



Pojivové tkáně

Vazivo, chrupavka, kostní tkáň

Petr Vaňhara
Ústav histologie a
embryologie LF MU

Pojivová tkáň a pohybový systém

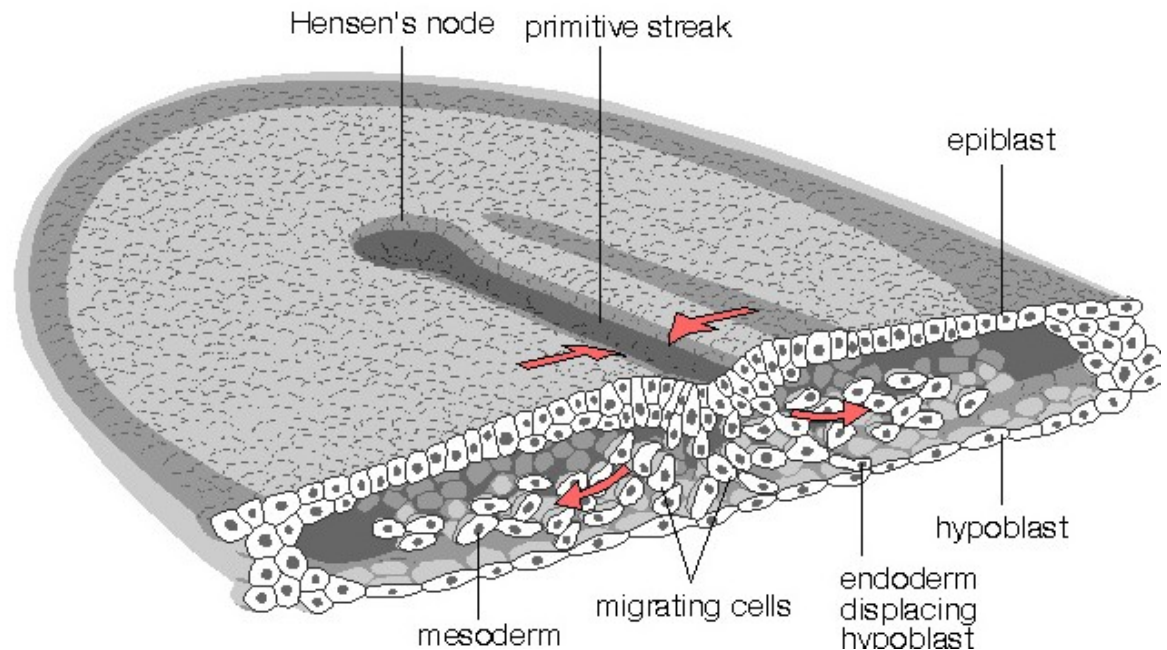
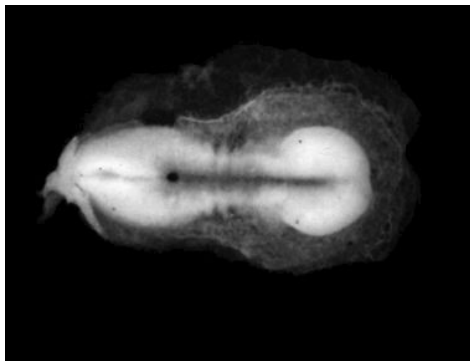
- pojivová, svalová a nervová tkáň
- díky svým mechanickým vlastnostem je pojivová tkáň základní funkční složkou opěrného, nosného i hybného systému



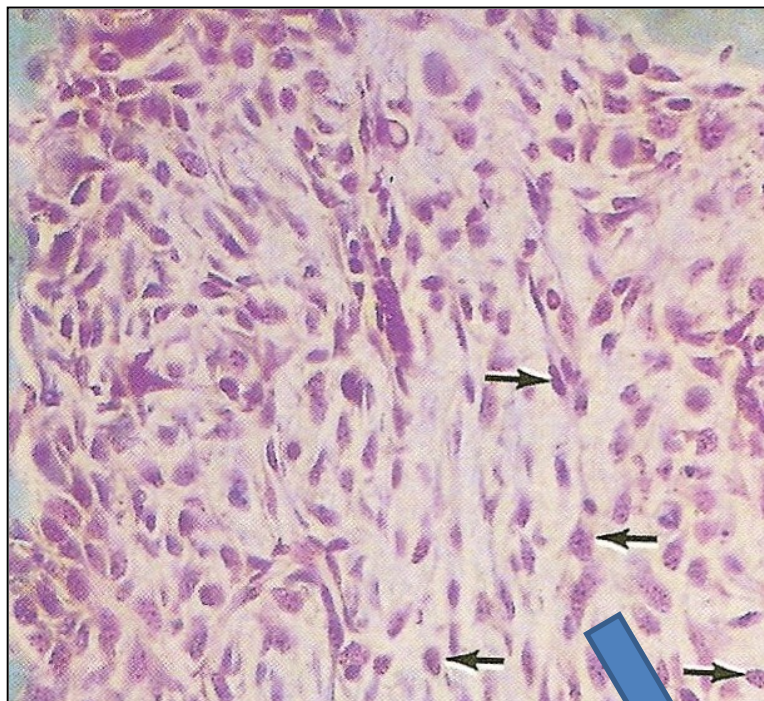
Pojivová tkáň a její původ

- pojivové tkáně odvozeny ze všech tří zárodečných vrstev, zejména z mezodermu
- mezodermální buňky tvoří mezenchym, vyplňující prostor mezi vznikajícími orgány embrya

