

ZÁKLADY HISTOLOGIE

MVDr. Mgr. Monika Dušková, Ph.D.
RNDr. Helena Nejezchlebová, Ph.D.

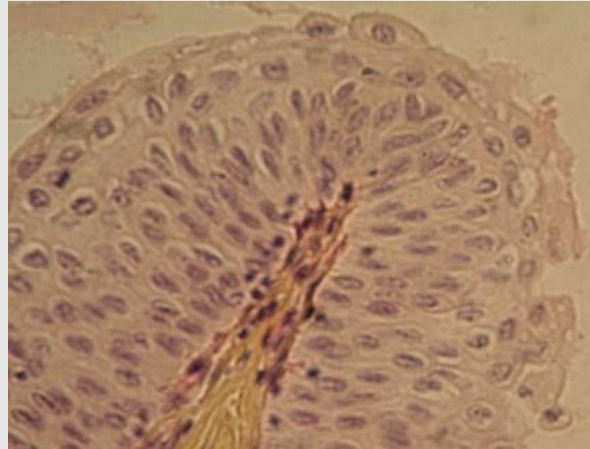


Histologie – nauka o tkáních

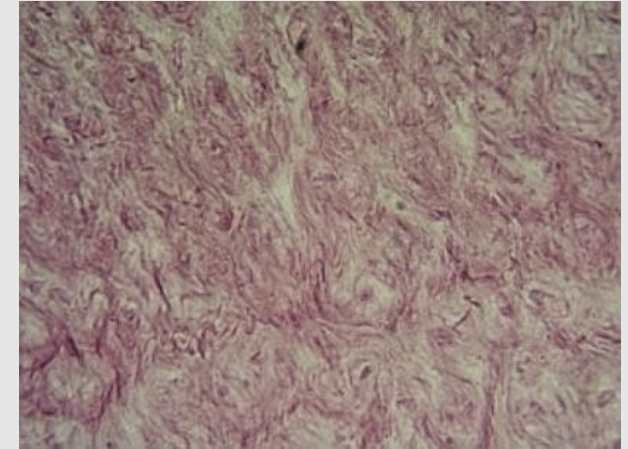
Podle množství buněk a mezibuněčné hmoty se rozlišují:

4 základní typy tkání :

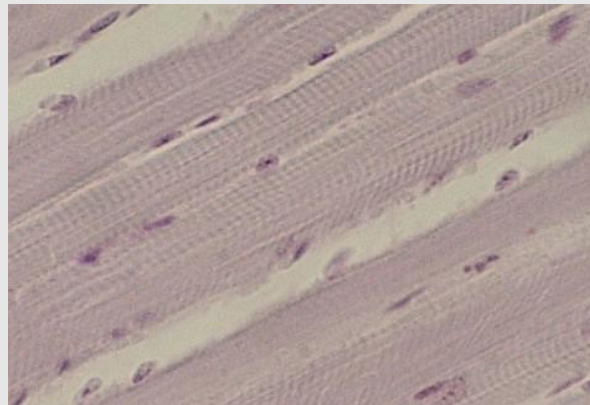
- epitelová
- pojivová
- svalová
- nervová



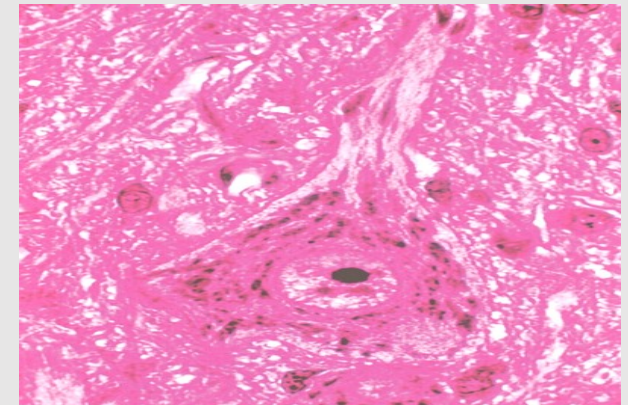
epitel



pojivo



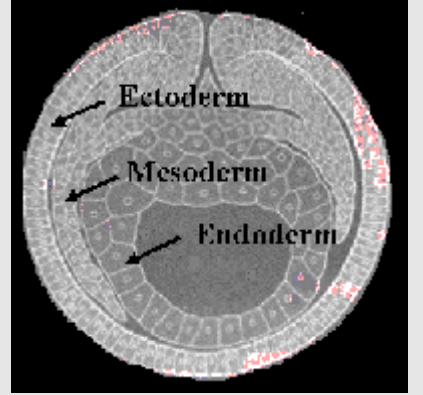
svalová tkáň



nervová tkáň

Tkáň – orgán – orgánová soustava

Epitelová tkáň



Původ v embryogenezi ze všech tří zárodečných listů:

Ektoderm: pokožka, potní žlázy, výstelka dutin komunikujících s povrchem

Endoderm: výstelka trávicího traktu, dýchacího systému, játra, slinivka

Mezoderm: výstelka cév (endotel) a tělních dutin (mezotel), pohlavního a močového ústrojí

Funkce: krycí, výstelková, absorpční, sekreční, transportní

Vlastnosti:

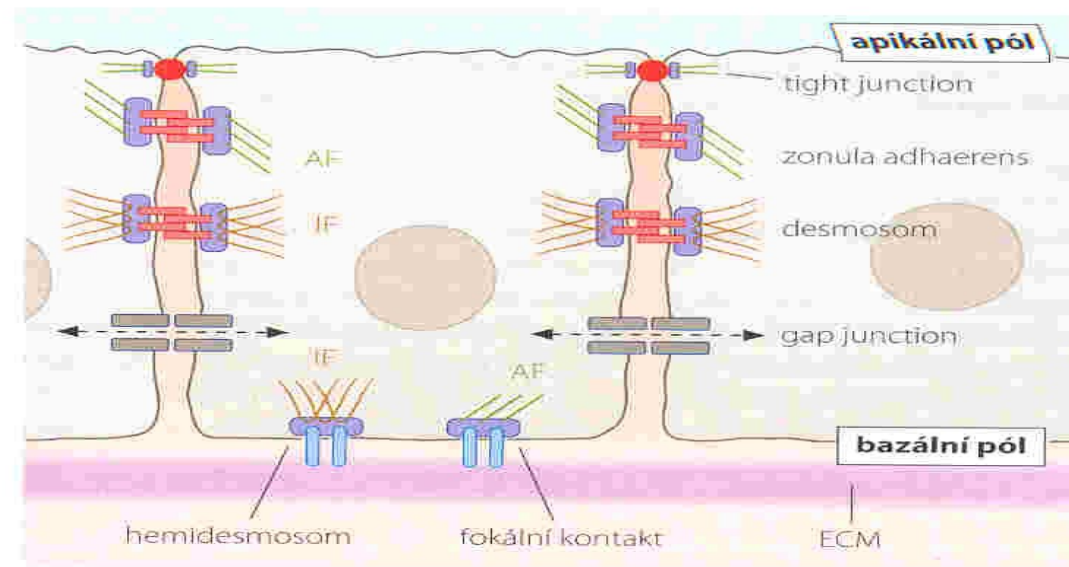
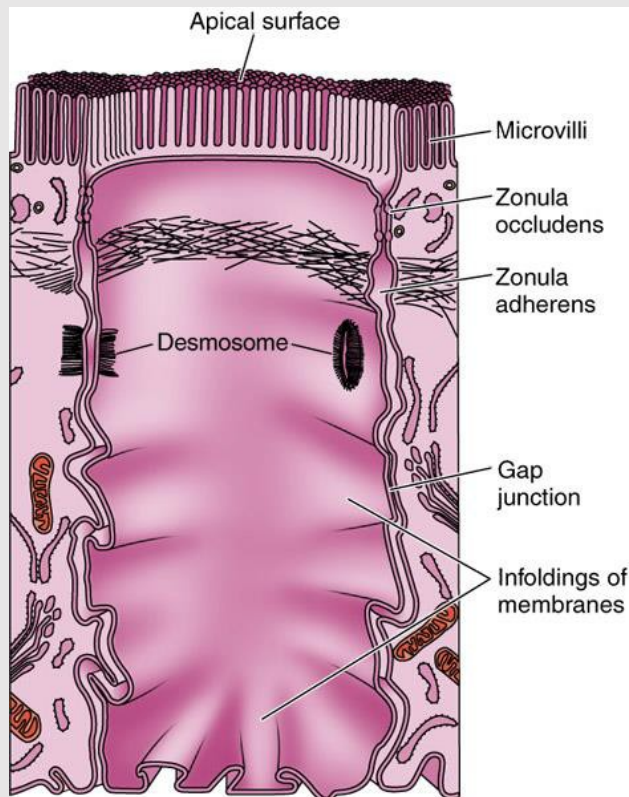
Buňky těsně u sebe, minimum mezibuněčné hmoty, buněčné kontakty

Polarita buněk – apikální, bazální a laterální strana a související specializace těchto stran

Avaskularizace – epitely jsou bezcévné, výživa z pojiva

Buněčné kontakty

- Těsná spojení (tight junction - zonula occludens)
- Adhezní spojení (zonula adherens 20 – 90 nm, desmozom 20 – 40 nm, hemidesmozom)
- Komunikační spojení (nexus)



Obr. 4. **1** Přehled nejdůležitějších mezibuněčných kontaktů a kontaktů buněk s mezibuněčnou hmotou. AF, aktinová filamenta. IF, intermediární filamenta (v epithelových buňkách: cytokeratinová filamenta). ECM, extracelulární matrix.

Ukázky mezibuněčných spojů v elektronovém mikroskopu

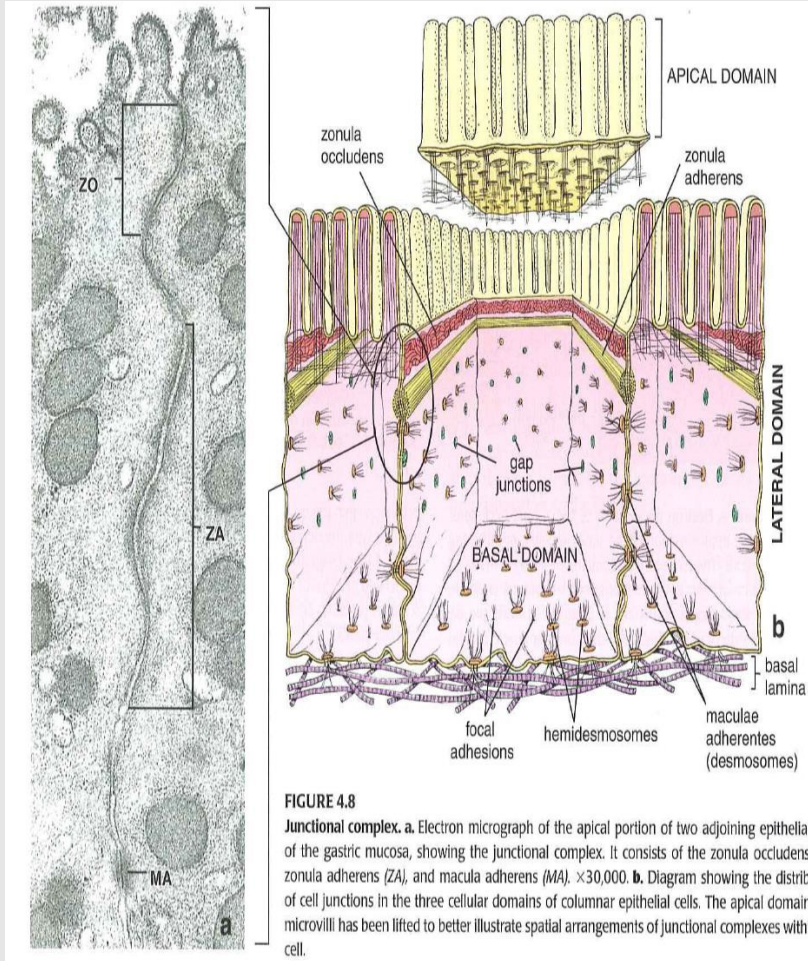
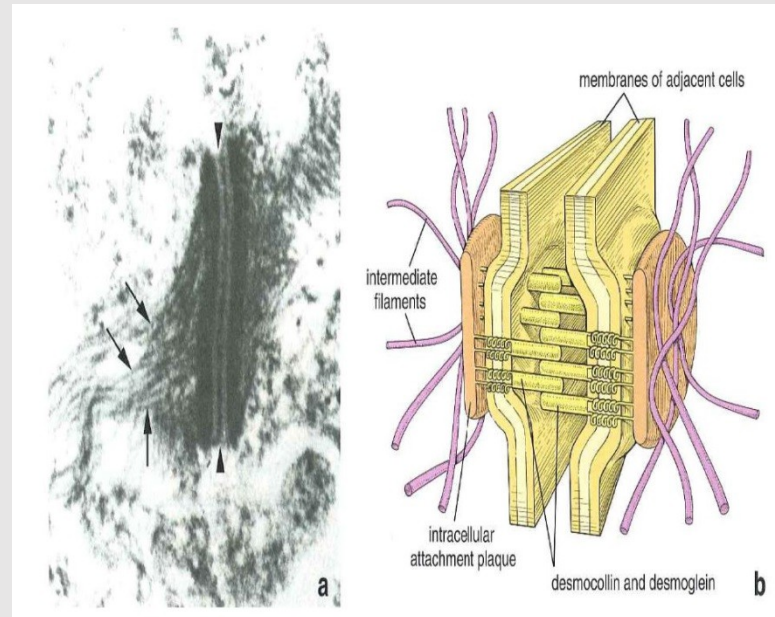


FIGURE 4.8

Junctional complex. a. Electron micrograph of the apical portion of two adjoining epithelial cells of the gastric mucosa, showing the junctional complex. It consists of the zonula occludens (ZO), zonula adherens (ZA), and macula adherens (MA). $\times 30,000$. b. Diagram showing the distribution of cell junctions in the three cellular domains of columnar epithelial cells. The apical domain microvilli has been lifted to better illustrate spatial arrangements of junctional complexes within cell.



