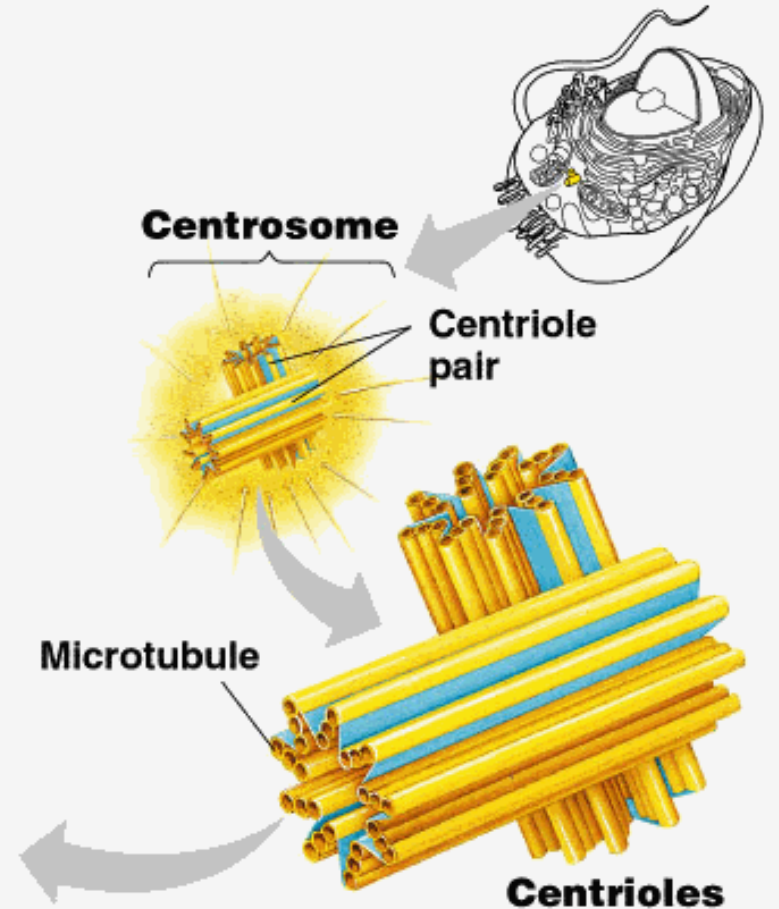


Longitudinal section of centriole

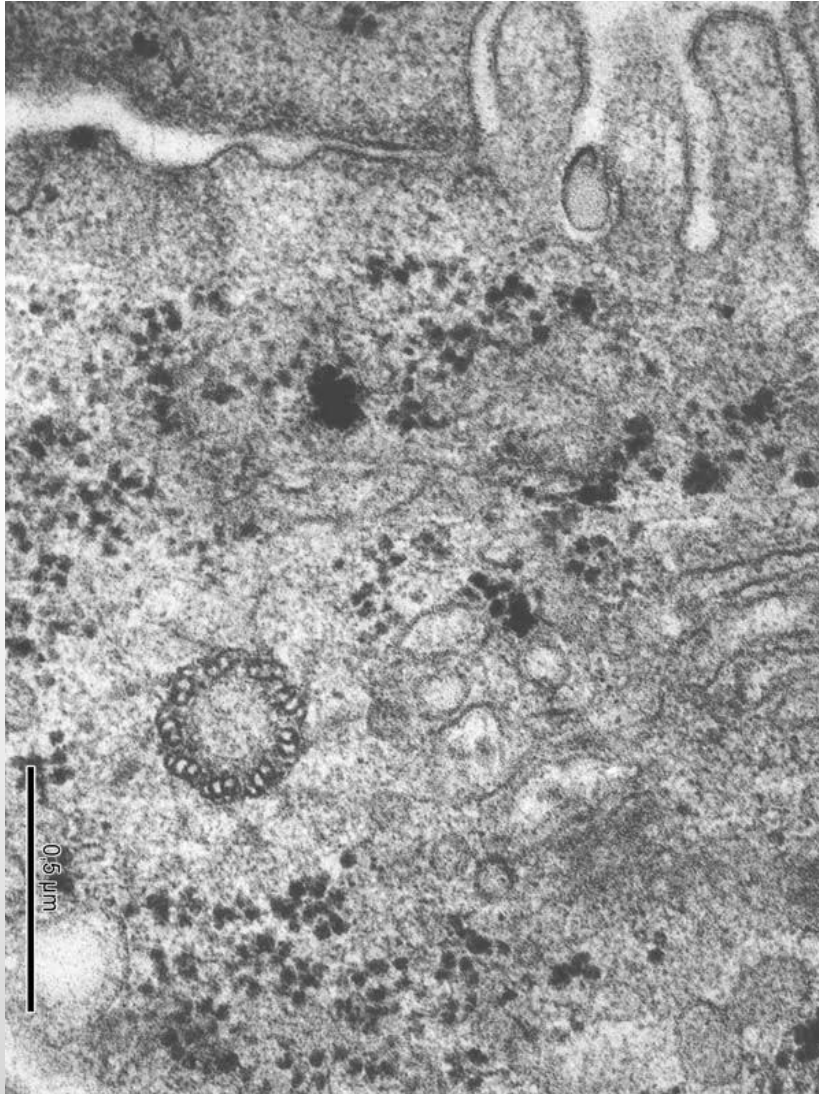
Microtubules

Cross section of centriole

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



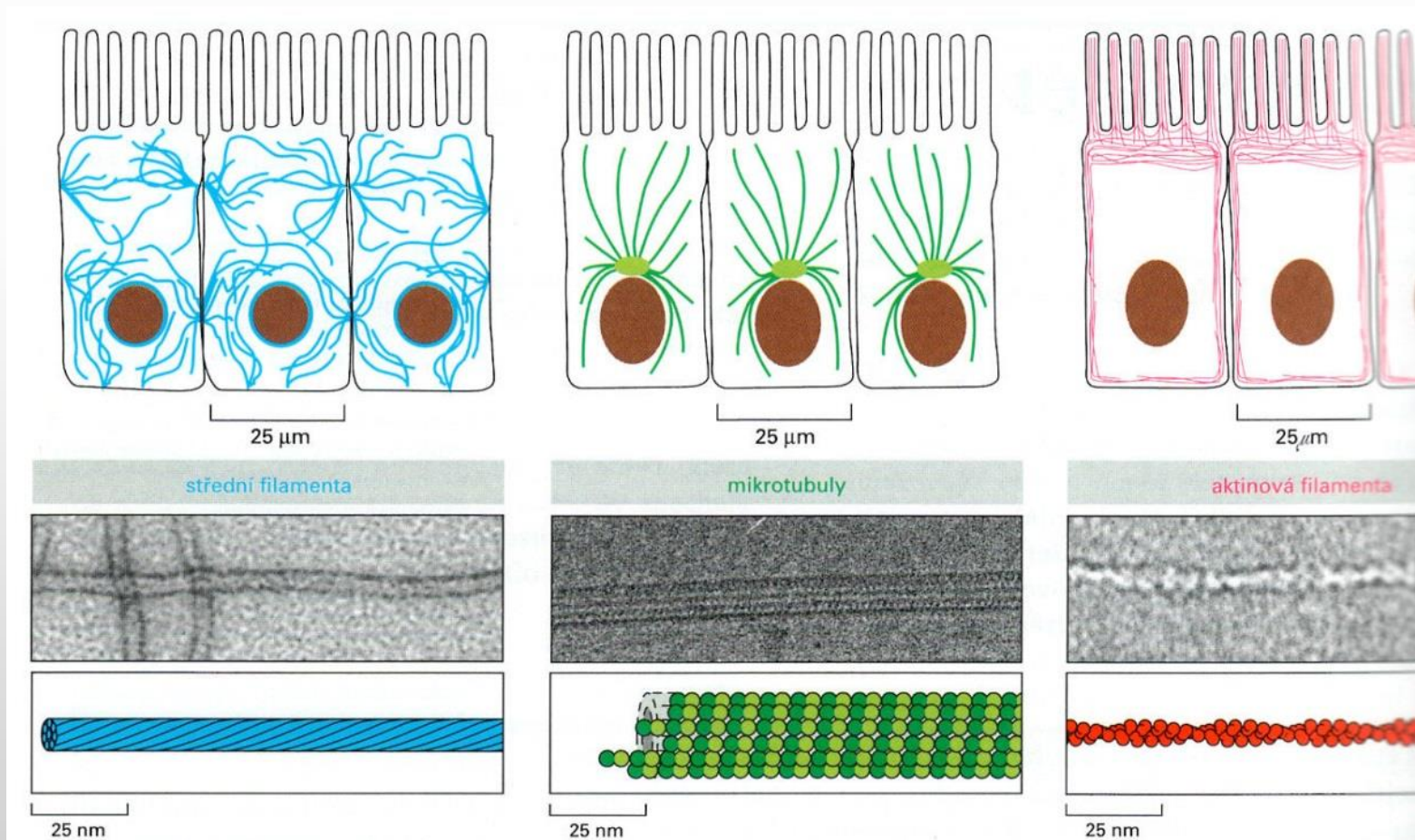
# Centriol



- organizátory pro stavbu dělicího vřeténka
- replikací vznikají bazální tělíska řasinek
- tvar: cylindr (válec)
- **velikost:**  $\emptyset$  0,2  $\mu\text{m}$ , délka 0,4 - 0,5  $\mu\text{m}$
- stavba: **9 tripletů** mikrotubulů po obvodu válce
- zřetelné v interfázi poblíž jádra  
- 1 pár centriolů kolmo na sebe

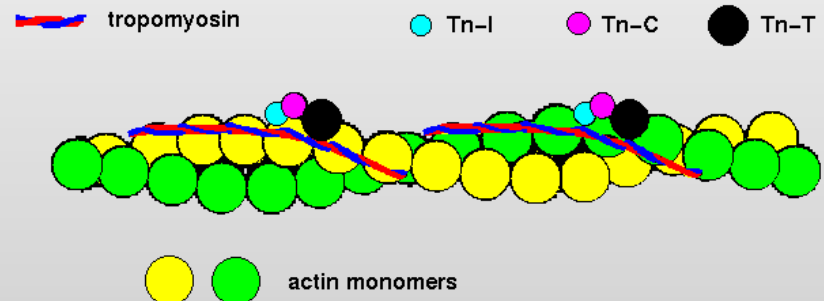
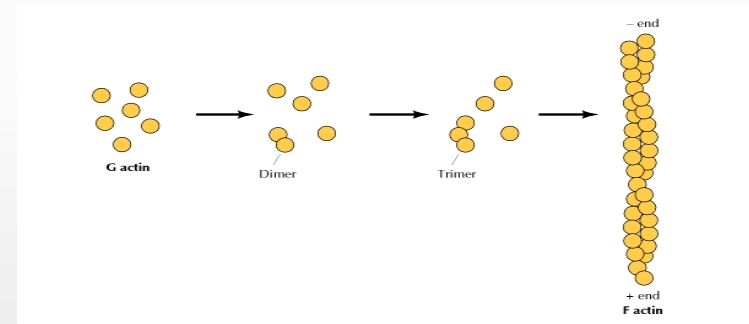
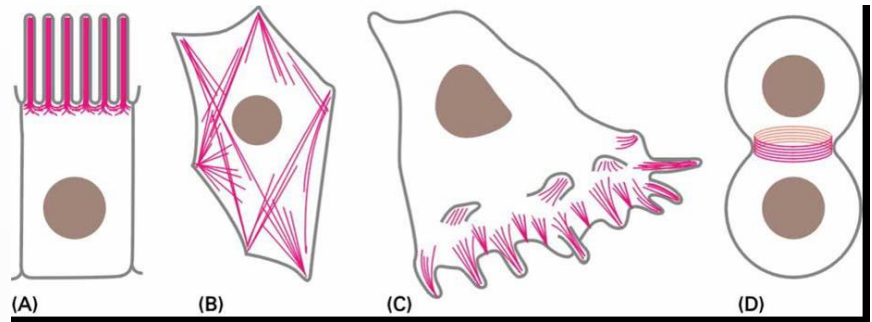
# Cytoskelet

- **Mikrotubuly** (válce o  $\varnothing$  22 nm,  $\alpha + \beta$  TUBULIN)
- **Mikrofilamenta** (vlákna o  $\varnothing$  5-7 nm, AKTIN)
- **Intermediární filamenta** (vlákna o  $\varnothing$  8-11 nm)



# Cytoskelet – mikrofilamenta

- 5-7nm
- tvořena bílkovinou **aktin**
  - ve svalových buňkách – myofilamenta
  - v ostatních – mikrofilamenta
- s membránou asociovaná – pohyb plazmatické membrány, výběžků buněk, lokomoce buňky
- 3D-síť / proudění cytoplazmy, udržení pozic buněčných organel/