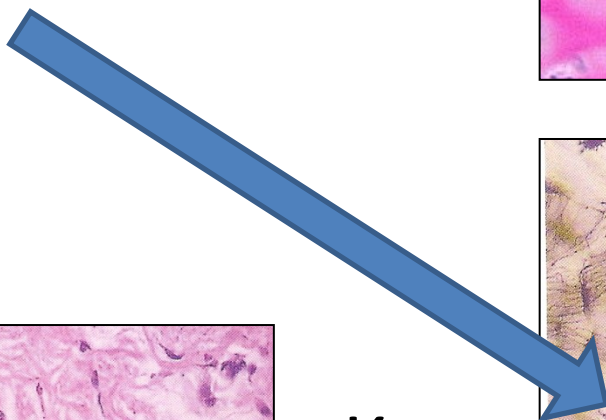
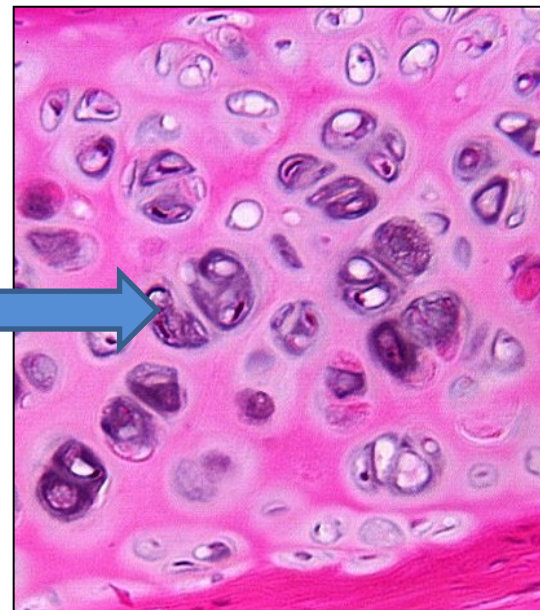
DEN 12 embryonálního vývoje



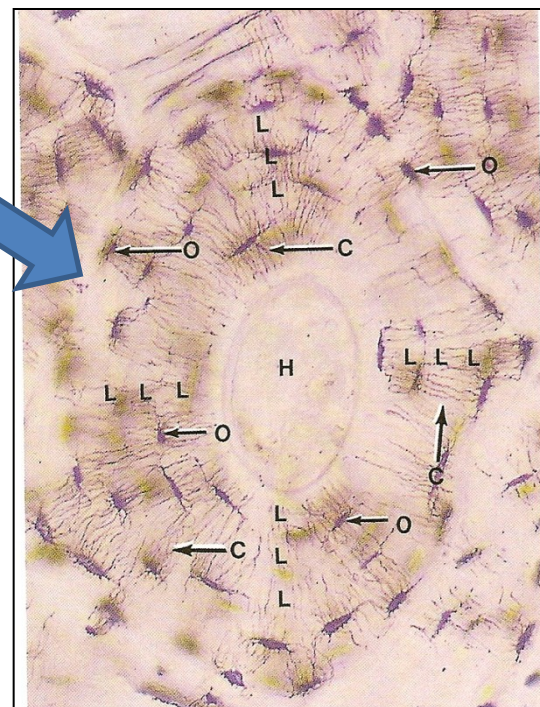
Embryonální mezenchym



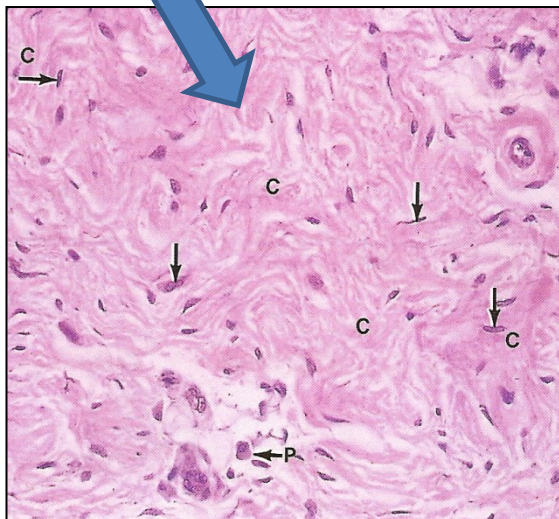
Chrupavka



Kost



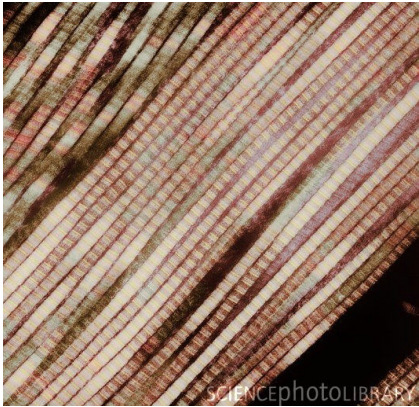
Vazivo



Pojivová tkáň - funkce

Strukturální

- vnitřní opěrná architektura



- vazivo: ligamenta, šlachy, pouzdra orgánů, areorální vazivo
- chrupavka, kost, tuková tkáň

