

**MUNI
MED**

Histologie - přednáška

Obory Fyzioterapie, Optika a optometrie, Ortoptika

Mgr. Hana Kotasová, Ph.D.

kotasova@med.muni.cz

1. Přednáška

- Organizace výuky
- Obor histologie
- Metody studia histologie
- Cytologie I

Organizace výuky a ukončení předmětu

Fyzioterapie

- Přednášky
- Praktická cvičení
 - Mikroskopování, nutnost přezůvek (laboratoř)
 - Zápočtový test v 11. týdnu
- 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

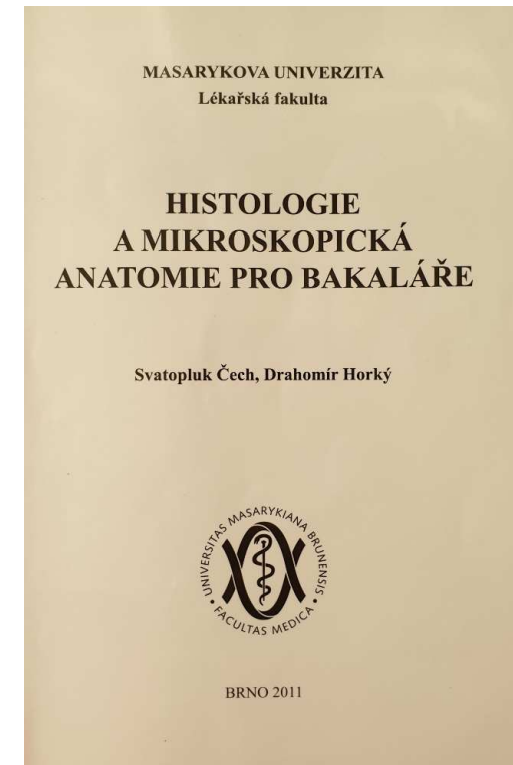
Doporučená literatura

Svatopluk ČECH a Drahomír HORKÝ

Histologie a mikroskopická anatomie pro bakaláře

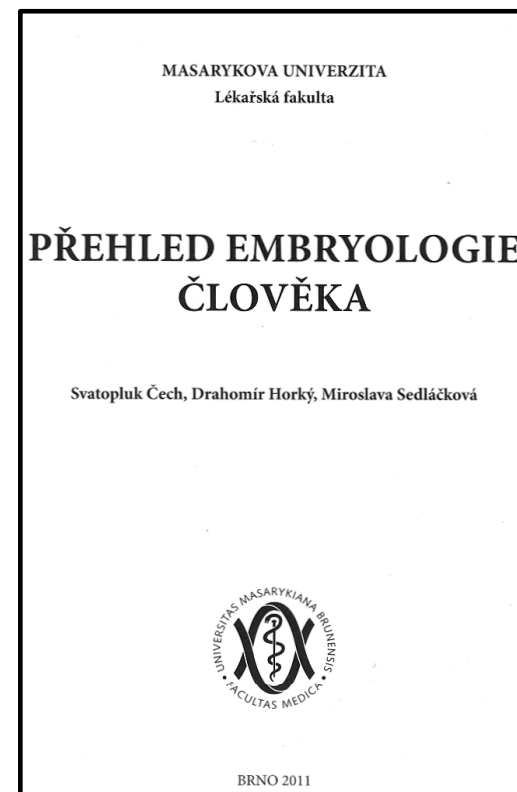
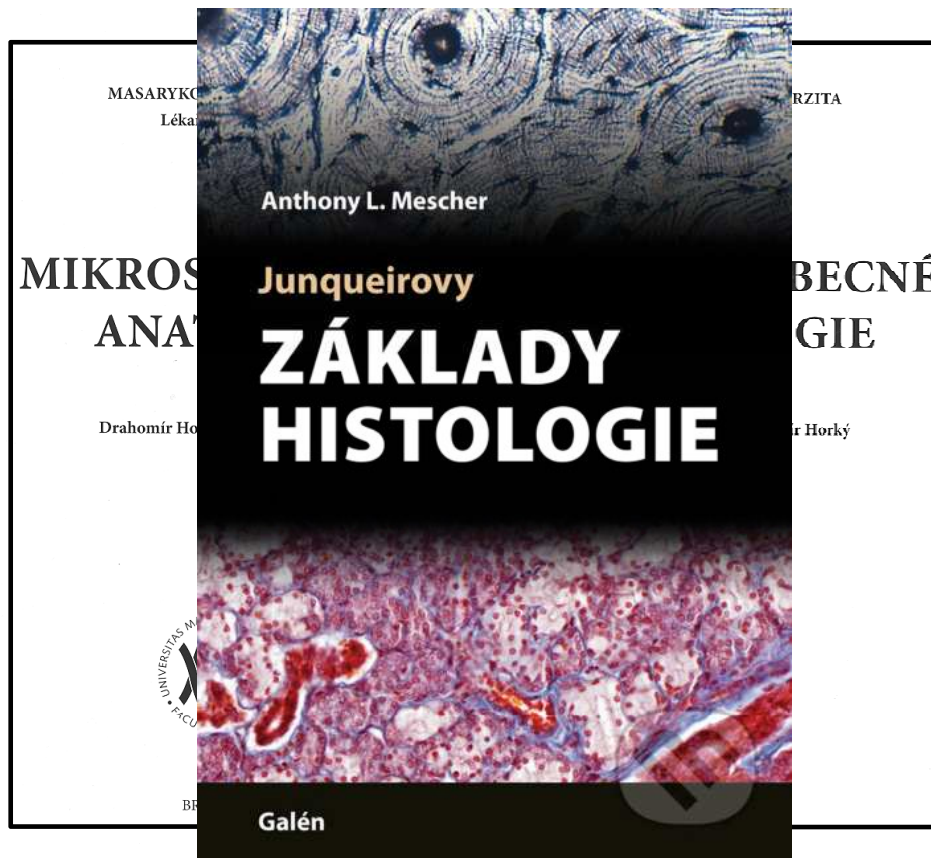
2. přepracované vydání, Brno: Vydavatelství MU, 2011.

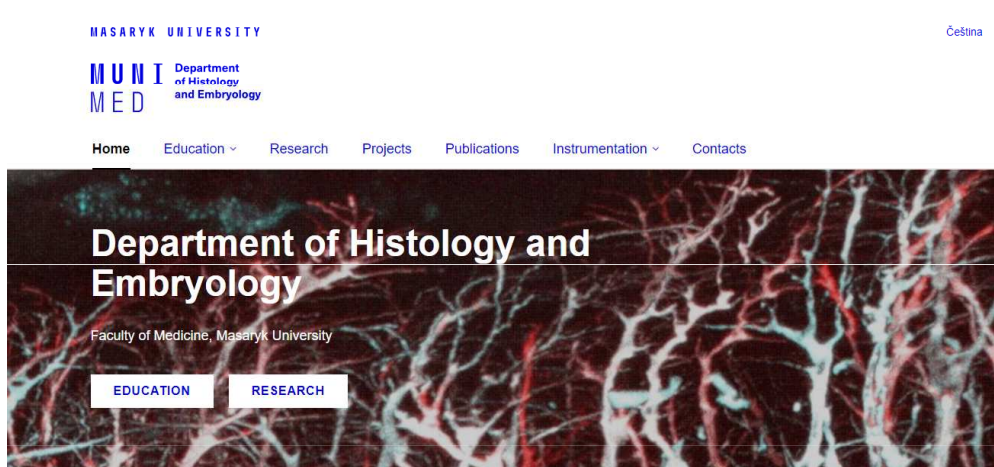
140 s. ISBN 978-80-210-5544-5



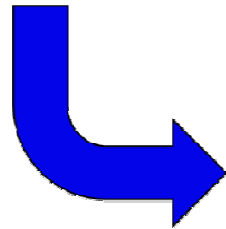
Alternativně literatura pro obor Všeobecné lékařství

– vybrané kapitoly





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



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

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



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

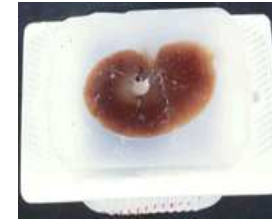
 - Propojení s dalšími obory – anatomie, fyziologie, biochemie, buněčná a molekulární biologie, embryologie
 - Význam histol. vyšetření v klinické praxi: onkologie, chirurgie, hematologie, patologie a soudní lékařství (histopatologie), ...
 - Aplikace ve vědecké práci: náhrada tkání a orgánů

EMBRYOLOGIE

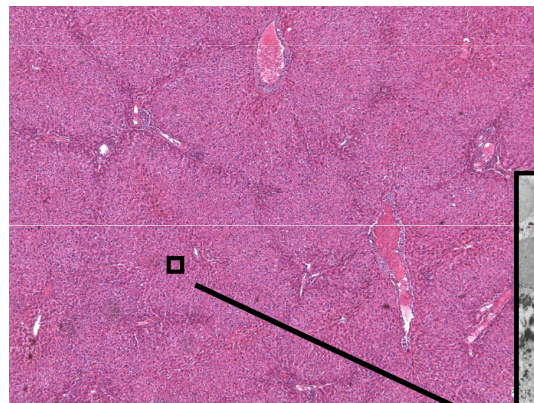
= nauka o prenatálním (intrauterinním) vývoji jedince

- **obecná embryologie** vývoj do konce 2. měsíce – EMBRYO - zárodek od gametogeneze po raný embryonální vývoj
- **speciální embryologie** vývoj od 3. měsíce do porodu – FETUS - plod + organogeneze (vývoj orgánů v jednotlivých systémech)
- **teratologie** – defektní vývoj orgánů, vrozené vývojové vady (VVV = malformace = anomálie)
- Význam v klinice: gynekologie a porodnictví, pediatrie, asistovaná reprodukce, ...
- Význam ve vědecké práci: diferenciaci buněk *in vitro*, ...

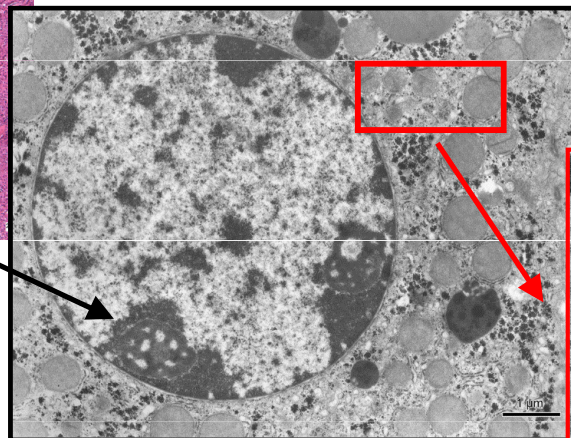
Metody histologie



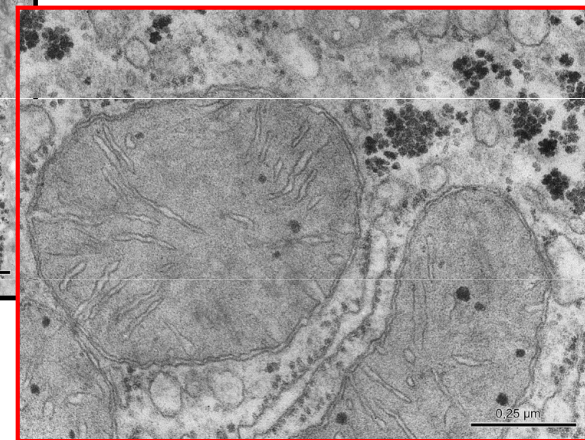
- Rozlišovací schopnost **oka** – $\sim 0,1 \text{ mm}$
- Rozlišovací schopnost **světelné mikroskopie** – $\sim 0,1 (1) \mu\text{m}$
- Rozlišovací schopnost **elektronové mikroskopie** – $\sim 0,1 (1) \text{ nm}$



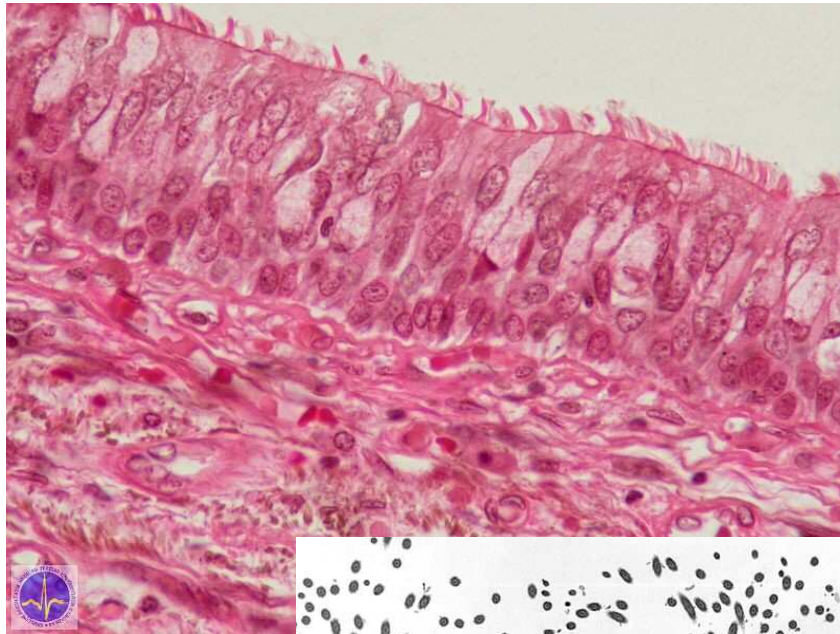
SM



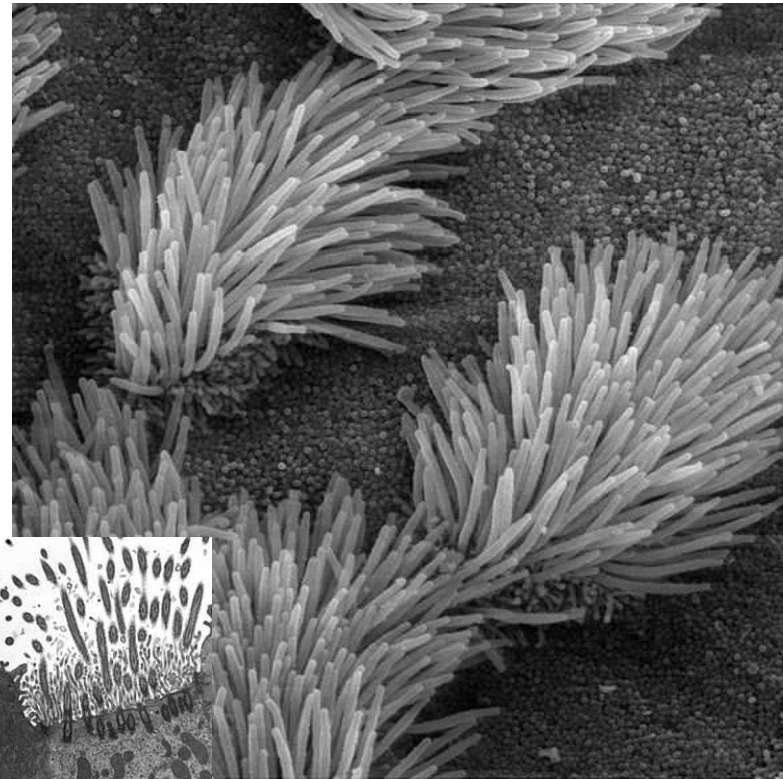
EM



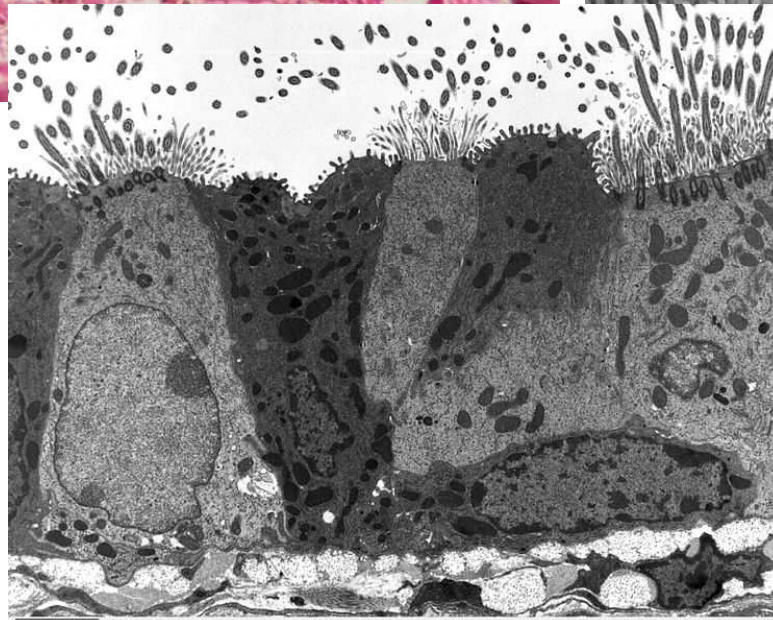
Mikroskopie



SM



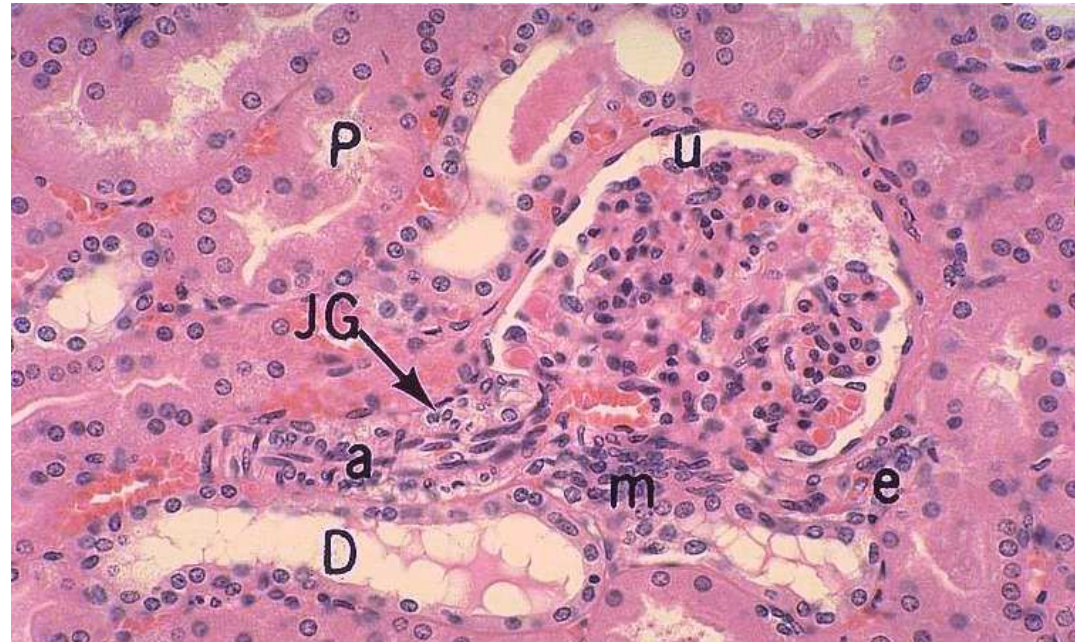
SEM



TEM

Trachea – víceřadý epitel s řasinkami

Světelný mikroskop

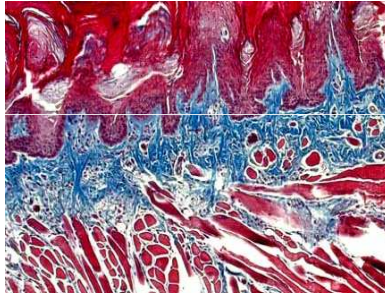
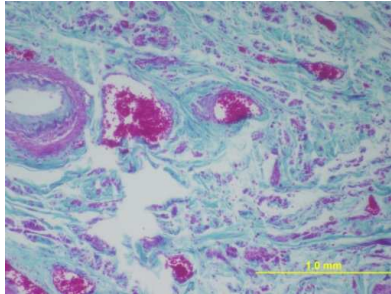