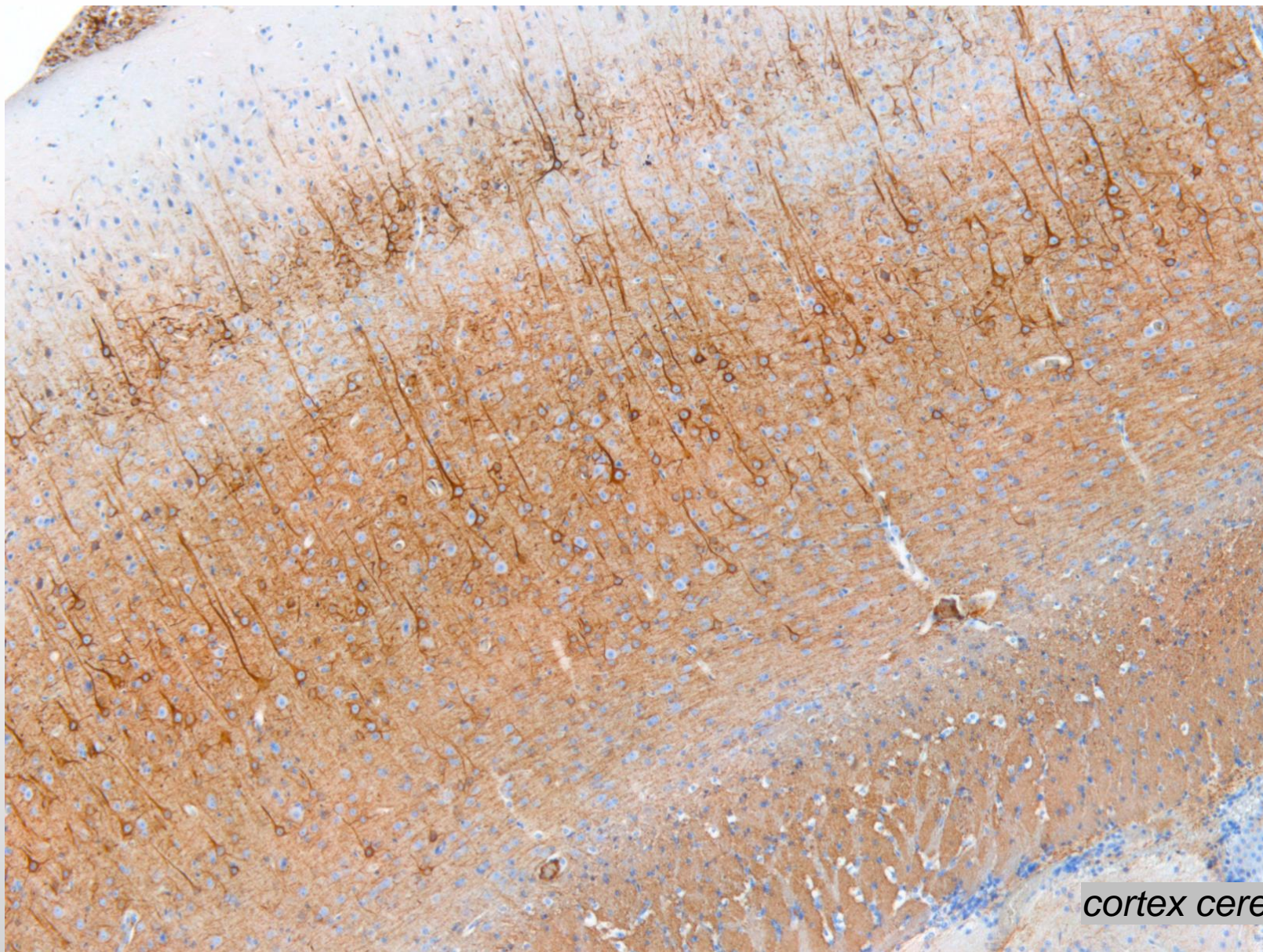


# Cytoskelet – intermediární filamenta

- 8-11 nm
- **cytokeratinová** – epitelové buňky
- **vimentinová** – buňky mesenchymového původu – hladké svalové, endotelové...
- **desminová** – svalové buňky
- **neurofilamenta** – neurony
- **gliová** – neuroglie



# Cytoskelet – intermediární filamenta

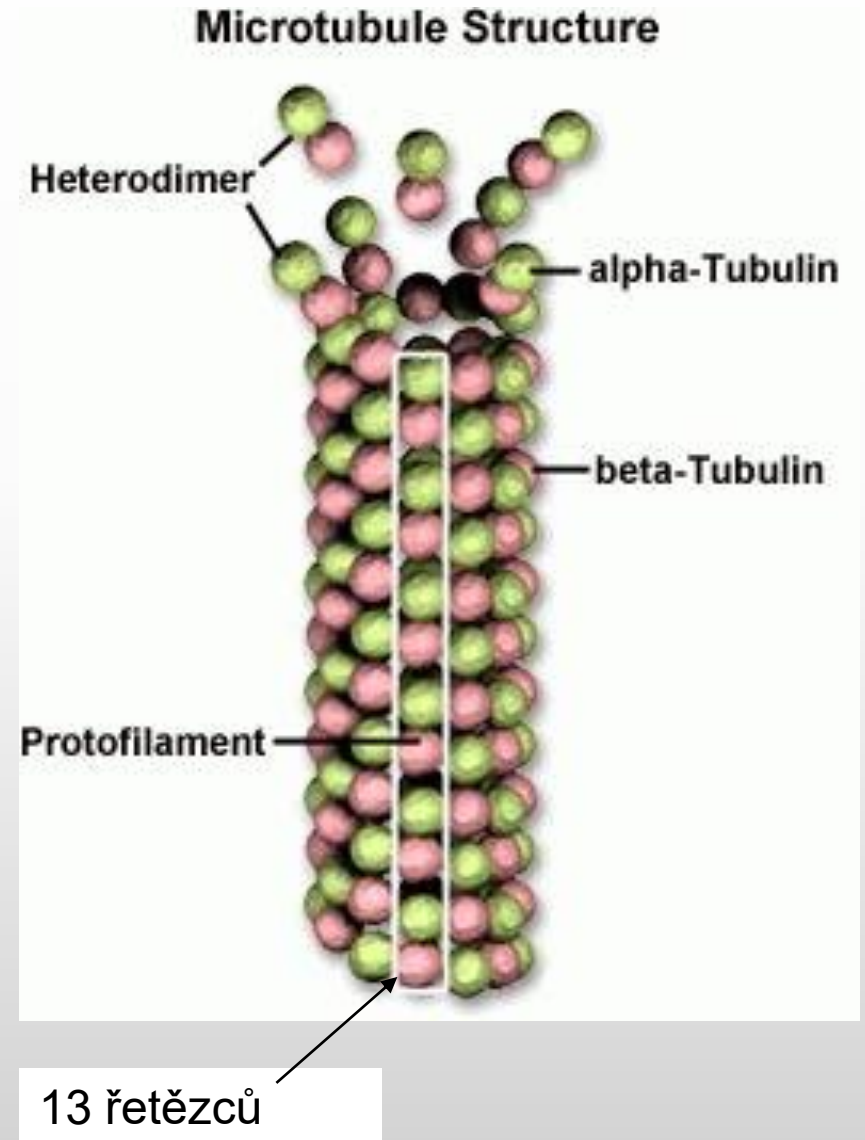


*cortex cerebri*

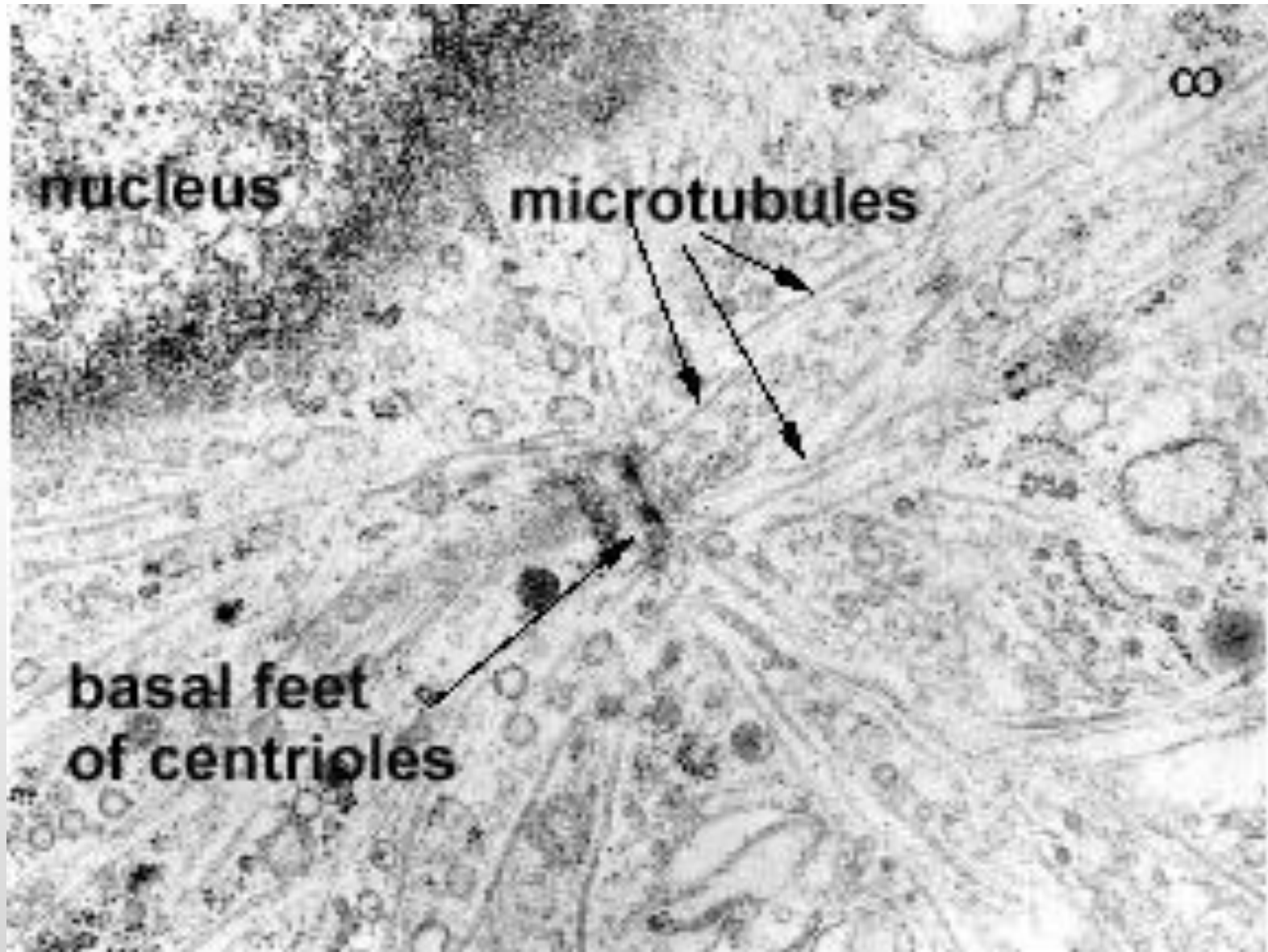


# Cytoskelet - mikrotubuly

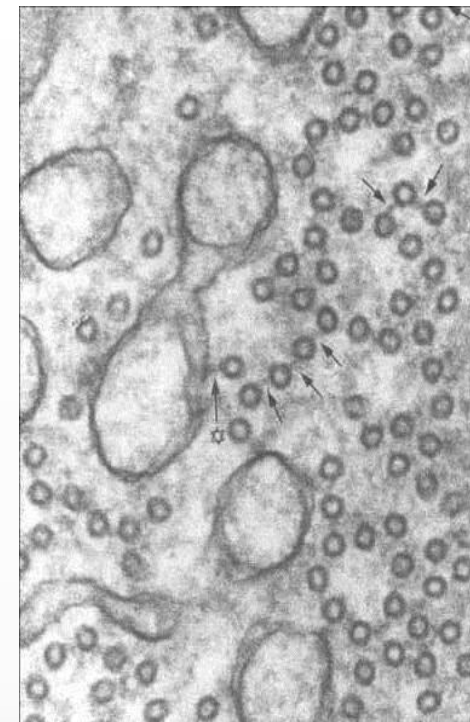
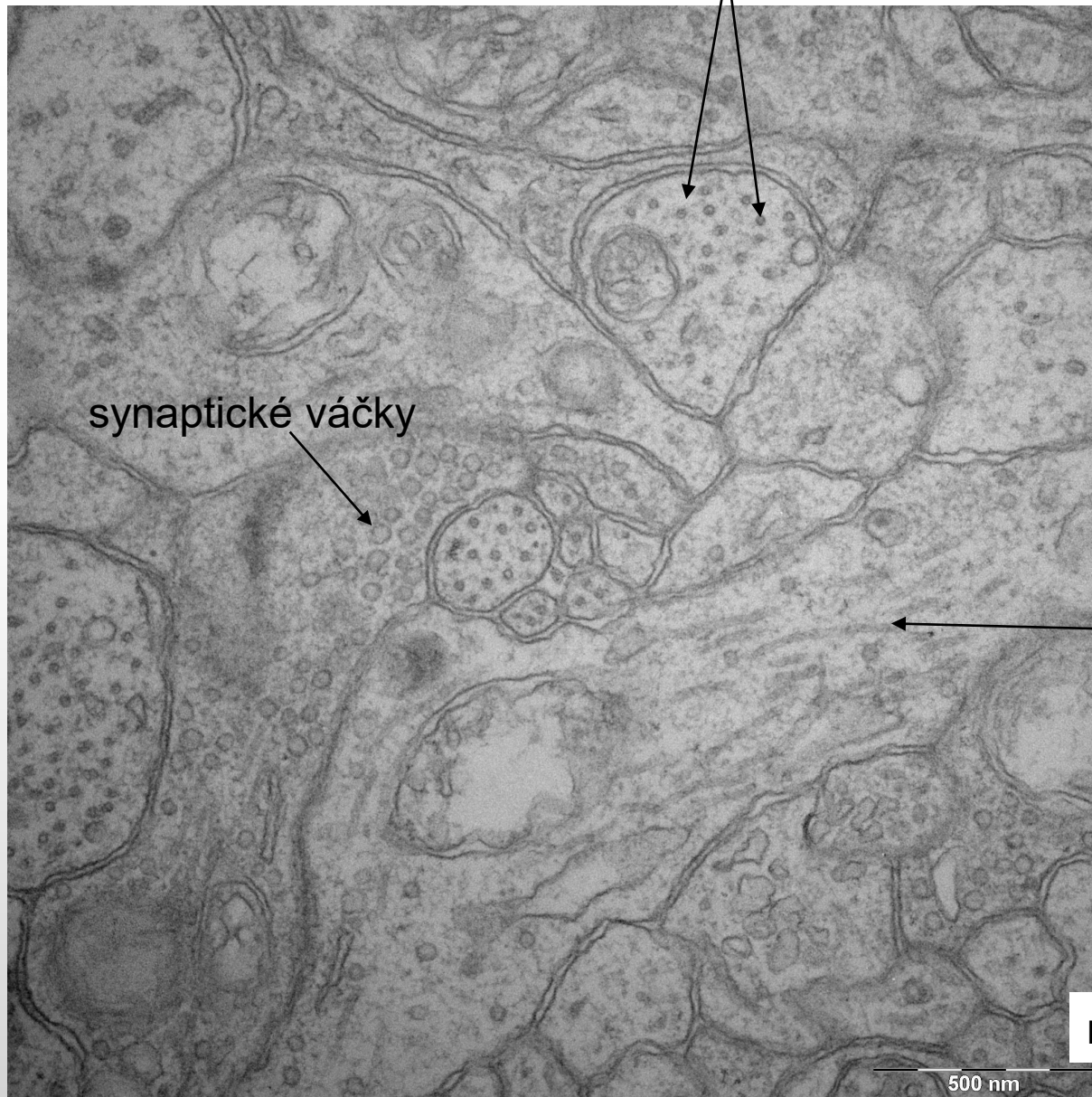
- 22 – 25 nm, tvořeny **tubulinem**
- duté válce, dynamické struktury
- funkce:
  - udržování tvaru buněk,
  - intracelulární transport sekrečních granul
  - pohyb řasinek a bičíků
  - fagocytóza
  - pohyb chromosomů během mitózy
  - součást centriolů a basálních tělísek