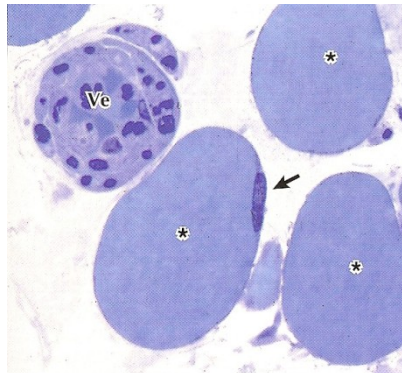
Imunitní

- fagocytující a imunitní buňky ve vazivu



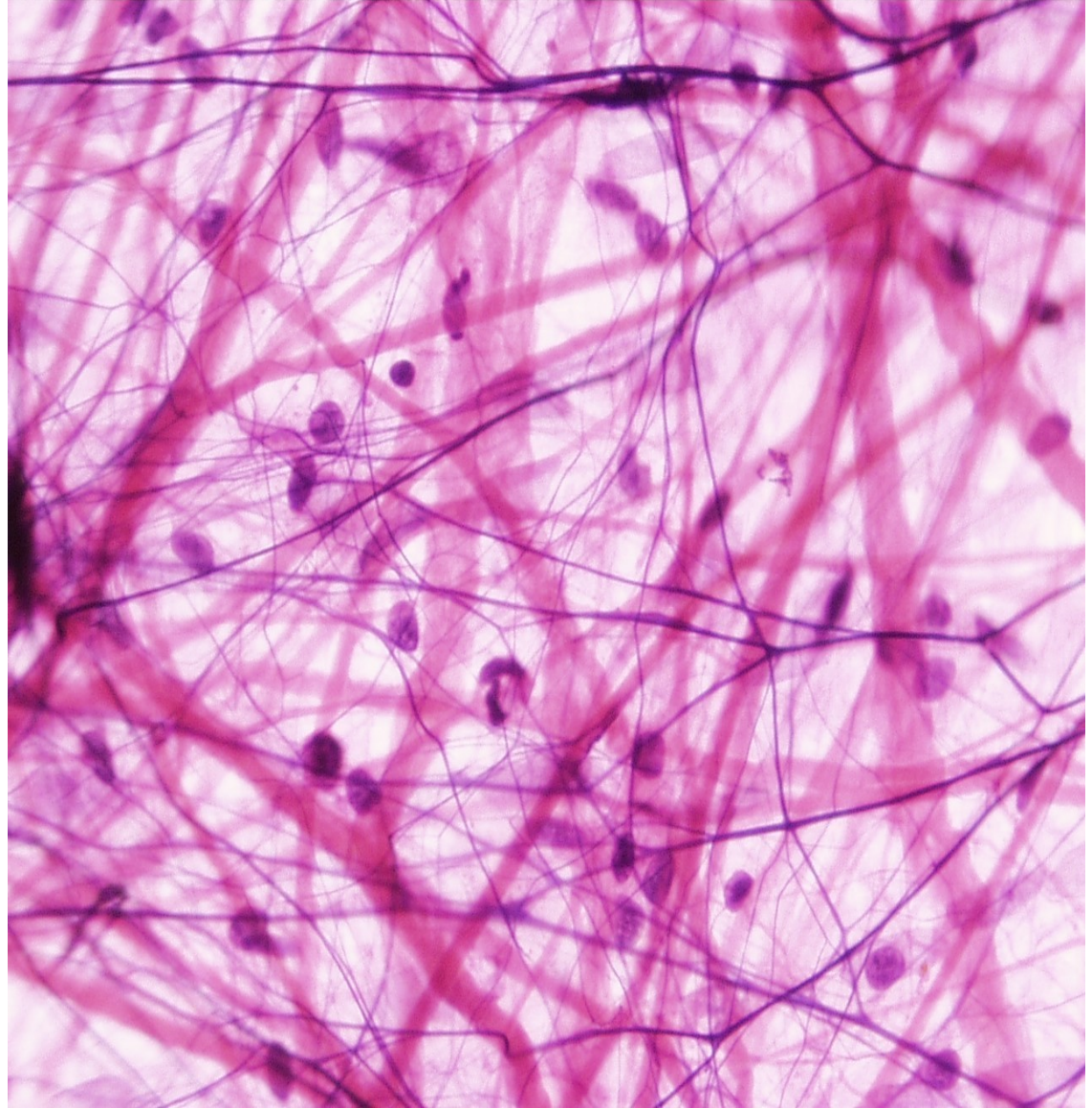
Nutriční

- tuková tkáň



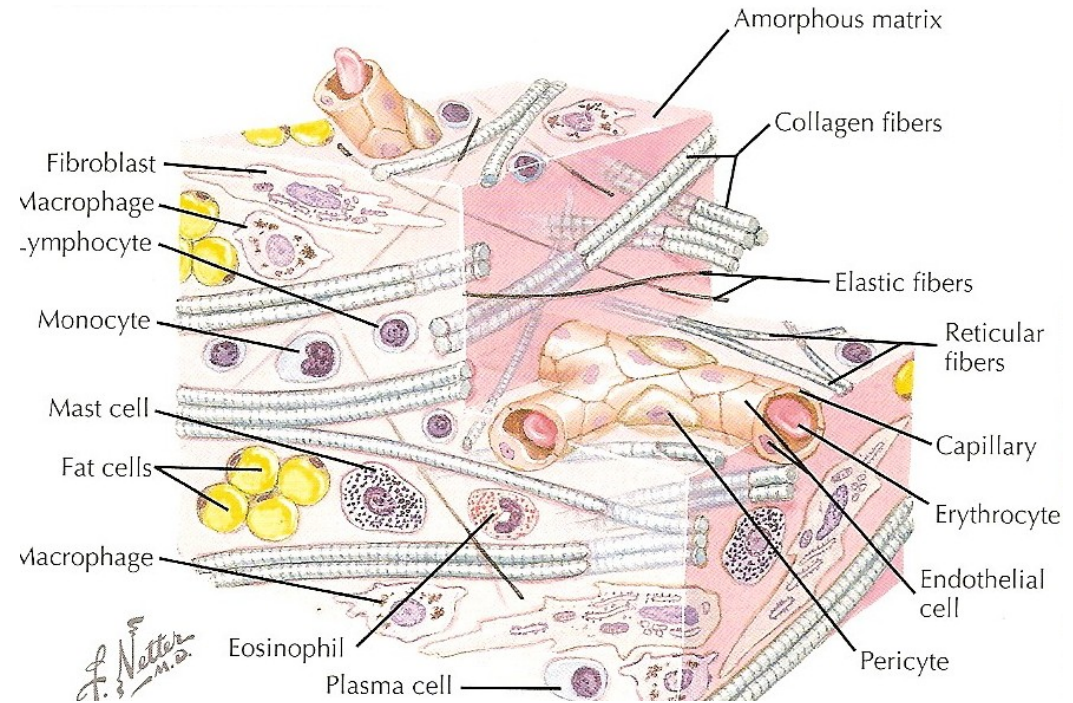
Vazivo

- Vazivové buňky
- Základní hmota
- Vlákna