Kůra ledviny – barvení HE

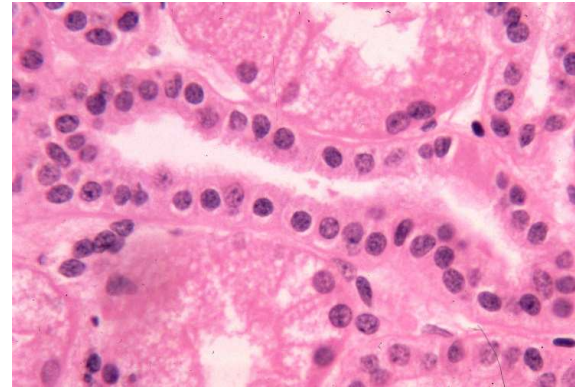
Barvicí metody:

přehledné – HE, AZAN

demonstrují všechny složky tkání

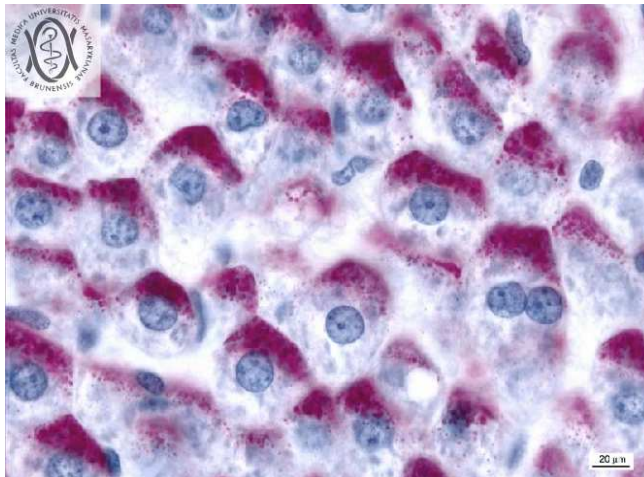


HE – nejpoužívanější barvení

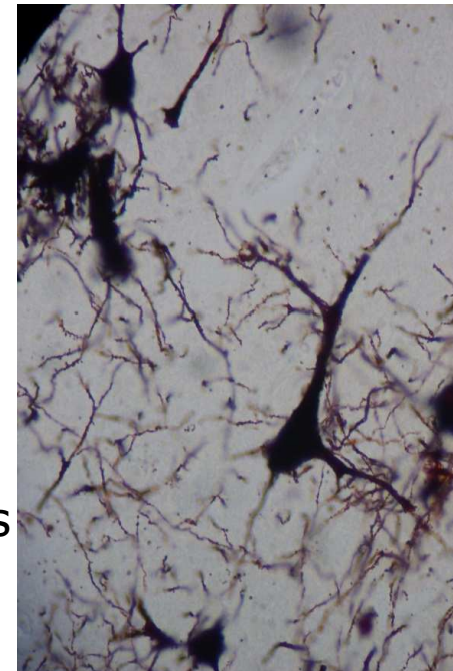


speciální

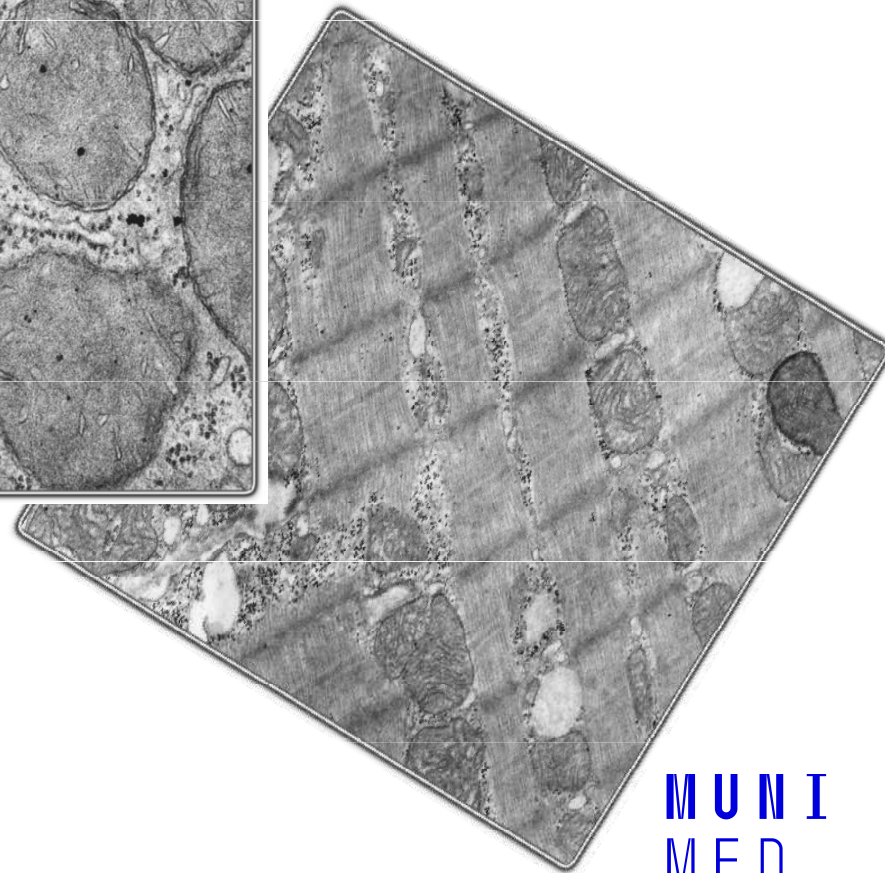
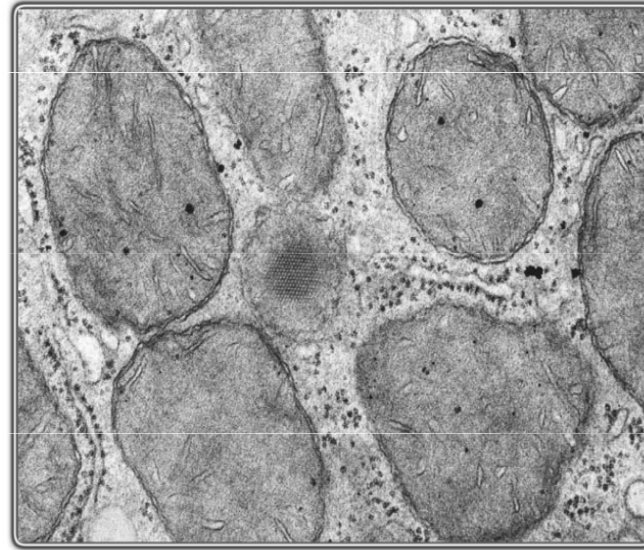
zdůrazňují určité buněčné nebo tkáňové složky



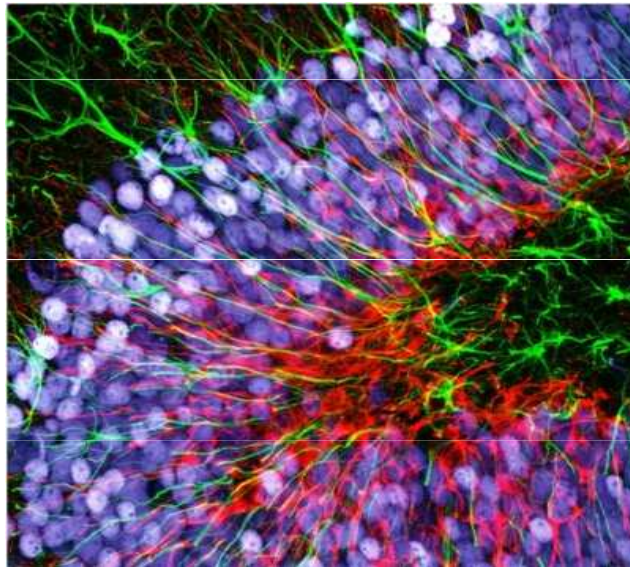
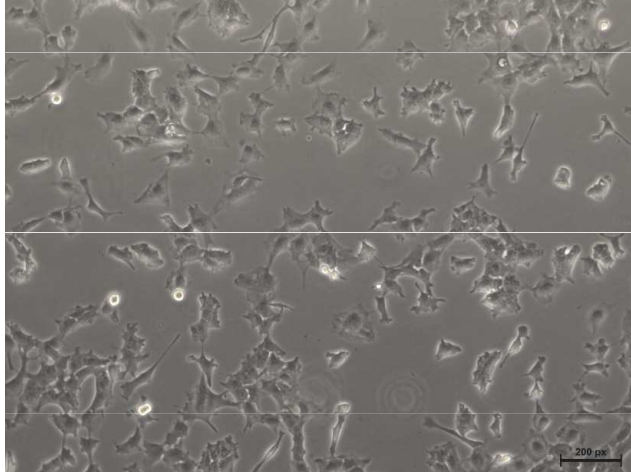
impregnační
soli Ag, Au nebo Os



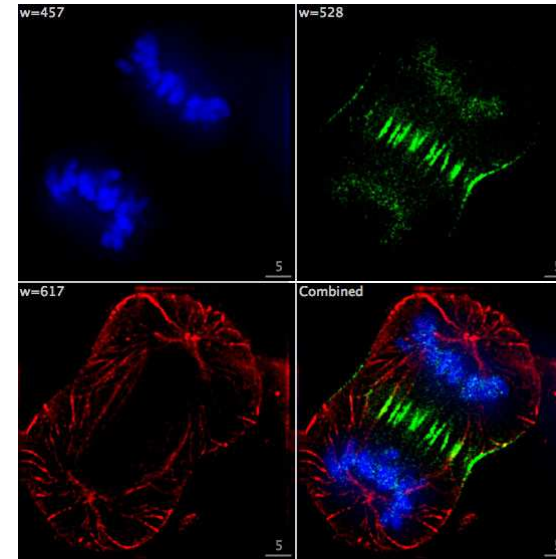
Elektronový mikroskop



Mikroskop s fázovým kontrastem

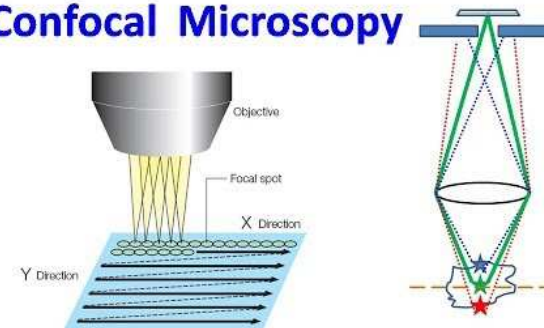


Fluorescenční mikroskop



[CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

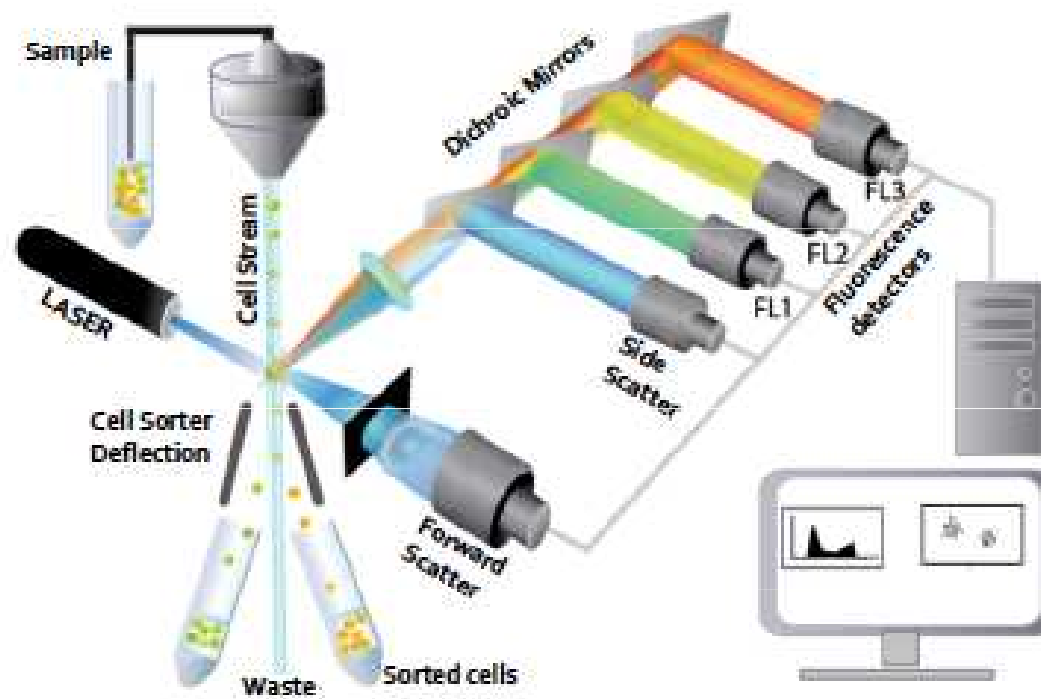
Confocal Microscopy



Průtoková cytometrie

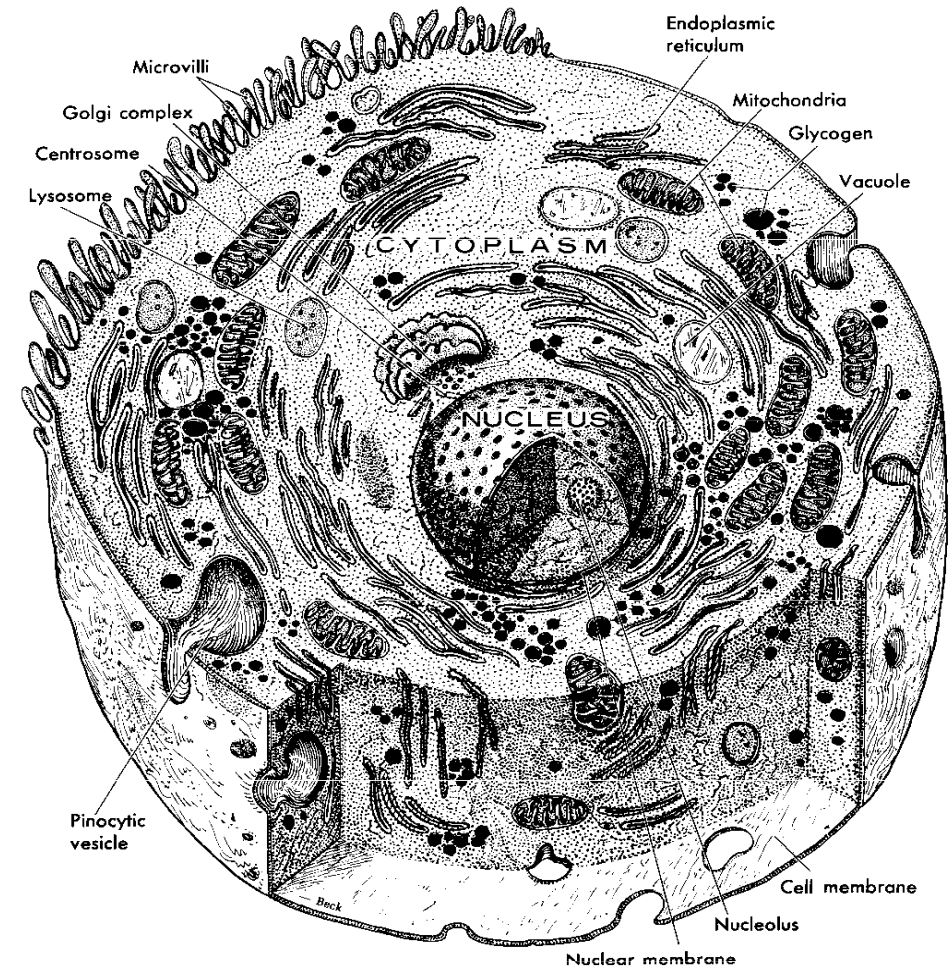
Analýza fenotypu jednotlivých buněk – možné využití i pro jejich třídění

Hematologická laboratoř – DBOK



Cytologie I

Obecná charakteristika živočišných buněk.
Membránová jednotka.
Základní cytoplazma a cytoskelet.
Buněčné jádro - stavba a funkce. Jadérko.



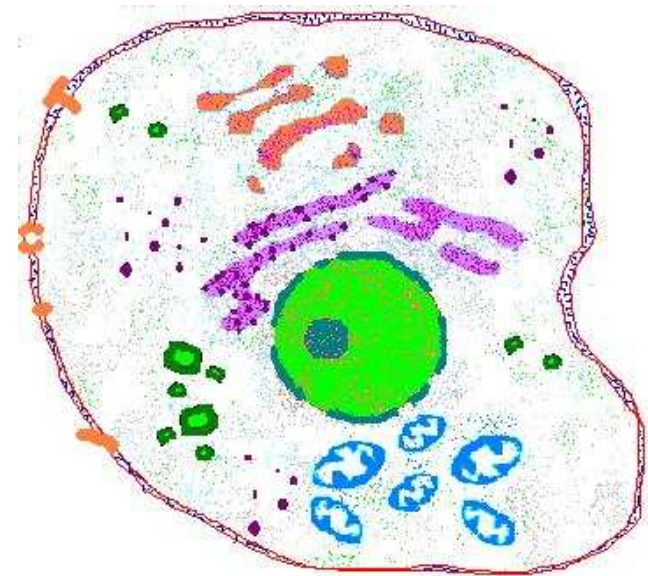
A typical cell as seen under an electron microscope. Note the many mitochondria, popularly known as the "power plants of the cell." Note, too, the innumerable dots bordering the endoplasmic reticulum. These are ribosomes, the cell's "protein factories."