Bazální strana buněk

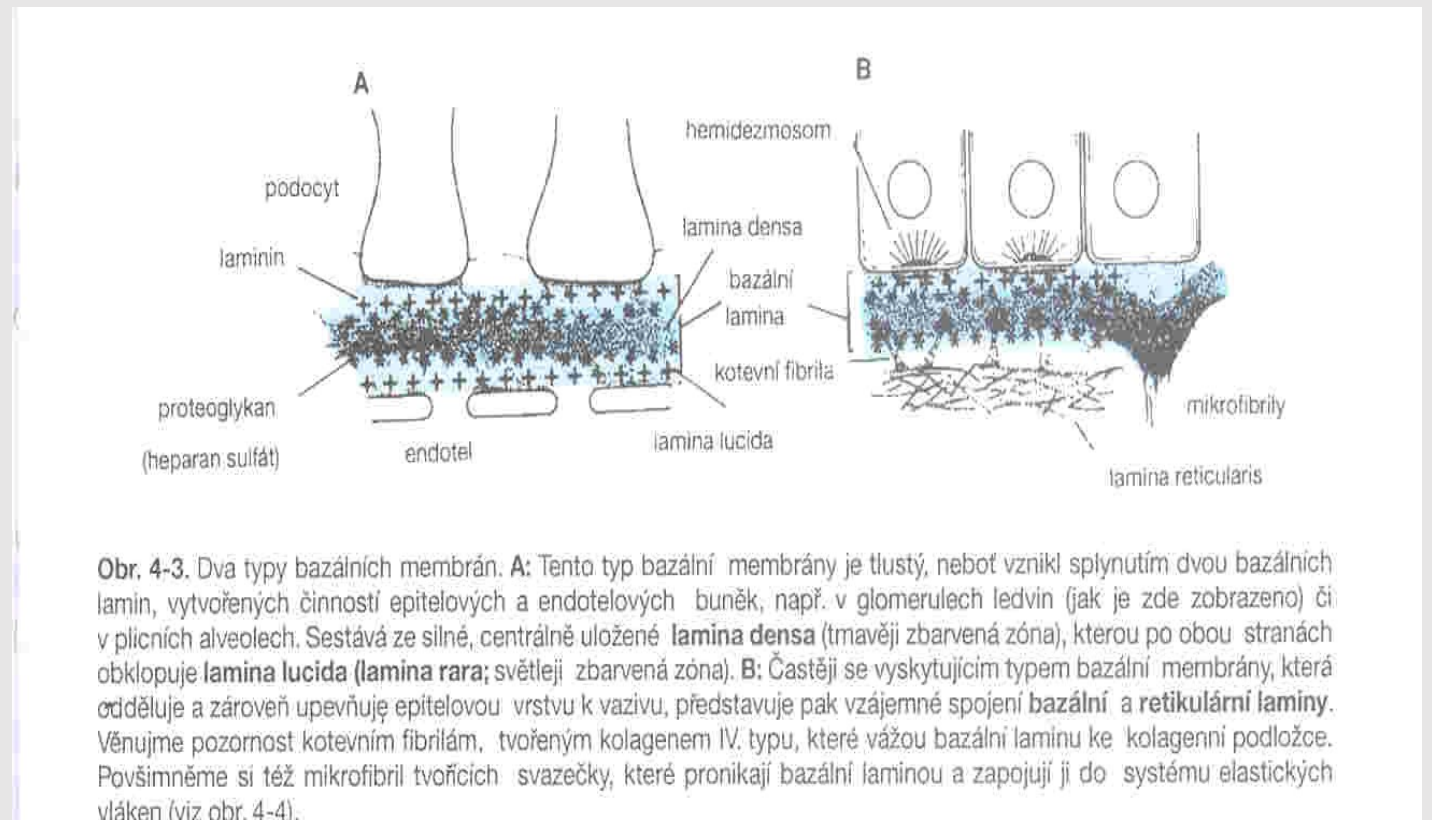
Bazální lamina x bazální membrána

BL: lamina densa a lamina lucida (obě z epitelu) a lamina reticularis (z pojiva)

BM: zdvojená bazální lamina

Funkce:

- regulace výměny látek
- regulace dělení a migrace buněk
- mezibuněčné komunikace
- mechanická opora buněk



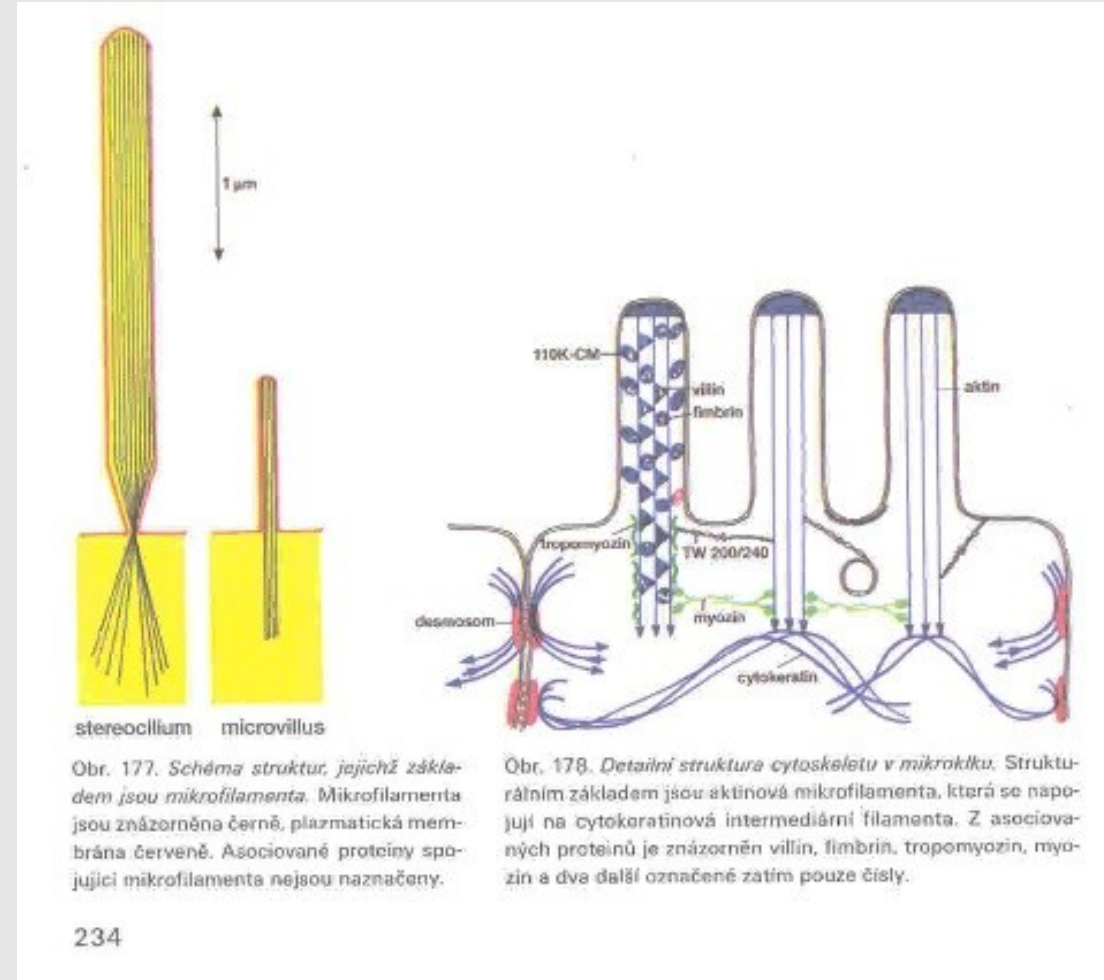
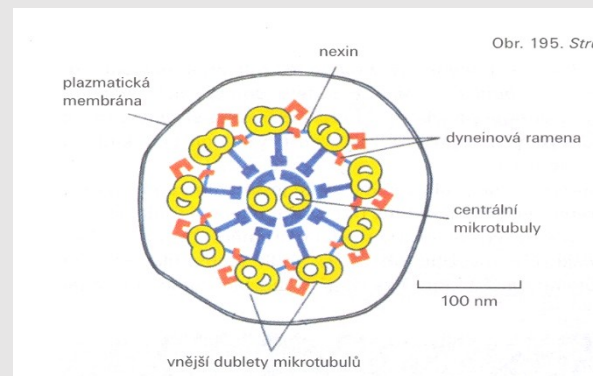
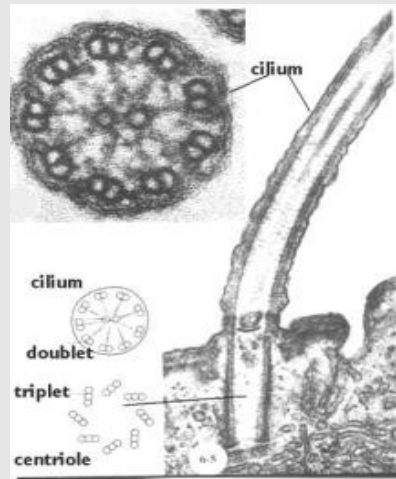
Apikální strana

- **Mikroklky** (microvilli):

ohraničené membránou, délka 1 μm , aktinová mikrofilamenta ukotvená do terminální sítě. Kartáčový lem.

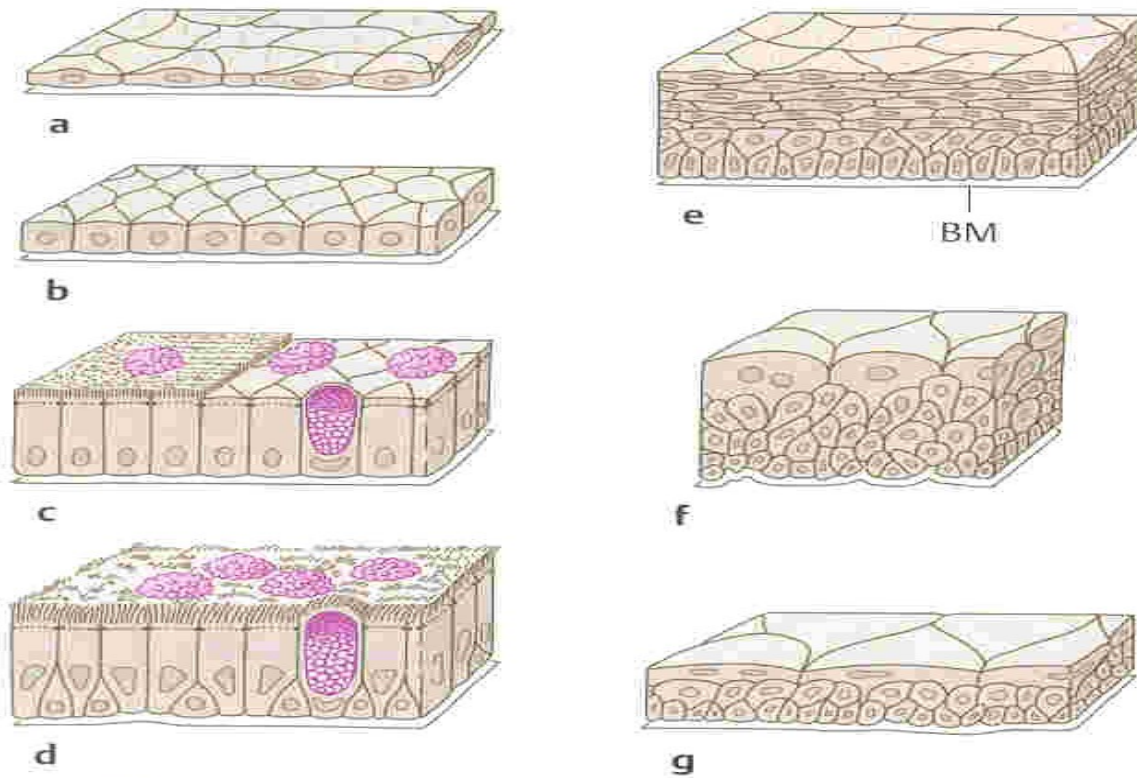
- **Řasinky** (kinocilie):

ohraničené membránou, délka až 10 μm , bazální tělísko, centrální dvojice mikrotubulů a kolem 9 párů mikrotubulů



Typy epitelů

- **Podle funkce:** krycí a žlázové
- **Podle uspořádání buněk:** plošný (endotel), trámčitý (játra), retikulární (brzlík)
- **Podle počtu vrstev:** jednovrstevný (žaludek, střevo) a vrstevný (pokožka, jícen)
- **Podle tvaru buněk:** dlaždicový (endotel), kubický (tubuly ledvin), cylindrický (střevo)
- **Podle funkce:** krycí (pokožka) a výstelkové (dutiny), resorpční (střevo), řasinkové (průdušnice), smyslové (čichový epitel), respirační (plicní alveoly), zárodečné (gonády), pigmentové (sítnice), žlázové (endo a exokrinní žlázy)



Obr. 7. **2** **Různé typy krycích epitelů** (schéma). **a** Jednovrstevný dlaždicový epitel. **b** Jednovrstevný kubický epitel. **c** Jednovrstevný cylindický epitel, s kartáčovým lemem a pohárkovými buňkami. **d** Víceřadý epitel s řasinkami a pohárkovými buňkami. **e** Vrstevnatý nerohovějící dlaždicový epitel. **f, g** Přechodný epitel (urothel) v prázdném a naplněném močovém měchýři. **BM**, bazální membrána.

Epitel vrstevnatý:

- Nerohovatějící – vlhké sliznice, povrchové buňky ploché, mají jádra
- Rohovatějící – suchý, povrchové buňky odumřelé, bez jader, keratinizace, povrch kůže

Kůže: pokožka (epitel) a škára (pojivo)

Vrstvy epitelu:

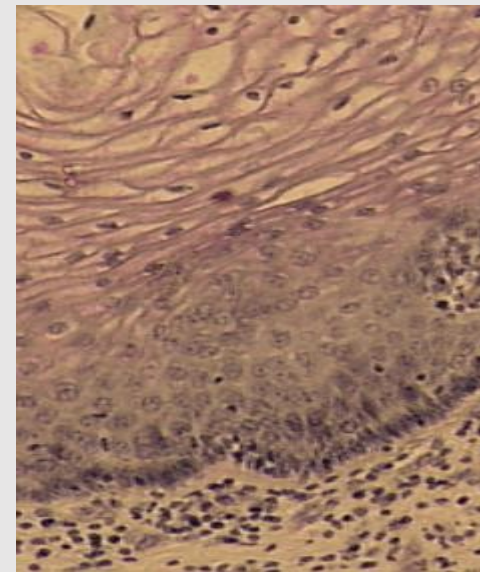
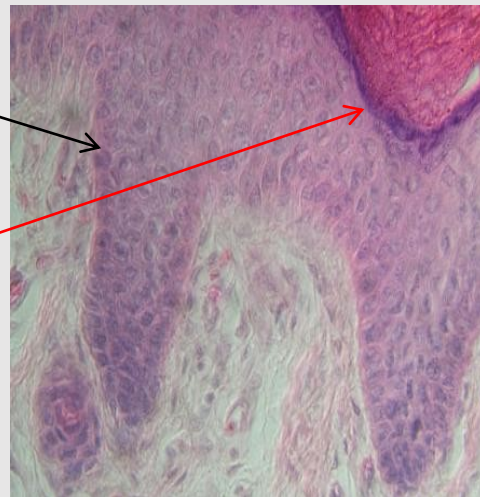
Stratum basale

Stratum spinosum

Stratum granulosum

Stratum lucidum

Stratum corneum



Víceřadý cylindrický epitel:

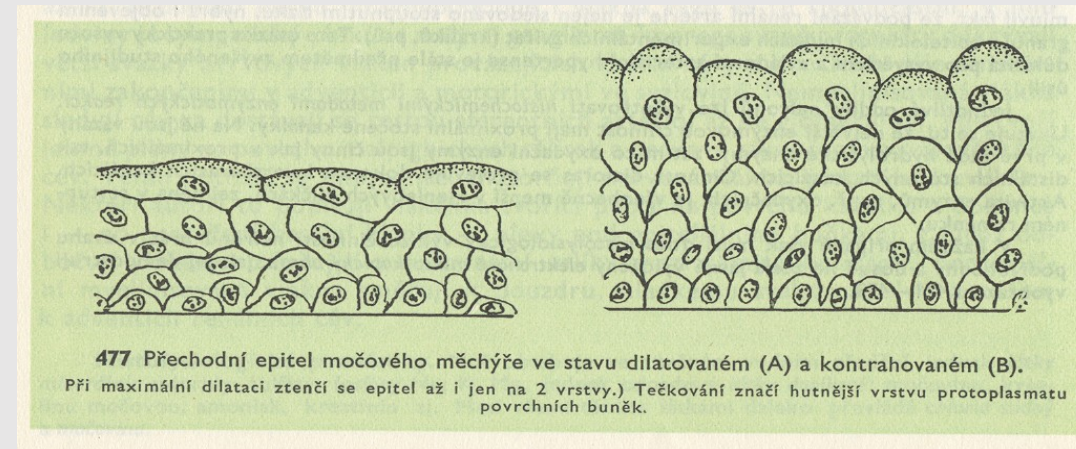
- Všechny buňky v kontaktu s bazální laminou, k apikálnímu povrchu dosahují jen některé
- V dýchacích cestách (nosní dutina, průdušnice, bronchy)



A : vrstva epitelové tkáně
B: řasinky
C: jádra epitelových buněk

Přechodný epitel:

- Změna počtu vrstev podle dilatace orgánu
- V močovém ústrojí



477 Přechodní epitel močového měchýře ve stavu dilatovaném (A) a kontrahovaném (B).
Při maximální dilataci ztenčí se epitel až i jen na 2 vrstvy.) Tečkování značí hutnější vrstvu protoplasmatu povrchních buněk.