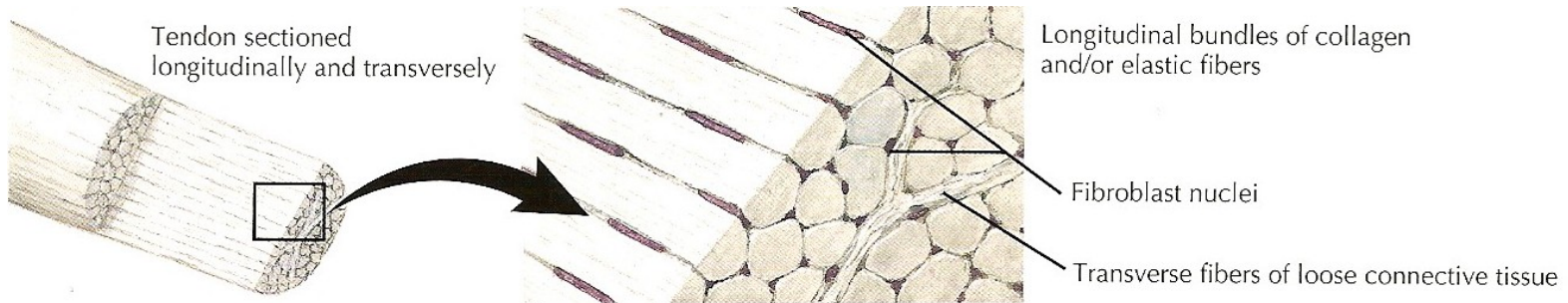


Histologická stavba vaziva

Řídké (areolární) vazivo

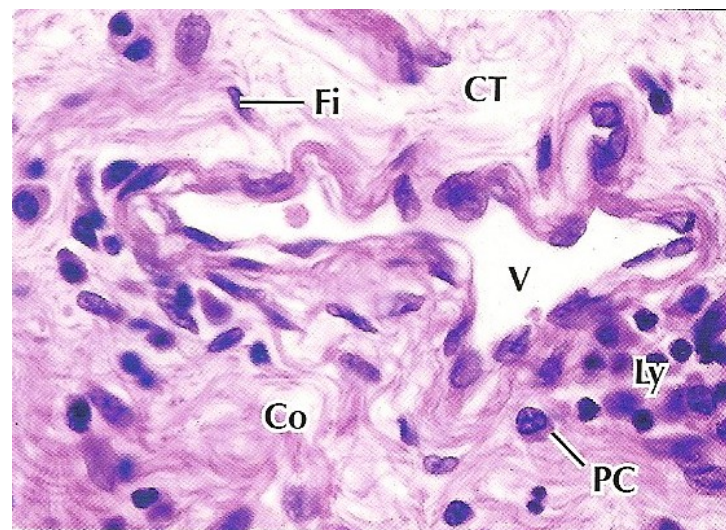
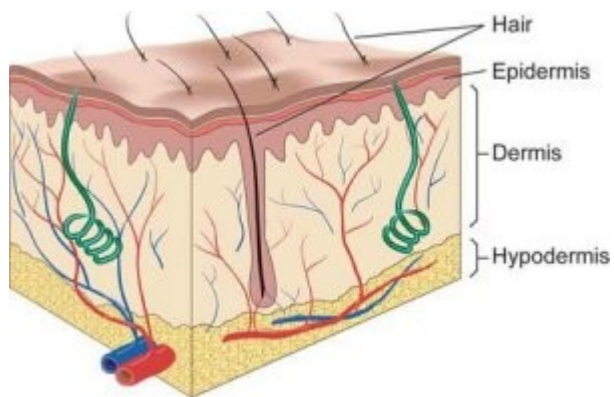


Husté vazivo

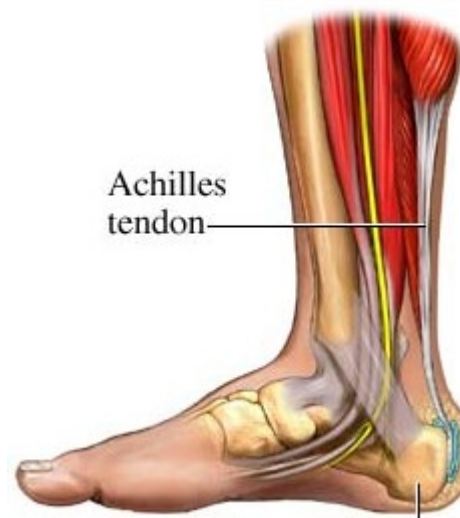
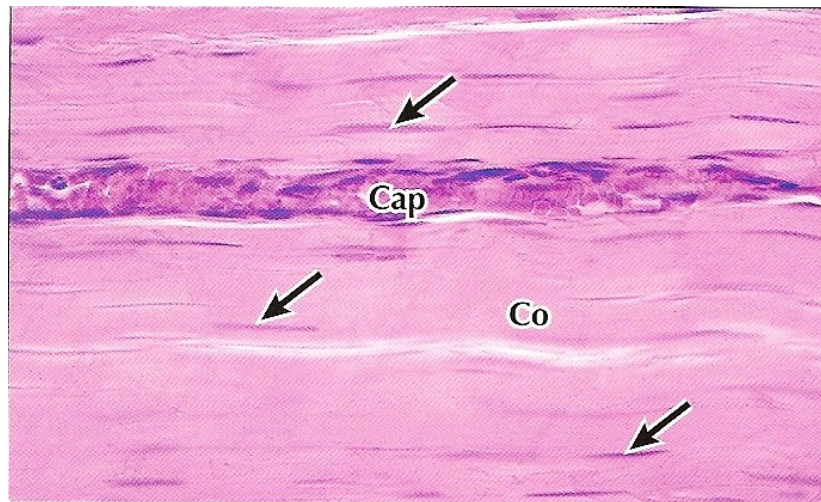