# Cytoskelet - mikrotubuly



# Cytoskelet - mikrotubuly



mikrotubuly  
podélně

nervová tkáň

# Buněčné inkluze

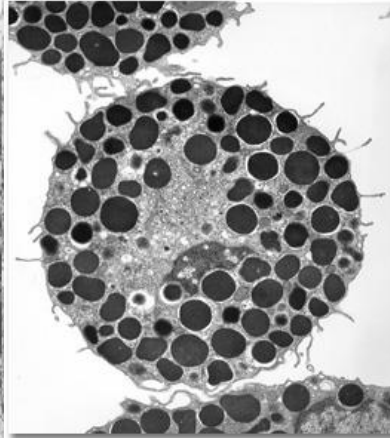
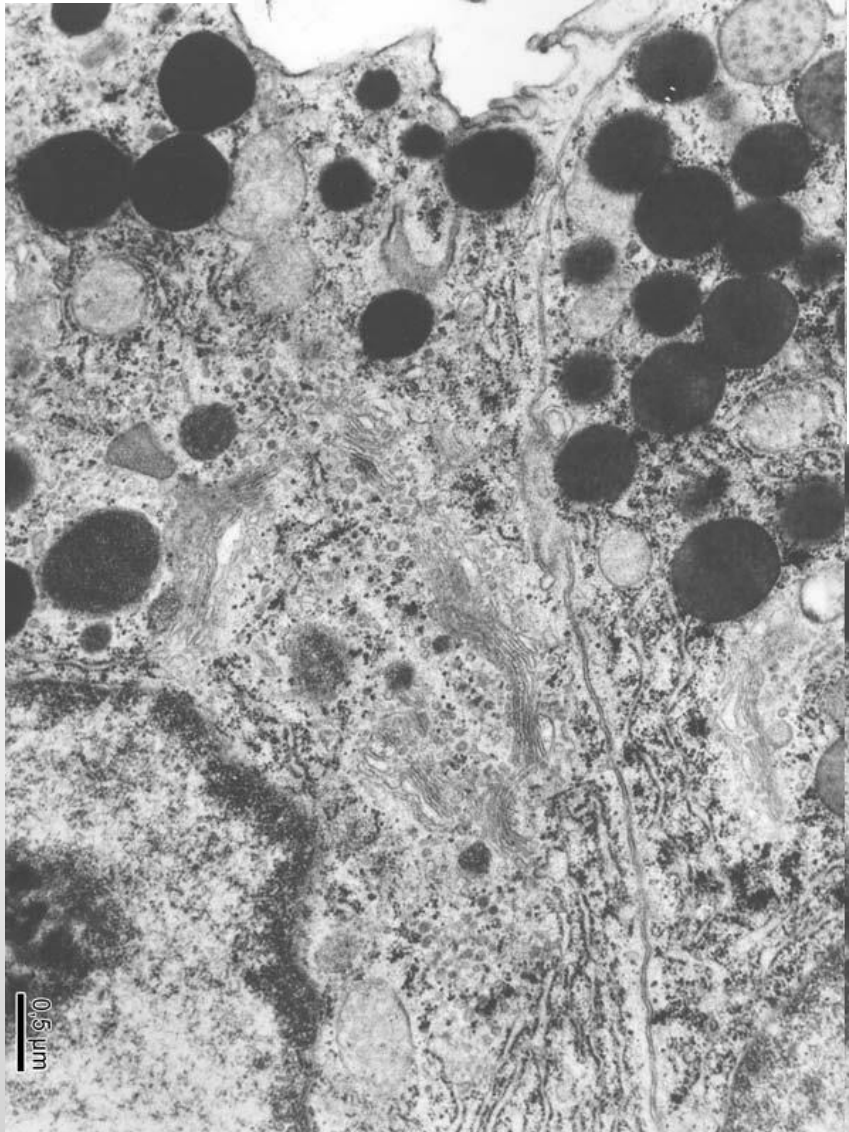
zásobní nebo odpadní látky

- Sekreční granula
- Zásobní látky
  - glykogen
  - lipidové kapky
- Krystaly (proteiny)
- Pigmenty
  - endogenní
    - autogenní
    - hematogenní

exogenní – prach, barviva (karoten), tetováž

# Buněčné inkluze - sekreční granula

EM



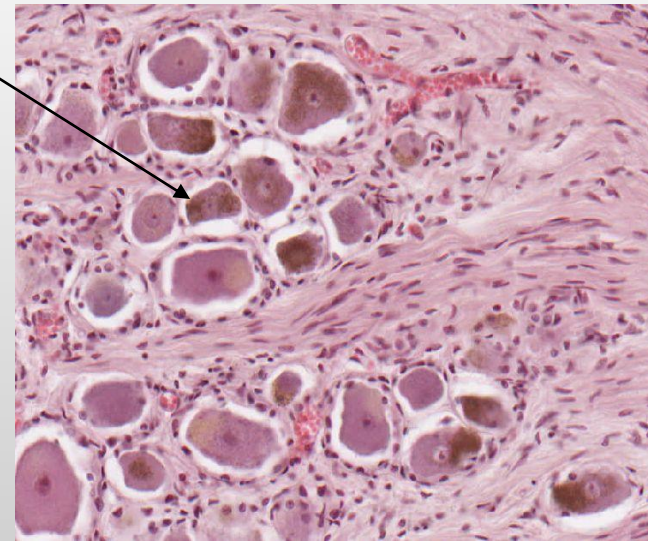
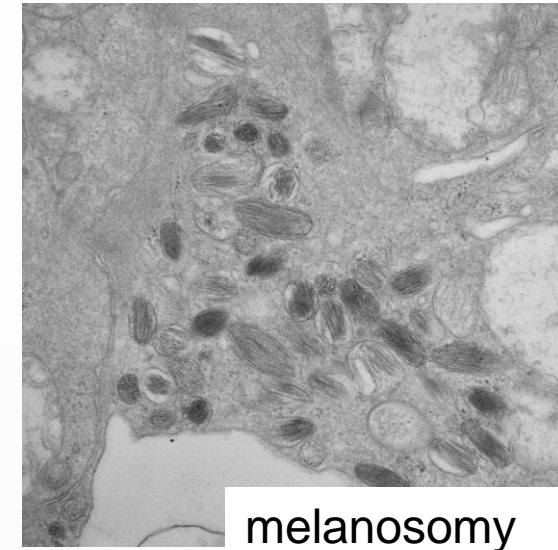
SM



# Buněčné inkluze

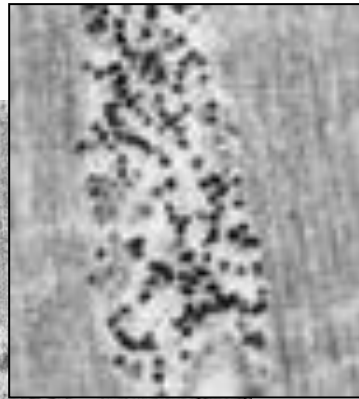
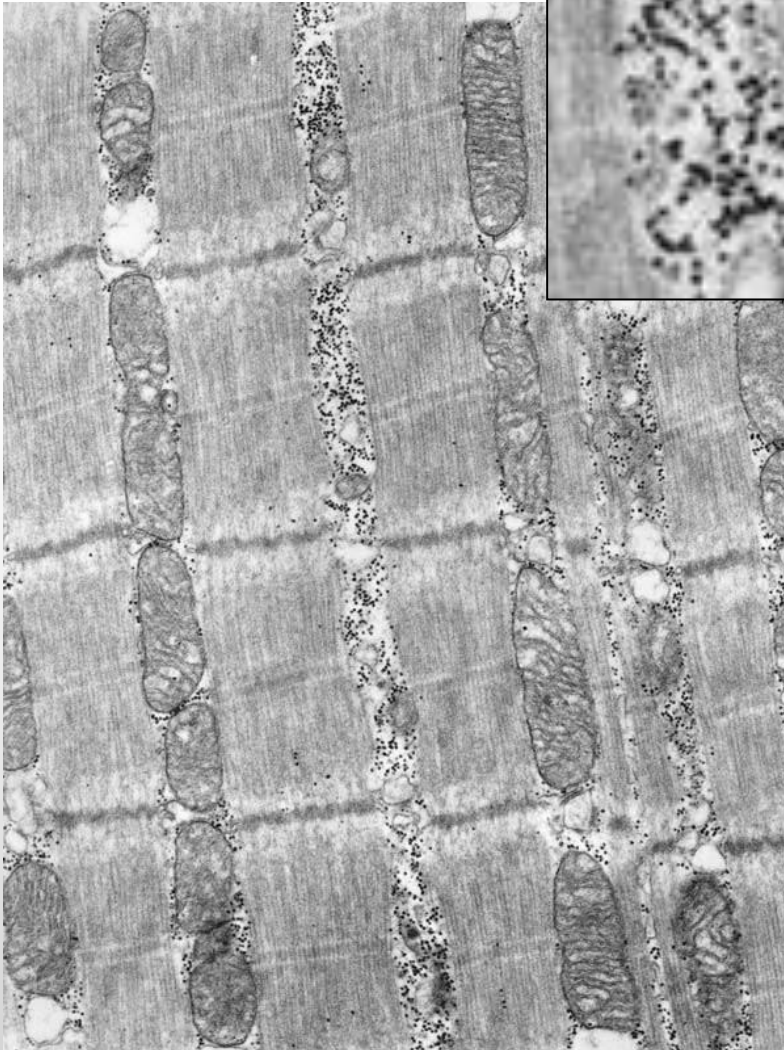
## - pigmenty

- **Autogenní** – melanin, lipofuscin
- **Hematogenní** – hemosiderin, biliverdin, bilirubin
- **Exogenní** – prach, barviva, karoteny