Zkouškové otázky

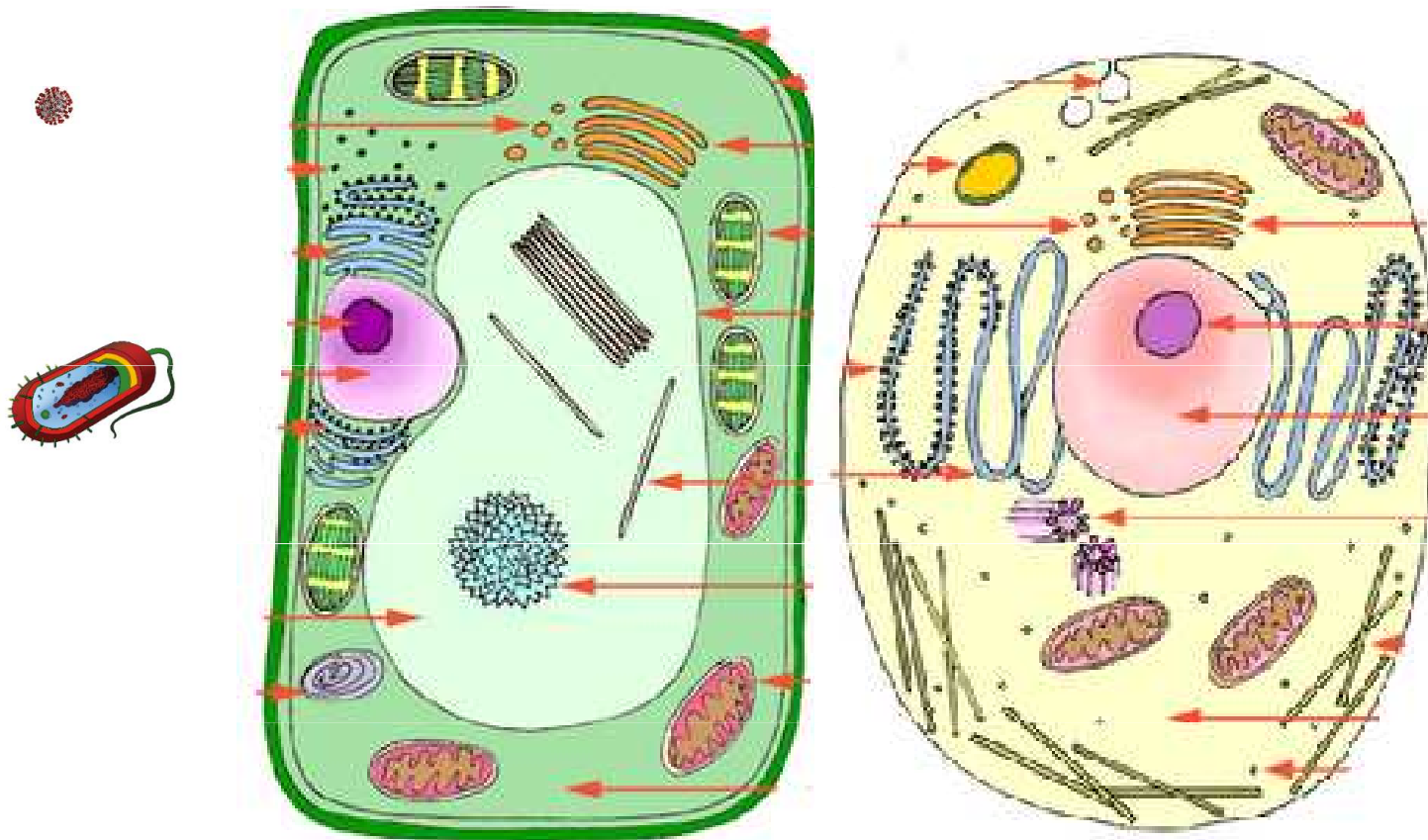
1. Buňka: definice a charakteristika, stavba biomembrán, cytoskelet, úprava buněčných povrchů, buněčná spojení.
2. Buňka: buněčné jádro, buněčný cyklus, mitóza a meióza
3. Buňka: přehled organel a inkluzí – jejich struktura a funkční význam.

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

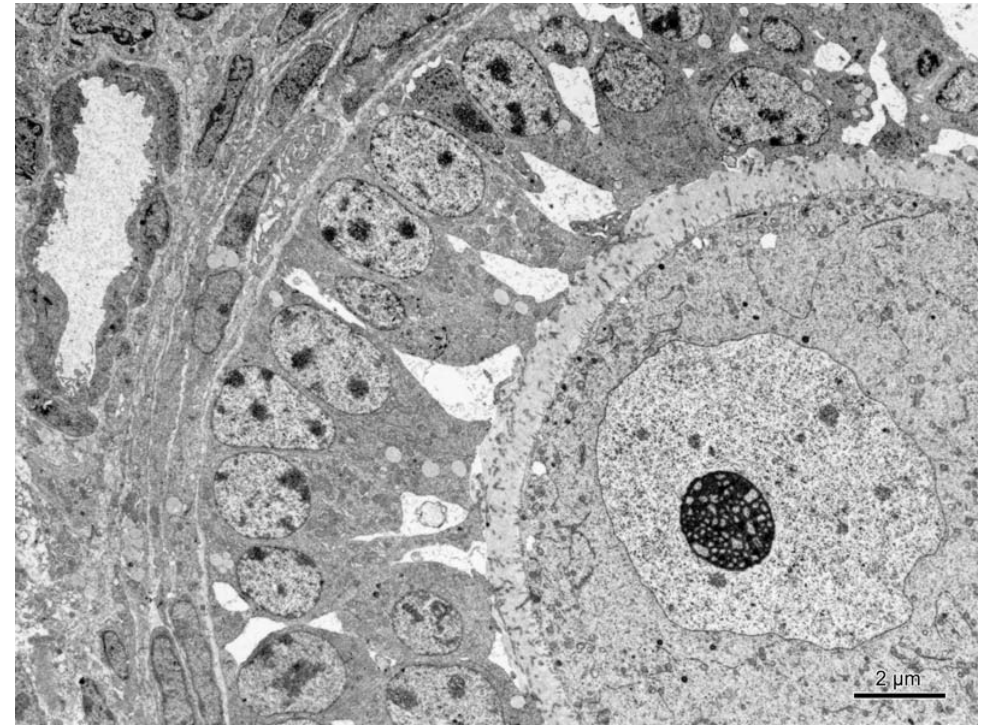


Velikost ?



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

Zkuste seřadit následující struktury podle velikosti

Streptokok

vlas (průměr)

erytrocyt

jádro buňky

hepatocyt

oocyt

ribozom

Adenovirus

střevní klk
(délka)

Zkuste seřadit následující struktury podle velikosti - řešení

ribozom 20 nm

Adenovirus 80 nm

Streptokok 0,6 μm

jádro buňky 5 μm

erytrocyt 7,4 μm

hepatocyt 30 μm

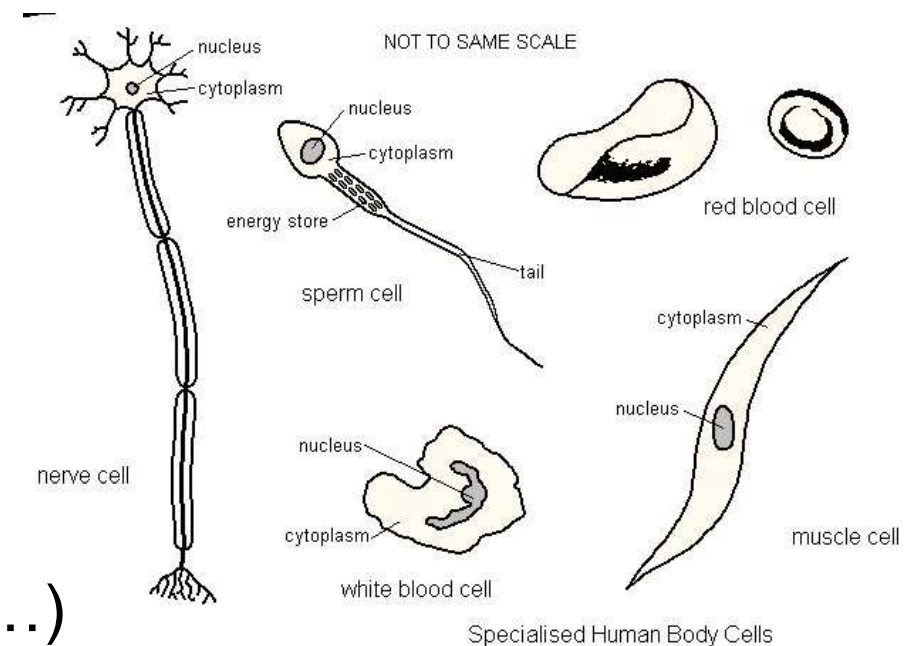
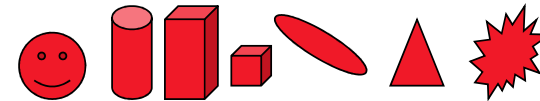
vlas (průměr) 80 μm

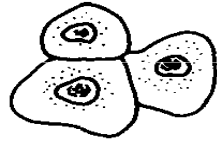
oocyt 120 μm

střevní klk 1 mm

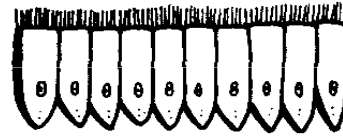
Tvar buněk

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





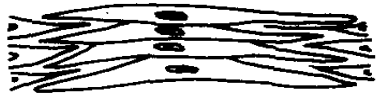
Squamous Epithelium from the Mouth



Ciliated Epithelium from the Trachea



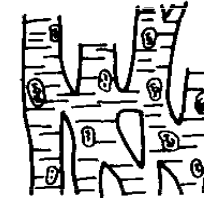
Columnar Cells from the Stomach



Plain Muscle Fibres from the Intestine



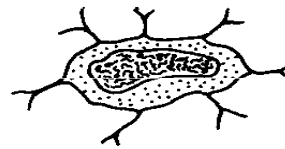
Striped Muscle Fibres



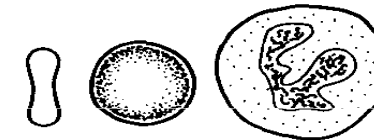
Muscle Fibres from the Heart



Cartilage Cells

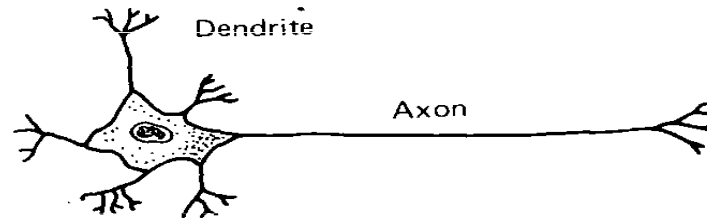


Bone Cell



Red Blood Cells or Erythrocytes

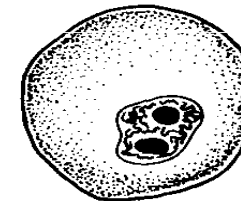
White Blood Cell



Nerve Cell with Axon and Dendrites



Sperm



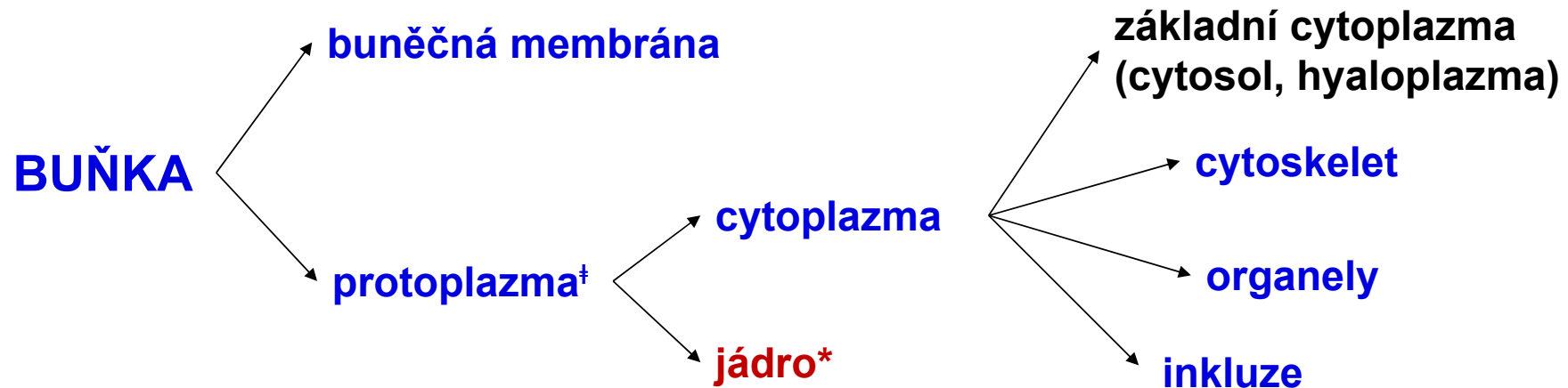
Ovum

Different kinds of cell found in the human body.

Životnost buněk

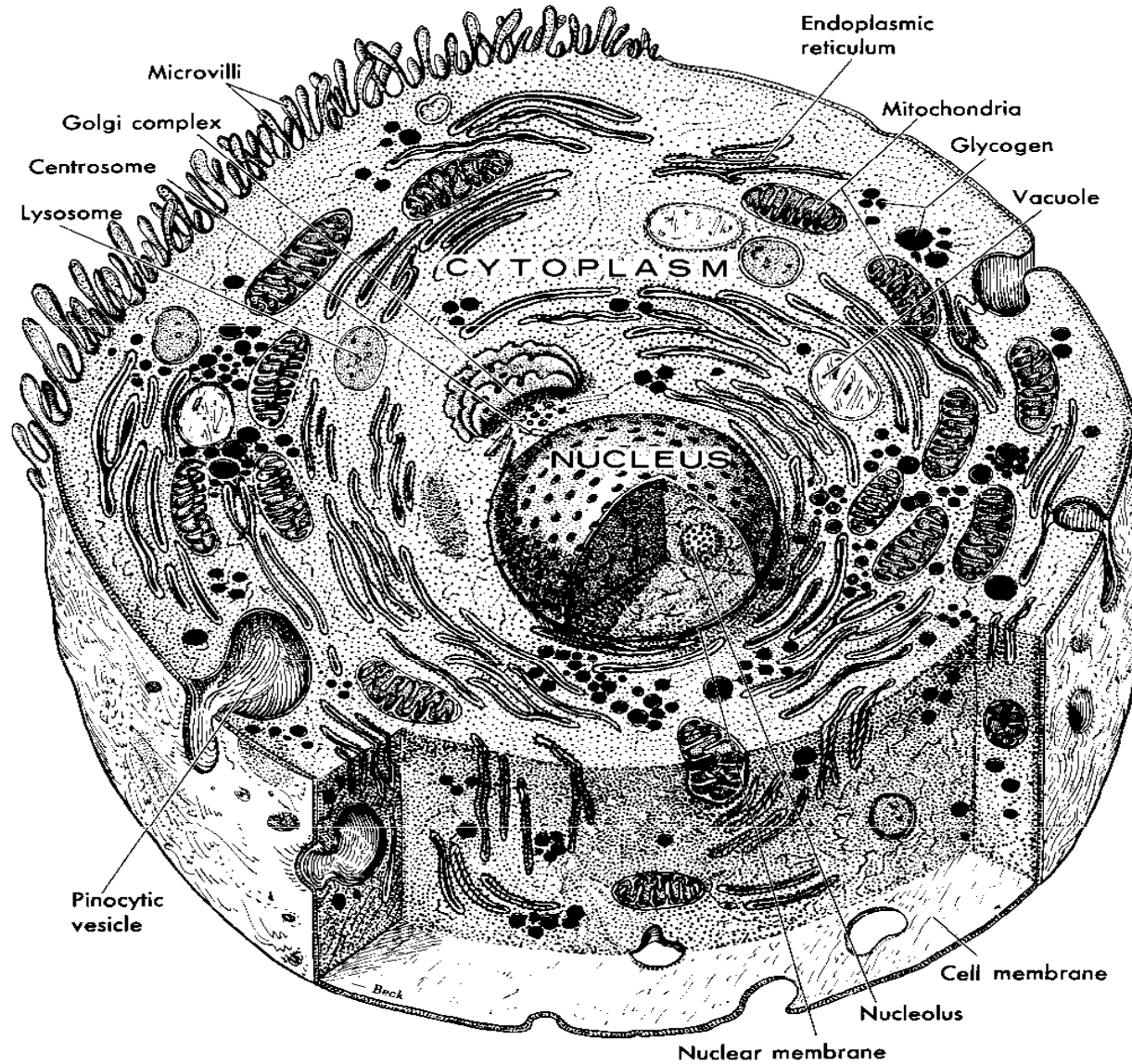
- hodiny až roky
- Enterocyty – cca 1-2 dny
- Neutrofily – 6-7 hod
- Eozinofily – 7-14 dní
- Erytrocyty – 3 měsíce
- Hepatocyty – 1-2 roky
- Neurony – celý život (desítky let)

Stavba buňky



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

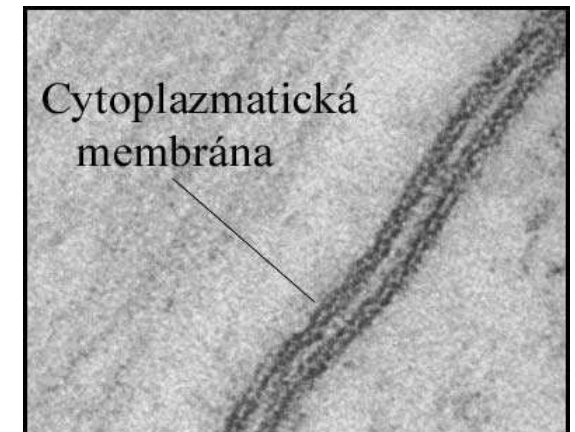
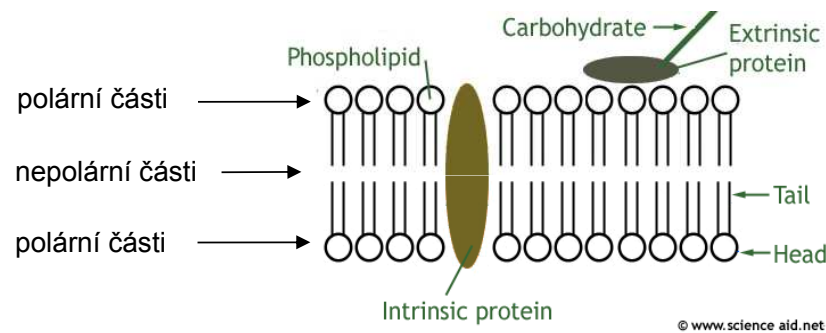
* Jádro není považováno za organelu. Je to jedna ze 2 komponent protoplazmy.



A typical cell as seen under an electron microscope. Note the many mitochondria, popularly known as the "power plants of the cell." Note, too, the innumerable dots bordering the endoplasmic reticulum. These are ribosomes, the cell's "protein factories."