Histologická stavba vaziva

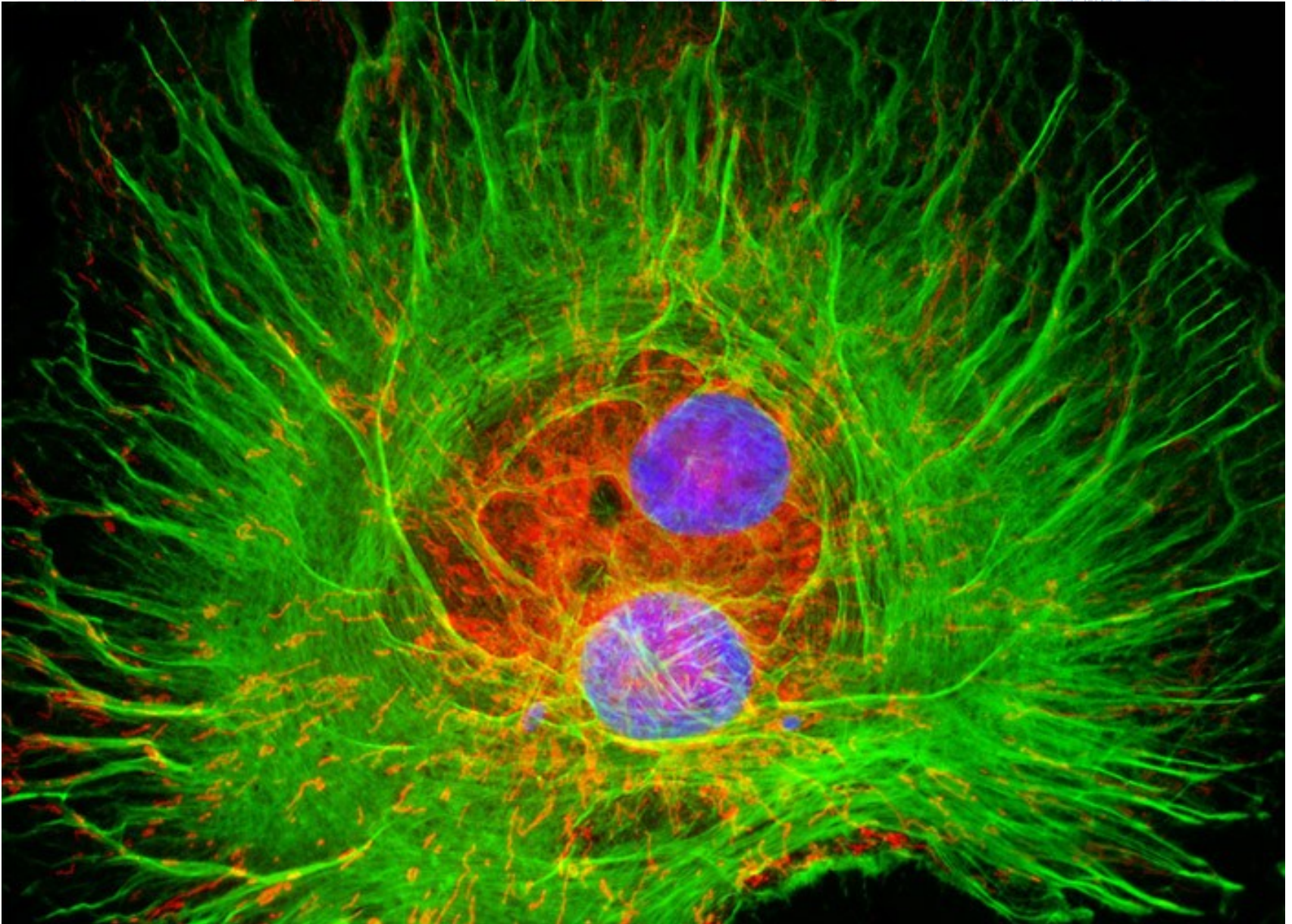
Řídké (areolární) vazivo



Husté vazivo



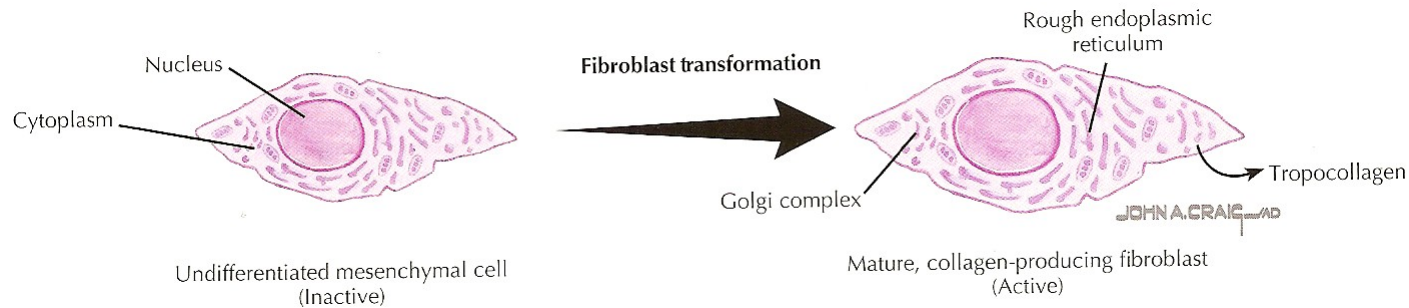
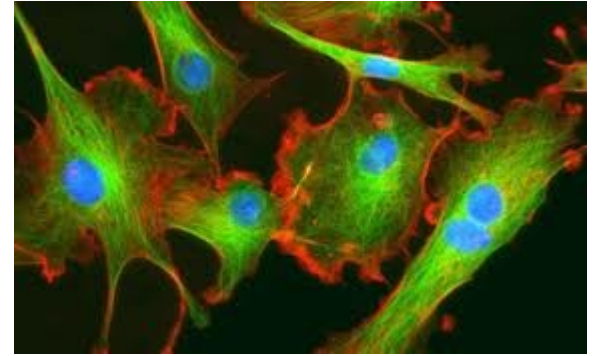
Vazivové buňky