Žlázové epitely

- Žlázové buňky jsou přeměněné buňky epitelové
- Tvoří sekrety, které vylučují mimo buňku: proteinové (pankreas), lipidové (mazové žlázy, nadledviny) polysacharidové spolu s proteiny (slinné žlázy)
- Sekret: mucinózní, serózní, smíšený

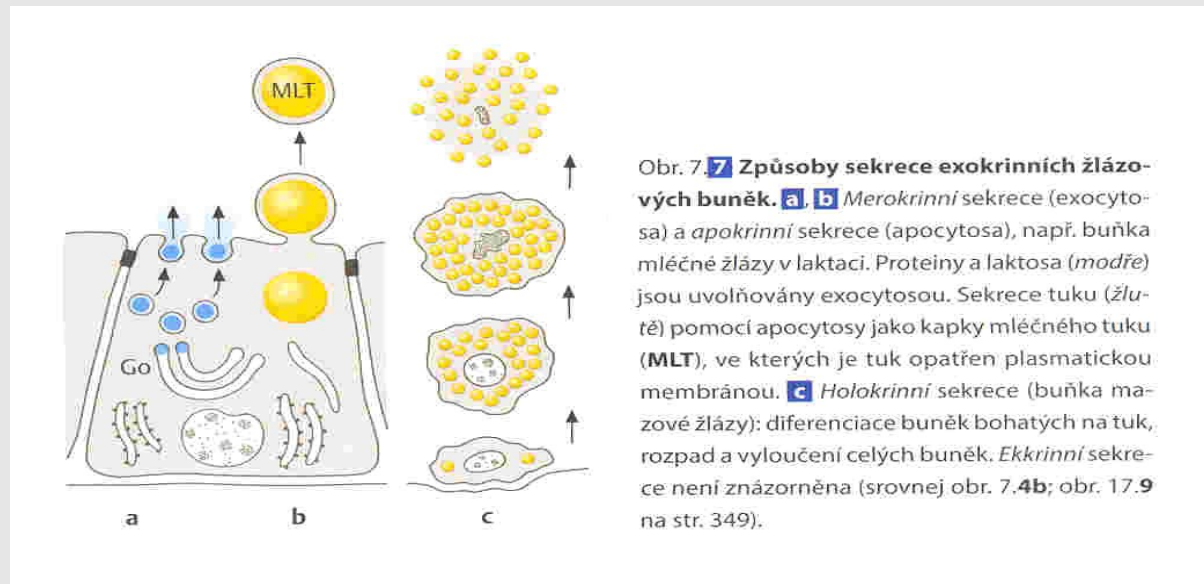
- Typy sekrece:

apokrinní (mléčná žláza)

merokrinní (pankreas)

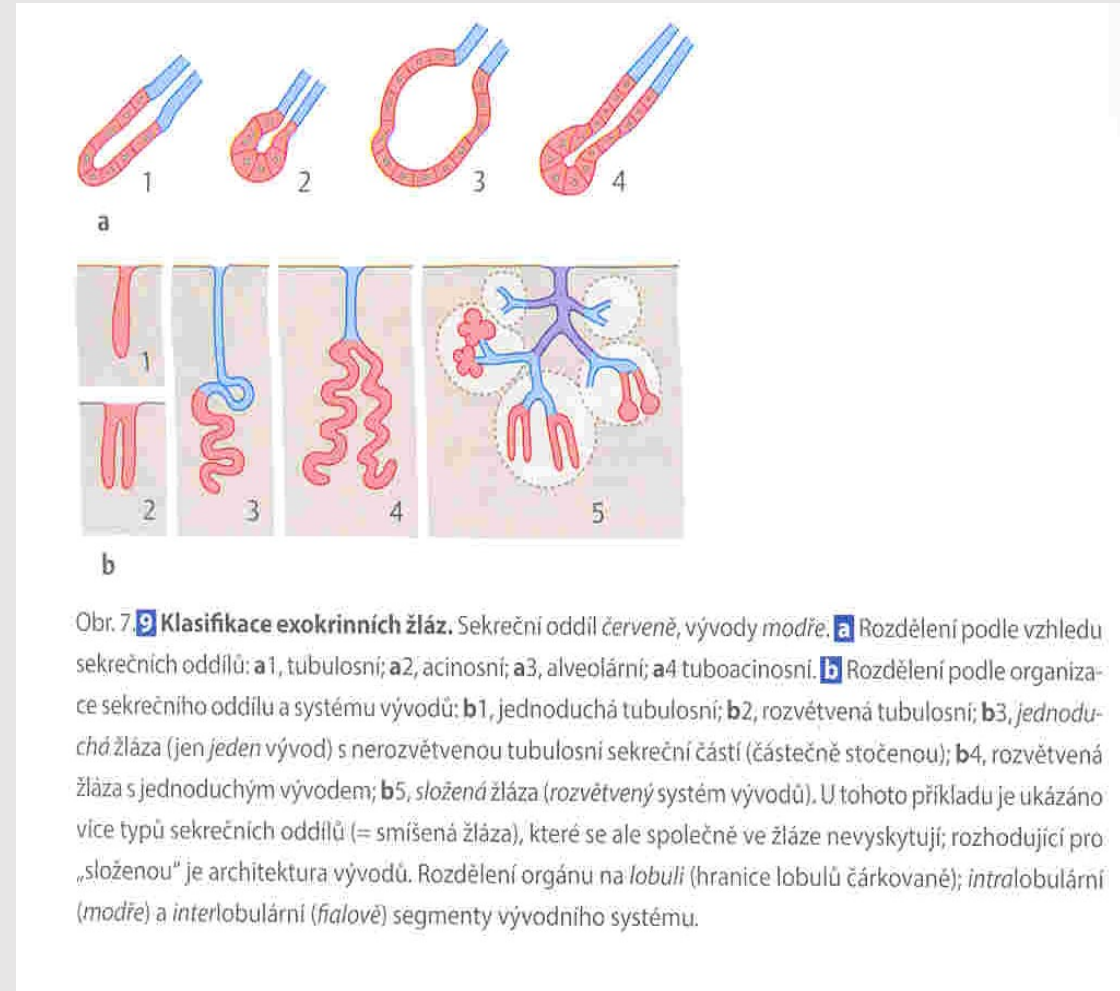
holokrinní (mazová žláza)

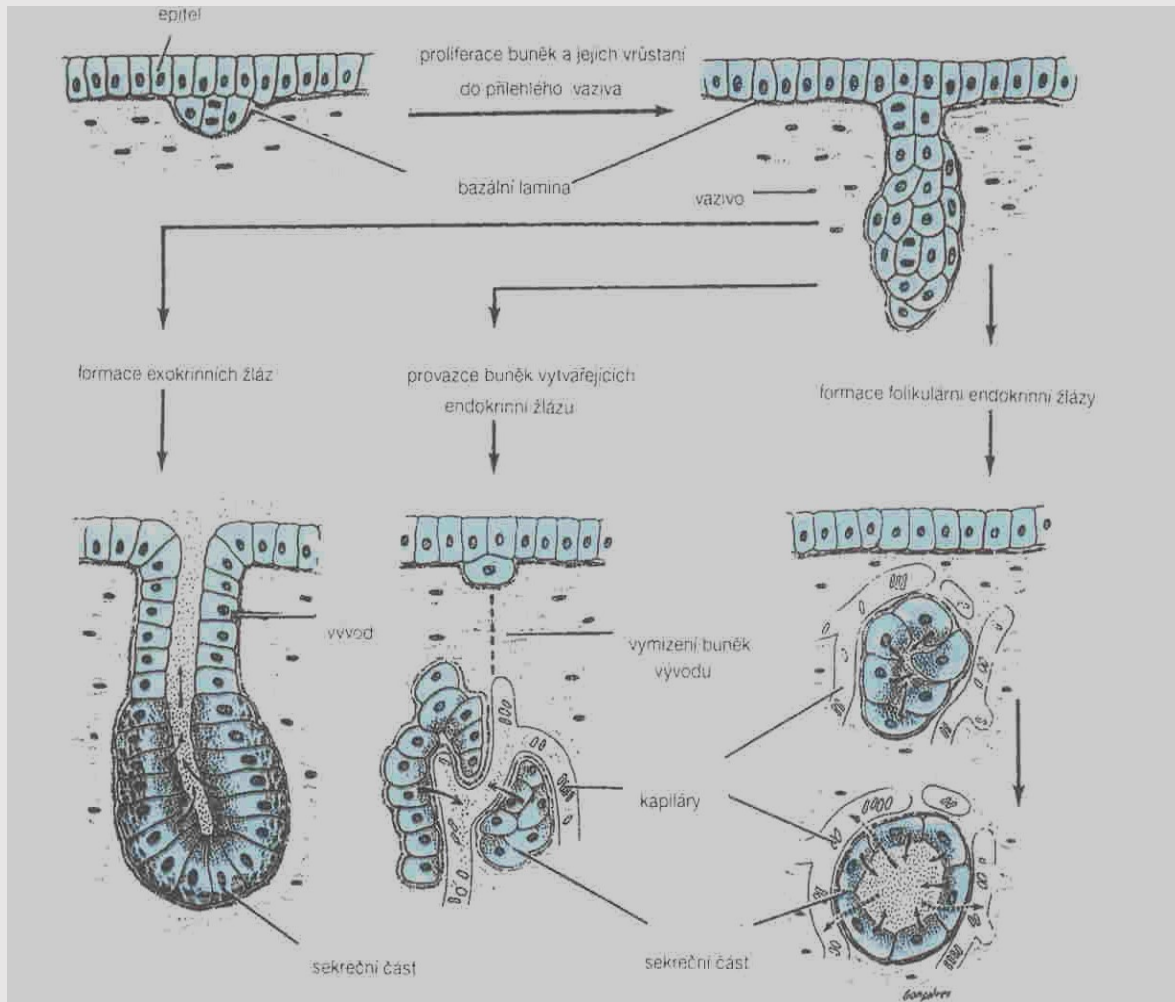
Ekrinní (potní žlázy) - voda



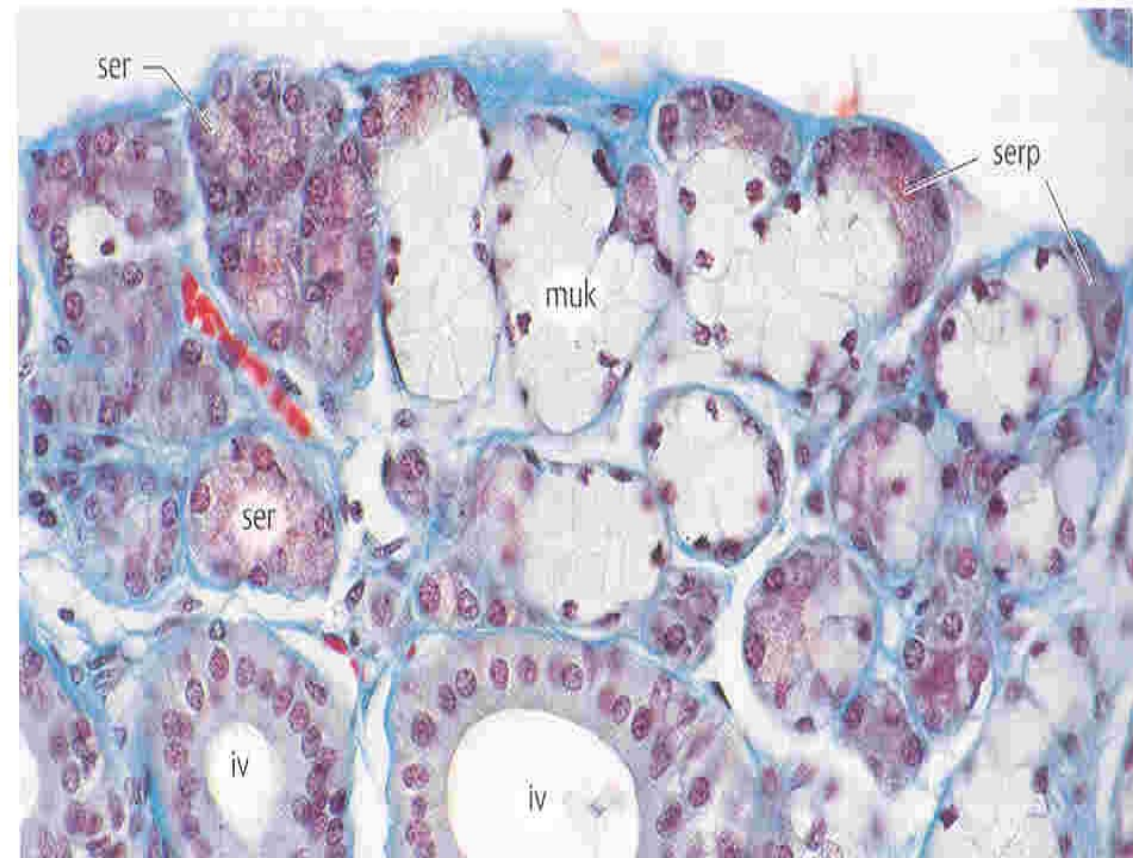
Žlázové epitely

- Exokrinní a endokrinní žlázy
- Jednobuněčné a mnohobuněčné
- Tubulózní, alveolární a tuboalveolární
- Endoepiteliální a exoepiteliální
- Apokrinní, merokrinní, holokrinní





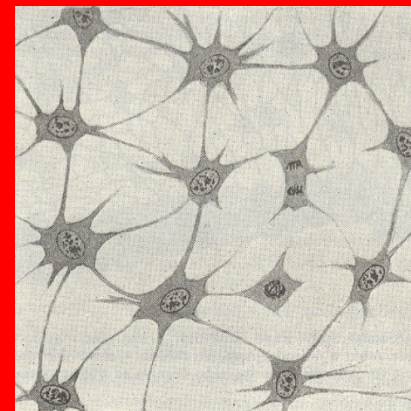
Obr. 4-14. Vývoj žláz z krycích epitelů. Epitelové buňky proliferaují a pronikají do vaziva. Mohou, ale nemusí udržet spojení s povrchem. Jestliže zůstane spojení zachováno, vznikají exokrinní žlázy, je-li přerušeno, vzniknou žlázy endokrinní, jejichž buňky mohou být uspořádány do provazců, či folikulů. V lumen folikulů se shromažďuje velké množství sekretu, zatímco buňky provazců skladují jen malá množství v cytoplasmě. (Překresleno a reprodukováno se svolením z Ham AW: *Histology*, 6. ed. Lippincott, 1969.)



Obr. 7. **11** Klasifikace sekrečních oddílů žláz podle charakteru sekretu na příkladu glandula submandibularis člověka. **ser**, serosní sekreční oddíl. **muk**, mucinosní sekreční oddíl. **serp**, poloměsíčitě nakupení serosních buněk. **iv**, intralobulární vývod (žíhaný vývod). Goldnerův trichrom. Žvětš. 350x.

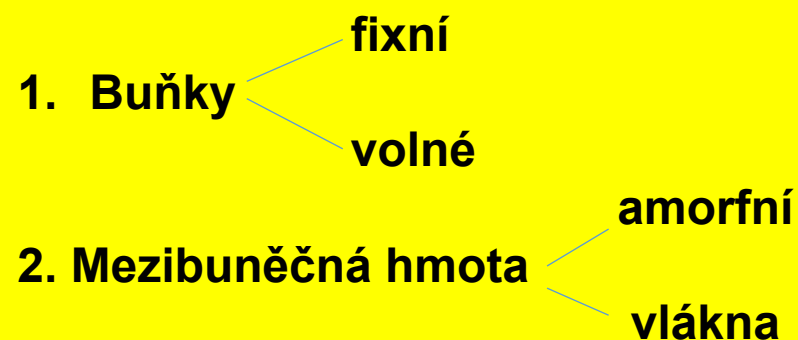
Podčelistní slinná žláza – smíšený typ sekrece

Pojivové tkáně



- **Původ v embryogenezi:** mezenchymu (derivát mezodermu)
- Hlavní poznávací znak: **hodně mezibuněčné hmoty** (homogenní substance, obarvená v preparátech), glykoproteiny a proteoglykany
- **Mezibuněčnou hmotu vytvářejí fixní buňky pojiva**
- **Vlákná:**
 - kolagenní
 - elastická
 - retikulární
- **Buňky:**
 - fixní: fibroblast, fibrocyt, chondrocyt, osteocyt aj.
 - volné: leukocyty, žírné buňky, histiocyty aj.