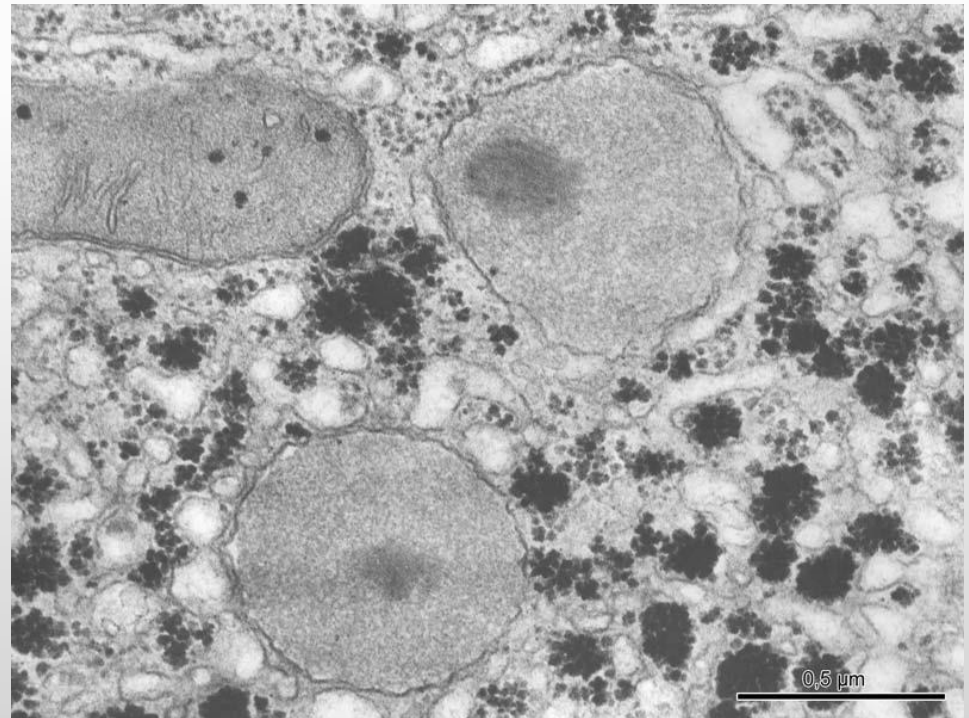


# Buněčné inkluze - zásobní látky - glykogen

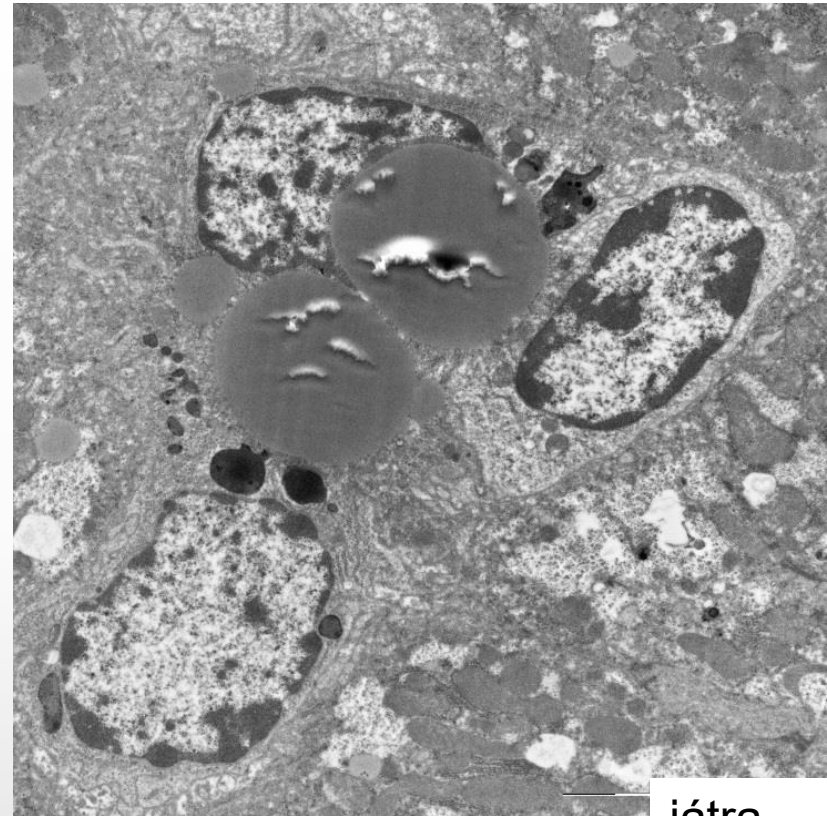
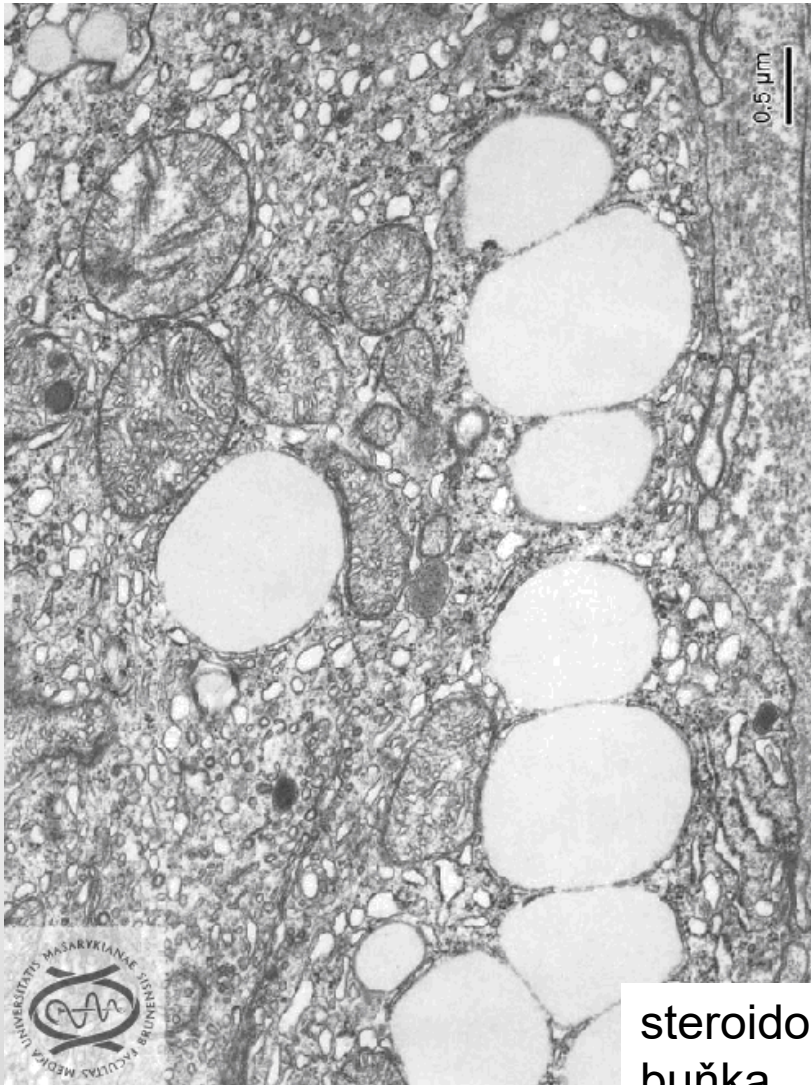
$\beta$ -granula /myokard/



$\alpha$ -granula /hepar/



# Buněčné inkluze - lipidové kapky

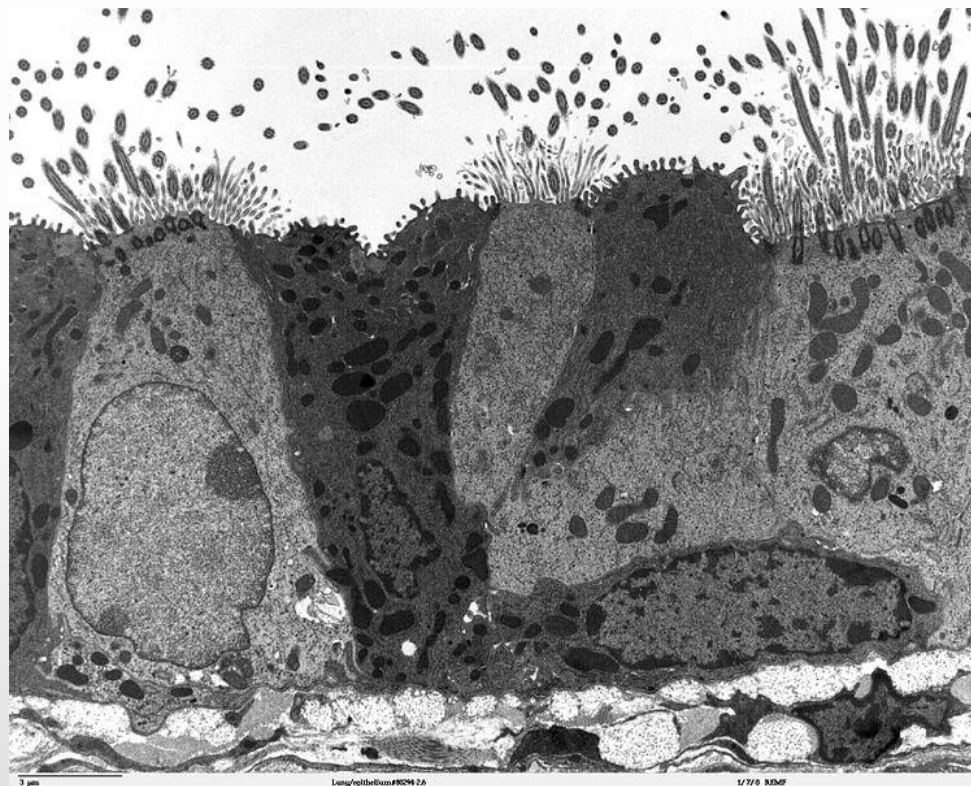


na povrchu - jen jedna fosfolipidová vrstva, tzv. fázové rozhraní



# Buněčný povrch - modifikace

- volný (**apikální**)
  - hladký nebo s výběžky (mikroklky, řasinky, bičíky)
- přivrácený k jiné buňce (**laterální**) – mezibuněčné spoje
- **bazální** povrch (přivrácený k nebuněčné struktuře - bazální část membrány )



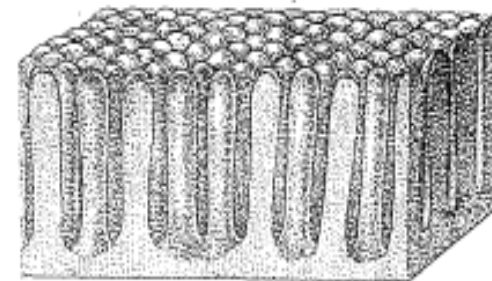
# Modifikace buněčných povrchů

## Apikální povrch

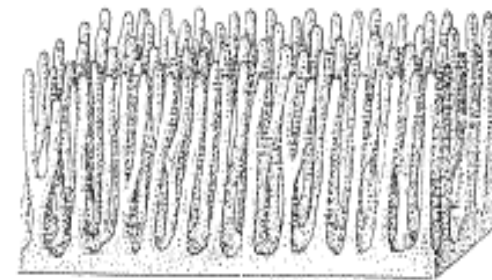
- **mikroklky** – krátké prstovité výběžky plazmalemy (délka 1-6  $\mu\text{m}$ , průměr 0,08-0,14  $\mu\text{m}$ )
- **žíhaná kutikula**
- **kartáčový lem**
- **stereocilie** – dlouhé anastomozující mikroklky
- **/kino/cilie** – dlouhé pohyblivé výběžky – *axonema*
- pseudopodie /panožky/
- **flagellum** /spermie/



A

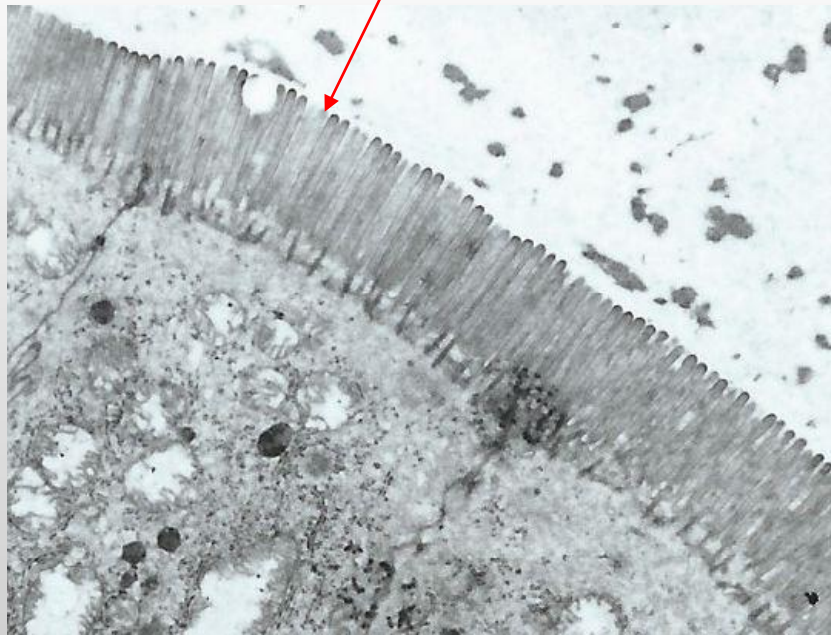
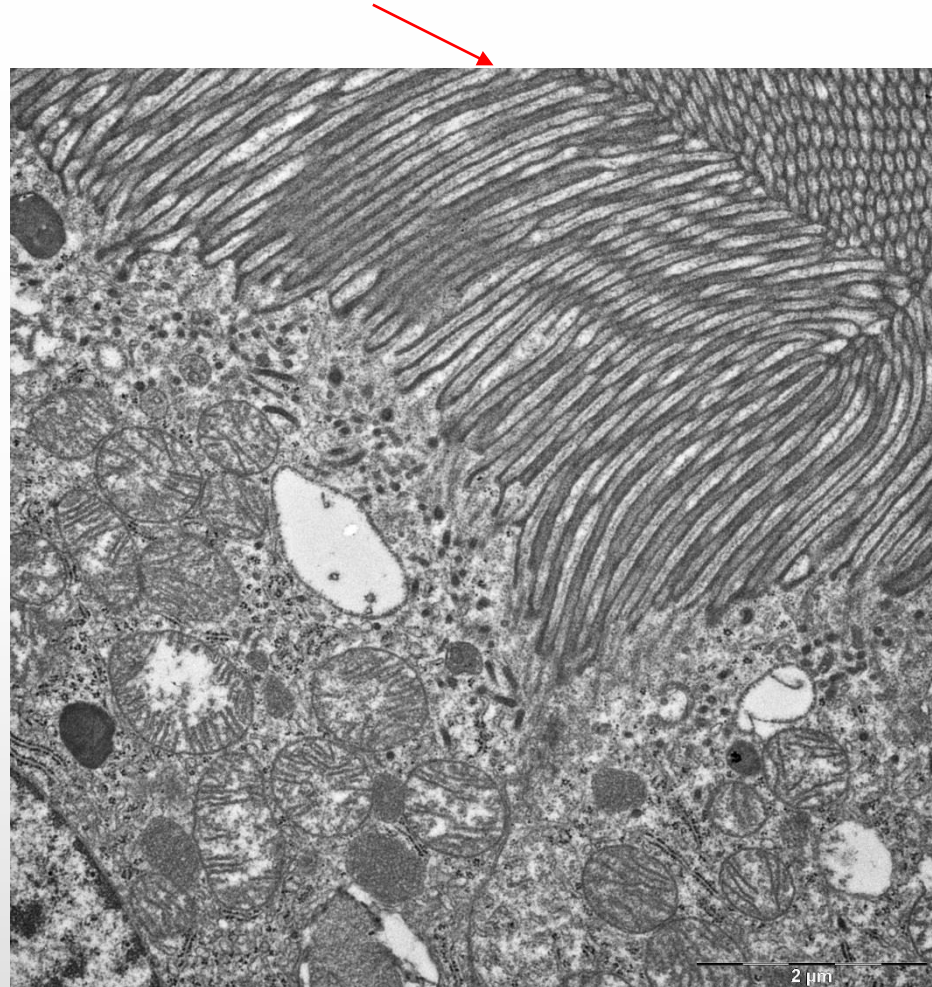
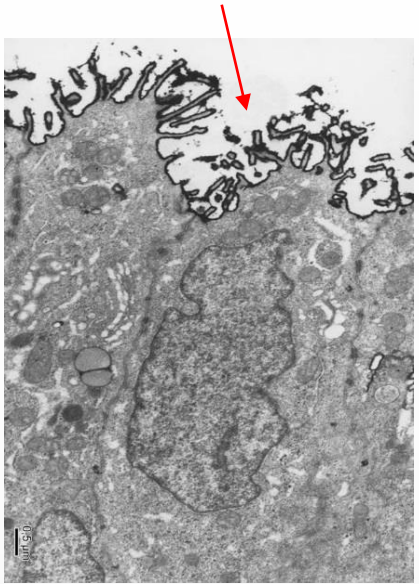