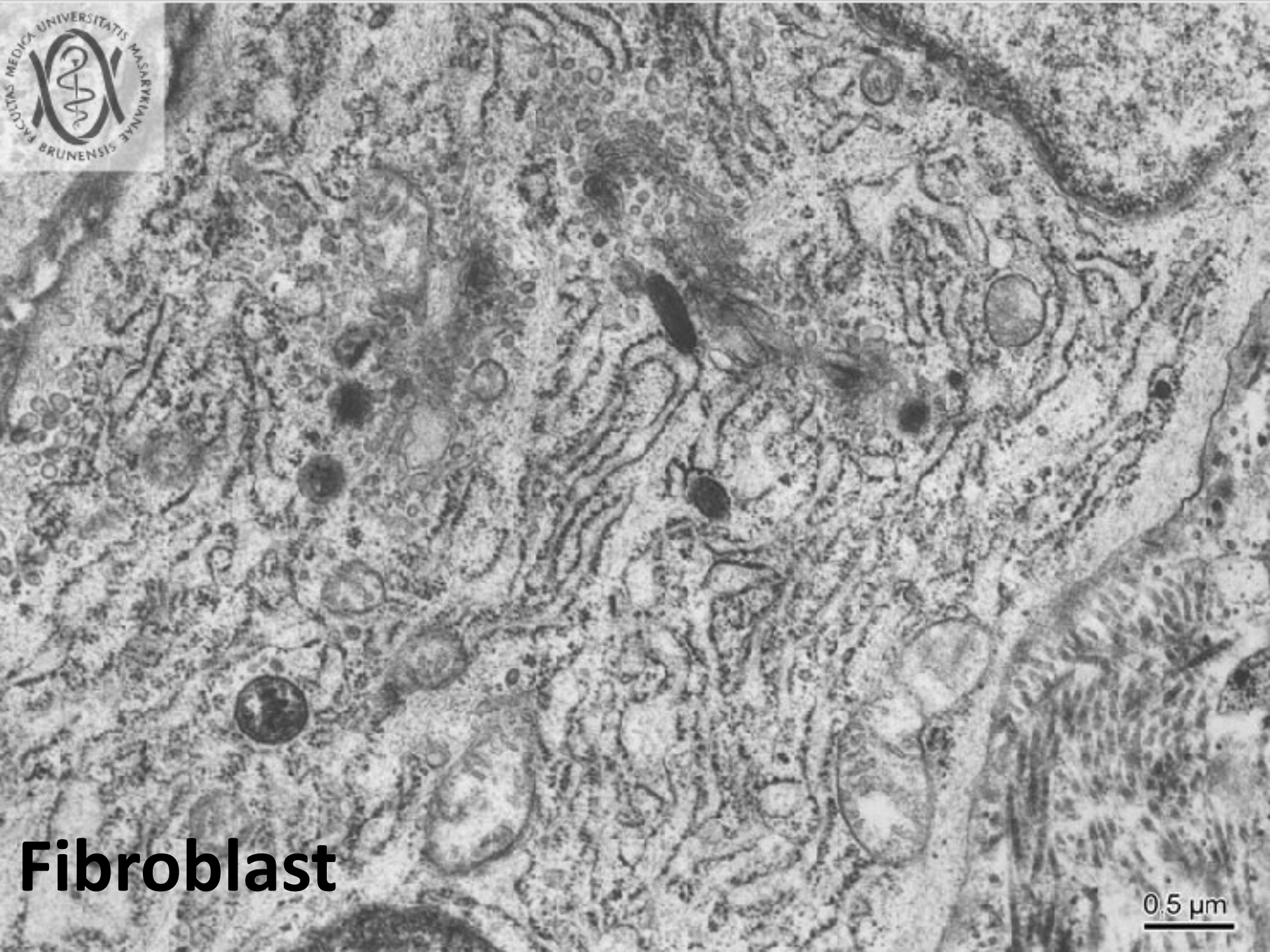
Vazivové buňky

Fibroblasty

- metabolicky velmi aktivní buňky
- produkce mezibuněčné hmoty
- vznikají z embryonálního mesenchymu



- blízce příbuzné s dalšími specializovanými typy:
 - chondrocyty - chrupavka
 - osteoblasty - kost
 - adipocyty – tuková tkáň
 - myocyty – buňky hladké svaloviny



Fibroblast

0.5 μ m

Vazivové buňky

Buňky imunitního systému

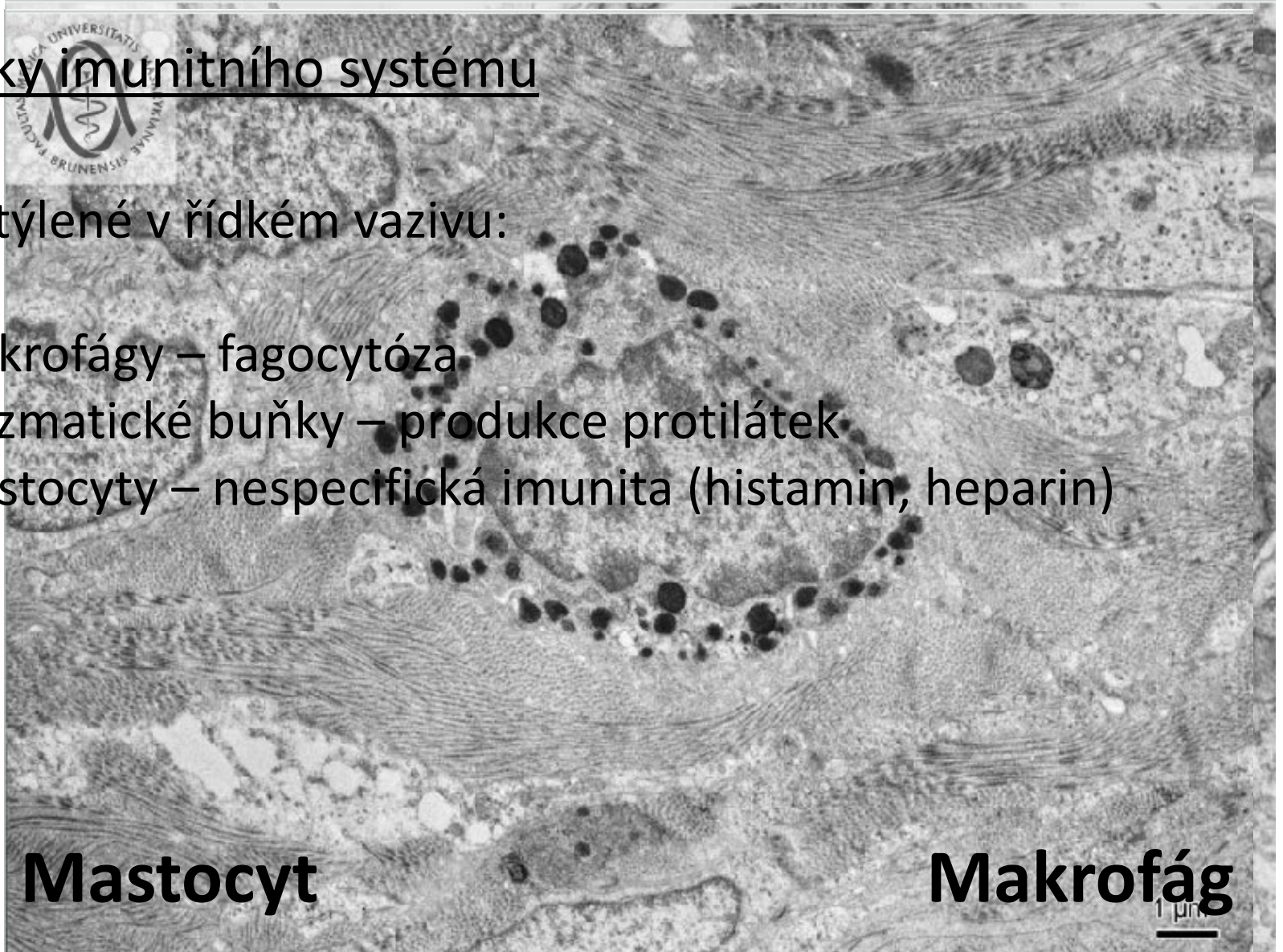
rozptýlené v řídkém vazivu:

- makrofágy – fagocytóza
- plazmatické buňky – produkce protilátek
- mastocyty – nespecifická imunita (histamin, heparin)