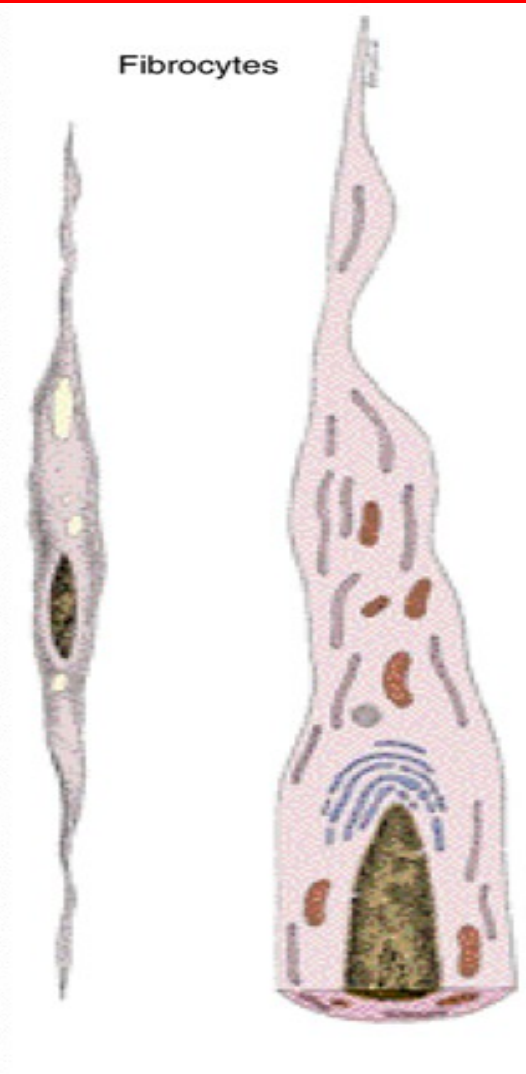
Obecná stavba pojivových tkání:



Fibroblasts



Fibrocytes



Dělení pojivových tkání

- **Vaziva:** řídké vláknité (pojivo)
husté vláknité (pojivo): uspořádané
neuspořádané
- **Vaziva se speciálními vlastnostmi:** tukové pojivo
rosolovité pojivo
retikulátní pojivo
- **Oporná pojivová tkáň:** chrupavka
kost
zub
- **Trofická pojiva:** tělní tekutiny - krev, lymfa, tkáňový mok, mozkomíšní mok,
synoviální tekutina

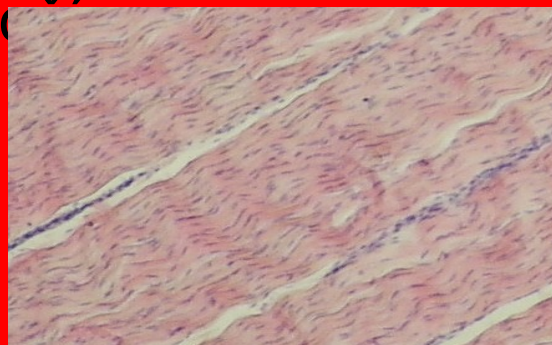
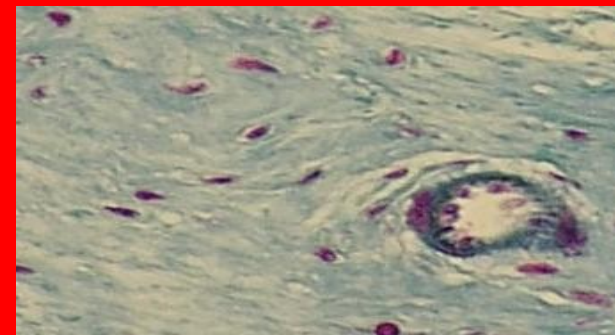
Charakteristika jednotlivých typů

- **Řídké vláknité pojivo:** podkoží, podslizniční tkáň, obaly orgánů, nervů, šlach svalů aj. Fibrocyty, kolagenní a elastická vlákna, amorfní hmota

- **Husté vláknité pojivo:** vyšší obsah kolagenních vláken

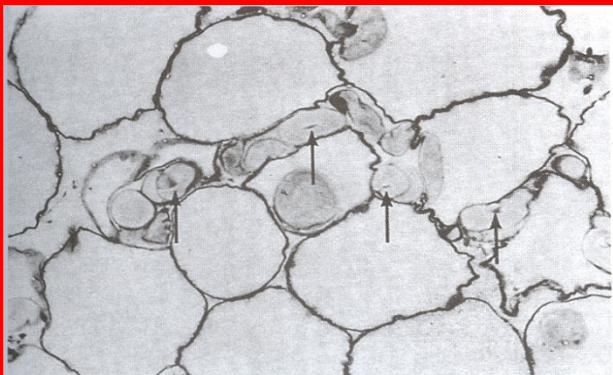
- neuspořádané: hlubší vrstvy podkoží

- uspořádané: šlachy

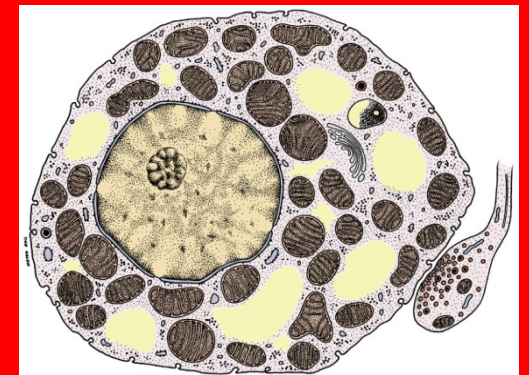
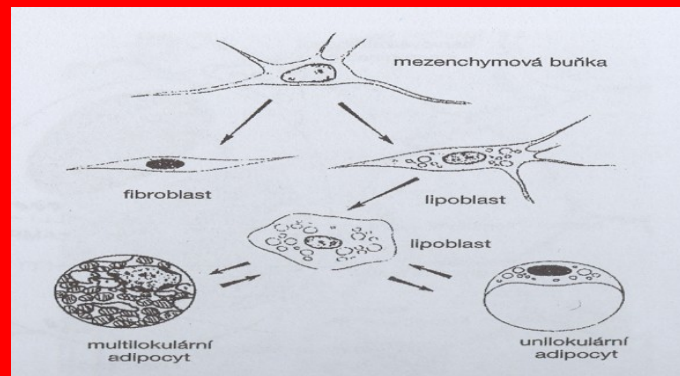


Charakteristika jednotlivých typů

- **Rosolovité pojivo:** pupeční šňůra a pulpa vyvíjejícího se zubu. Fixní buňky fibroblasty, hodně mezibuněčné hmoty, vlákna kolagenní a elastická
- **Retikulární pojivo:** slouží jako nosná síť krevetvorných orgánů (kostní dřeň) a lymfatických imunitních orgánů. Stříbření (AgNO_3)
- **Tukové pojivo:** adipocyt, unilokulární a multilokulární tuková tkáň.



Bílý tuk, šipky označují kapiláry



Buňka hnědé tukové tkáně

Volné buňky pojivových tkání

- Z krve (trofické pojivo) mohou leukocyty přestupovat do pojivových tkání

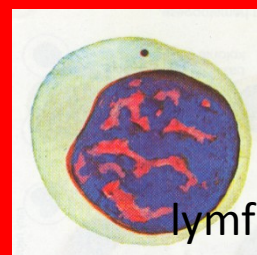
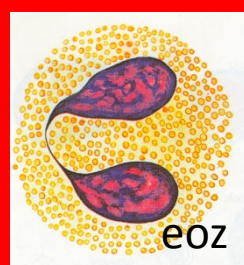
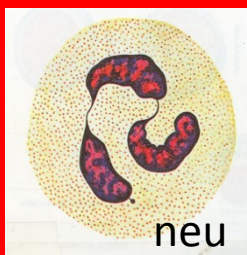
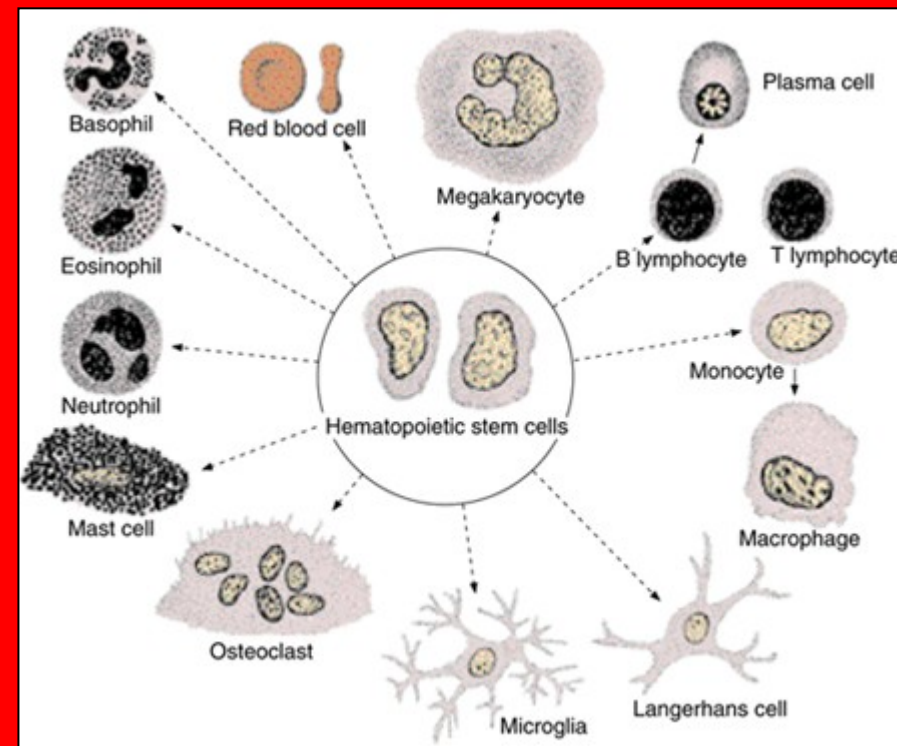
Typy leukocytů:

- Granulocyty:

neutrofily (fagocytóza), eozinofily (paraziti), bazofily (alergie)

- Agranulocyty:

lymfocyty T (regulace), B (protilátky), monocyty (prezentace antigenu)



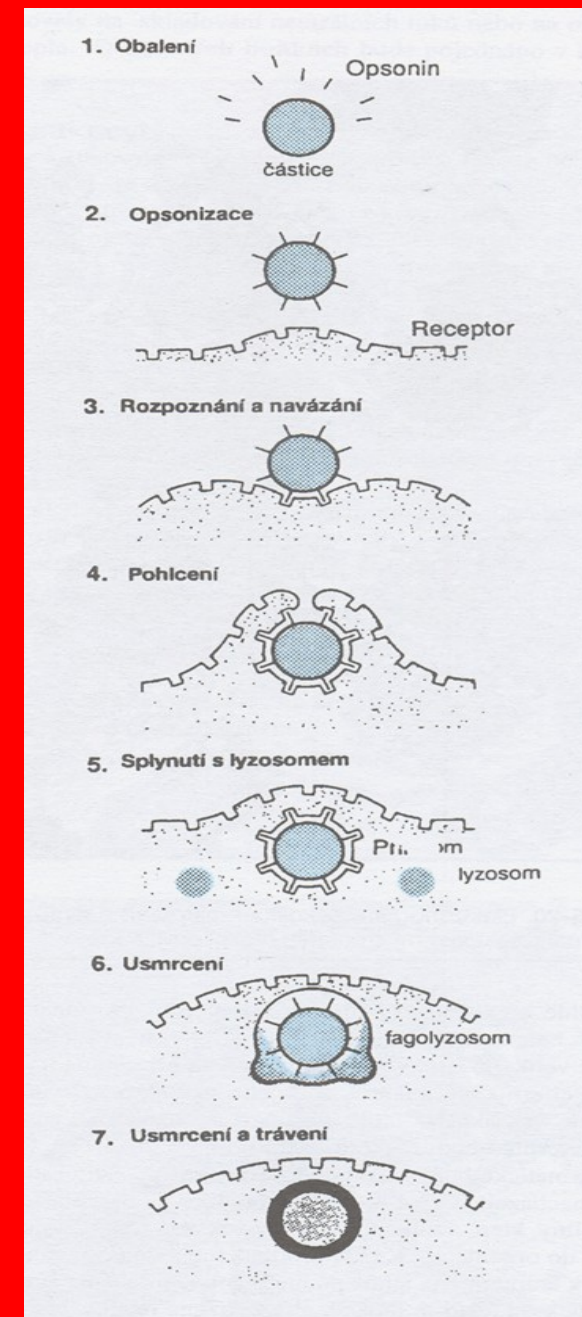
- **Žírné buňky:** menší jádra překrytá bazofilními granuly, obsahují mediátory zánětlivé reakce – histamin, proteázy a chemotaktické faktory, po aktivaci uvolňují mediátory zánětu (leukotrieny), hojně zastoupeny ve sliznicích, podobné basofilům, dříve považovány za tzv. tkáňové basofily, nyní samostatná vývojová řada

- **Plasmatické buňky:** vývojové stadium B lymfocytu, které produkuje protilátky, hodně ER, Golgi komplex

- **Makrofágy:** tkáňová forma monocytu, liší se trochu podle typu tkáně: alveolární makrofágy, mikroglie, Kupfferovy buňky, osteoklasty.

Jsou to tzv. antigen prezentující buňky, dříve, velikost až 30 μm , ledvinovité jádro, hodně vyvinutý proteosyntetický aparát, hodně lyzozomů, dlouho žijící buňky.

Fagocytóza cizorodých částic, následné zpracování antigenu a jeho prezentace (vystavení) na povrchu buňky, aby byl rozpoznán dalšími imunitními buňkami -lymfocyty.



Oporná pojiva – chrupavka, kost

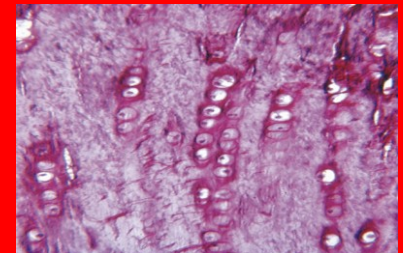
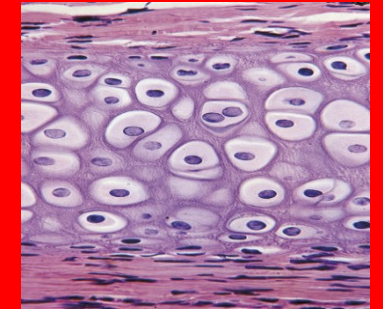
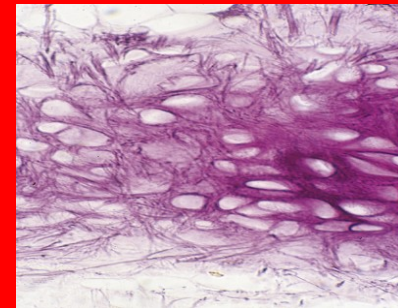
Charakteristika **chrupavkové** tkáně: pružná, hladká, nedeformuje se, opora měkkých tkání, mezibuněčná hmota má pevnou konzistenci, tlumí nárazy – klouby, důležitá pro vývoj dlouhých kostí – osifikace, na povrchu perichondrium – výživa difúzí. Chrupavky jsou bezcévné. Buňky chondrocyty v izogenetických skupinách.