B



C

# Mikroklky + žíhaný lem (kutikula) + kartáčový lem



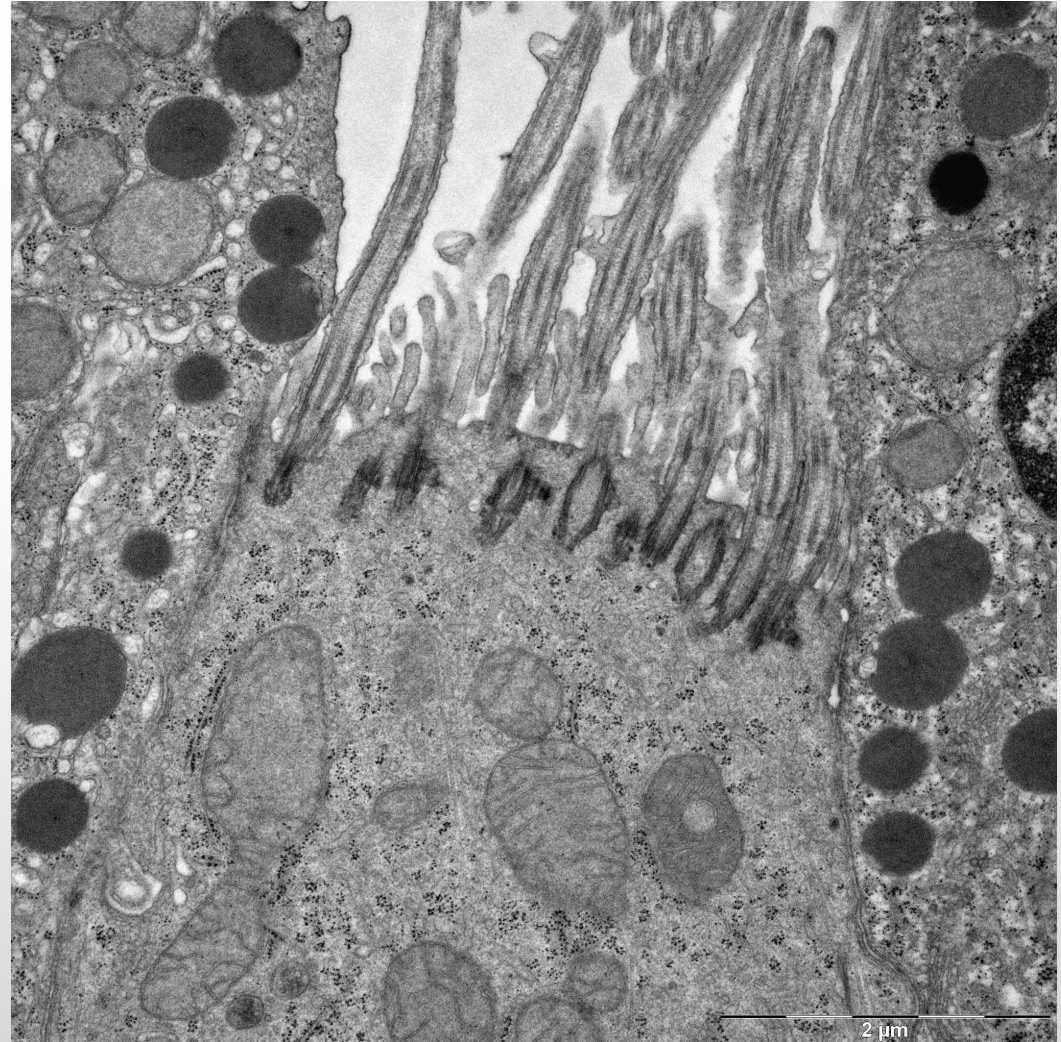
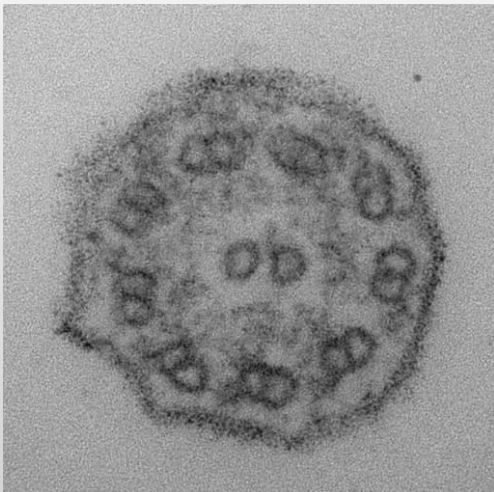
# Mikroklky - *stereocilie*



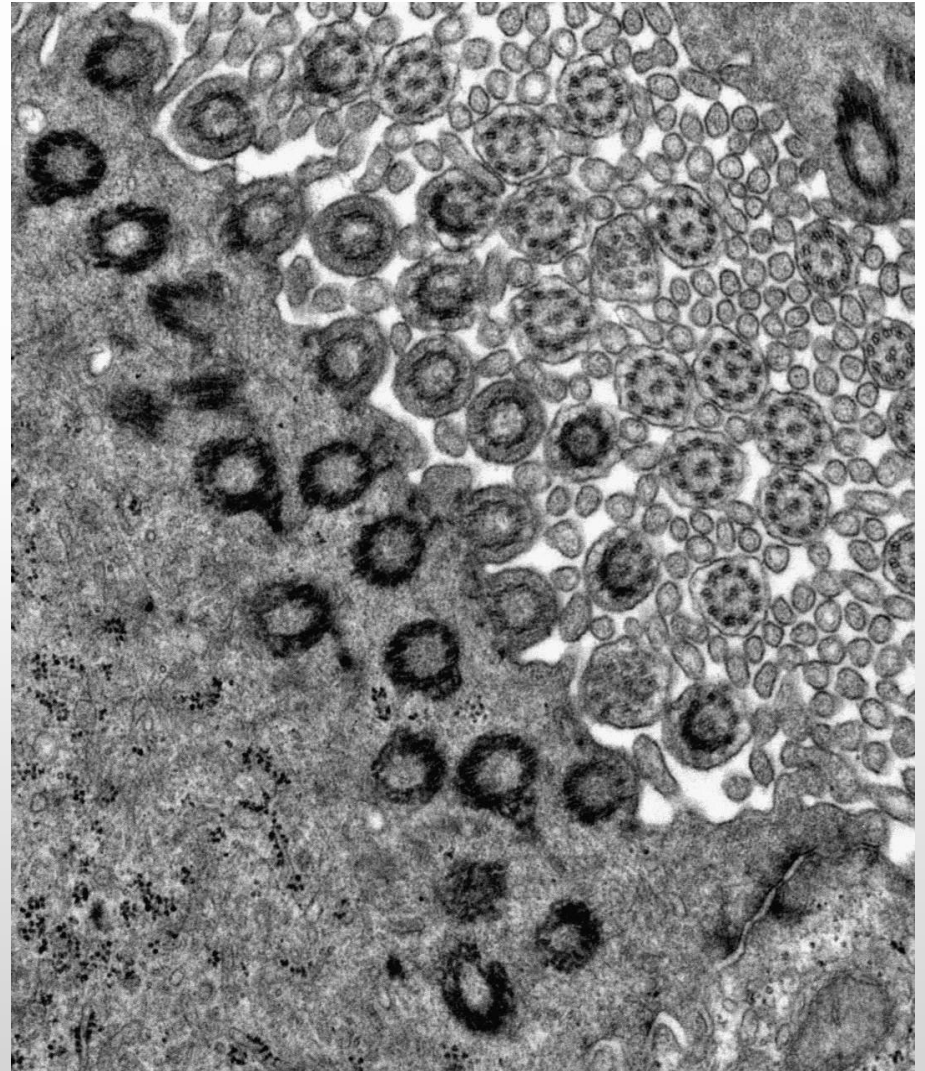
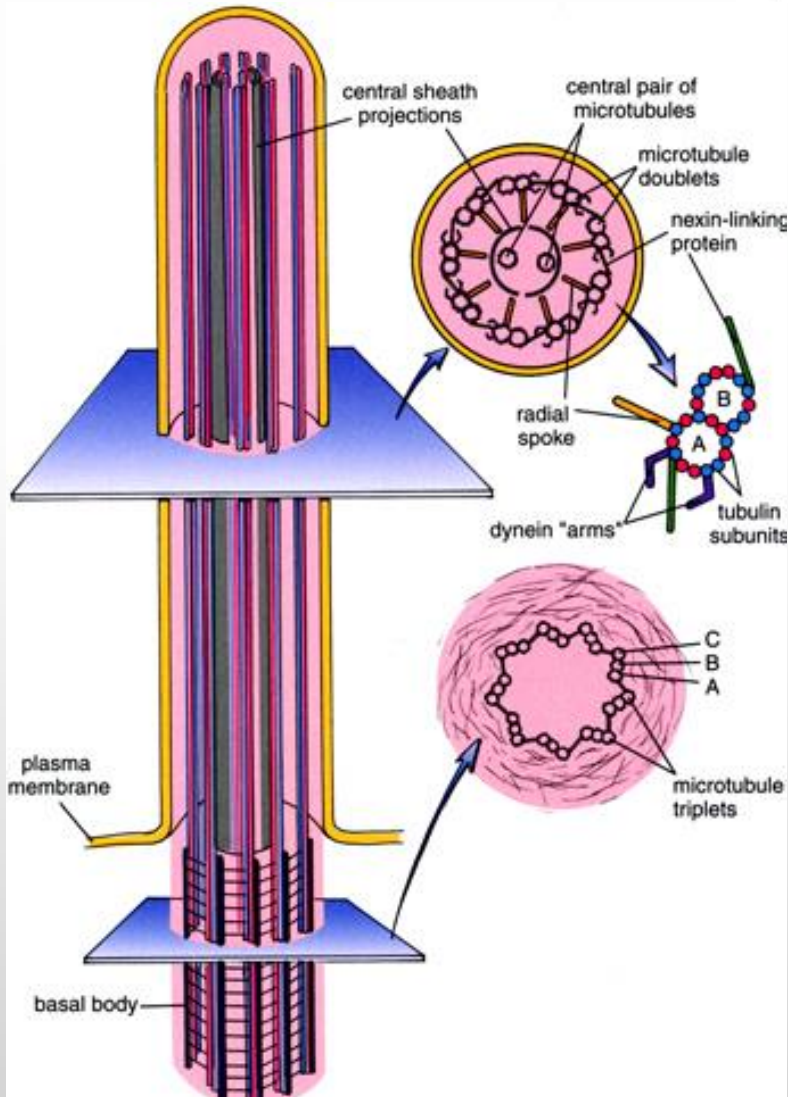
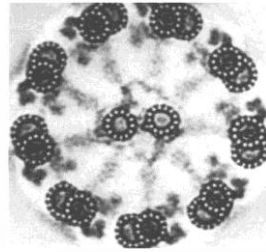
20 μm

# Řasinky (*kinocilie*)

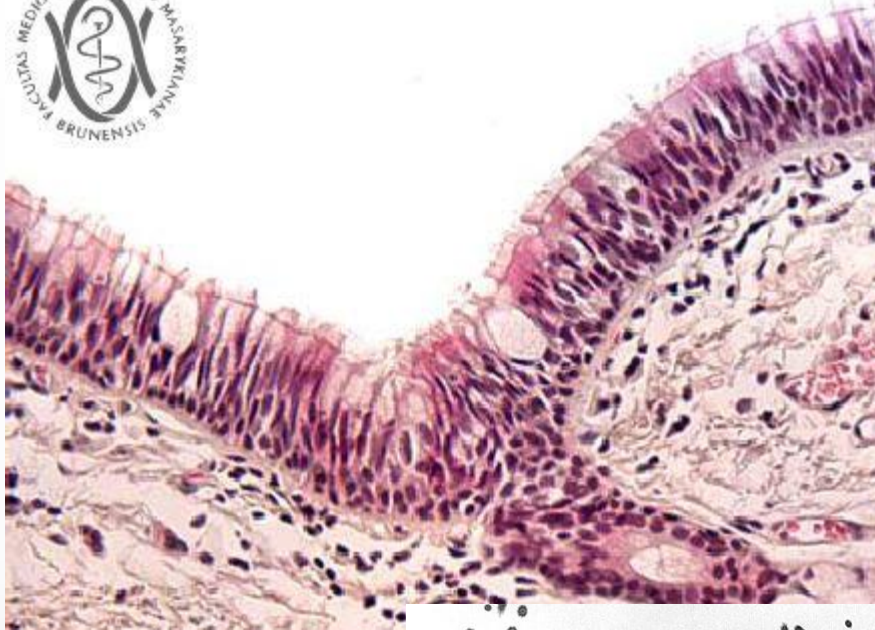
- délka 7-10  $\mu\text{m}$ , tloušťka 0,25  $\mu\text{m}$
- vznikají z centriolu /basální tělísko, kinetosom/
- obsahují **axonemu – 9+2**
  - 9 dubletů periferních mikrotubulů /OC/
  - 2 centrálně uložené mikrotubuly



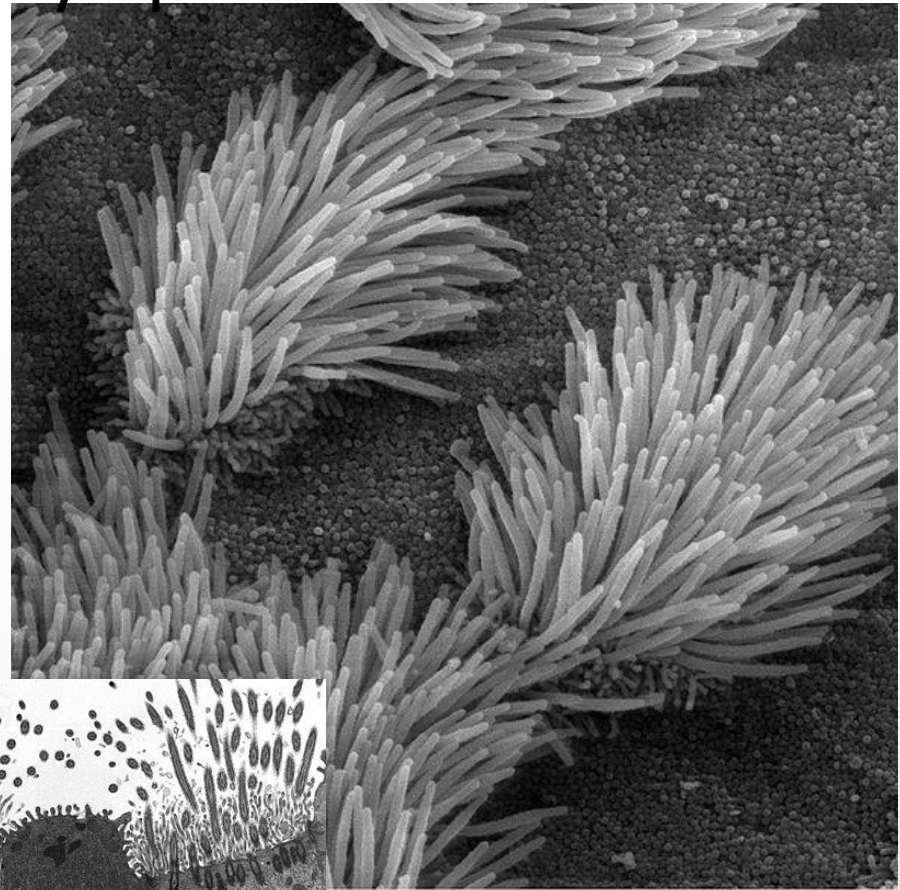
# Řasinky (*kinocilie*)