Mastocyt

Makrofág

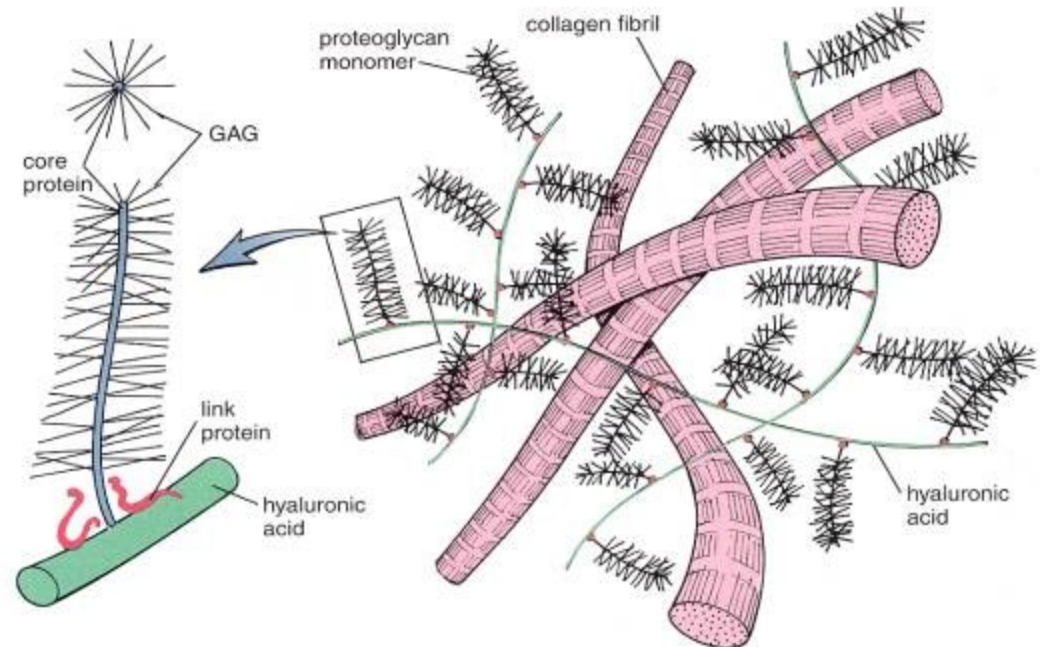
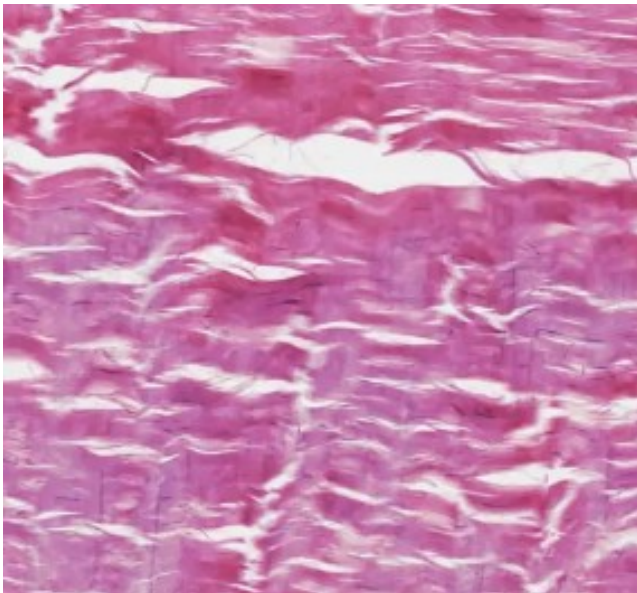
1 μ m



Základní hmota

Amorfní, mezibuněčná hmota (extracelulární matrix)

Bezbarvá, průsvitná homogenní směs glykosaminglykanů,
proteoglykanů a strukturálních glykoproteinů

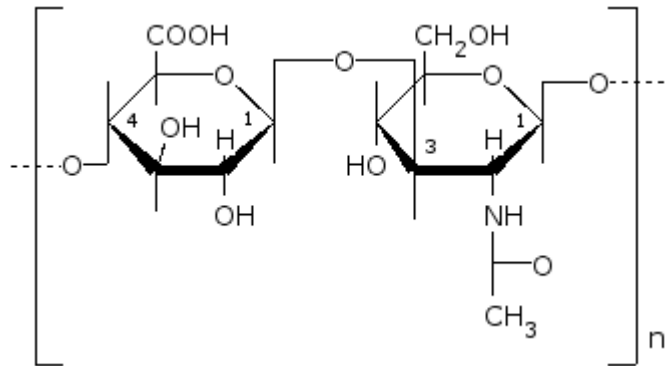


Glykosaminoglykany

lineární polysacharidy tvořené disacharidovými podjednotkami - **kyselinou uronovou a hexosaminem**