Membránová jednotka = Biomembrána

- základní **stavební jednotka** všech membrán v buňce (buněčné membrány, membrán v membránových organelách)
- složení:
 - fosfolipidy
 - proteiny
 - cholesterol
- trojvrstevný vzhled
- tloušťka 6 – 10 nm
- princip **fluidní mozaiky**, lipidové rafty



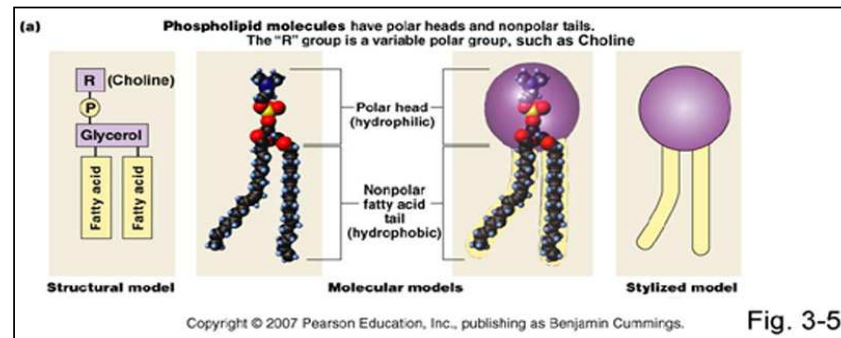
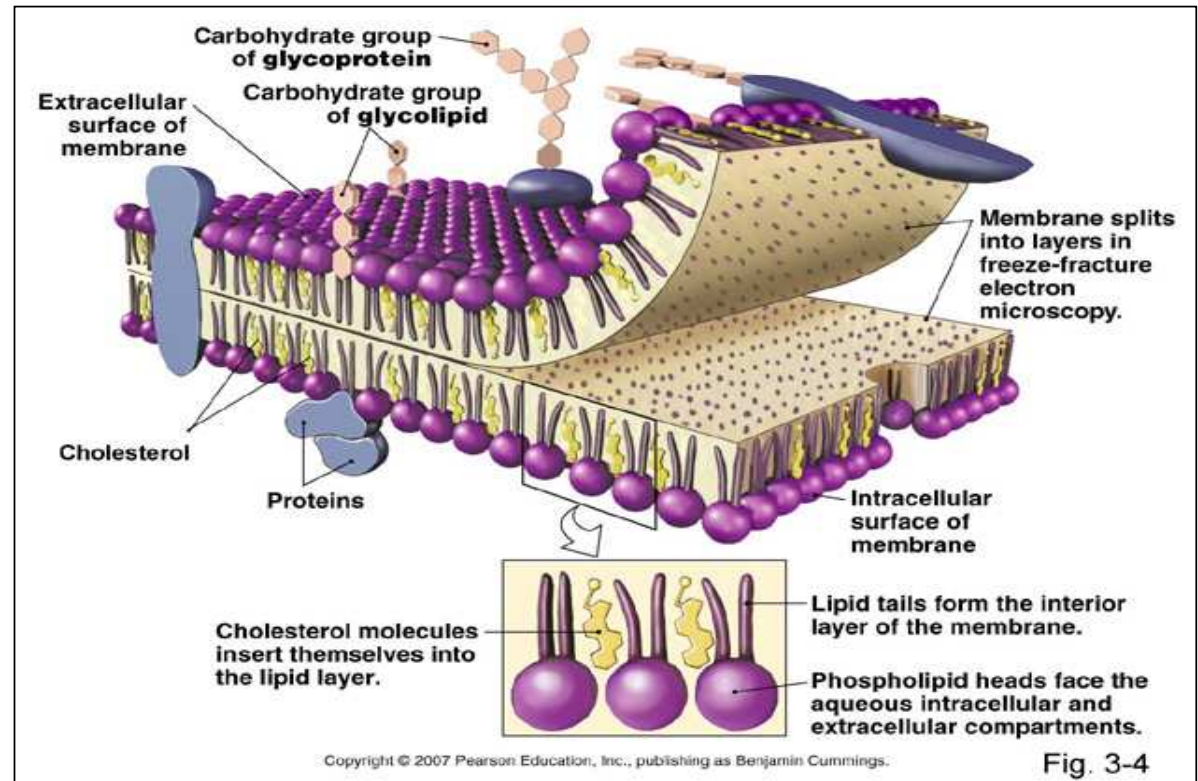
Biomembrána

Proteiny

- Periferní
- Integrované

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

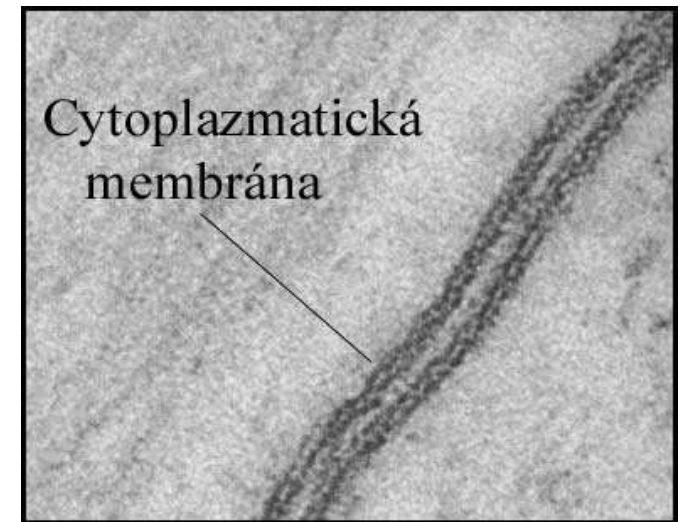
- udržení struktury, mezibuněčných spojů

Buněčná membrána (plazmalema)

Funkce

- selektivní bariéra – regulace průchodu látek z/do buňky
- místo regulačních a rozpoznávacích funkcí (receptory, glykokalyx – antigenní funkce)

Může mít rozmanité modifikace (mikroklky, řasinky, bazální labyrint, ...)



Základní cytoplazma (hyaloplazma, cytosol)

- homogenní amorfnní 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

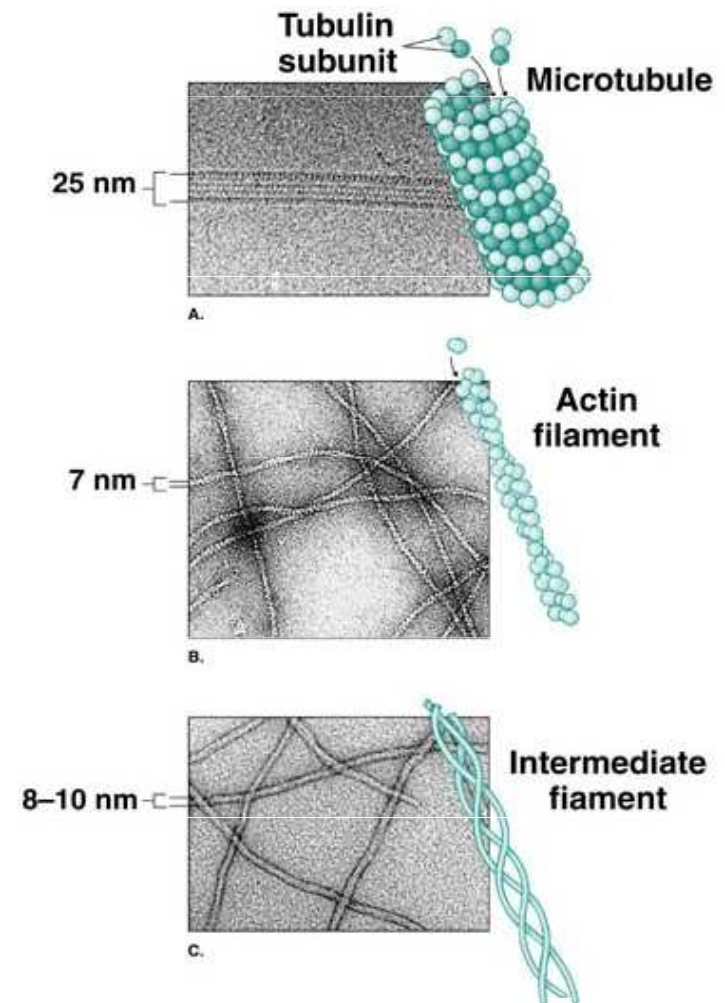
- složení:
 - 60 % vody
 - 4 % minerálních látek (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , fosfátové a chloridové anionty)
 - 36 % organických látek (sacharidy, lipidy, proteiny /albuminy, globuliny/, aminokyseliny, fosfolipoproteiny)

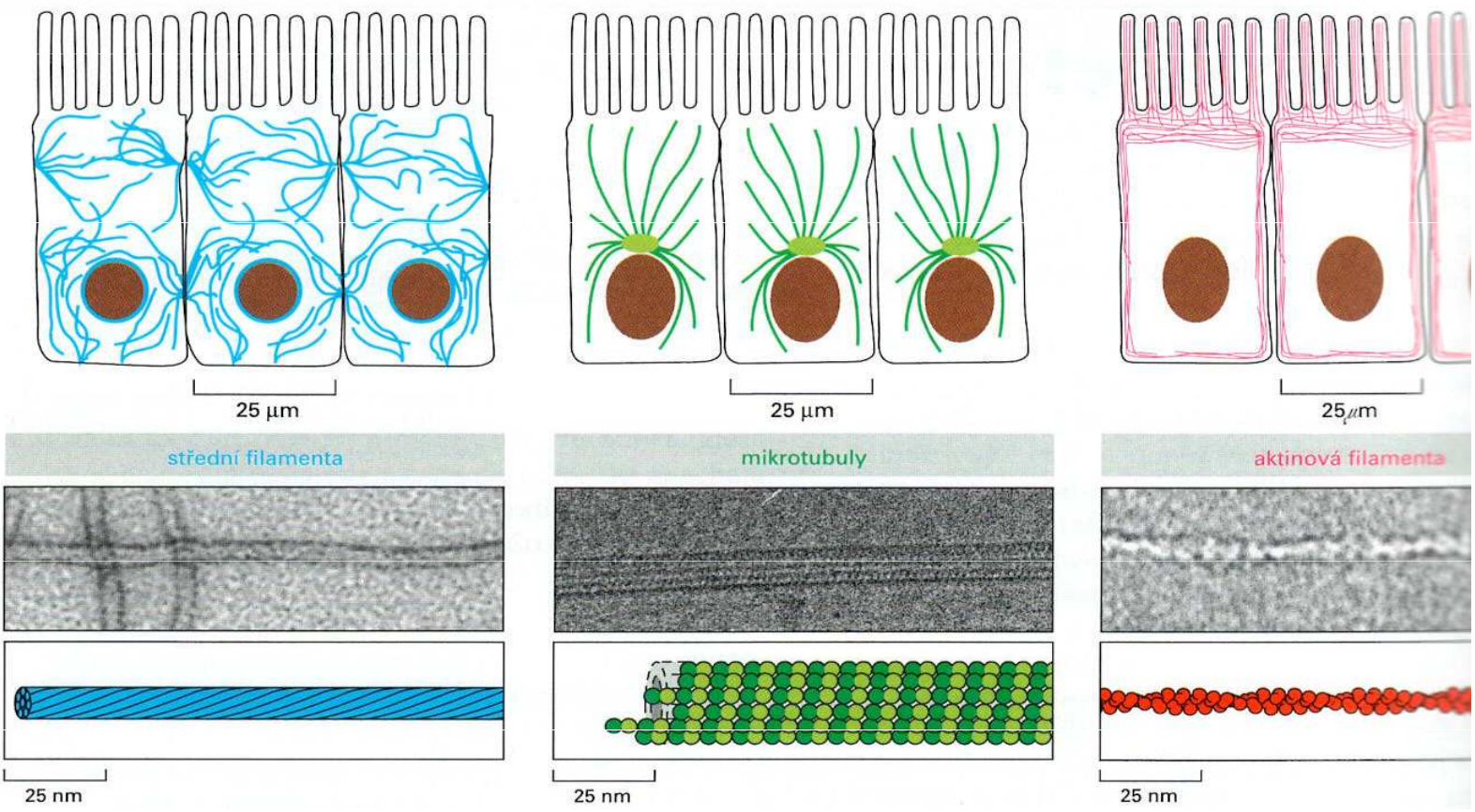
Cytoskelet

- 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, tvar bb.
- **mikrofilamenta** (**aktin**, Ø 5-7 nm)
 - subplazmalemální a intracytoplazmatické sítě;
 - ve svalových buňkách – **aktin** + myosin – kontrakce
- **intermediární filamenta** (Ø 8-10 nm)
 - **cytokeratin** - tonofilamenta v epitelových buňkách
 - **vimentin** - buňky mezenchymového původu
 - **desmin** - svalové buňky
 - **neurofilamenta** - neurony
 - **gliofilamenta** - gliový fibrilární kyselý protein - neuroglie





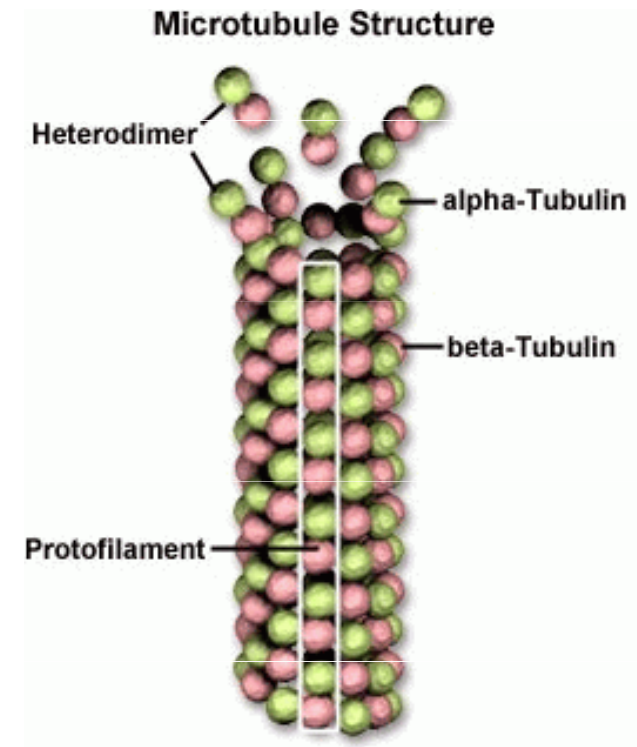
intermed. filamenta

mikrotubuly

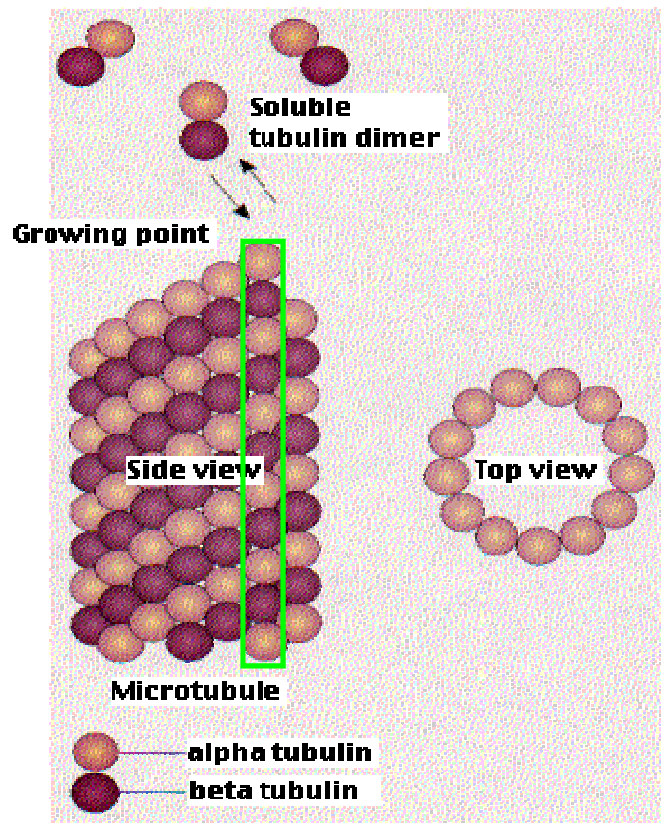
mikrofilamenta

Mikrotubuly

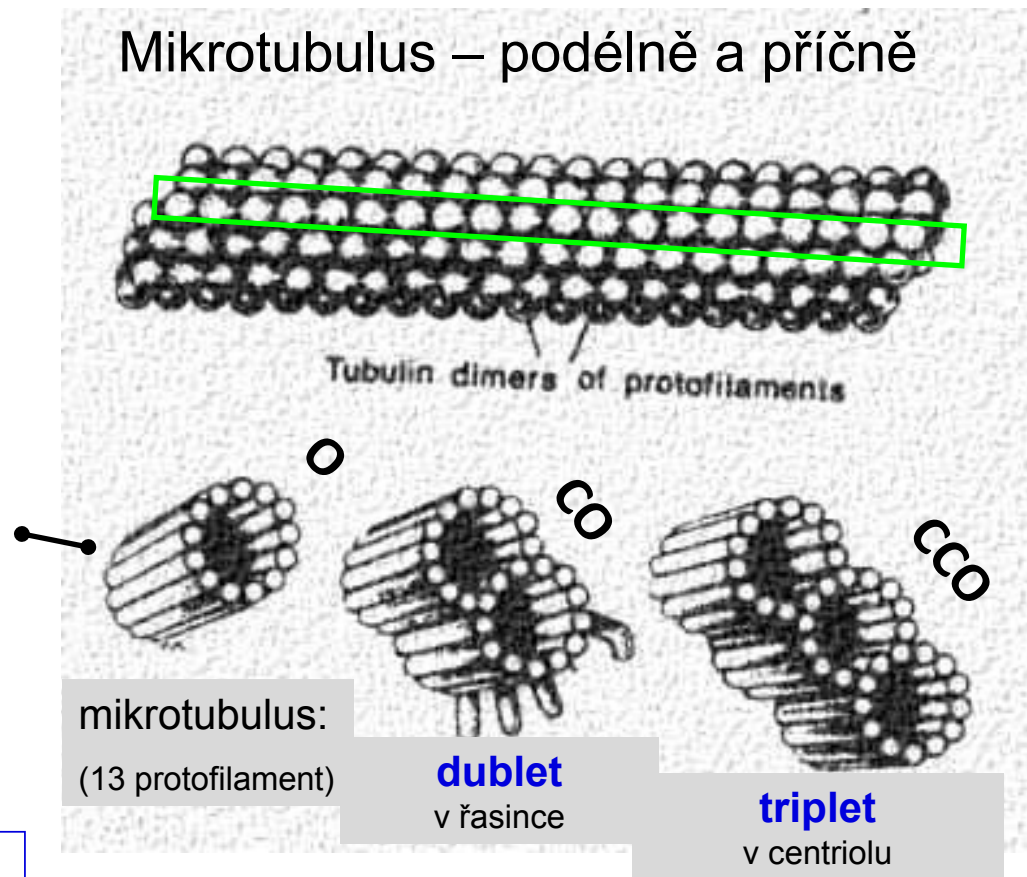
- Ø 22 nm,
- bílkovina **tubulin** (α a β)
- duté válce, dynamické struktury
- asociované s **molekulárními motory**
- funkce:
 - udržování tvaru buněk, intracelulární transport sekrečních granul, pohyb řasinek a bičíků, fagocytóza, pohyb chromosomů během mitózy – dělicí vřeténko, součást centriolů a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