# Řasinky (*kinocilie*) - víceřadý epitel s řasinkami



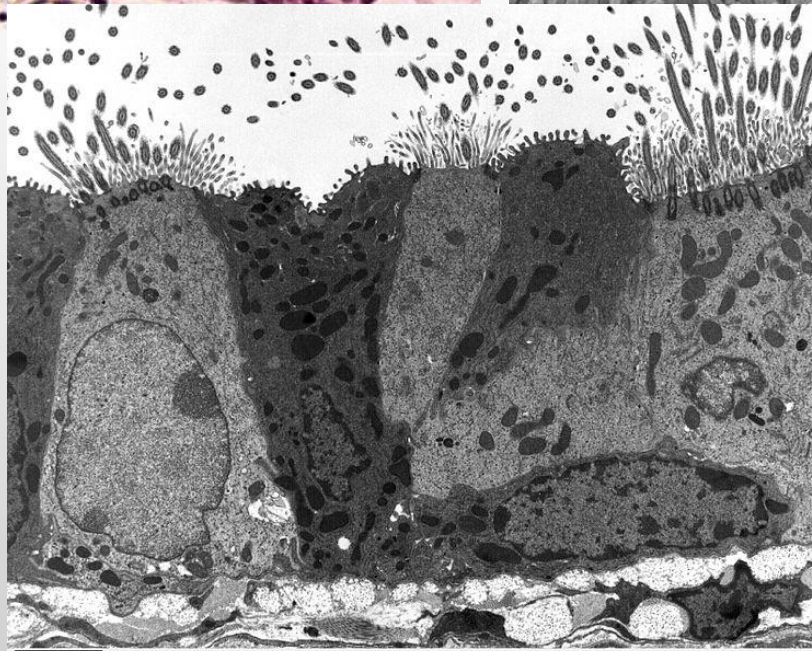
SM



Lung:001

1/20/ 0 REBF 5000X

SEM



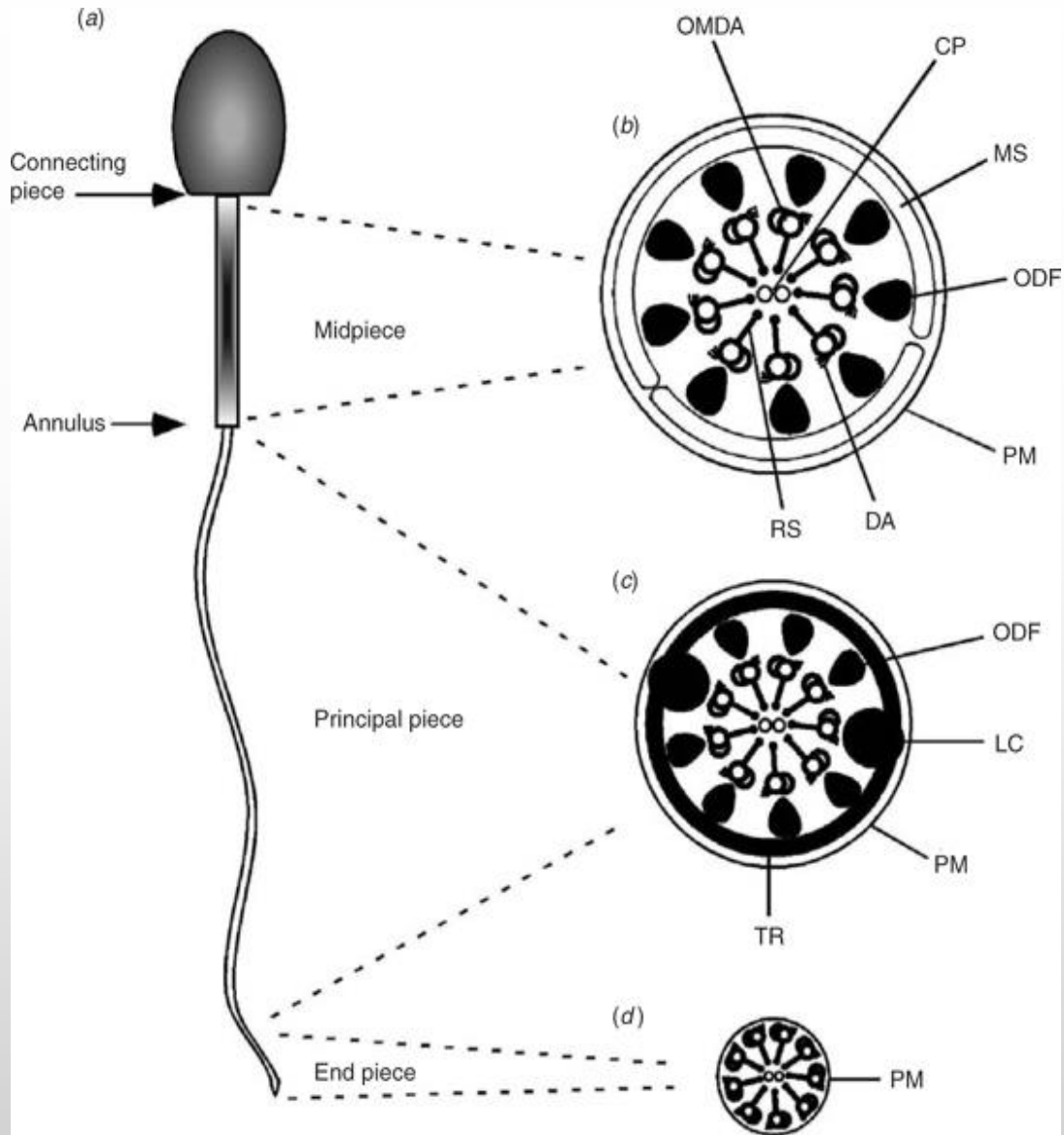
TEM

3 µm

Lung/epithelium#004 2x

1/7/0 SEM

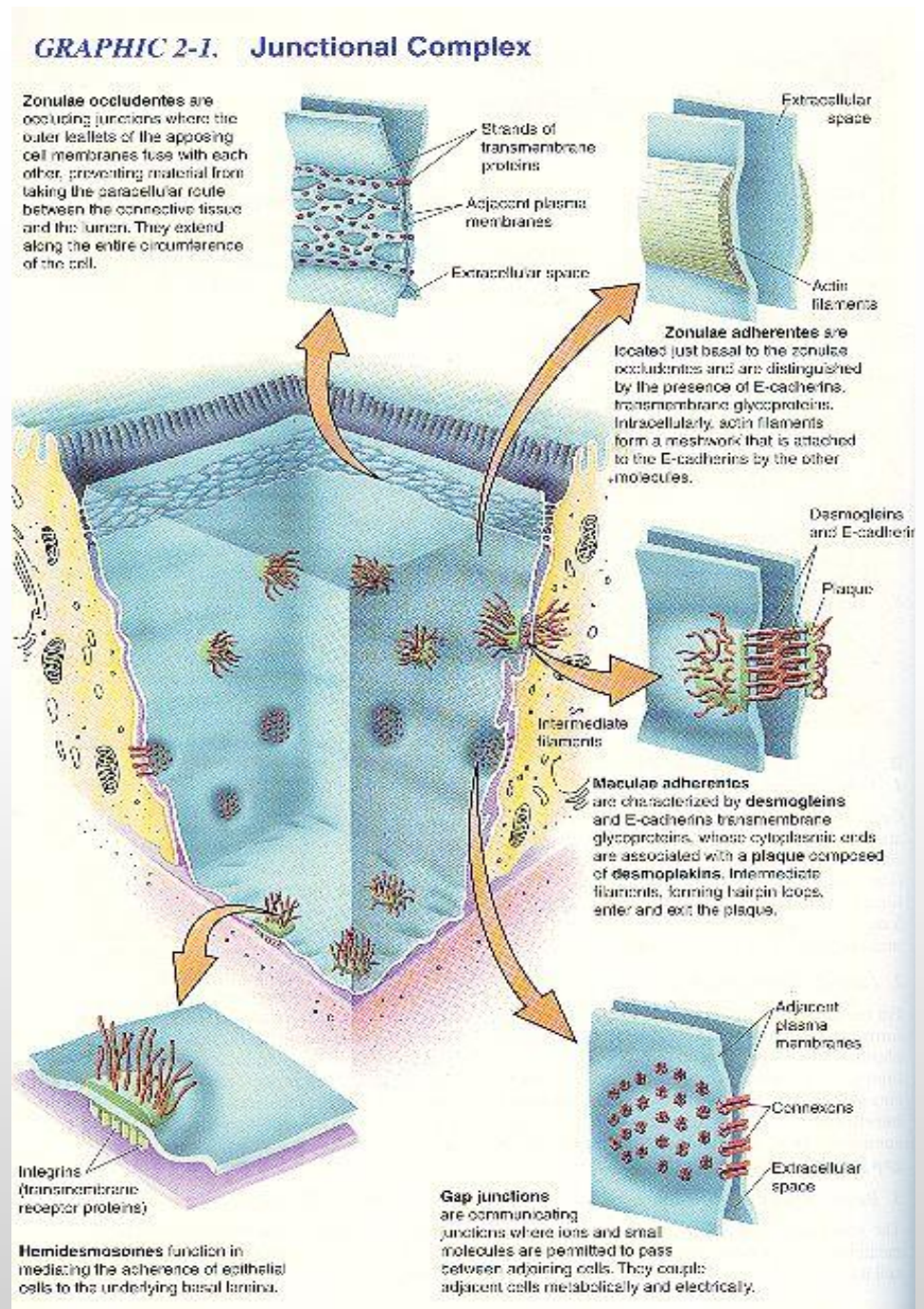
# Bičík (axonema + chordy)



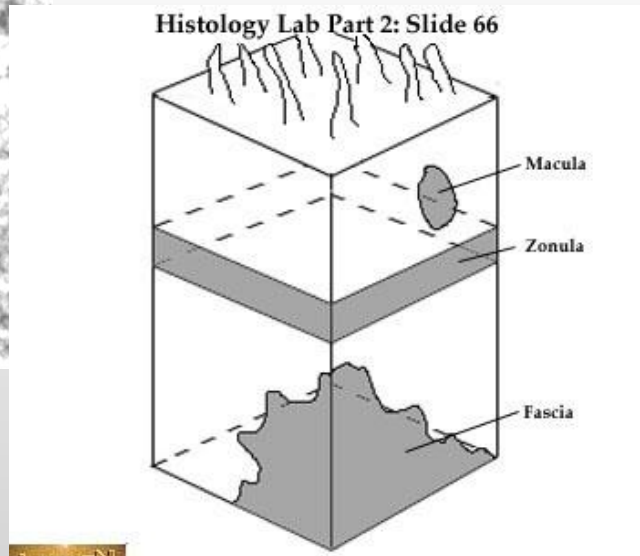
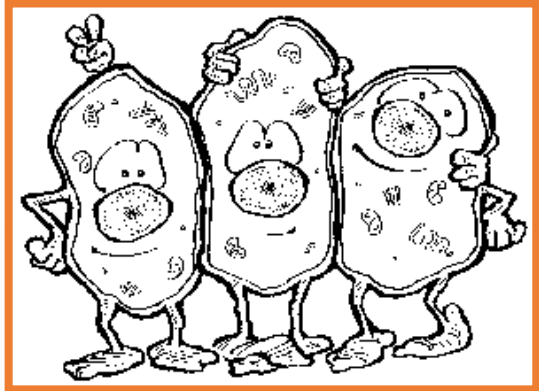
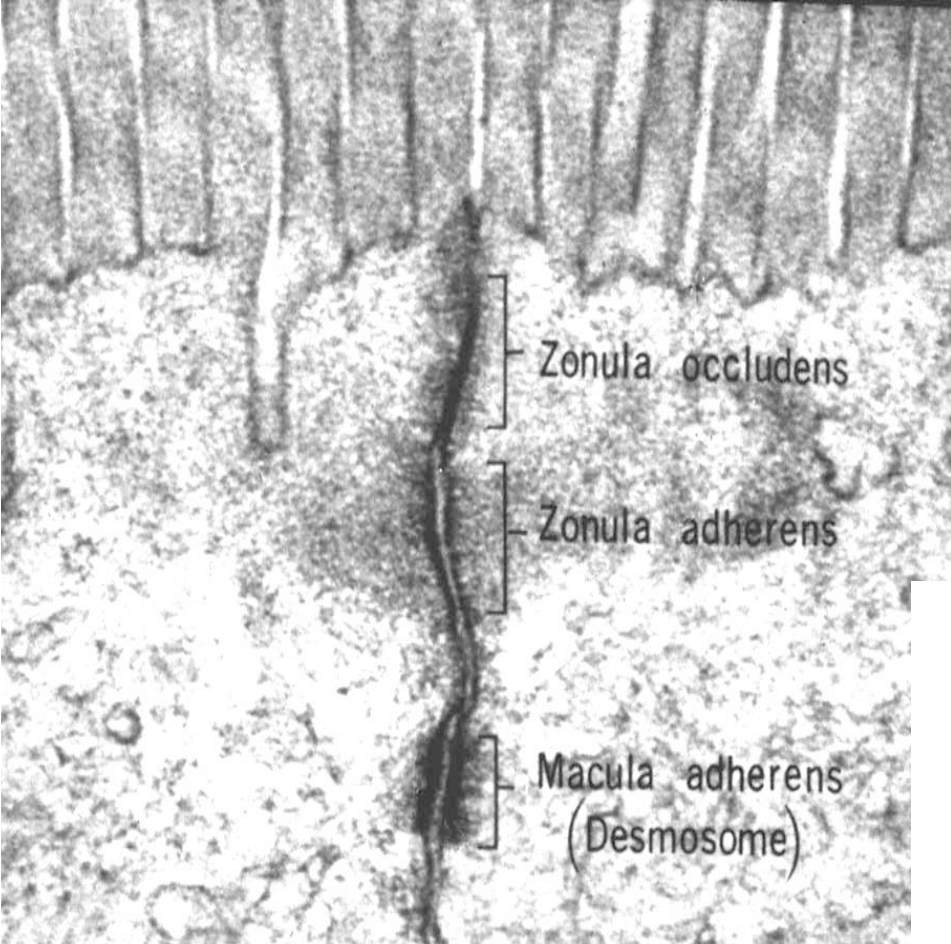
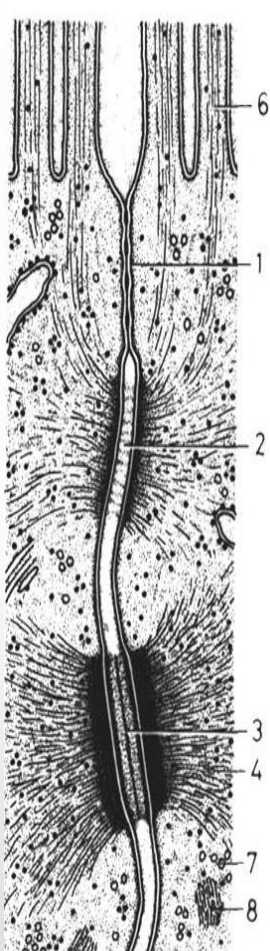