Typy chrupavkové tkáně:

- hyalinní - zárodečný skelet, v dospělosti kloubní plochy, dýchací cesty, spojení žebér a sternu

- elastická – ušní boltce, epiglottis, hodně elastických vláken

- vazivová – meziobratlové ploténky, spojení pánevních kostí



Kostní tkáň

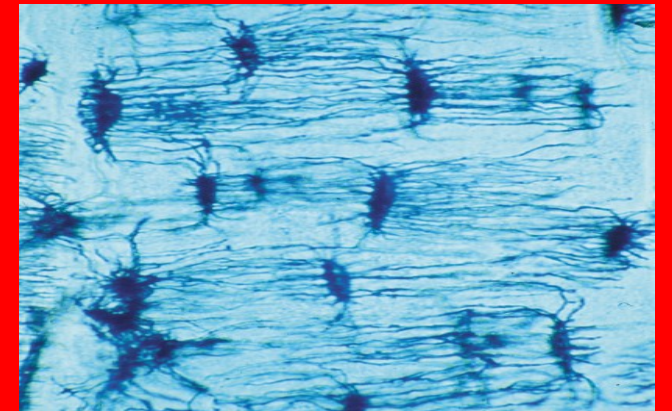
- Typy kostní tkáně:

- **Primární – vláknitá (fibrilární):** jako první v embryonálním vývoji, při reparačních procesech, u nižších obratlovců je to definitivní typ kostní tkáně, u vyšších obratlovců dočasná, pak náhrada lamelární kosti, kolagenní vlákna neuspořádaná, méně minerální složky.

- **Sekundární lamelární kost:**

kompaktní

spongiózní (houbovitá, trámčitá)



- Struktura lamelární kosti: buňky osteocyty a mezibuněčná hmota

- **Lamely z kolagenních fibril 3 - 7 μ m**

Lamely uloženy:

- a/ **koncentricky – v kompaktní kosti**

Haversův systém lamel (osteon) uvnitř kanálek (ŘVP, cévy a nervy)

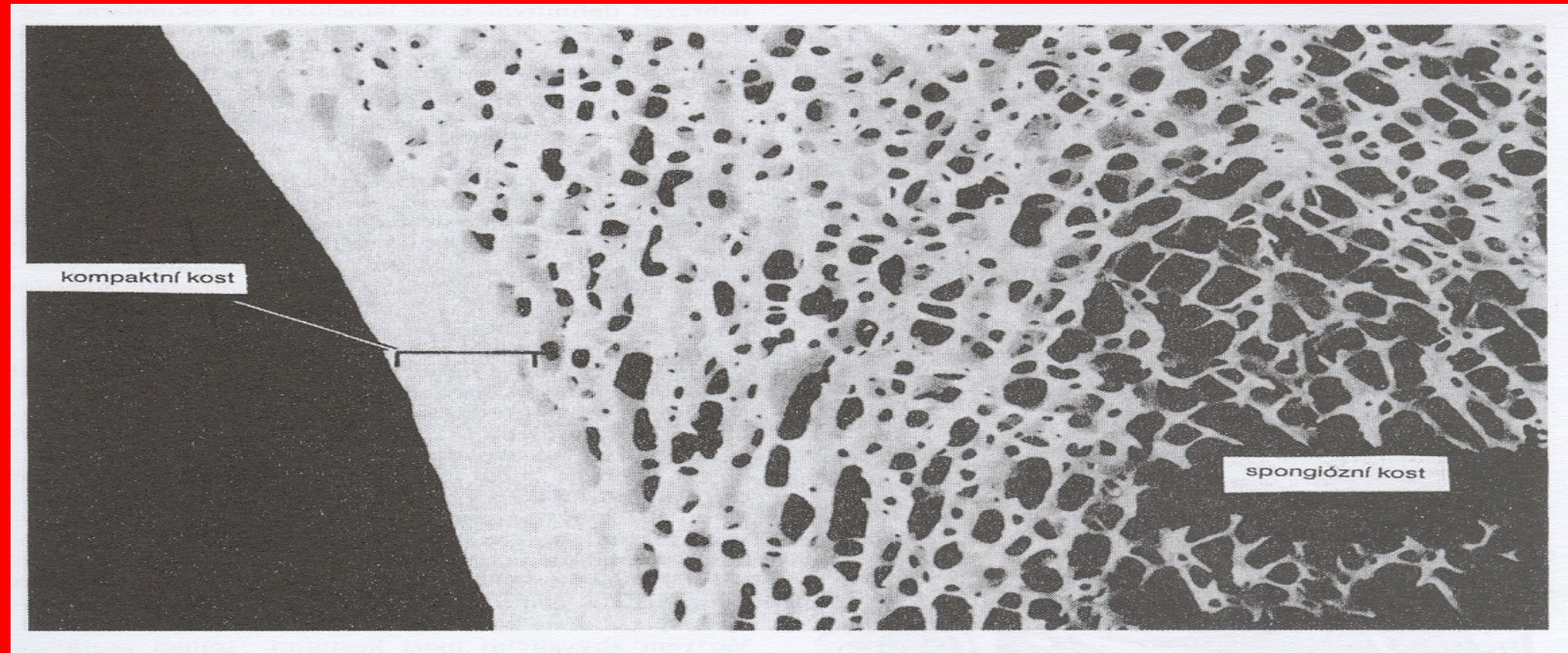
- b/ **paralelně – v spongiózní kosti**

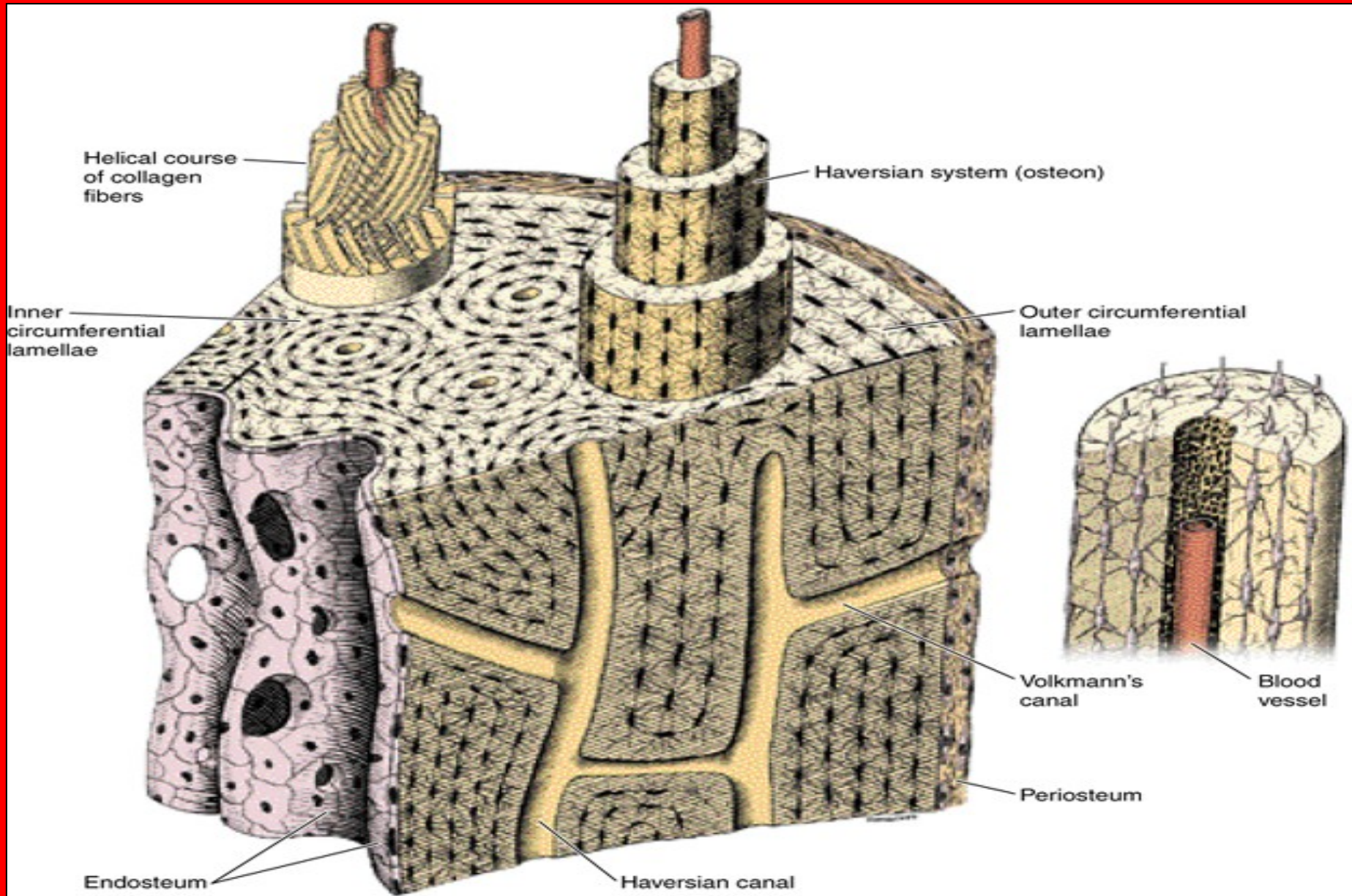
- **Mineralizovaná matrix mezi lamelami:**

organická amorfní hmota (glykosaminoglykany a proteiny)

anorganická složka - hydroxyapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$,

- **Na povrchu periost**





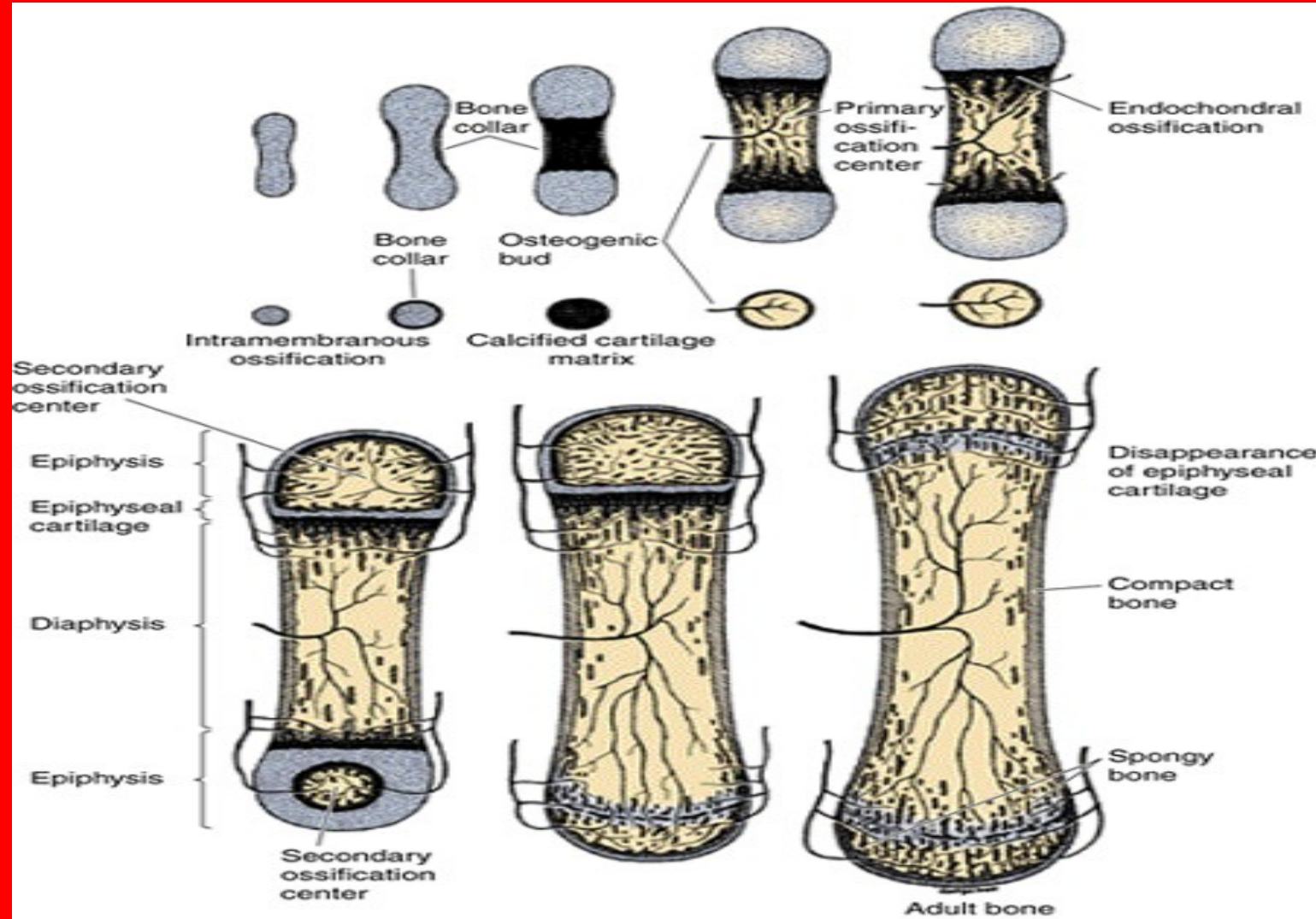
Proces osifikace

- Tvorba kostní tkáně:

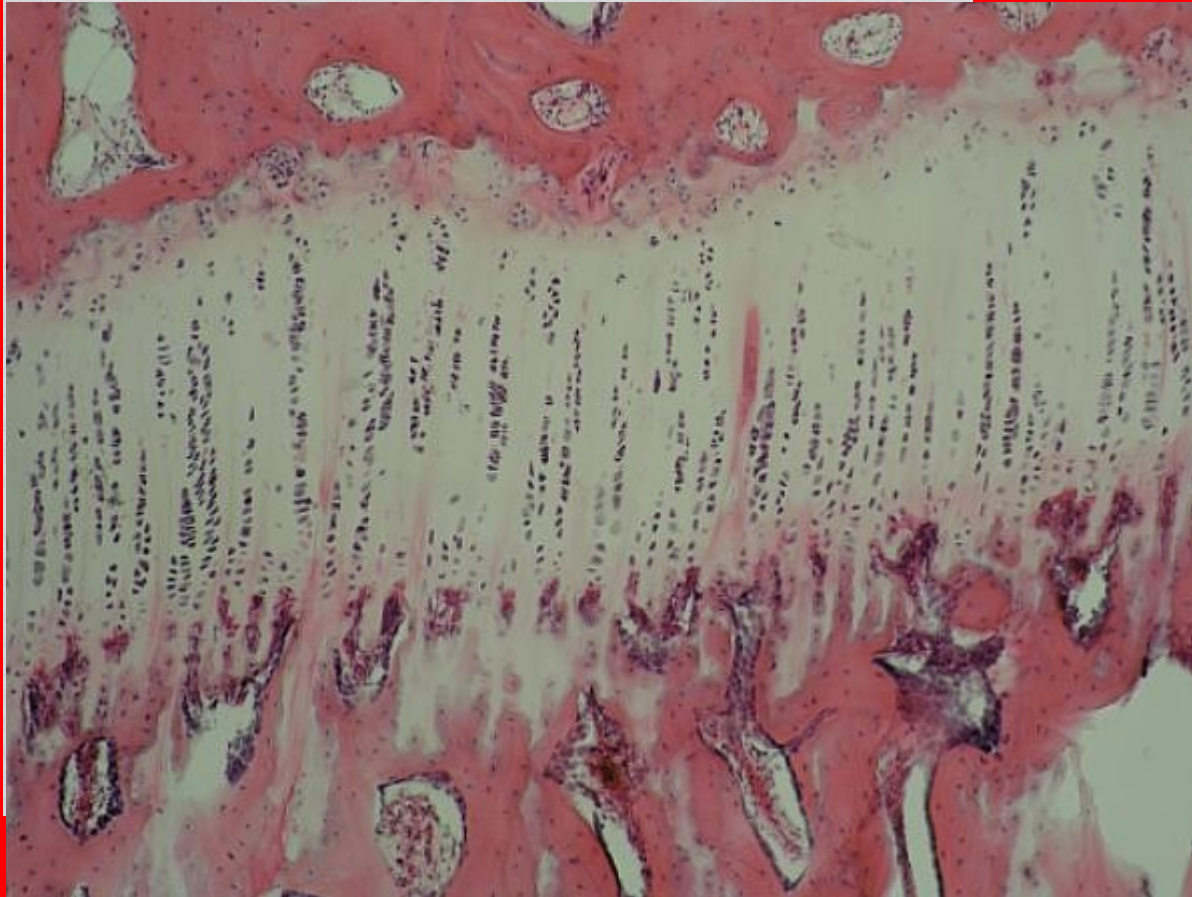
z vaziva - **desmogenní osifikace** - ploché lebeční kosti, kondenzace mesenchymové tkáně spolu s diferenciací mesenchymálních buněk na osteoblasty

z chrupavky - **chondrogenní osifikace** - krátké a dlouhé kosti. Kalcifikace chrupavkové matrix, hypertrofie a destrukce chondrocytů, resorpce zbytků zvápenatělé chrupavky osteoklasty, migrace osteoprogenitorových buněk z okostice do místa tvorby nové kostní hmoty, jejich diferenciaci na osteoblasty, které produkují kostní matrix a mění se na osteocyty.