13 řetězců/protofilament



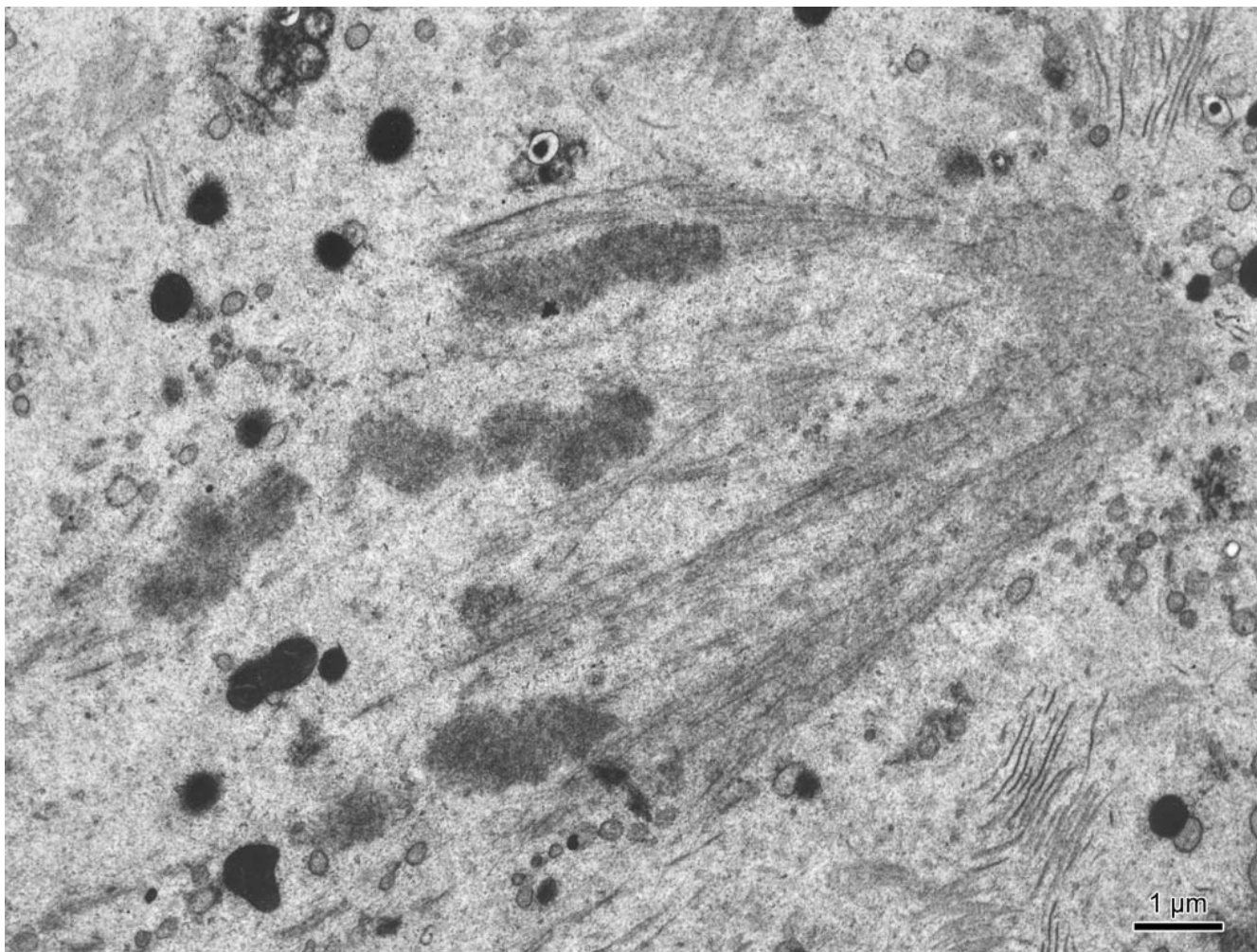
Mikrotubulus – podélně a příčně



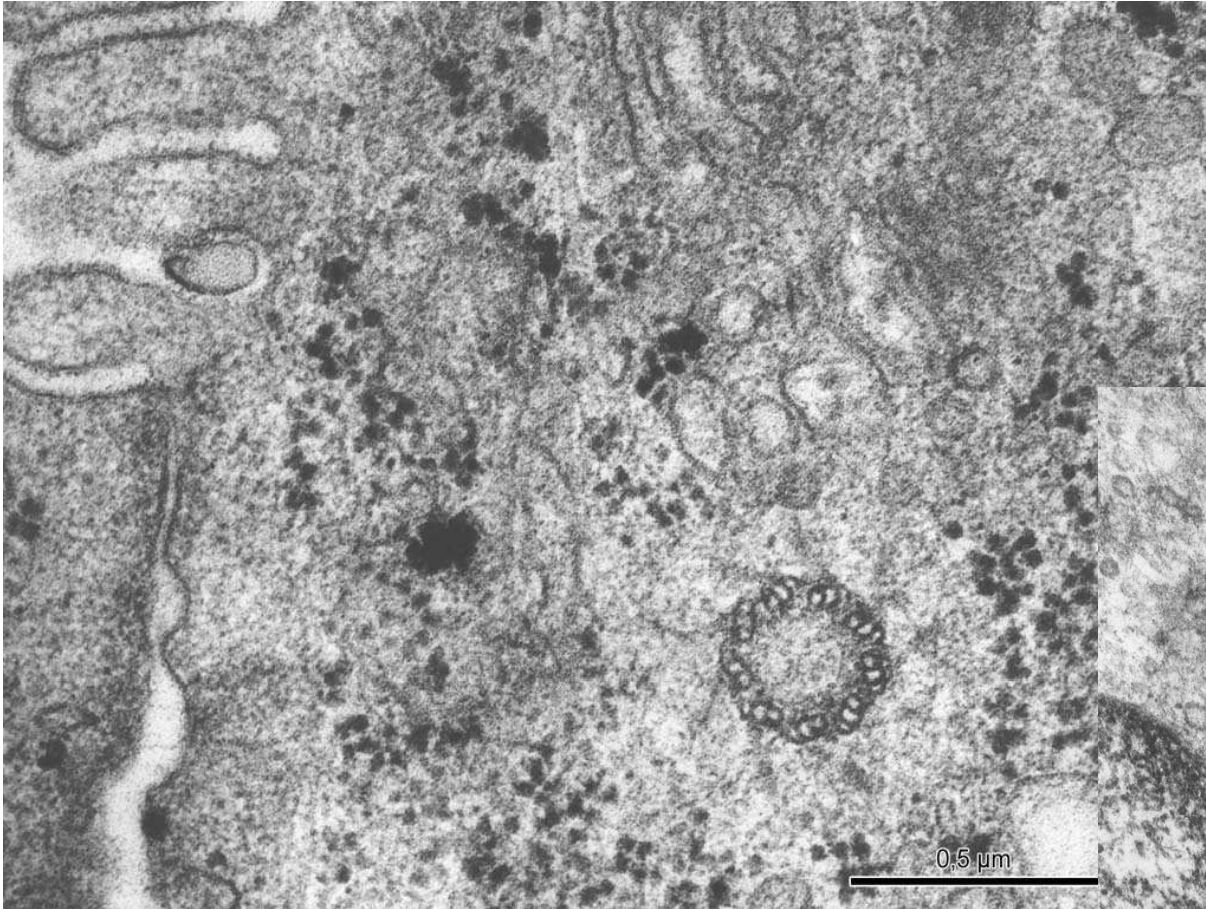
protofilamentum
se skládá z dimerů α a β tubulinu

mikrotubulus
se skládá z 13 protofilament

Dublety a triplety – částečně sdílená stěna mikrotubulů

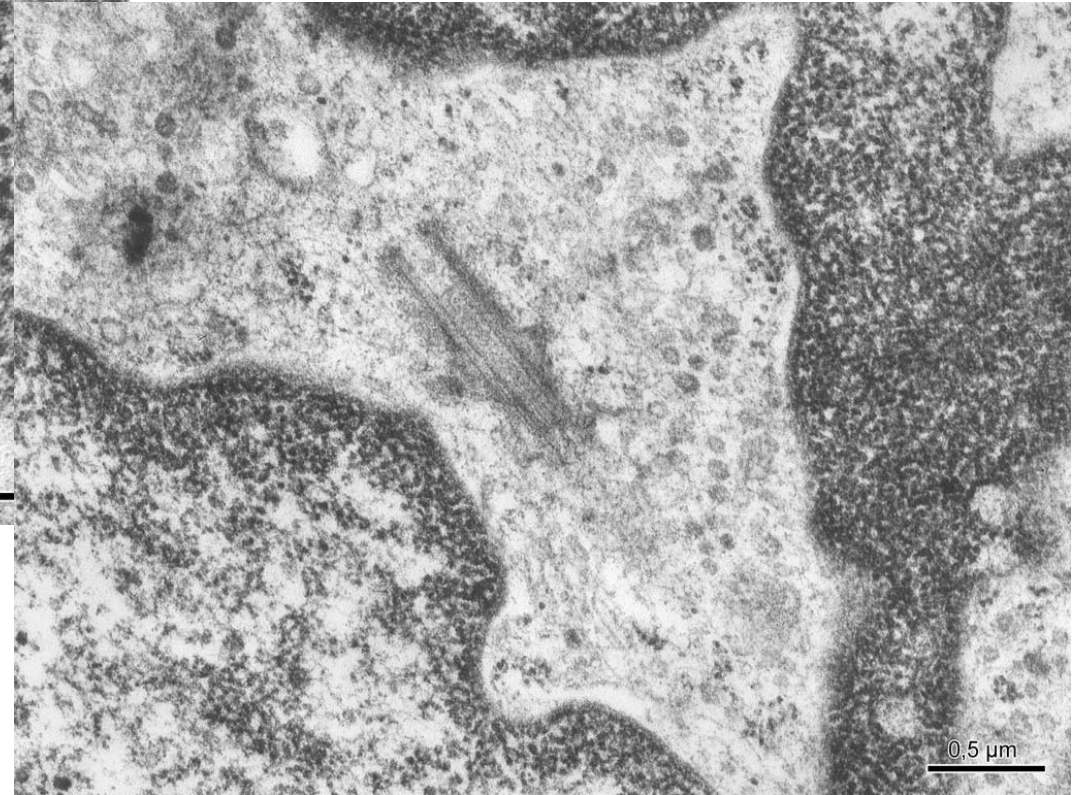


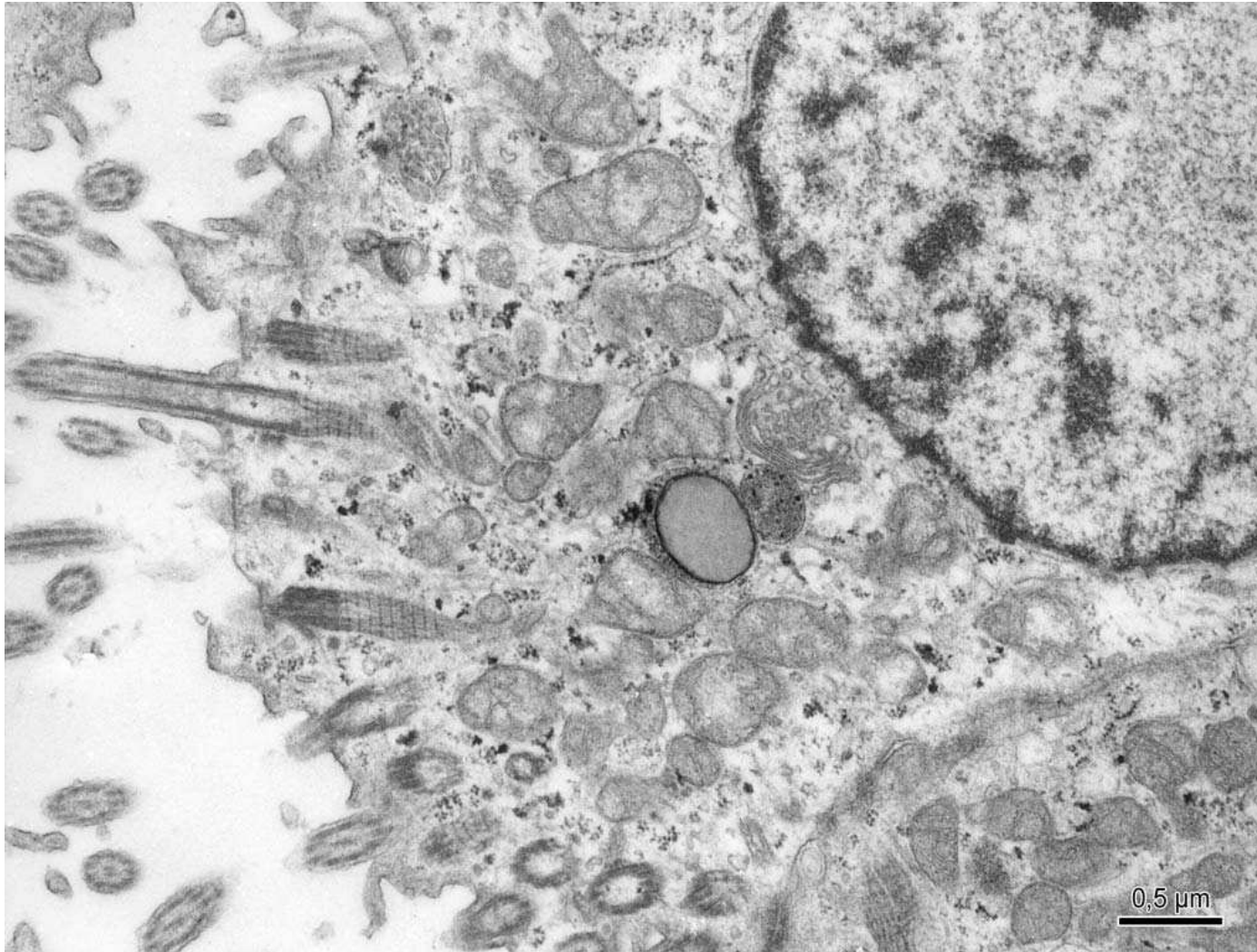
Dělicí vřeténko s chromosomy



Příčný řez centriolem

Podélný řez centriolem

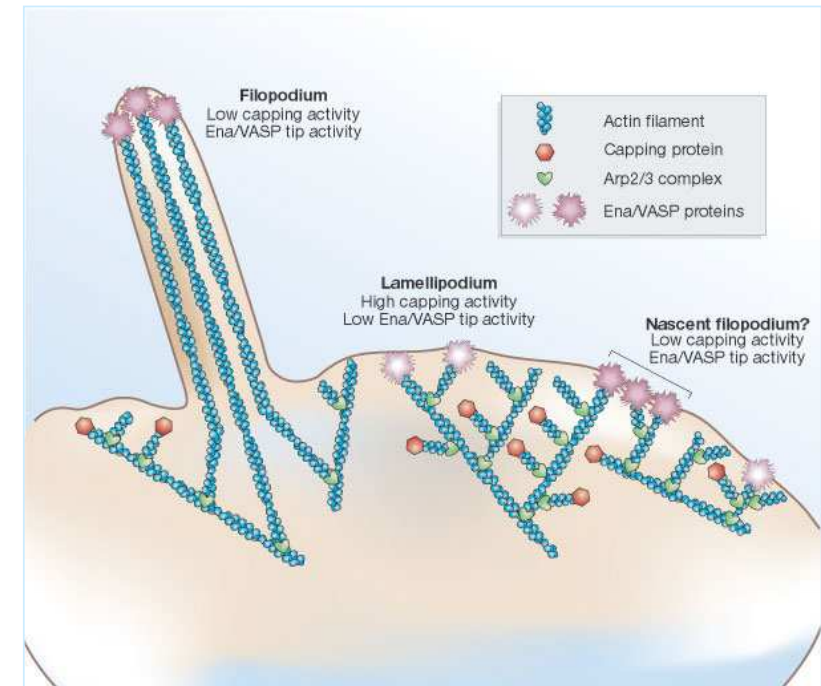




Řasinky s bazálním tělískem a axonemou

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 prsteneček
- intracytoplazmatická 3D-síť
 - proudění cytoplazmy, udržení pozic organel



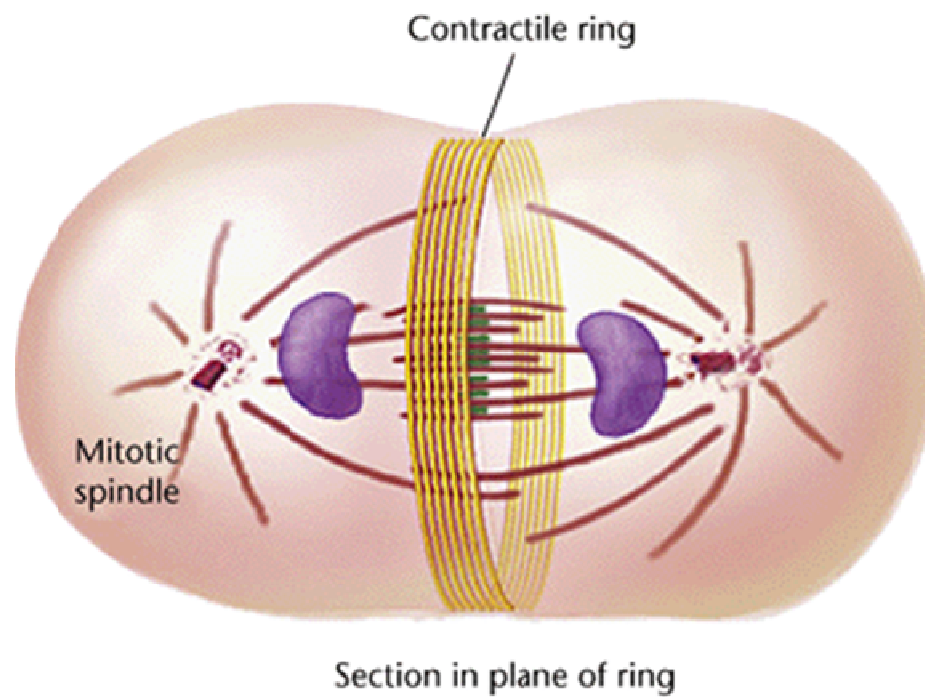
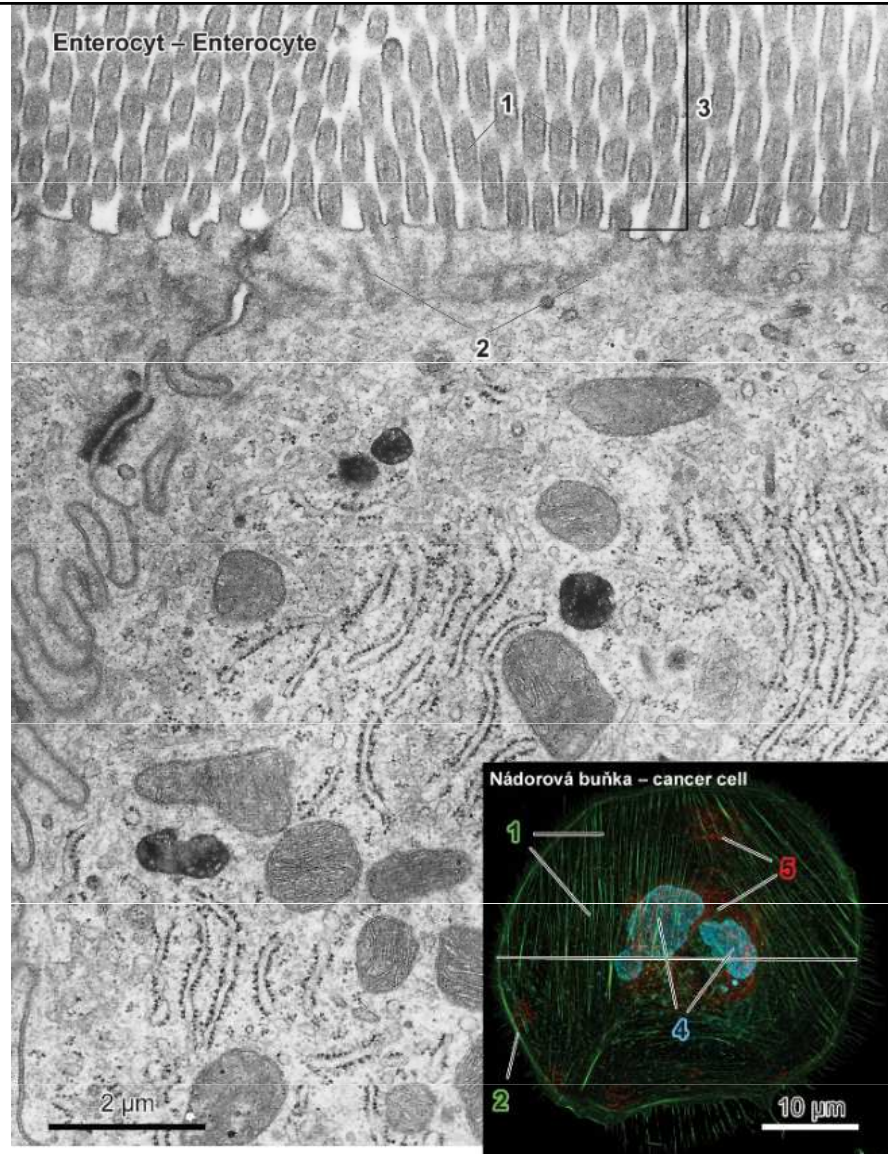