# Buněčná spojení

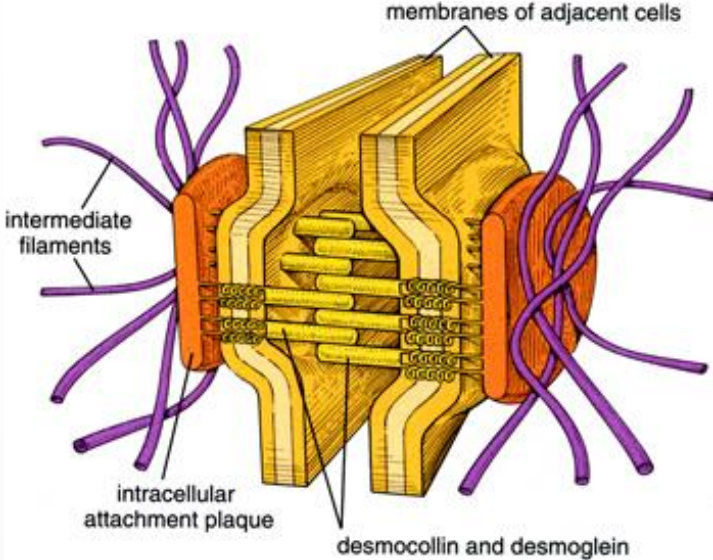
- okluzní - *zonula occludens* (tight junction)
- adhezní
- *zonula adherens* (adhering junction)
- **desmosom** (macula adherens)
- **hemidesmosom**
- komunikační - nexus (gap junction, macula communicans)



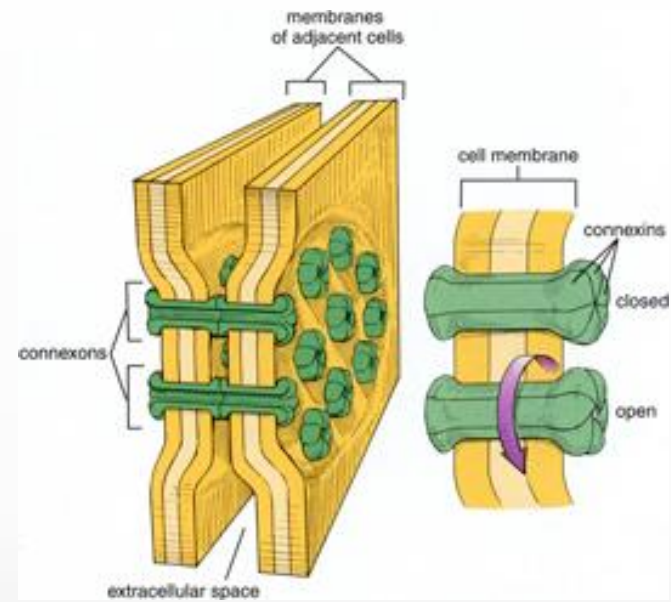
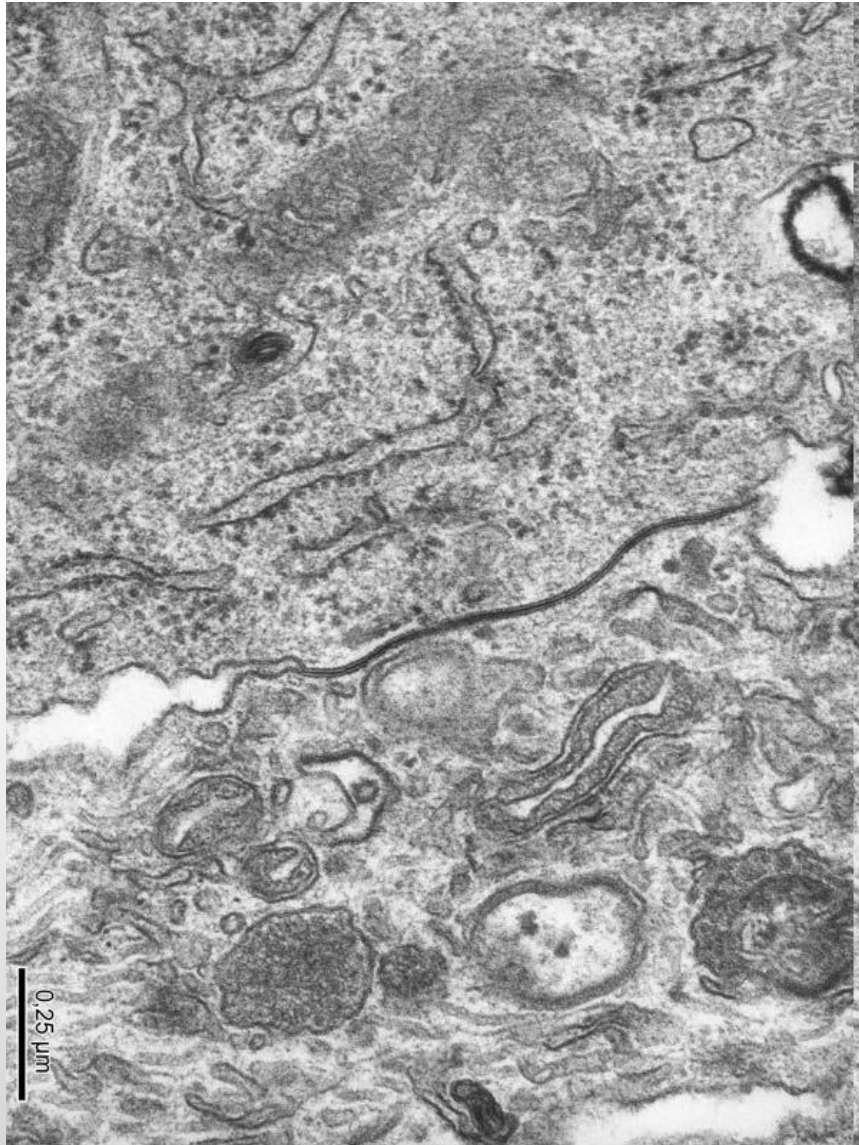
# Zonula occludens a zonula adherens



# Desmosom

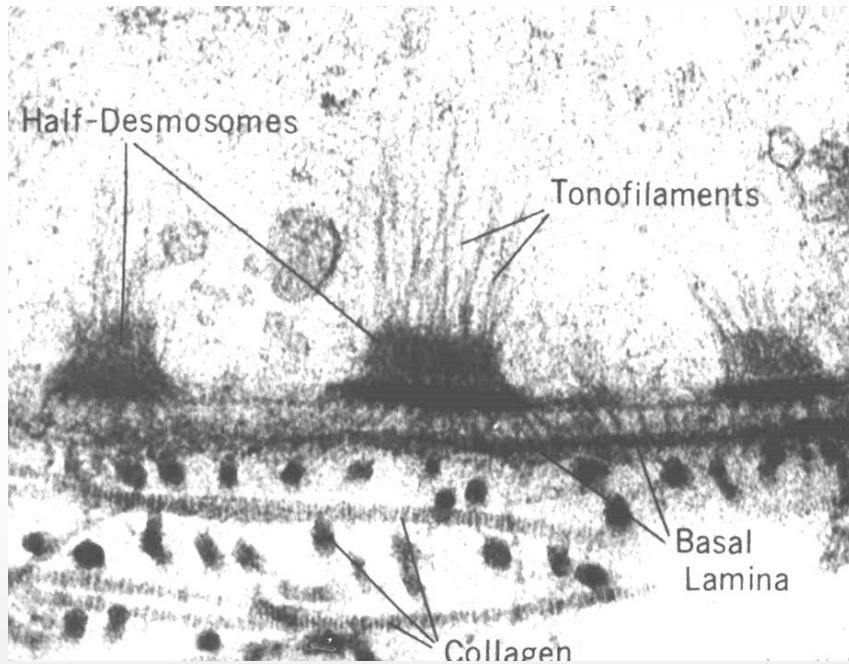


# Nexus

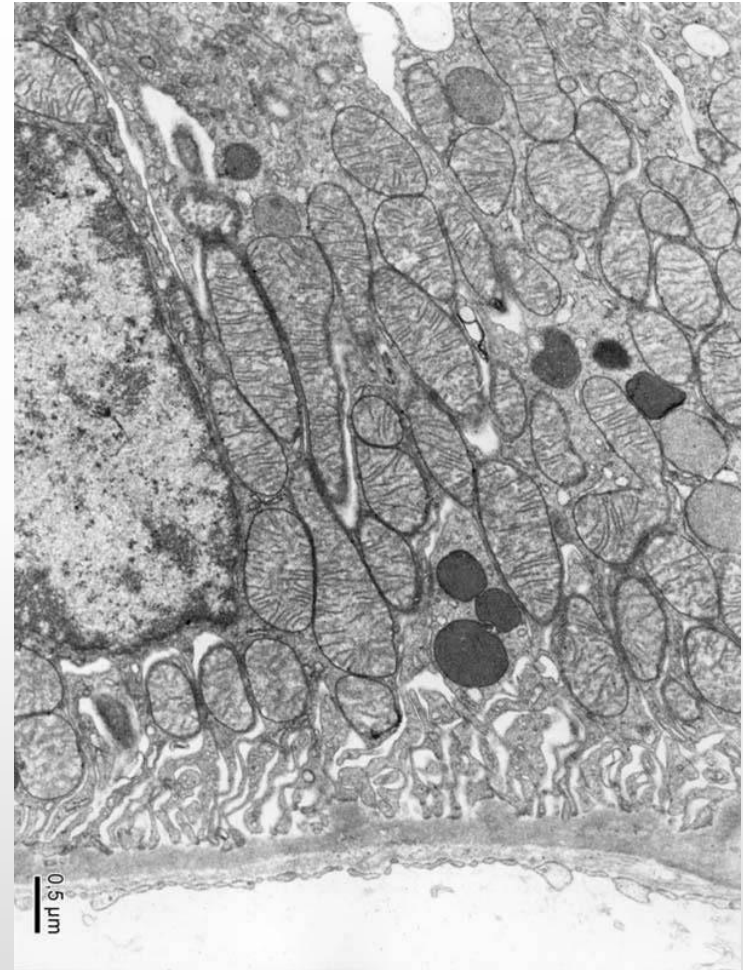


konexony - kanálky

# Bazální povrch



hemidesmosomy



bazální labyrint

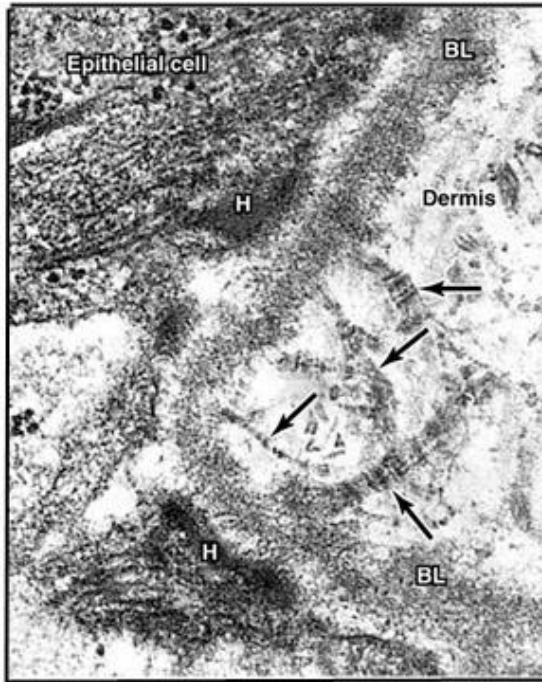
# Bazální povrch



Bazální labyrint – invaginace membrány, mezi nimi sloupcovité mitochondrie – transport iontů (př. tubuly ledvin, žíhané vývody slinných žláz)

2  $\mu\text{m}$

# Bazální membrána

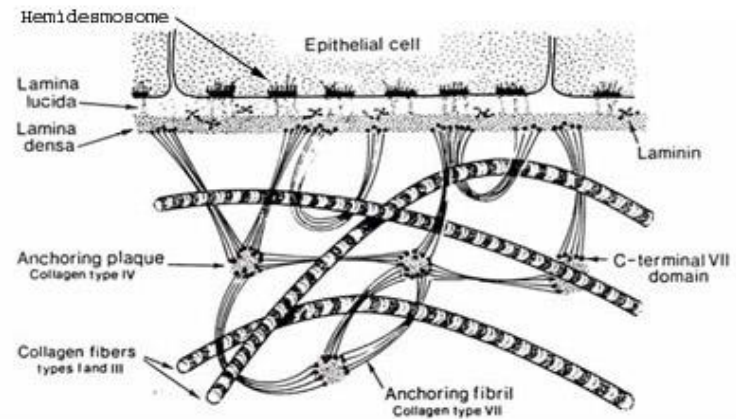
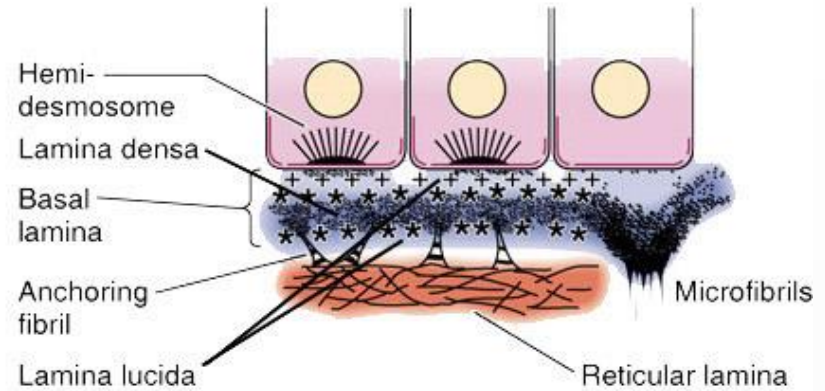