Tvorba kosti z chrupavčitého základu (před narozením – dospělost)



Epifýzo – diafyzární ploténka: místo tvorby kosti z chrupavky v období po narození do ukončení růstu



zóna normální chrupavky

zóna růstu: dělení chrupavkových buněk, řetízkové izogenetické skupiny

zóna kalcifikace chrupavkové matrix a hypertrofie chondrocytů

zóna eroze změněné chrupavky činností osteoklastů

zóna tvorby nové kostní hmoty (osteoprogenitory – osteoblasty - osteocyty

Svalové tkáně

Původ v embryogenezi: z mezodermu

Společný znak všech typů: kontraktilní proteiny

Myofilamenta:

tenká 6 – 10 nm x 1 μm , aktin, tropomyozin, troponin

tlustá 15 nm x 1,5 μm, myozin

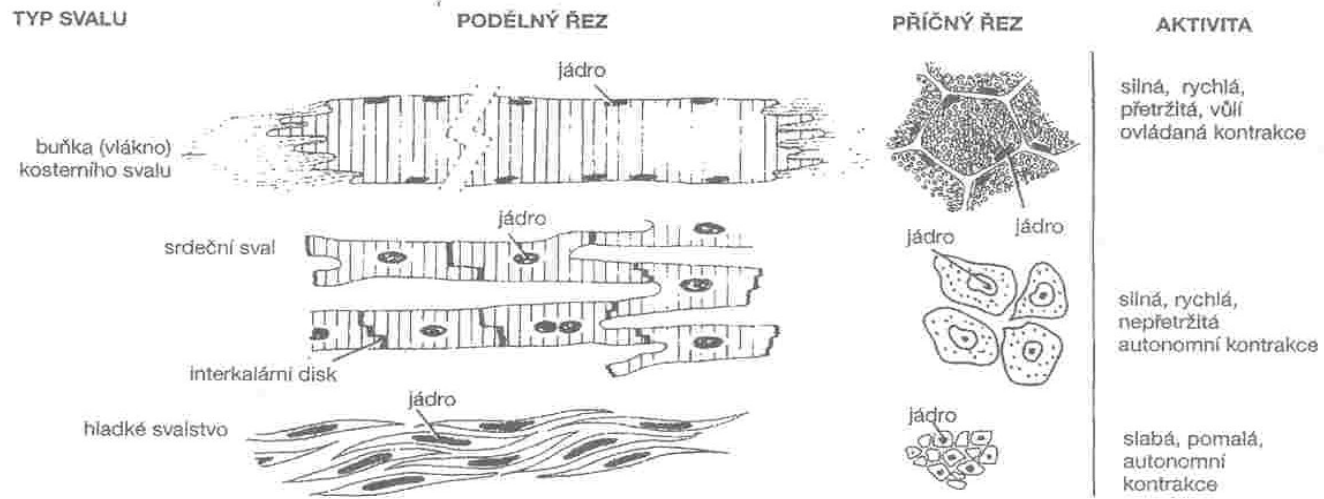
Typy svalové tkáně:

příčně pruhovaná (žíhaná) – mnohojaderná buňka (svalové vlákno - sarkocyt)

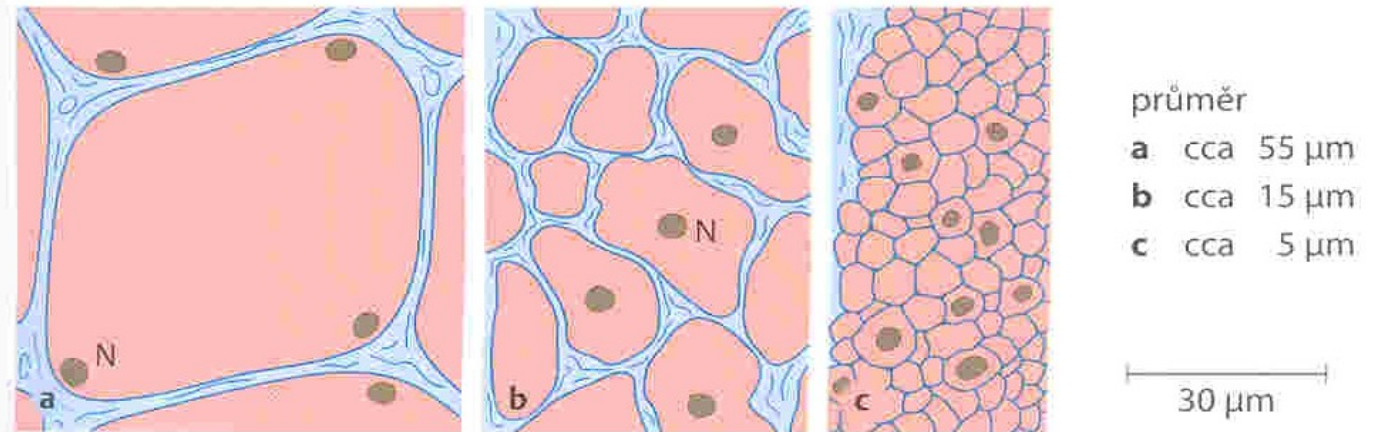
10 – 100 μm, délka až desítky cm.

hladká – vřetenovitá buňka s jádrem (myocyt)

srdeční – rozvětvená buňka s jádrem (kardiomyocyt)



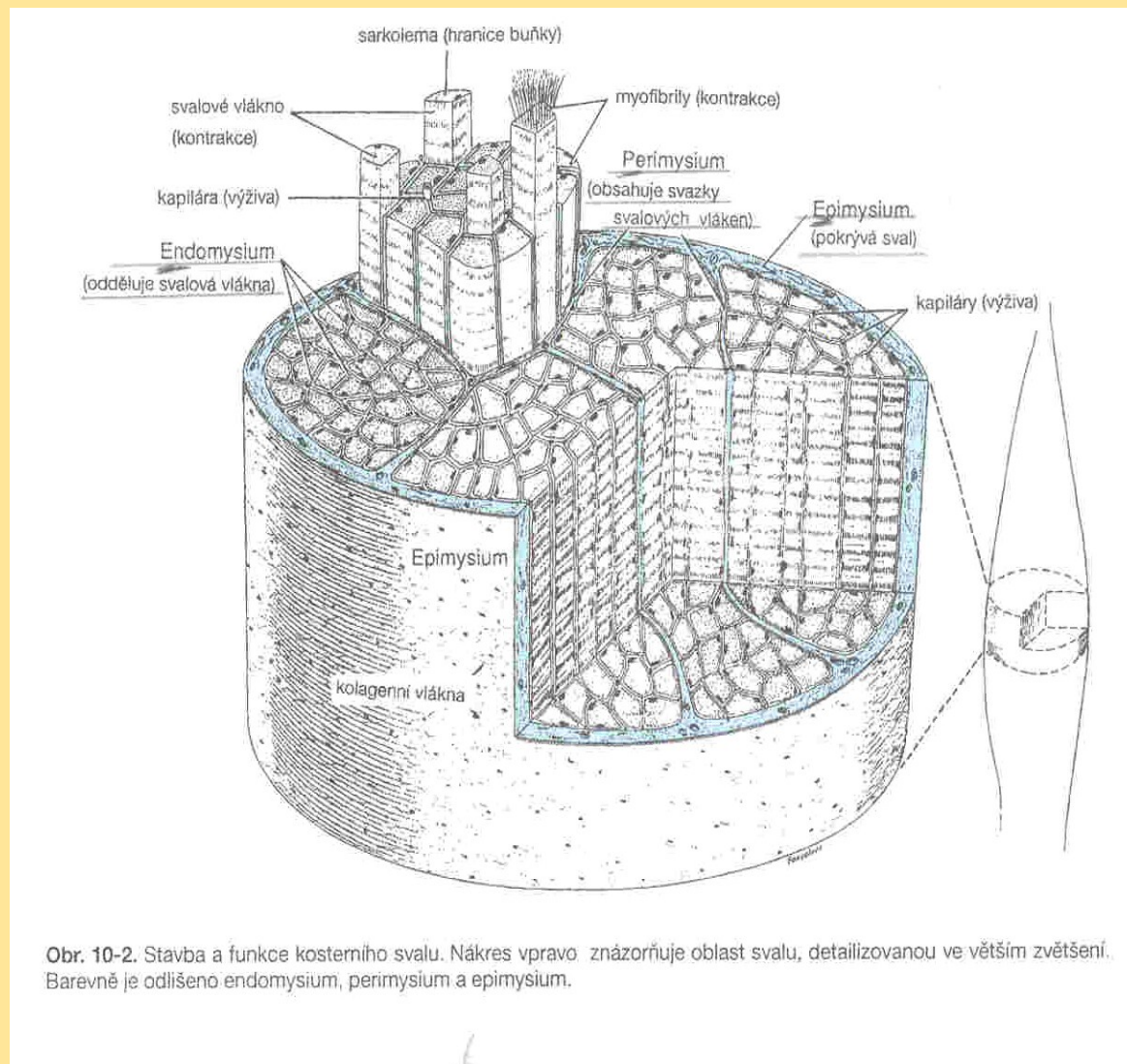
Obr. 10-1. Diagram stavby tří typů svalové tkáně. Obrázek vpravo ukazuje tyto svaly na příčném řezu. Kosterní sval se skládá z velkých, protáhlých mnohjaderných vláken. Srdeční sval je tvořen nepravidelně se větvcími buňkami, které jsou k sobě poutány interkalárními disky. Hladká svalovina je aglomerátem větvenovitých buněk. Hustota distribuce svalových buněk závisí na množství vaziva, které je odděluje.



Obr. 10.16 Porovnání tří druhů svaloviny v příčných řezech při stejném zvětšení (kresba podle histologických preparátů). **a** Kosterní svalové vlákno. **b** Buňky srdečního svalu. **c** Hladké svalové buňky. Extracelulární matrix modře. Zvětš. 575x.

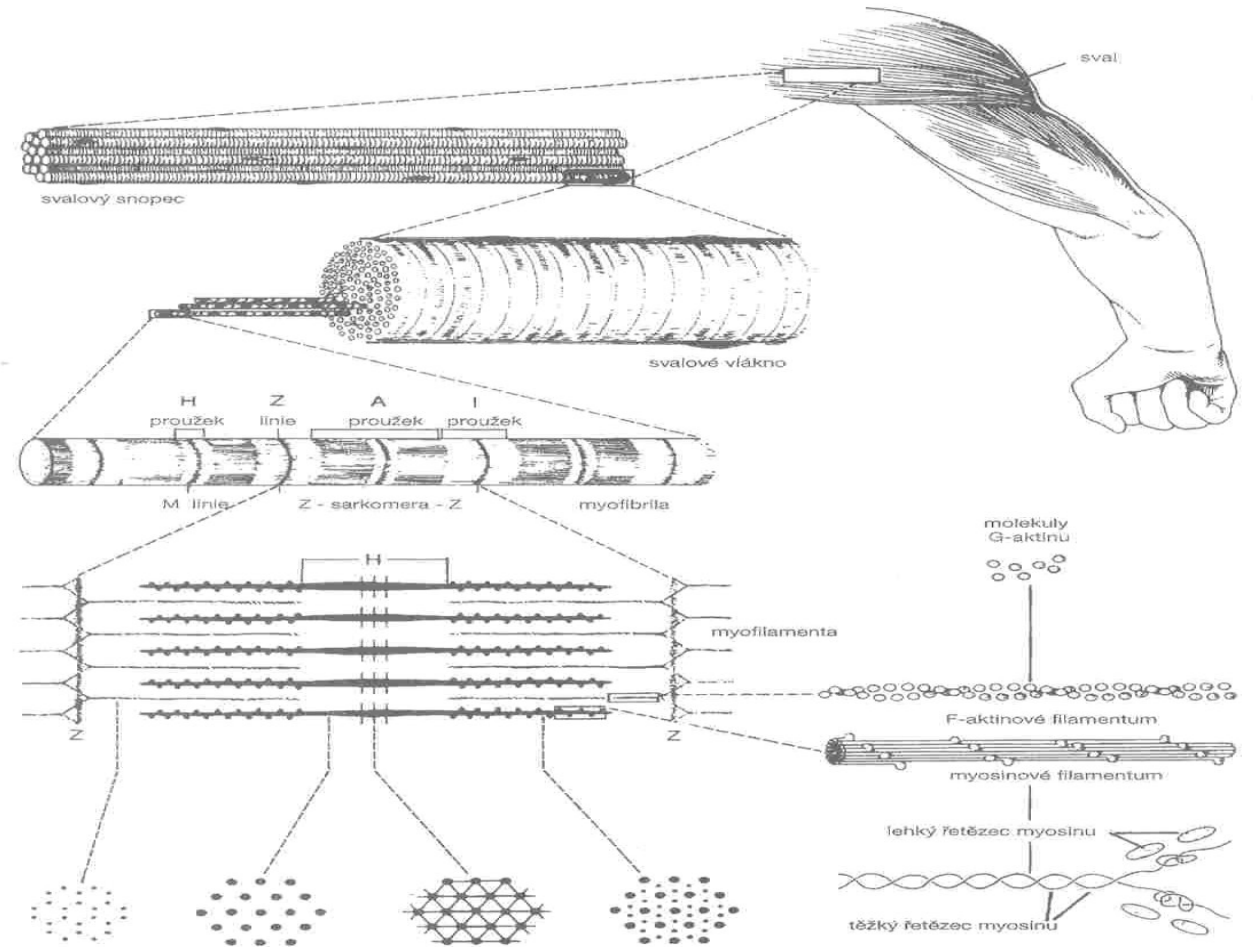
Kosterní svalovina – struktura svalu

- Myofilamenta – myofibrily - svalové vlákno – svazek svalových vláken – sval
- Vazivové obaly: endo, peri a epimysium
- Přejechod svalu ve šlachy (myotendinózní spojení): kolagenní vlákna šlachy + epimysium