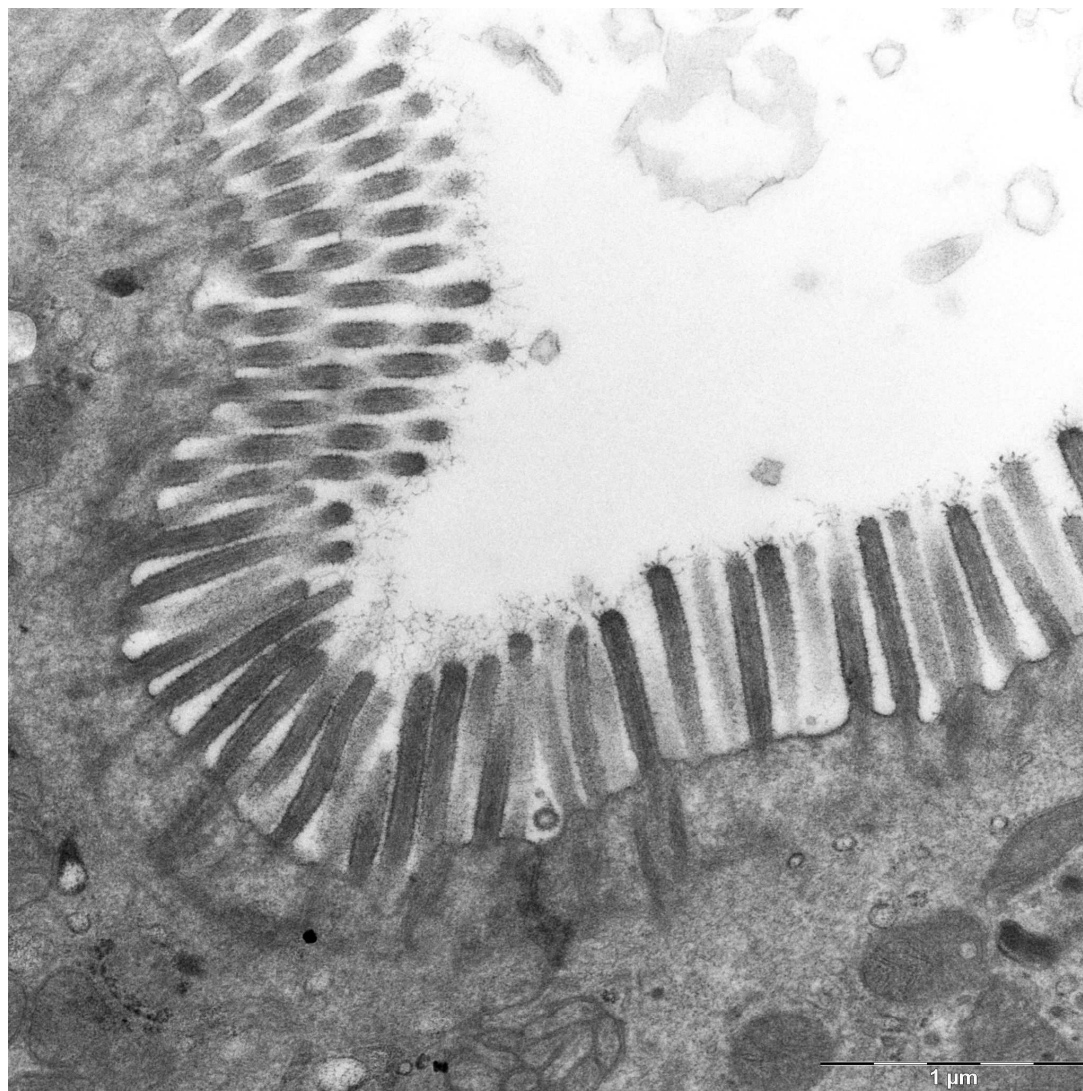
Figure 2. Animal cytokinesis and the contractile ring. (Stephen L.G. 2011)

Aktinový kontraktilní prstenec – dělení buňky



16

Cytoskelet (aktinová mikrofilamenta) – cytoskeleton (actin microfilaments). (1) aktinová mikrofilamenta – actin microfilaments, (2) aktinová kortikální síť – actin terminal web, (3) žíhaný lem – striated border, (4) jádro – nucleus, (5) mikrotubuly – microtubules.



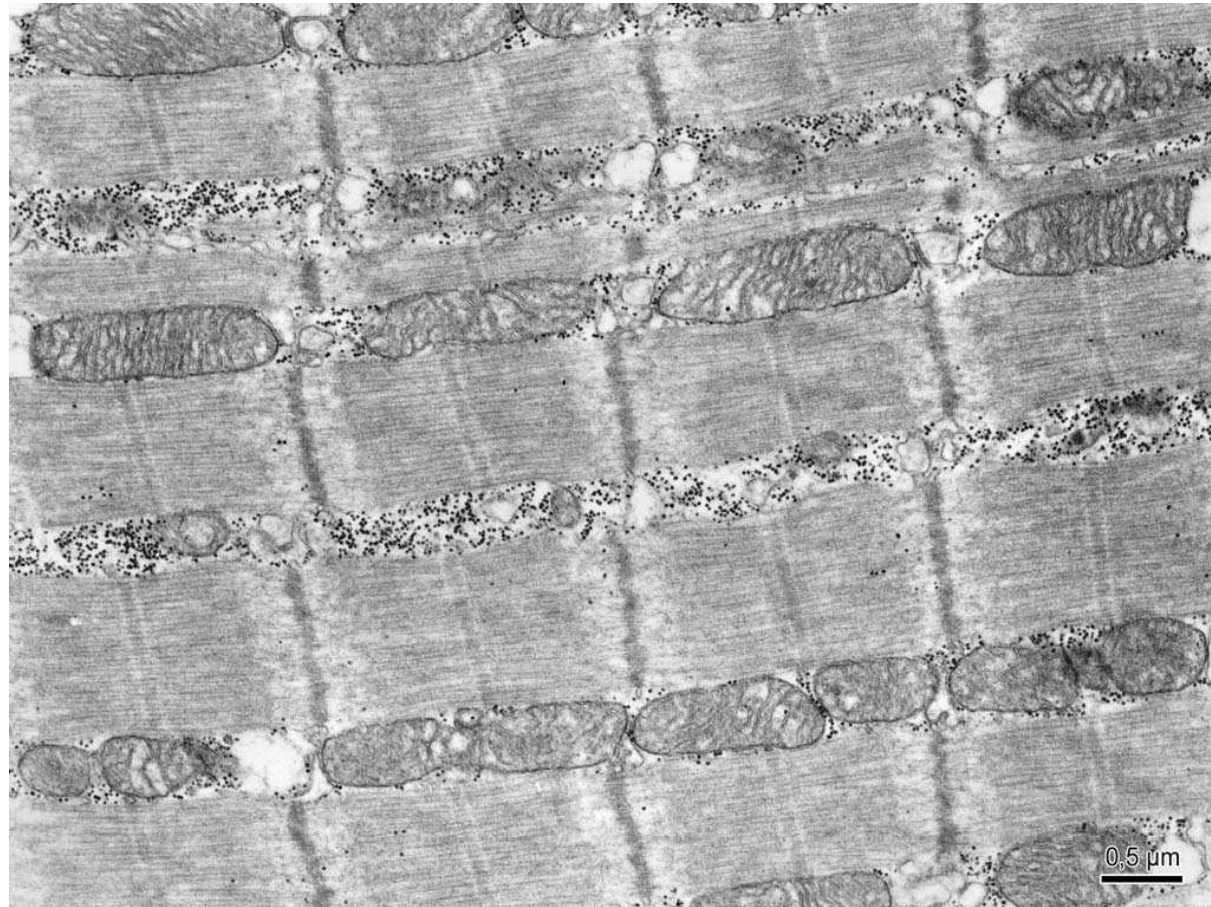
Mikroklky vyztužené aktinem a aktinová kortikální síť

Mikrofilamenta

ve svalových buňkách
„myofilamenta“

aktin + myosin
(molekulární motor)
vytváří myofibrily

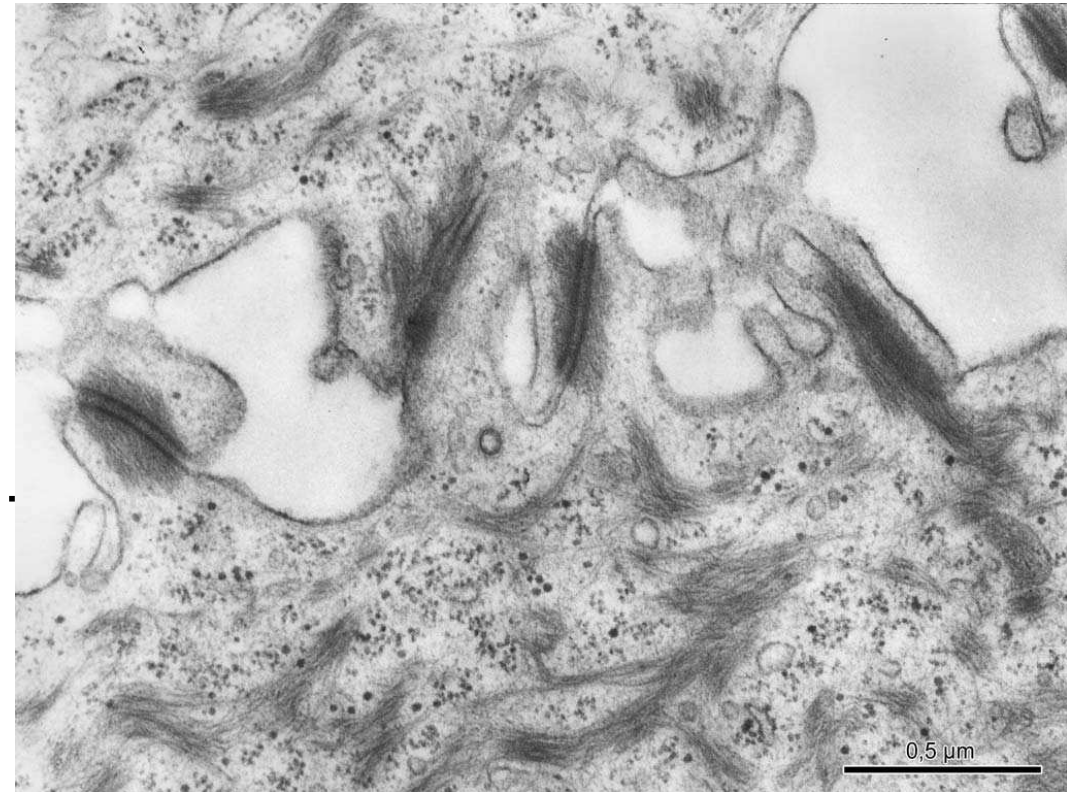
opakující se
podjednotky
„sarkomery“



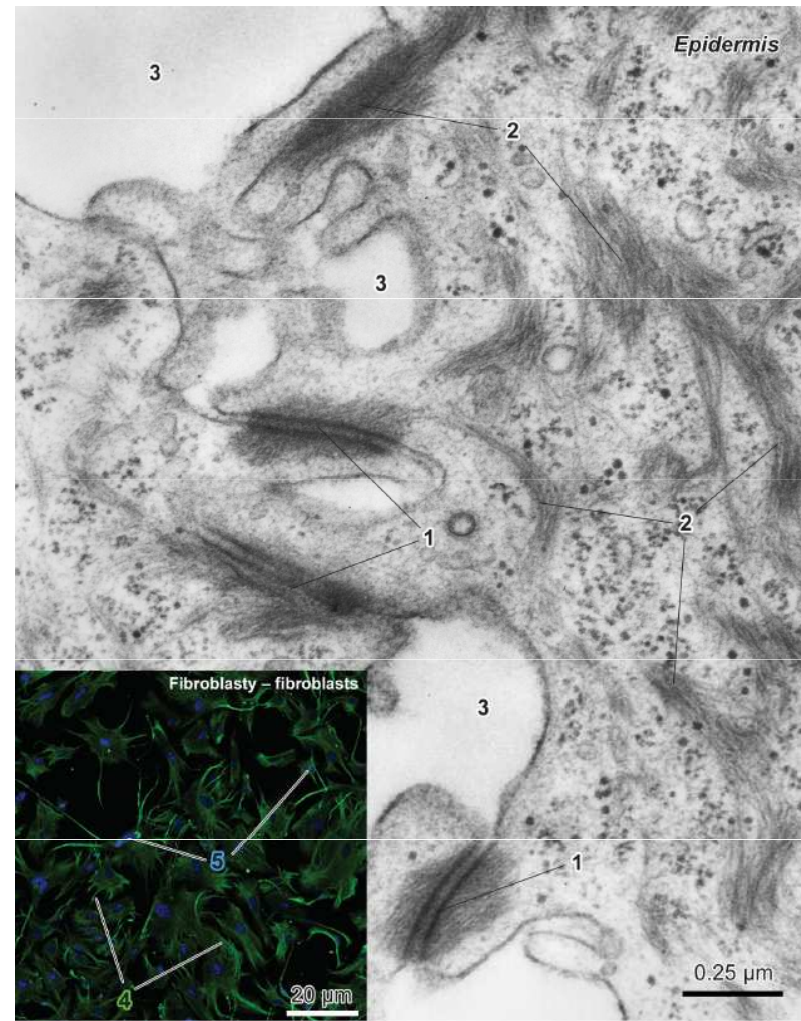
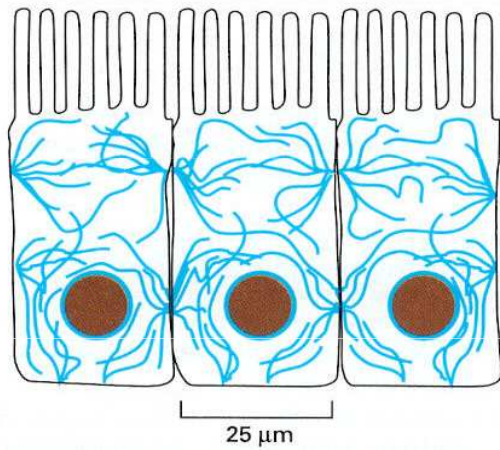
Intermediární filamenta

- 8 – 10 nm
- zajišťují stabilitu buňky
- **cytokeratinová** (tonofilamenta) – epitelové buňky
- **vimentinová** – b. mezenchymového původu – hladké svalové, endotelové...
- **desminová** (skeletinová) – svalové bb.
- **neurofilamenta** – neurony
- **gliofilamenta** – neuroglie

Diagnostika nádorů



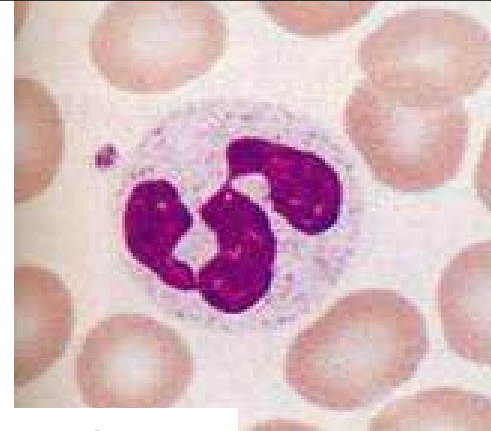
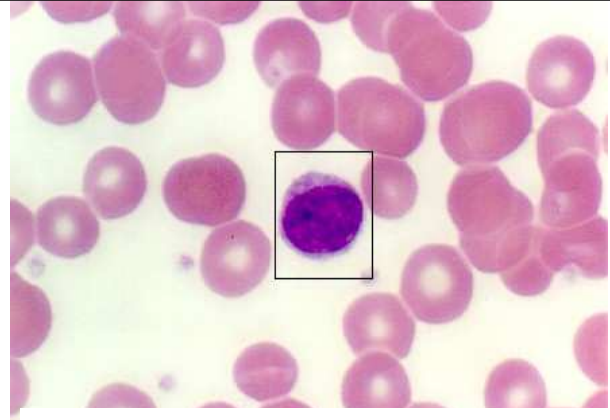
Desmosomy a intermediární filamenta



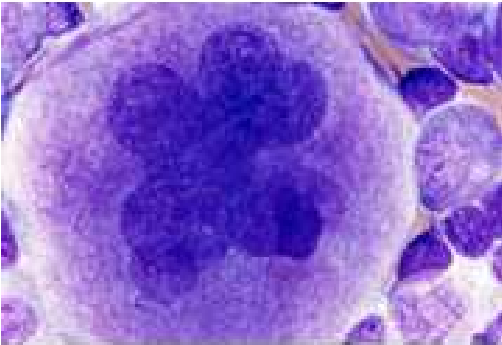
Cytoskelet (intermediární filamenta) – cytoskeleton (intermediate filaments).
 (1) desmosom – desmosome, (2) tonofilamenta (cytokeratin) – tonofilaments (cytokeratin), (3) mezibuněčný prostor – intercellular space, (4) vlákna vimentinu – vimentin fibers, (5) jádra – nuclei.