BL = Basal lamina  
H = Hemidesmosome

➔ = anchoring fibrils

## The Ultrastructure of Basal Laminae

(from Basic Histology, 10th edition)



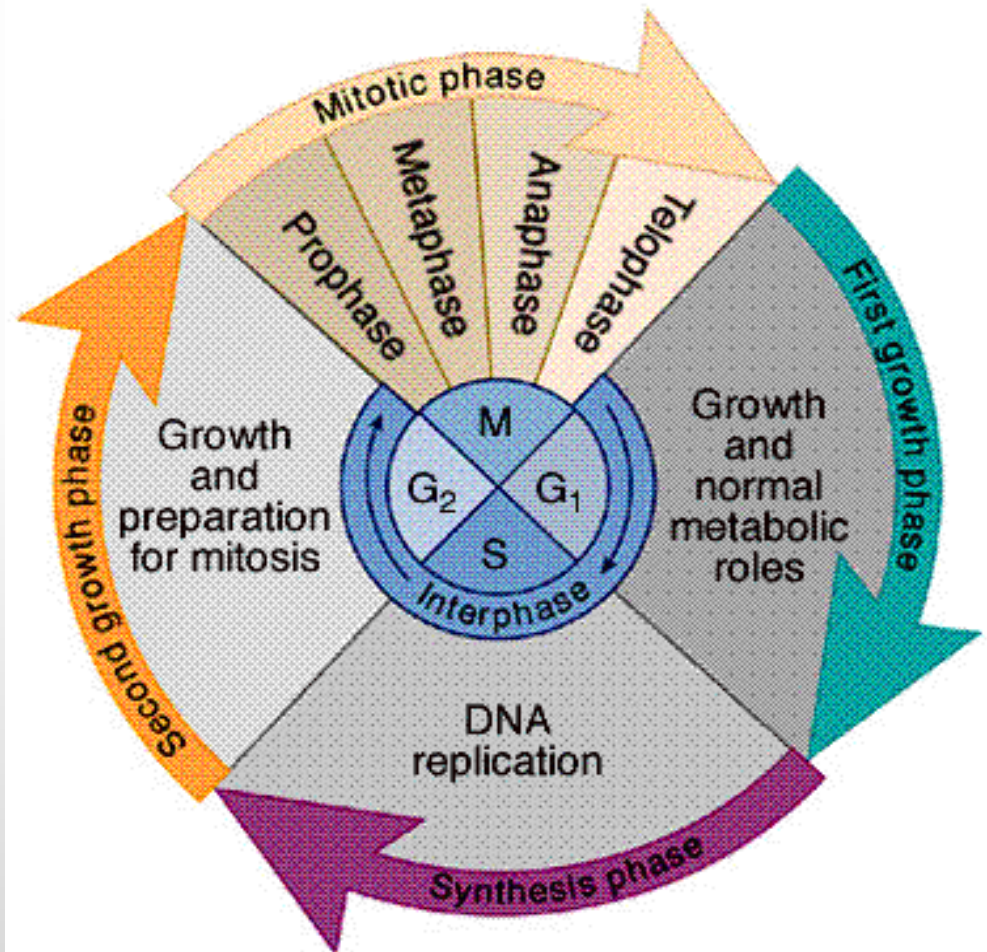
***lamina basalis + lamina reticularis***

# Životní projevy buňky

- **pohyb** (intracelulární, ameboidní, bičíky a řasinky)
- **výměna látek** (příjem - endocytóza, fagocytóza, metabolismus, výdej - exocytóza)
- **dráždivost**
- **růst**
- **rozmnožování** – mitóza, meióza
- **smrt** – apoptóza, nekróza



# Buněčný cyklus



- **G<sub>1</sub>** – fáze (délka závisí na typu buňky)
- **S** – fáze (asi 8 hod.)
- **G<sub>2</sub>** – fáze
- **M** – fáze (mitóza) ( $G_2 + M$  – fáze = 2.5 – 3 hod.)
- **G<sub>0</sub>** – fáze = zastavený cyklus (neurony, svalové buňky)

# Srovnání mitózy a meiózy

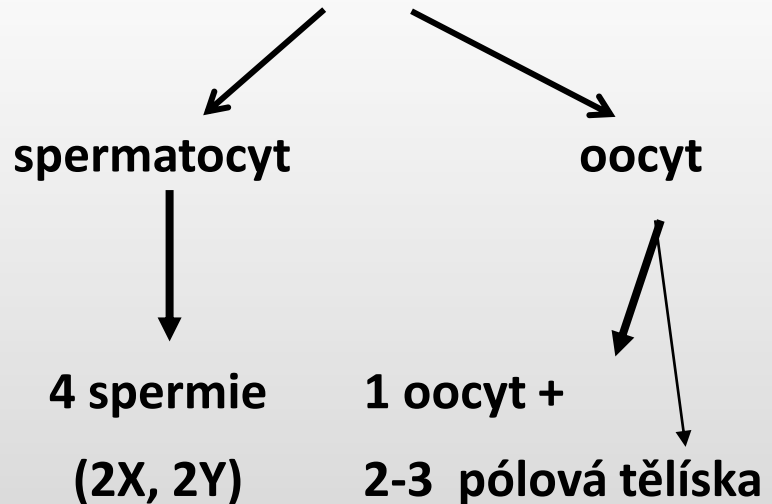
- Mitóza

- vznik diploidní buňky
- dceřinné bb. jsou identické s mateřskou
- 1 dělení
- 1 mateřská buňka

↓  
2 dceřinné bb.

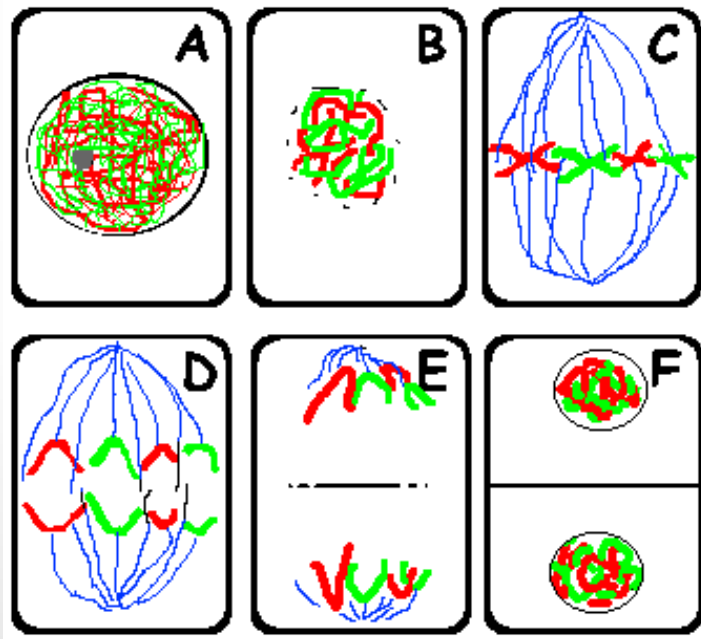
- Meióza

- vznik haploidní buňky
- crossing-over
- 2 dělení
- 1 mateřská buňka

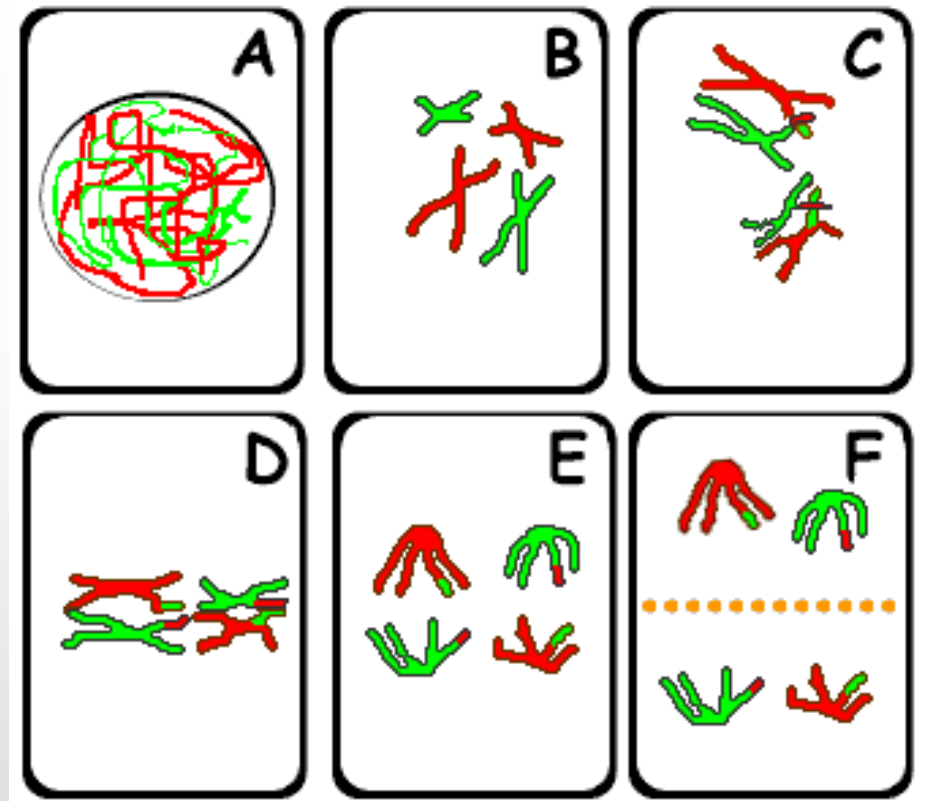


# Srovnání mitózy a meiózy

mitóza



meióza I - specifická

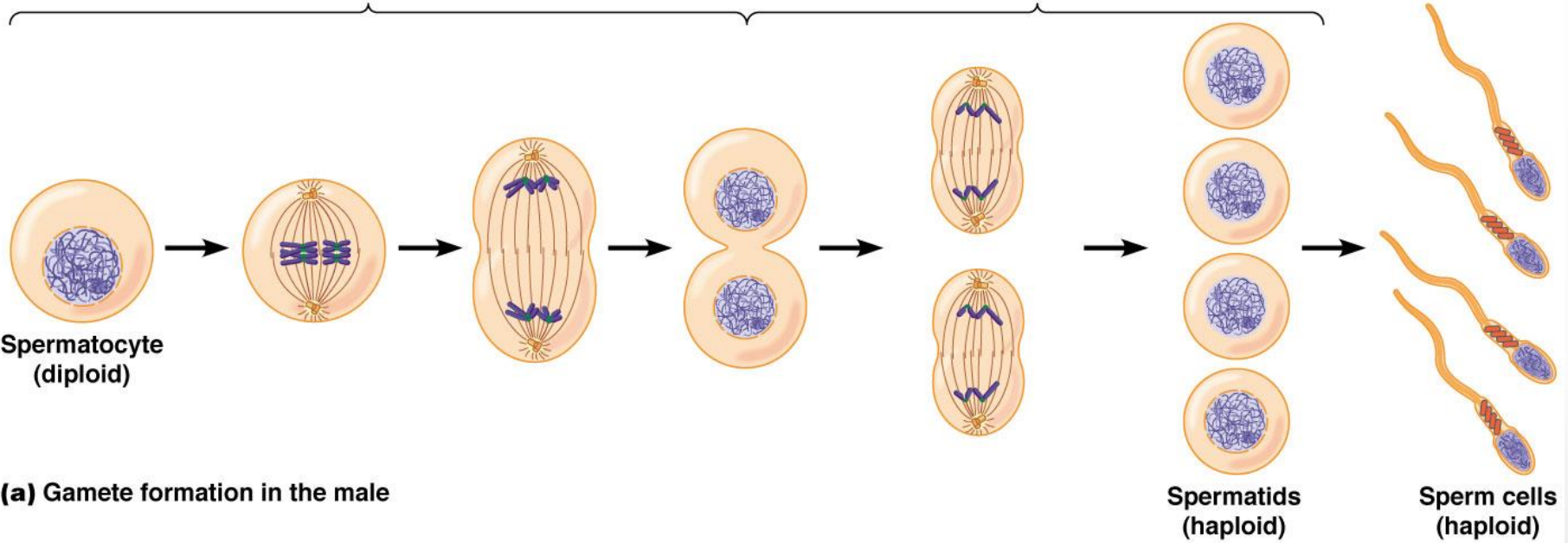


meióza II – jako normální mitóza

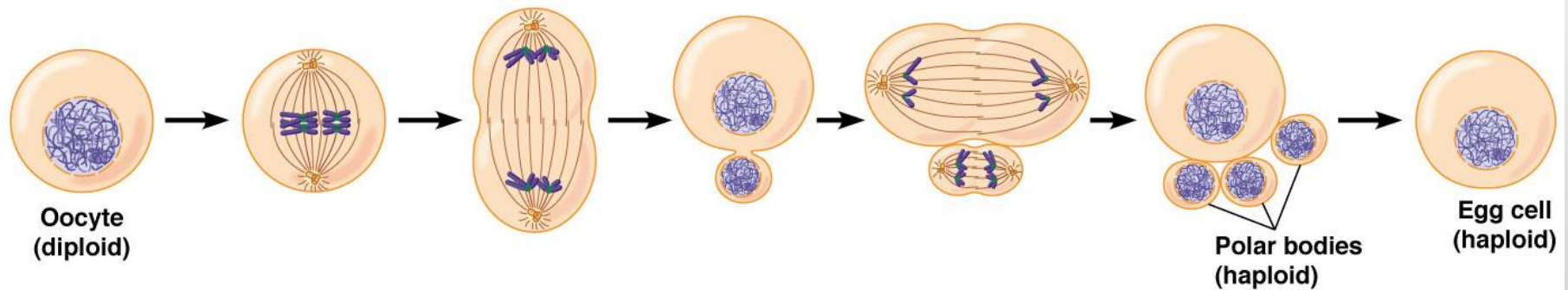
# Meiόza

Meiosis I

Meiosis II



**(a) Gamete formation in the male**



**(b) Gamete formation in the female**