Kosterní svalovina – struktura svalového vlákna

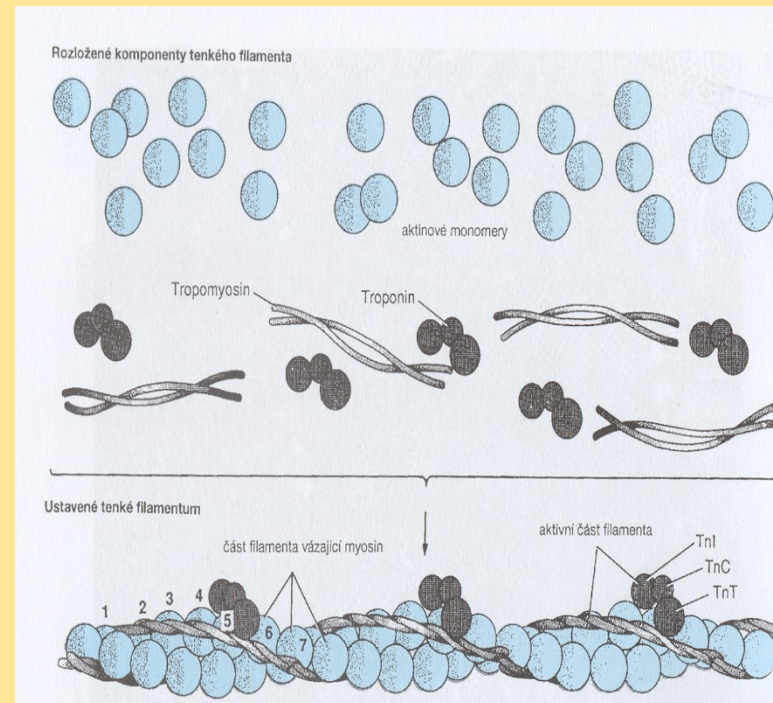
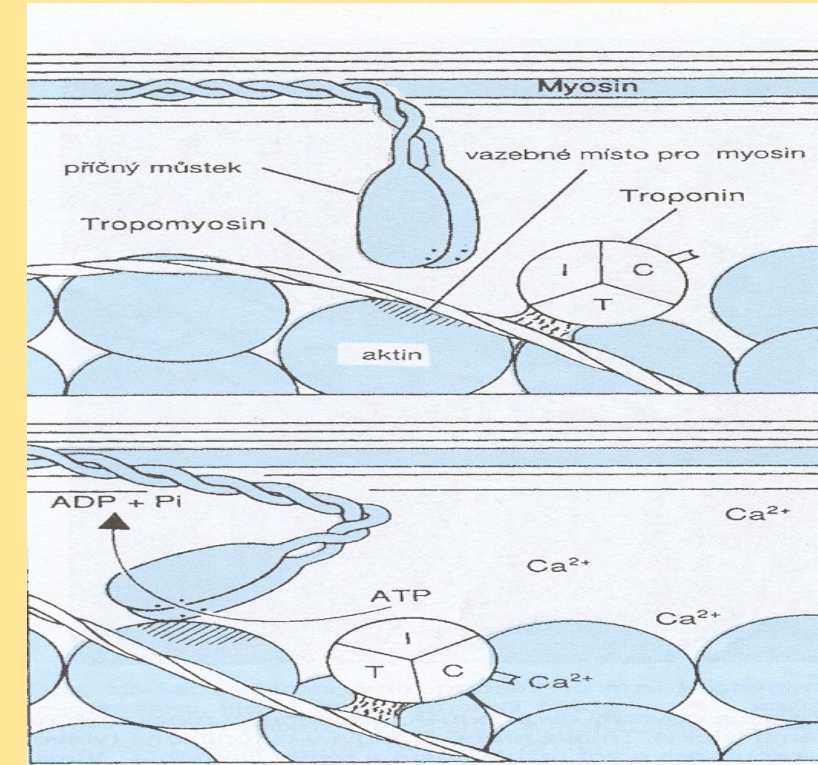
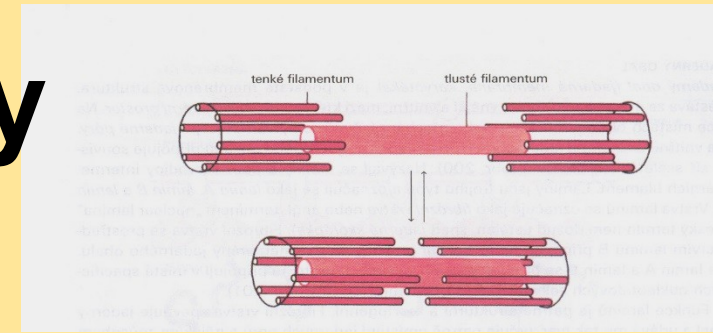
- Žíhání - střídají se proužky:
tmavé A-proužky (anizotropní, dvojlomné, myozin)
světlé I-proužky (izotropní,) mezi nimi tmavá Z linie
- Sarkomera Z-Z (2,5 μm , při kontrakci se zkracuje)



Obr. 10-6. Diagram znázorňující stavbu a umístění tlustých a tenkých filament v sarkomere. Molekulární struktura těchto komponent je zobrazena vpravo. (Nákres Sylvia Colard Keene. Reprodukováno se svolením z Bloom W, Fawcett DW: *A Textbook of Histology*, 9. ed., Saunders, 1968.)

Kontraktlní proteiny

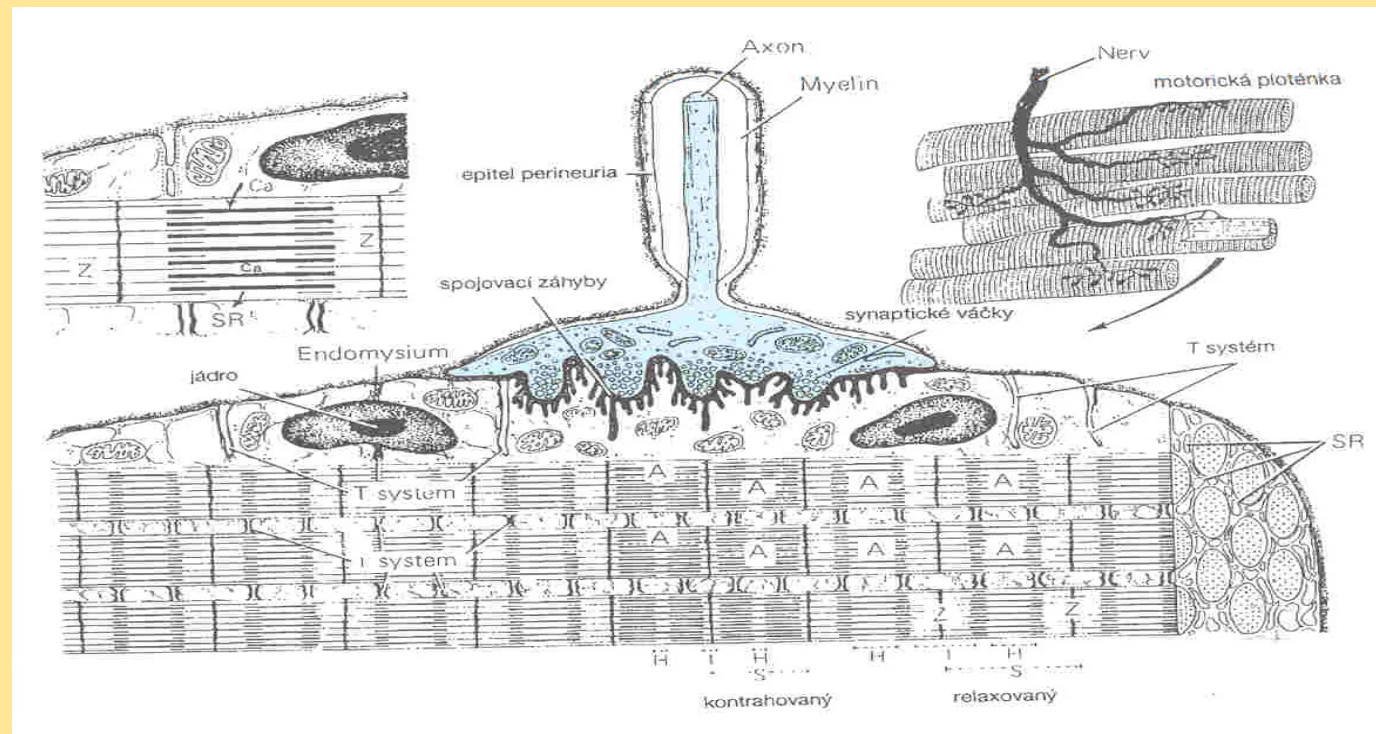
- F-aktin – polymerizace G aktinu, vazebné místo pro myozin
- Tropomyozin – dvoušroubovice kolem aktinu
- Troponin -3 podjednotky: T, C, I
- Myozin – tvar golfové hole
 - vazebné místo pro ATP
 - pro aktin
 - ATPázová aktivita



Přenos vzruchu a mechanismus kontrakce

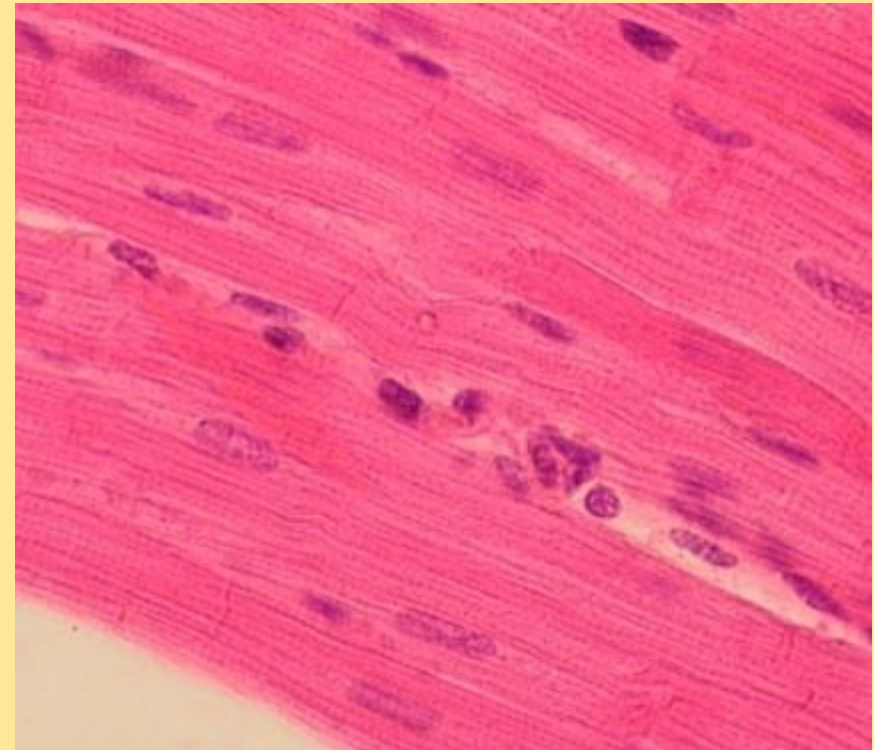
Nervosvalová ploténka:

motorické nervové vlákno – acetylcholin – depolarizace sarkolemy – přenos depolarizace na sarkoplazmatické retikulum – vylití Ca^{2+} - vazba na troponin – uvolnění vazebného místa pro aktin – vazba aktinu na myozin – posun tenkého filamenta do středu sarkomery – kontrakce



Srdeční svalovina

- Kardiomyocyty, žíhání, 1 jádro, endomysium
- Interkalární disky: schodovité útvary v místě spojení kardiomyocytů
 - desmozomy a adherentní kontakty na příčné části
 - nexy na částech podélných s dlouhou osou buňky
- Kardiomyocyty kontraktilní a inervační – součást převodního systému

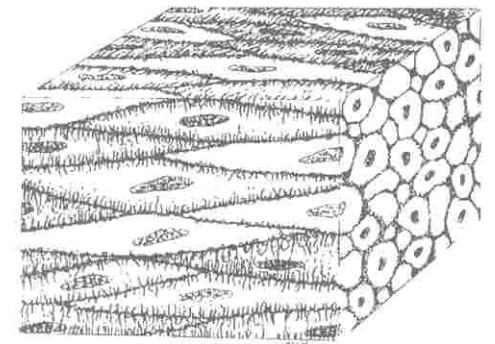


Hladká svalovina

Protáhlé vřetenovité buňky, obklopeny bazální laminou a sítí retikulárních vláken, myofilamenta se šikmo kříží, denzní tělíka.

Tlustá filamenta - jiný typ myozinu, tenká – aktin a tropomyozin, troponin není, intermediální filamenta – desmin, vápník se váže na kalmodulin.

Při kontrakci se fosforyluje myozin, ten reaguje s aktinem, kontraktilní proteiny a denzní tělíka jsou vázána zevnitř k membráně, při kontrakci se buňka šroubovitě stáčí.



Obr. 10-21. Nákres úseku hladkého svalu. Buňky jsou obklopeny sítí retikulárních vláken. Na příčném řezu mají jednotlivé buňky různý průměr.

Nervové tkáně

Původ v embryogenezi: z ektodermu, ale mikroglie (fagocytuje) z mezodermu

Základní elementy: neurony a gliové buňky

Anatomická struktura:

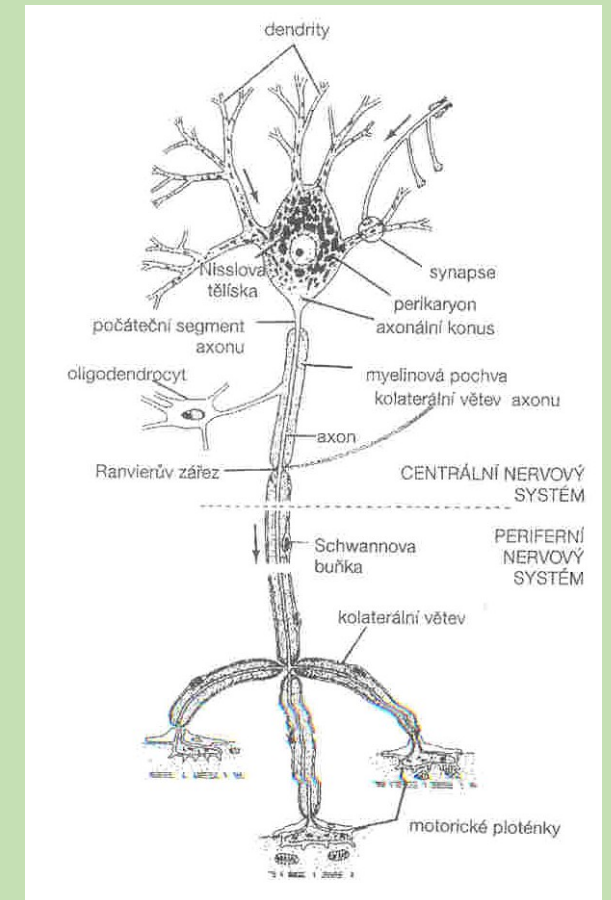
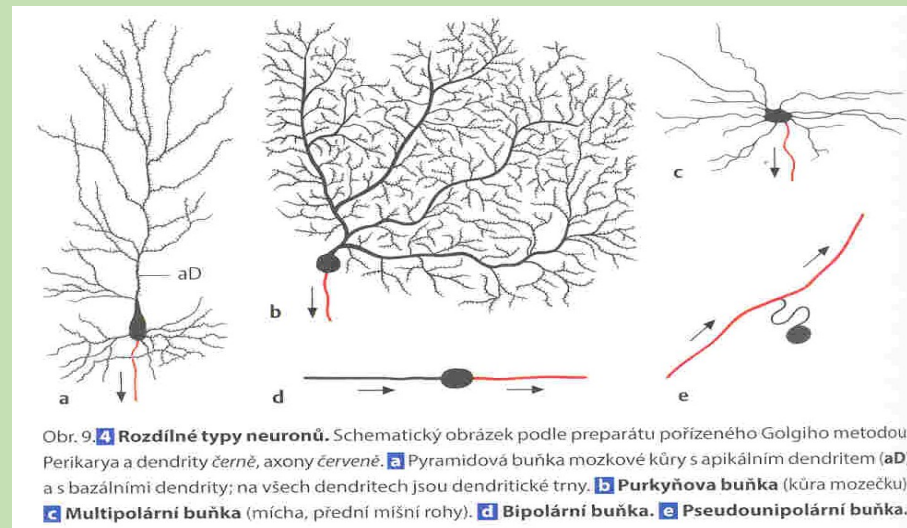
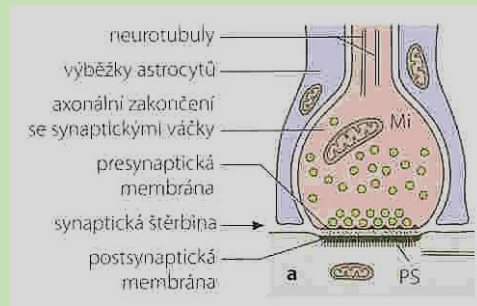
- centrální systém (CNS)- mozek a mícha
- Periferní systém (PNS) – nervová vlákna a ganglia