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. 5 – 15 μm
- tvar jádra
 - odpovídá zhruba tvaru buňky
 - může být laločnaté, segmentované
- obvykle ve středu buňky, méně často excentricky



Buňka ve světelném mikroskopu



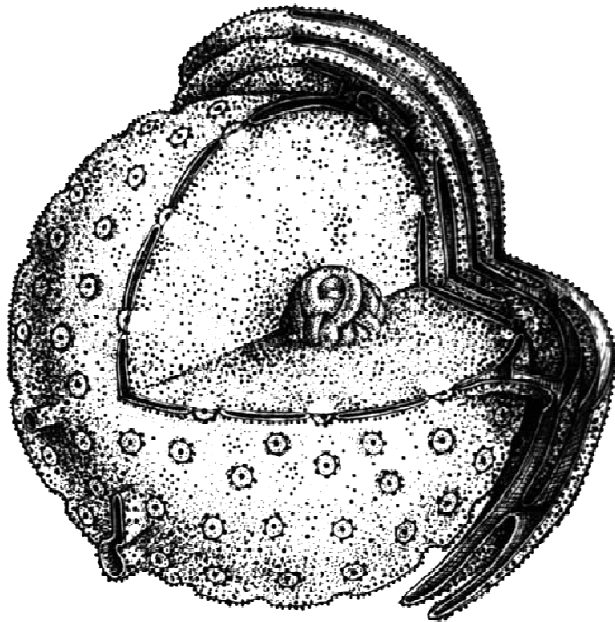
Funkce jádra a jadérka

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

Stavba jádra

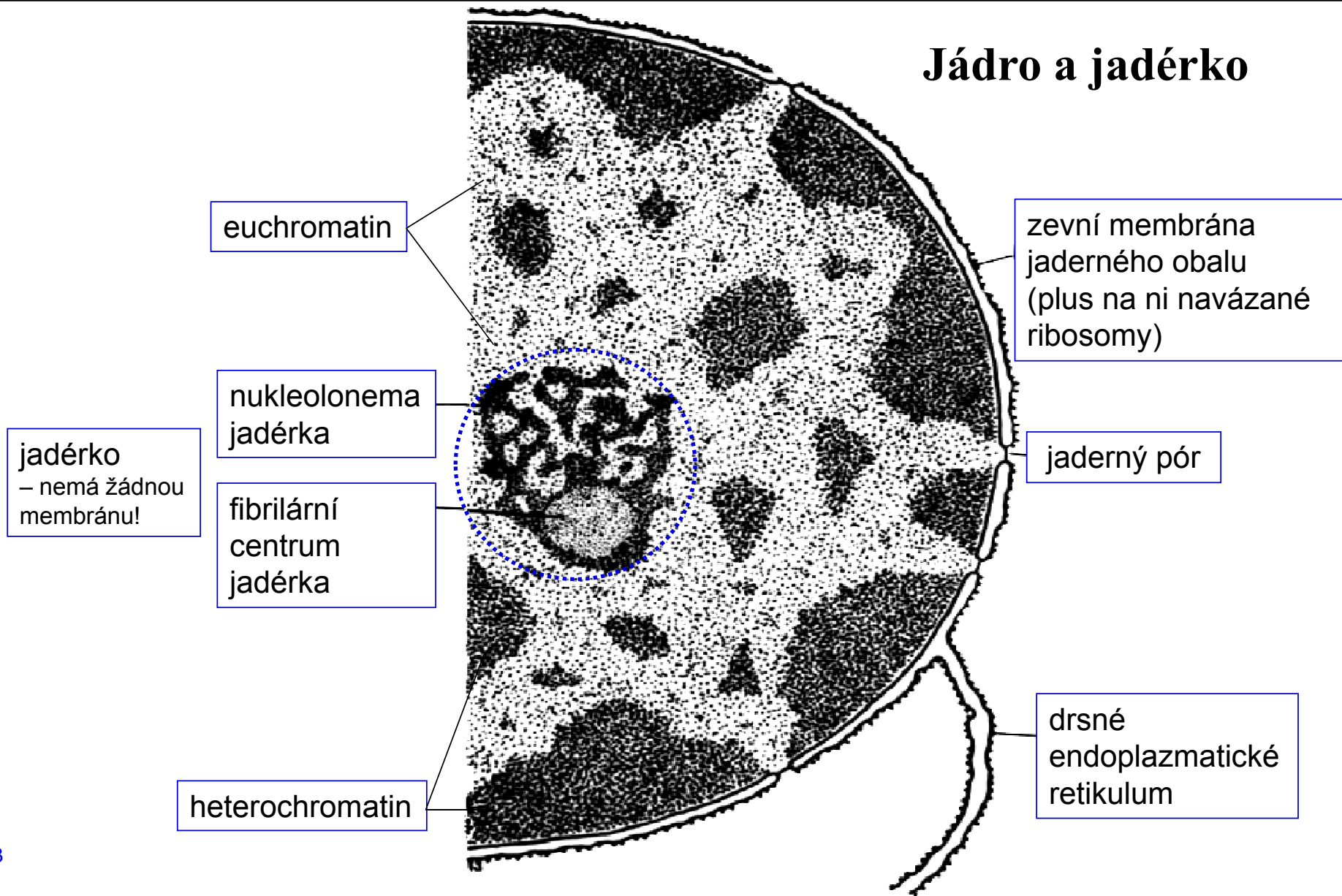
- jaderný obal – karyolema
- jaderná matrix – karyoplazma (nukleoplazma)
- chromatin (v interfázi) / chromosomy (při dělení)
 - jedná se o DNA a asociované proteiny v různé míře kondenzace
- jaderný skelet
- jádérko(a) – nekonstantní výskyt

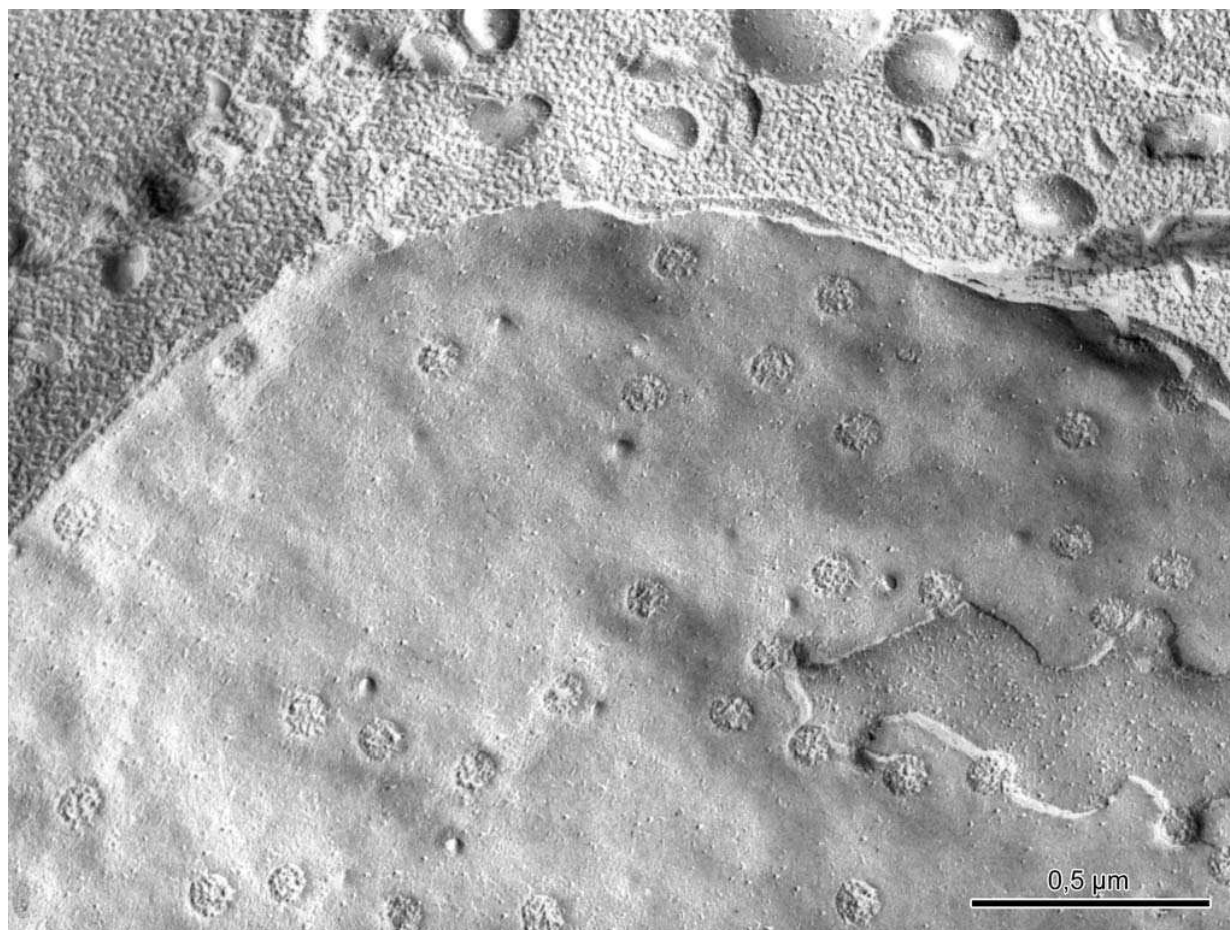
Jaderný obal



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

Jádro a jadérko





Póry v jaderném obalu (mrazový lom)

Jaderná matrix a skelet

- **jaderná matrix** – amorfni substance vyplňující prostory mezi chromatinem a jadérkem
- složení: proteiny, metabolity a ionty
- **jaderný skelet** – anastomozující intermediální filamenta laminy tvoří síť pod vnitřní jadernou membránou (jaderná lamina)

Chromatin

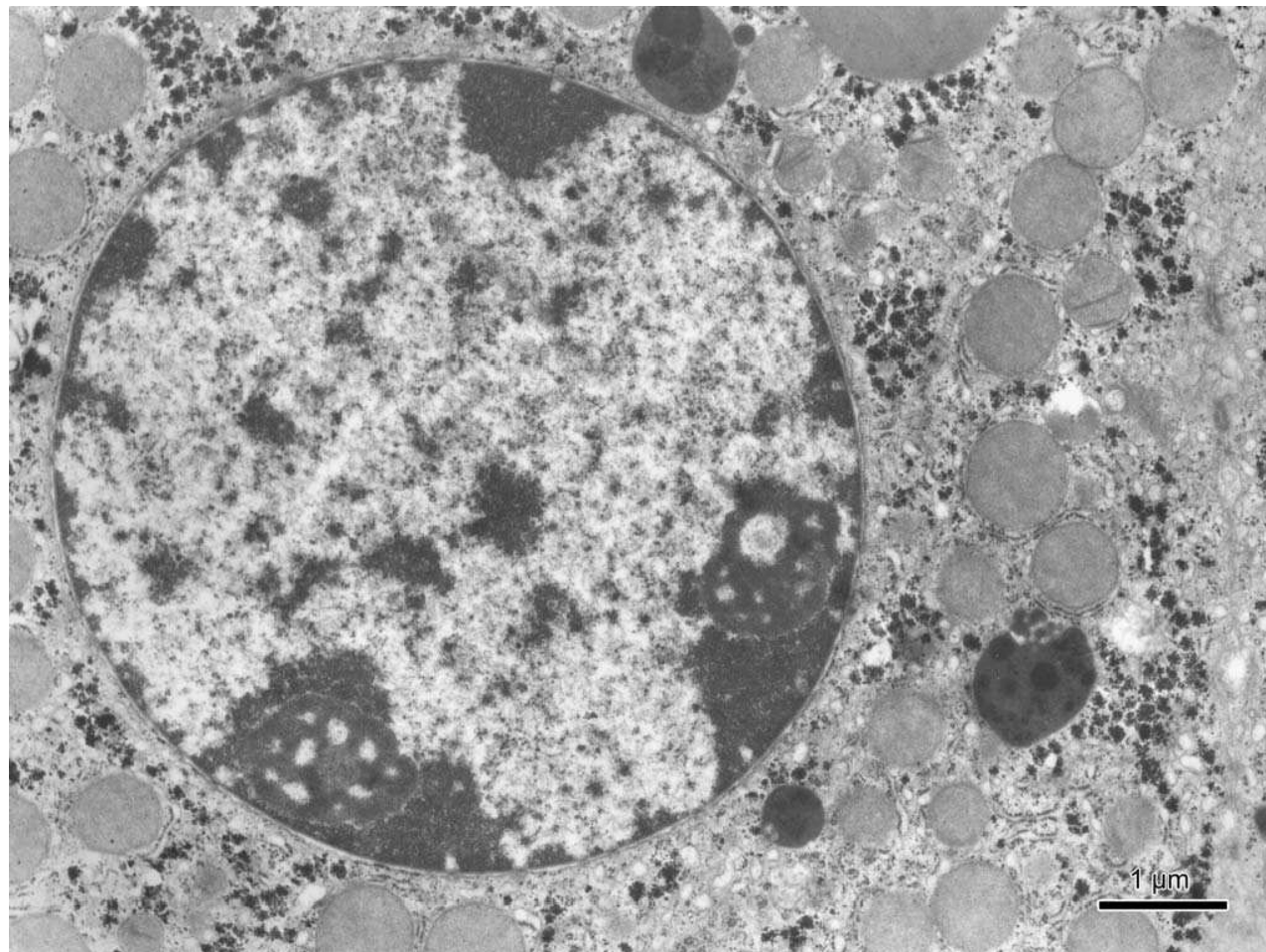
= dekondenzované chromosomy v interfázi

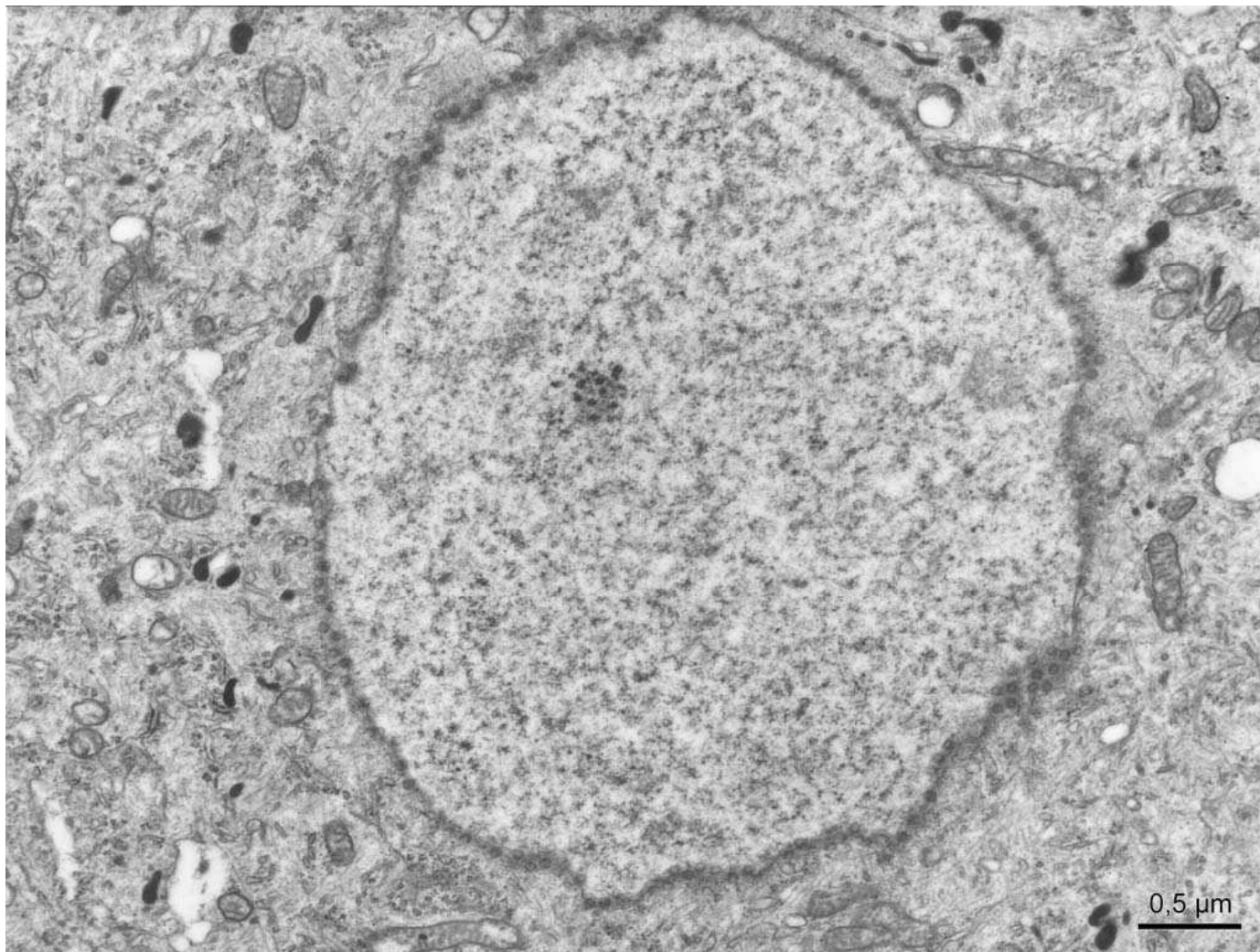
- heterochromatin
- tmavé hrudky, elektronově denzní, výrazně se barví
- pouze částečně dekondenzovaný, spiralizované a dehydratované úseky chromosomů,
není transkripčně aktivní
 - marginální
 - karyosomy
 - asociovaný s jadérkem (perinukleolární)
- euchromatin
- barví se méně - světlý, elektronově málo denzní
- úplně dekondenzovaný, **transkripčně aktivní úseky chromosomů**

Heterochromatin

1. marginální
2. karyosomy
3. perinukleolární

Euchromatin

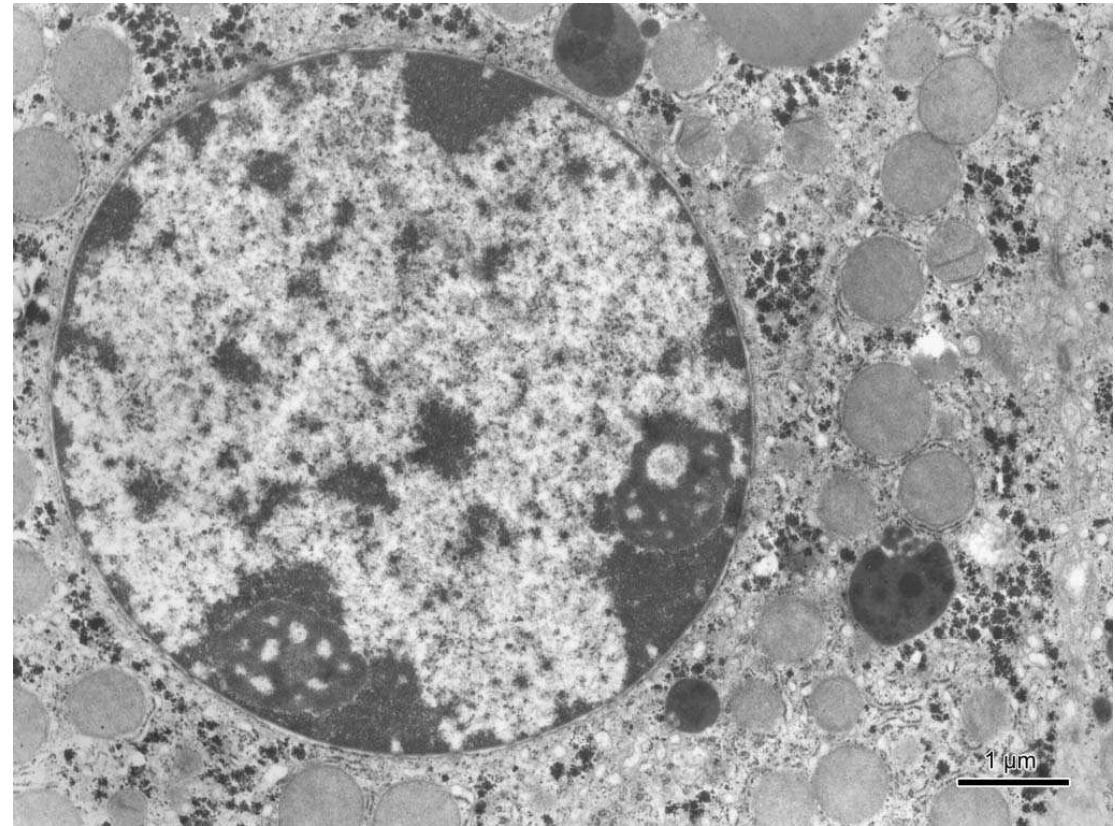




Jádro s převahou euchromatinu

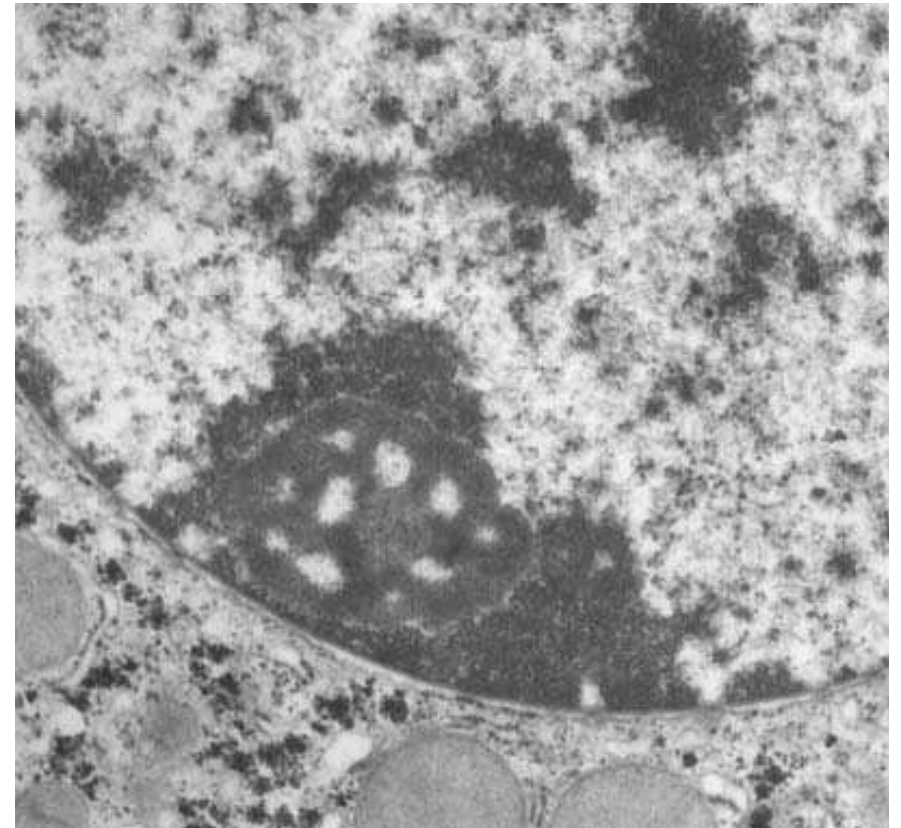
Jadérko (nucleolus)

- počet nekonstantní (1 – 10), během mitózy mizí v profázi a objeví se v telofázi
- velikost 1 – 2 μm
- sférický tvar
- Složení - RNA, proteiny, DNA
- **jadérko není ohraničeno žádnou membránou!**

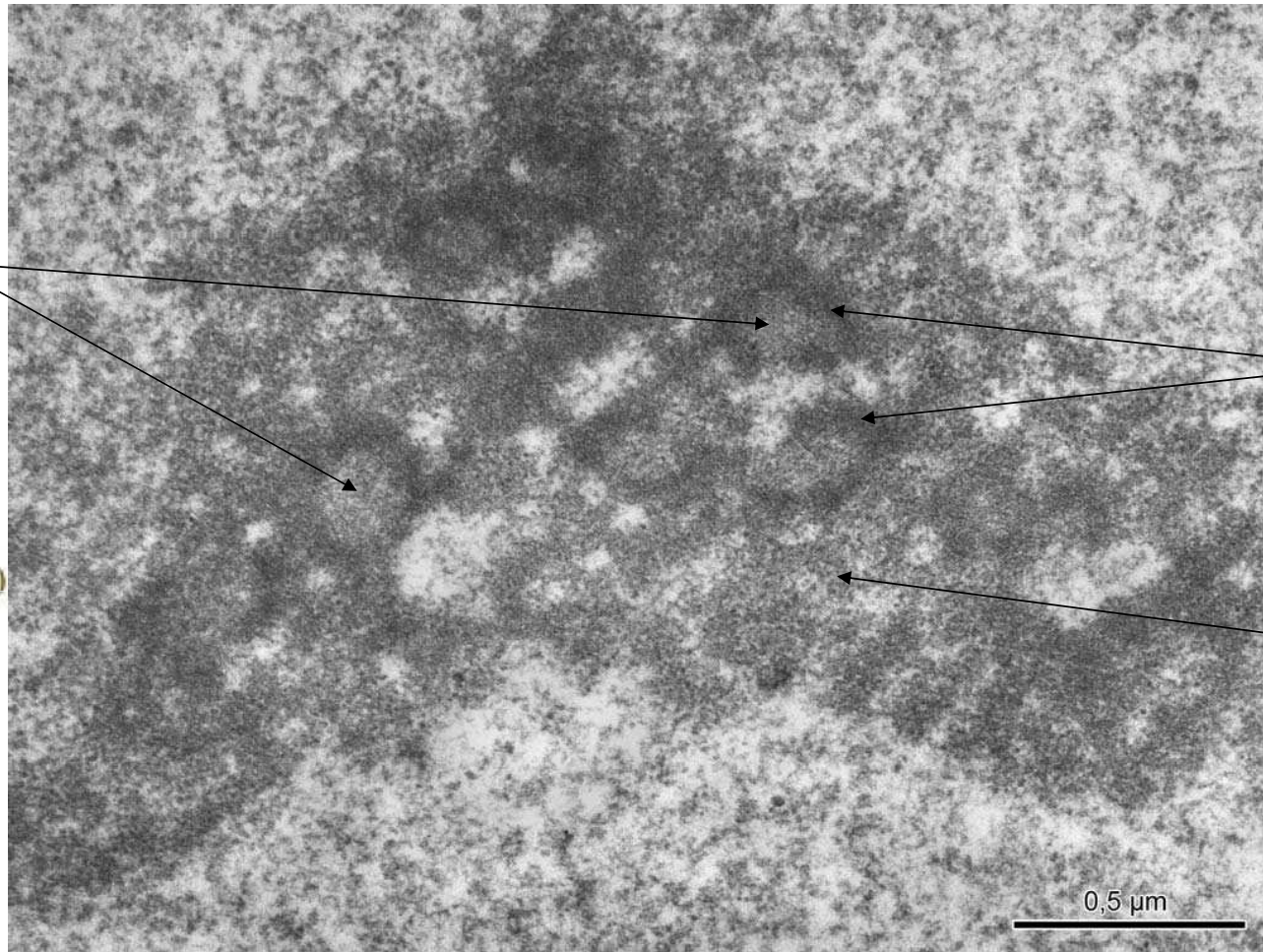


Jadérko

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

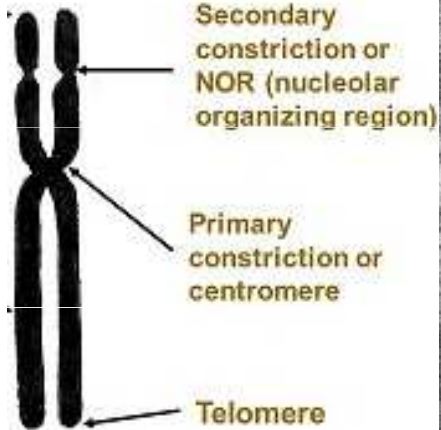


Fibrilární centrum



Pars fibrosa

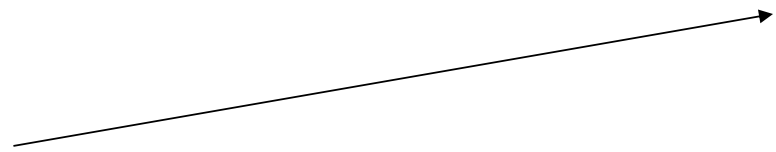
Pars granulosa



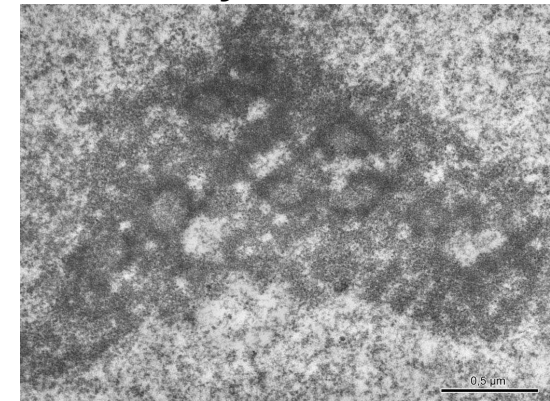
Pars fibrosa a pars granulosa tvoří dohromady tmavé pruhy zvané nukleolonemata

Typy jadérek

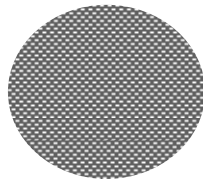
- Retikulární
(nukleolonemata)



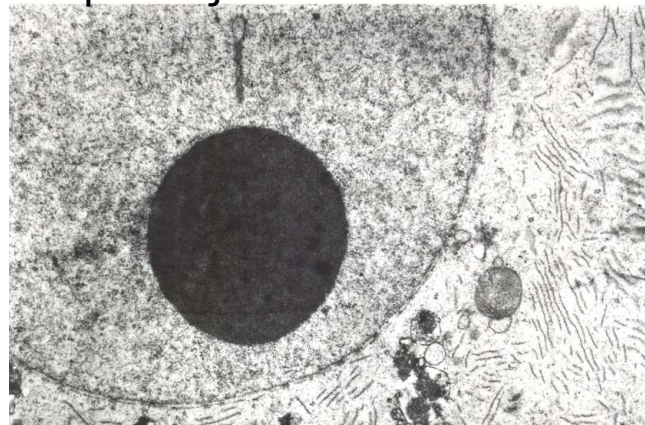
retikulární jadérko



- Kompaktní

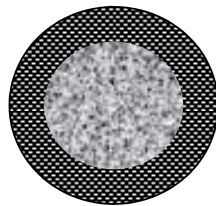


kompaktní jadérko

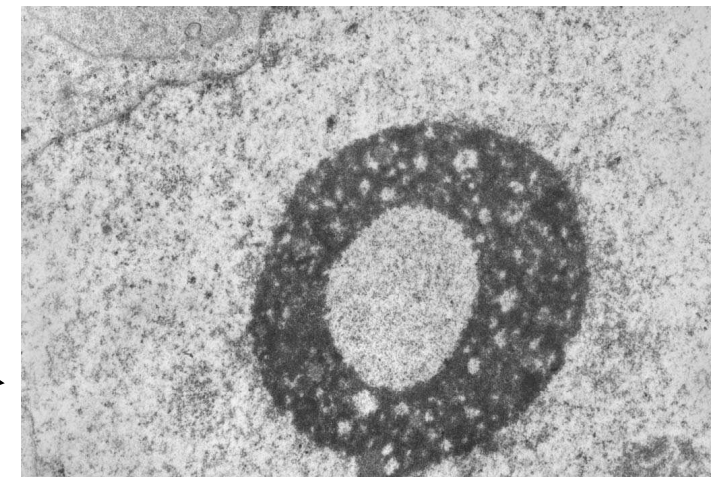


proteosynteticky aktivní buňky, které vytvářejí mnoho ribosomálních podjednotek

- Prstenčité



prstenčité jadérko

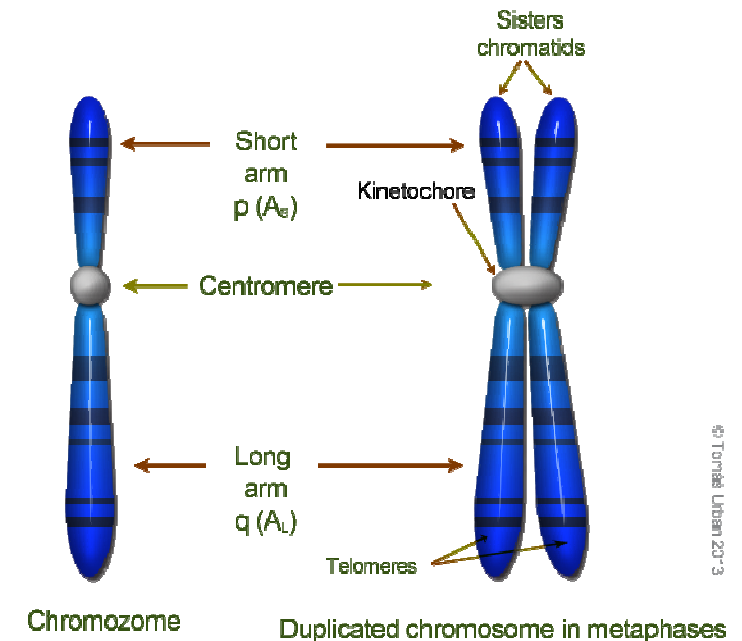


buňky s nízkou úrovní proteosyntézy

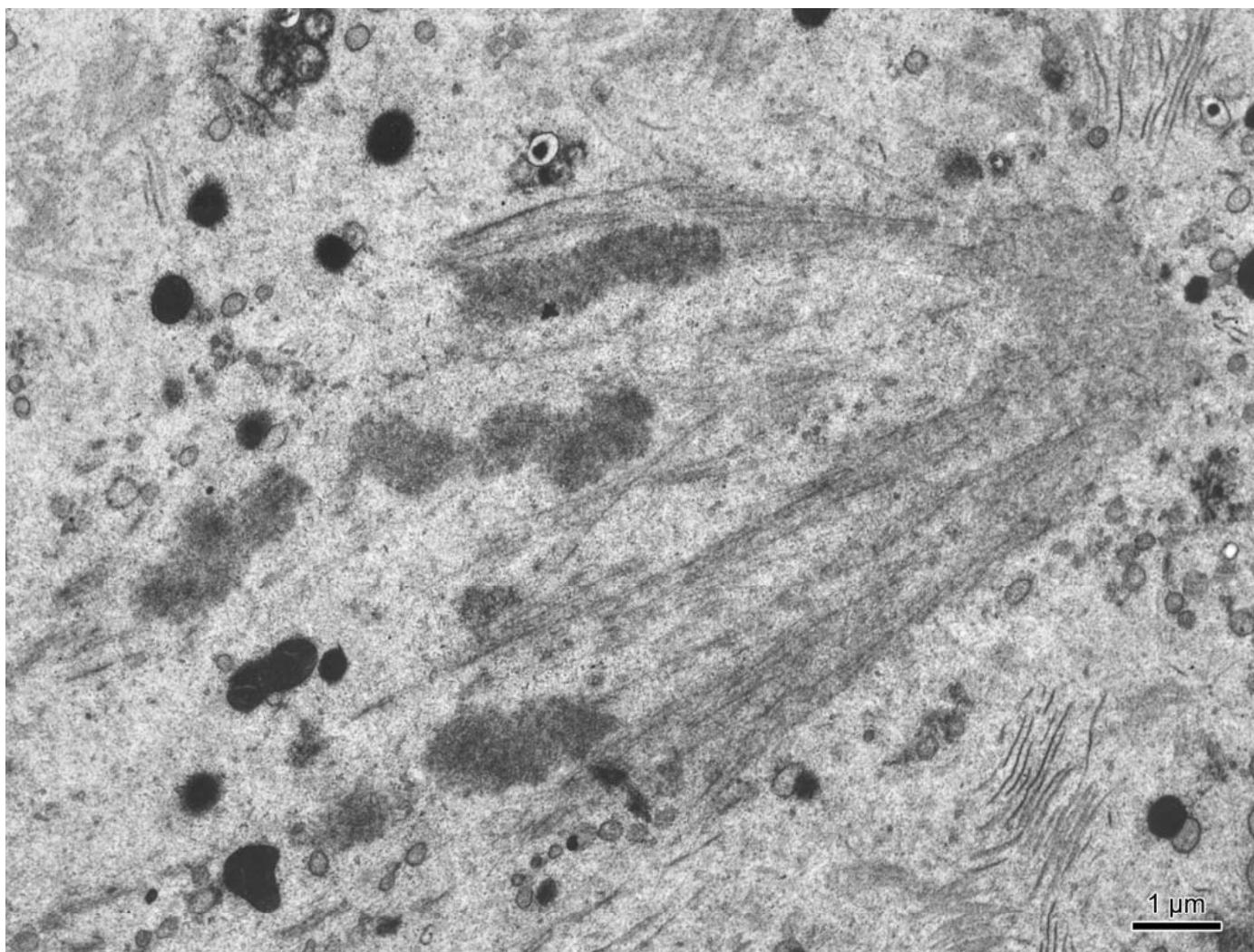
Chromosomy

- kondenzovaná DNA s asociovanými proteiny
- patrné v rámci buněčného dělení
- 2 – 10 μm dlouhé
- 1 sesterská chromatida – po dokončení buněčného dělení
- 2 sesterské chromatidy – S-fáze buněčného cyklu
- **primární konstriktce (centromera)** dělí chromosom na 2 raménka p a q
 - + kinetochora (umožňuje napojení chromozomů na mikrotubuly dělicího vřeténka)
- **sekundární konstriktce** (organizátor jadérka, geny pro syntézu rRNA), pouze některé chromosomy

Submetacentric chromosome



© Torian Liban 2013



Chromosomy napojené na mikrotubuly dělicího vřeténka

Chromosomy

- autosomy (somatické chromosomy 1 až 22)
- gonosomy (pohlavní chromosomy X a Y)

- somatické buňky

diploidní sada

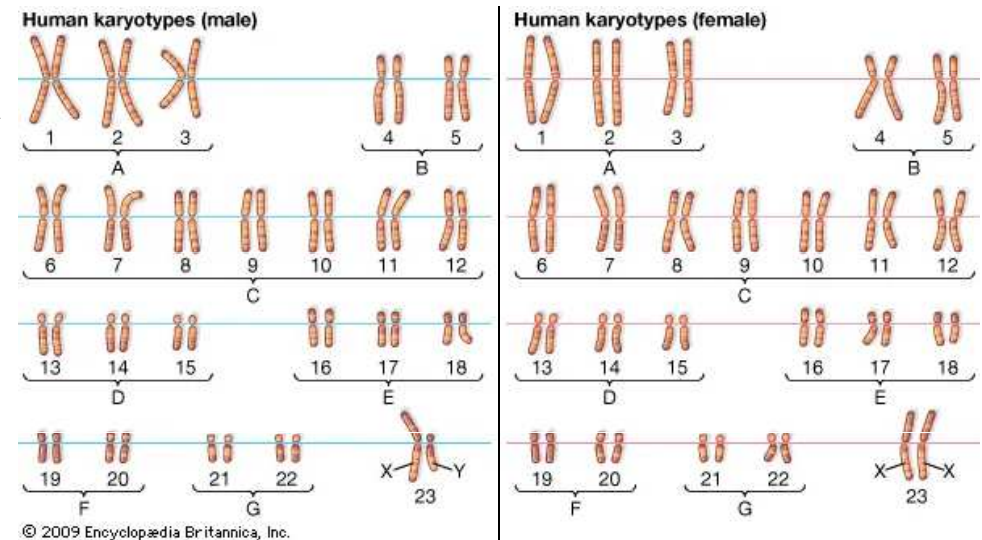
$2n = 46$ chromosomů = 23 párů

(v každém páru 1 mateřského a 1 otcovského původu)

- gamety

haploidní sada ($\frac{1}{2}$)

$1n = 23$ chromosomů



Použité zdroje

- Cytologický a embryologický atlas, PETR VAŇHARA (ED.), JANA DUMKOVÁ (ED.)
- Histologický atlas LF MU VAŇHARA, Petr, Miroslava SEDLÁČKOVÁ, Irena LAUSCHOVÁ, Jana DUMKOVÁ, Veronika SEDLÁKOVÁ, Svatopluk ČECH a Aleš HAMPL. Histologický atlas LF MU. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2018. Elportál. ISBN 978-80-210-9068-2.