Funkční struktura:

- autonomní NS – sympatický a parasympatický NS, motorické i senzitivní dráhy, řídí viscerální funkce
- somatický NS – řídí motorické vůlí ovládané funkce (kosterní svaly)

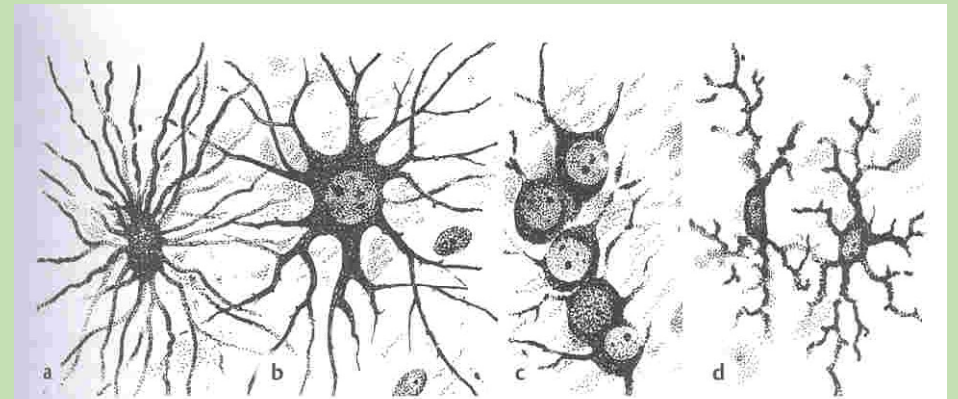
Neuron

- Anatomická a funkční jednotka nervové tkáně
- Tělo (soma) dendrity, axon, ER (Nisslova substance – tygroid)) mitochondrie, neurofilamenta a neurotubuly
- Rozměry: motorické neurony – tělo až 150 μm , malé neurony jednotky mikrometrů
- Podle tvaru: apolární, unipolární, bipolární, pseudounipolární, **multipolární**
- Synapse



Neuroglie

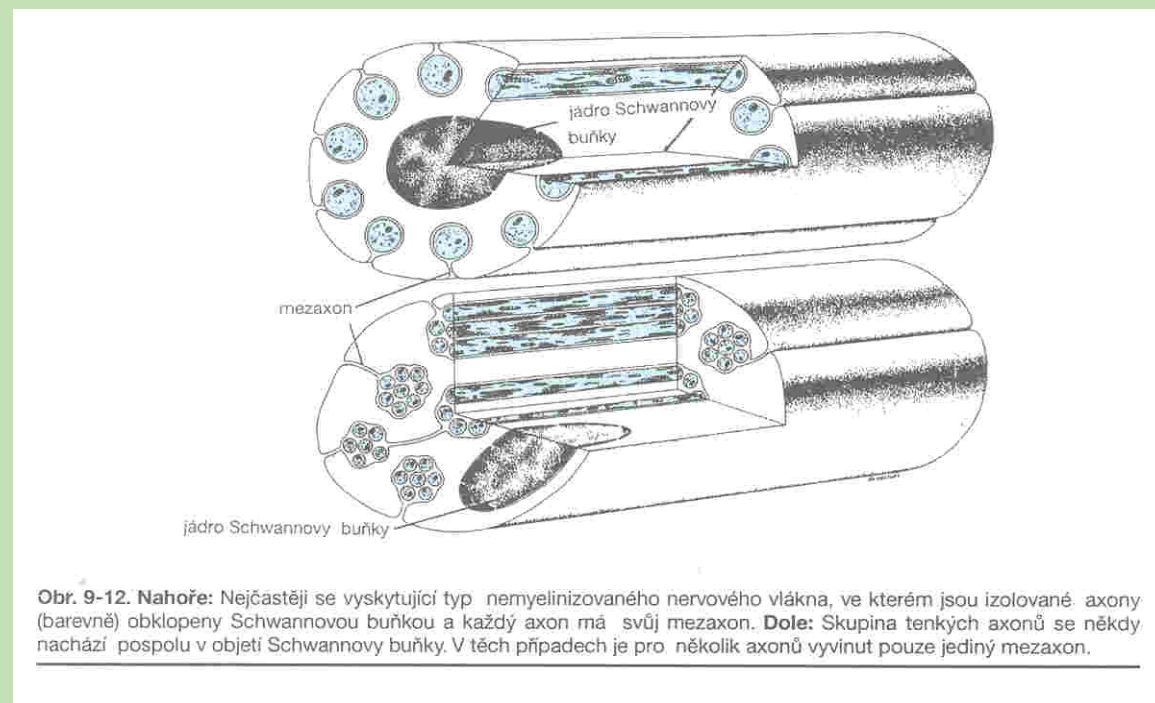
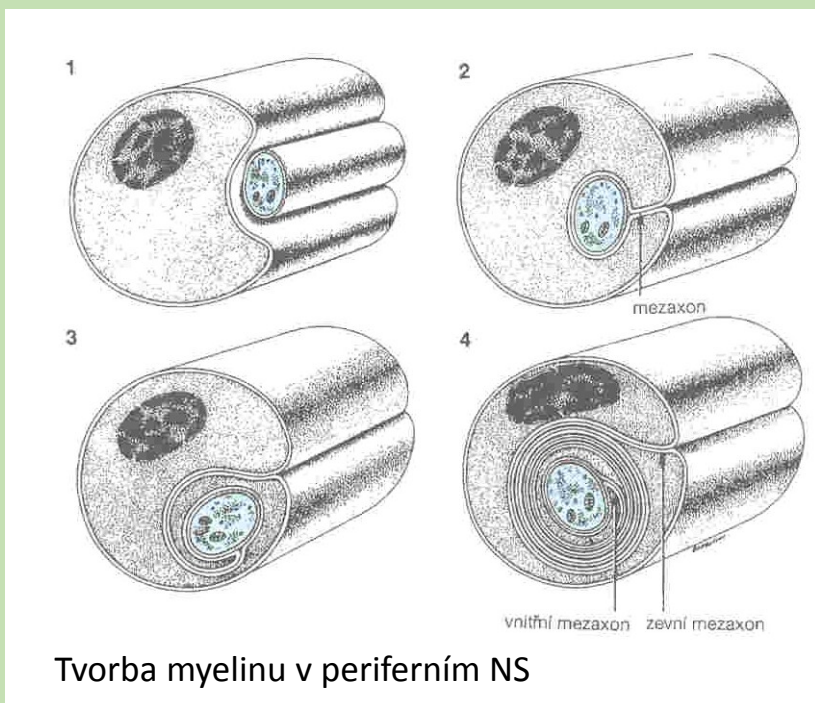
- Mechanická a funkční opora neuronů, menší než neurony, 1/2 objemu nervové tkáně, dělí se, jsou v CNS i PNS.
- Astrocyty: (protoplasmatické v šedé hmotě a fibrilární v bílé hmotě), výběžky okolo cév v CNS
- Oligodendrocyty: v CNS **tvoří myelin**
- Mikroglie: fagocytují
- Ependym: vystýlá komory a míšní kanál, řasinky
- Schwannovy buňky v PNS: obalují axony, tvoří myelin
- Satelitní buňky v gangliích okolo těl neuronů

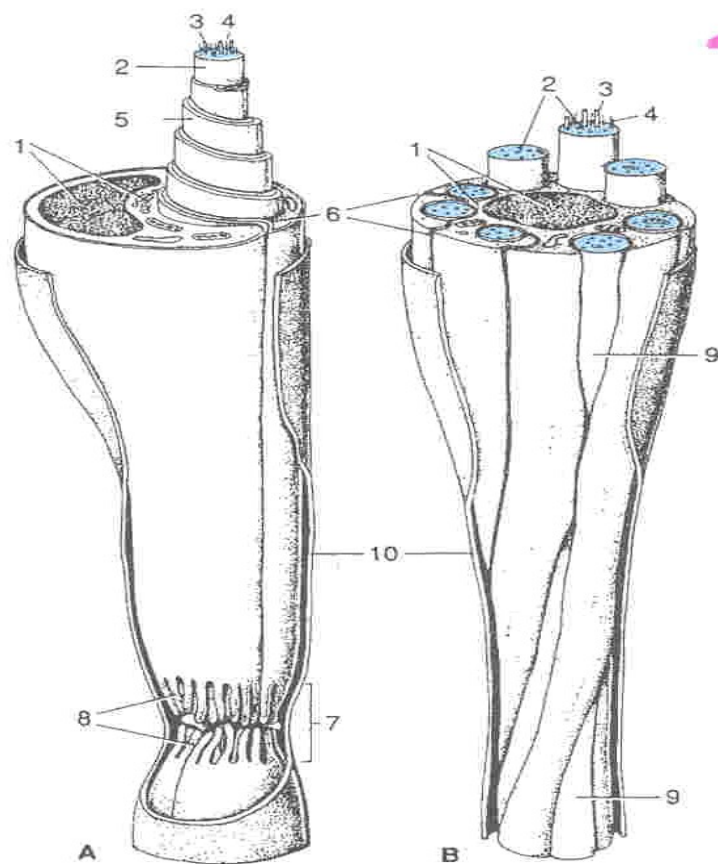


Obr. 9.8 **Gliové buňky v CNS**, poloschematický obrázek podle materiálu impregnovaného stříbrem. Jsou viditelná buněčná těla a výběžky. **a, b** Astrocyty, fibrilární a protoplasmatický typ. **c** Oligodendrocyty. Konečné úseky výběžků, které vytvářejí myelin, nejsou viditelné. **d** Mikroglie v klidovém stavu. Podle Kahleho (39).

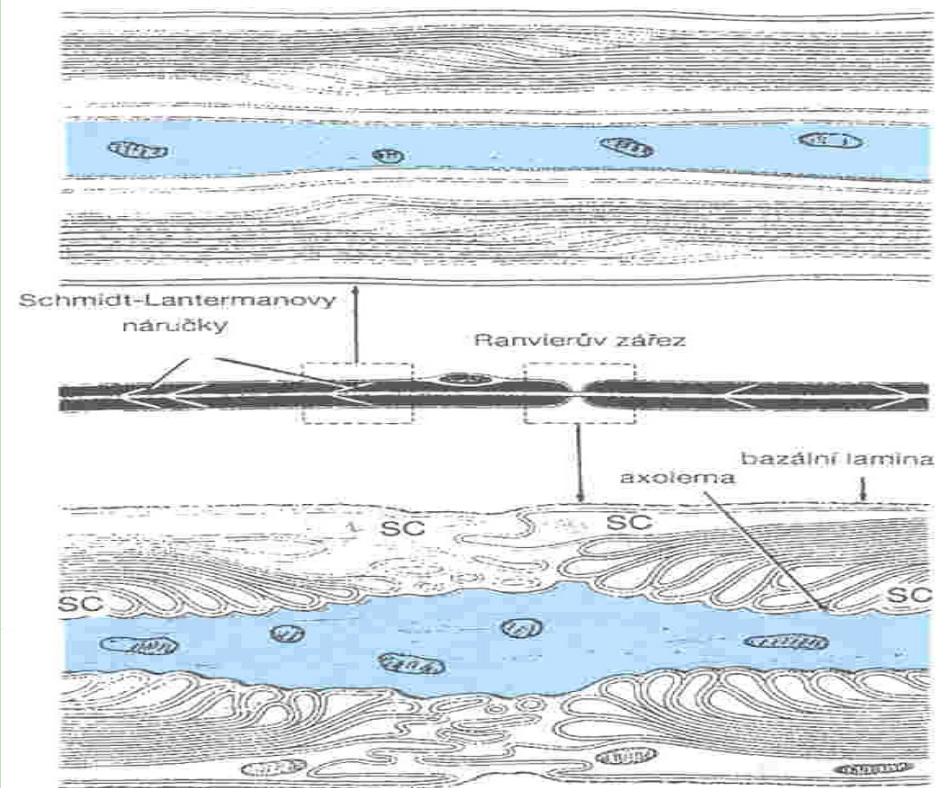
Nervová vlákna

- Axony - nervová vlákna – svazky nervových vláken (= nervy v PNS, dráhy v CNS)
- Axony mají obaly: V PNS je obalový element Schwannova buňka, v CNS oligodendrocyt
- Vlákna mohou být myelinizovaná nebo nemyelinizovaná





Obr. 9-16. Schematické trojrozměrné nákresy znázorňující některé ultrastrukturální rysy myelinizovaného (**A**) a nemyelinizovaného (**B**) nervového vlákna. 1. jádro a cytoplazma Schwannovy buňky; 2. axon; 3. mikrotubulus; 4. neurofilamentum; 5. myelinová pochva; 6. mezaxon; 7. Ranvierův zářez; 8. interdigitující výběžky Schwannových buněk v místě zářezu; 9. pohled se strany na nemyelinizovaný axon; 10. bazální lamina (Lehce modifikováno a reprodukováno se svolením z Krstič RV. *Ultrastructure of the Mammalian Cell*. Springer-Verlag, 1979.)



Obr. 9-15. Střední nákres znázorňuje myelinizované periferní nervové vlákno tak jak je vidíme ve světelném mikroskopu. Barevně je vyznačen axon, obklopený myelinovou pochvou (černě) a cytoplazmou Schwannovy buňky. Vidíme zde jádro Schwannovy buňky, Schmidt-Lantermanovy náručky a Ranvierovy zářezy. Obrázek nahoře ukazuje ultrastrukturu Schmidt-Lantermannovy náručky, která je tvořena cytoplazmou Schwannovy buňky, jež nebyla vytlačena do periferie během vytváření myelinové pochvy. Spodní obrázek znázorňuje ultrastrukturu Ranvierova zářezu. Všimněme si výskytu volně interdigitujících výběžků zevního listu cytoplazmy Schwannovy buňky (SC) a těsného kontaktu vnitřního listu cytoplazmy s axolemou. Toto zařízení plní funkci jakési bariéry zabráňující pohybu materiálu dovnitř a ven z periaxonálního prostoru mezi axolemou a membránou Schwannovy buňky. Bazální lamina okolo Schwannovy buňky je souvislá. Nervové vlákno kryje vrstva vaziva – především retikulárních vláken – jež vytváří endoneuriální pochvu periferních nervových vláken.

Struktura nervového systému

- CNS: mozek (šedá na povrchu) a mícha (bílá na povrchu)
 - šedá hmota (těla neuronů, nemyelinizovaná vlákna, gliové buňky, cévy)
 - bílá hmota (myelinizovaná vlákna, gliové buňky, cévy)
- Ganglia: ovoidní struktury z neuronů a vaziva
- Periferní nervy – svazky nervových vláken, obaly epi-, peri- a endoneurium.
 - Aferentní a eferentní
 - Senzitivní, motorické a smíšené

Použitá literatura, zdroje obrázků. tučně – doporučená literatura pro studium

- Junqueira L. C., Carneiro J., Kelley L.R.: Základy Histologie, překlad, 7 vydání. H&H, 1997
- Lüllmann-Rauch R.: Histologie, překlad , 3. vydání, Grada, 2012
- Martínek J., Vacek Z.: Histologický atlas, Grada Publishing, 2013
- <http://www.sci.muni.cz/ptacek/>
- Nečas a kol.: Obecná biologie, H&H, 2000
- Kerr J. B.: Atlas of Functional Histology, Mosby 1999
- Wolf J.: Histologie, SZN Praha 1966
- Tichý F a kol.: Histologie: mikroskopická anatomie, VFU Brno, 2004
- <http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookcircSYS.html>
- <http://rocek.gli.cas.cz/Courses/courses.htm>