polysacharidy bohaté na hexosaminy - kyselé mukopolysacharidy

kys. glukuronová nebo iduronová



glukosamin nebo galaktosamin

Glykosaminoglykany

s vý
stru

Gly

Kyse

Cho

Der

Hep

Kera

**GLUCOSAMINE
CHONDROITIN
SULFATE & MSM**

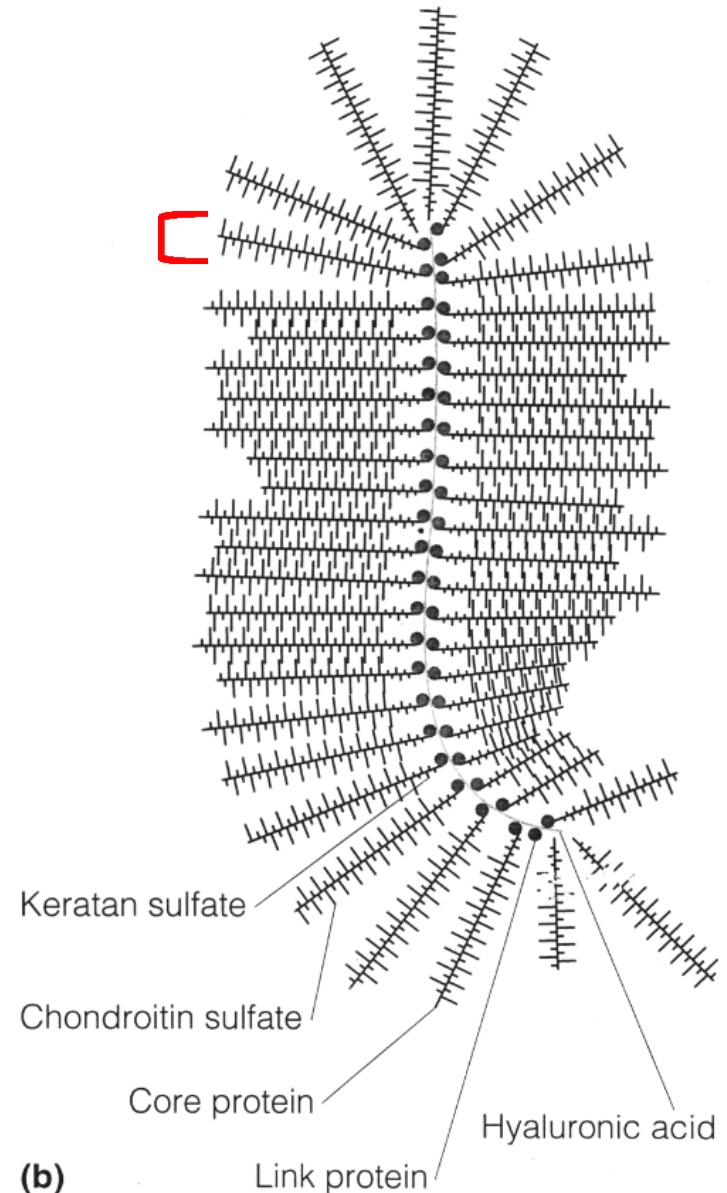
Dietary Supplement

cleus

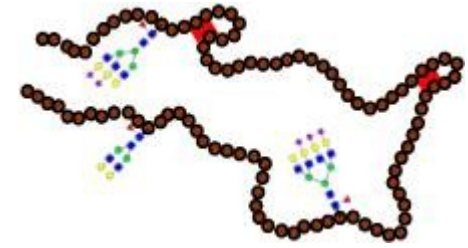
Proteoglykany

- protein + převažující lineární sacharidová složka
- proteoglykanové agregáty
- vysoká schopnost vázat vodu
- objem závislý na stupni hydratace
- **aggrecan** (chrupavka)
- **syndekan**
- **fibroglykan**

Figure 9.25b Proteoglycan structure in bovine cartilage

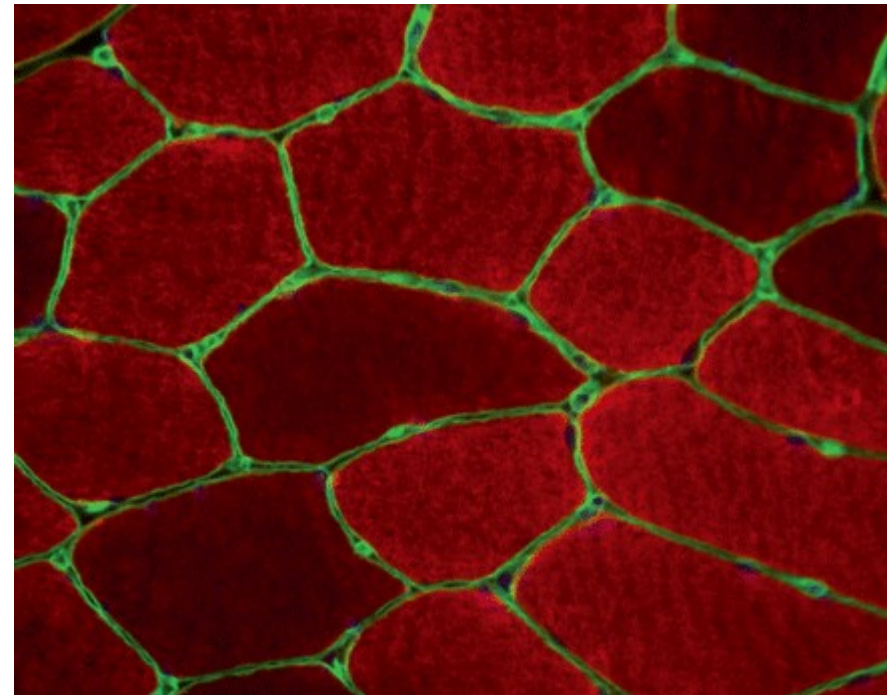


Strukturální glykoproteiny



- dominantní protein + rozvětvená sacharidová složka
- interakce mezi buňkami a extracelulární matrix
(proliferace, diferenciace, migrace, zánik...)

- **fibronectin** – spojení mezi kolagenními vlákny a glykosaminoglykany, umožňuje normální adhezi a migraci buněk
- **laminin** – bazální lamina – soudržnost epitelů
- **chondronektin** – chrupavka - adheze chondrocytů ke kolagenu



- tela submucosa
- adventicie
- SLIZNICE**
- epitel vrstevnatý
dlaždicový
- lamina propria
mucosae
- lamina muscularis
mucosae
- TUNICA MUSCULARIS
EXTERNA**
- vnitřní cirkulární
vrstva
- zevní longitudinální
vrstva



Klinické souvislosti

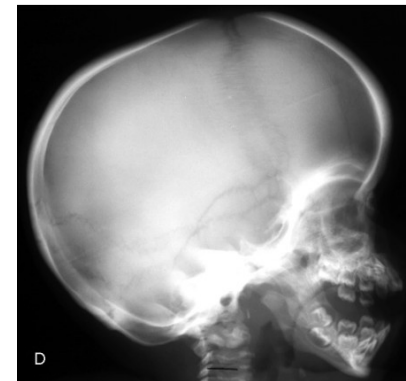
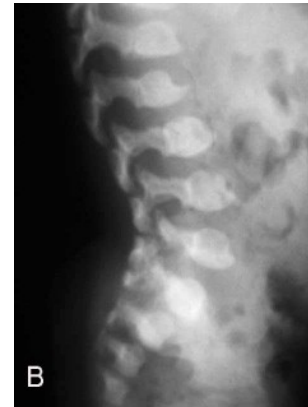


Poruchy odbourávání proteoglykanů – mukopolysacharidózy

(př. Syndromy Hurlerové, Hunterův, Sanfilippův, Morquitův, atd.)

- geneticky podmíněná ztráta enzymů zodpovědných za metabolismus proteoglykanů

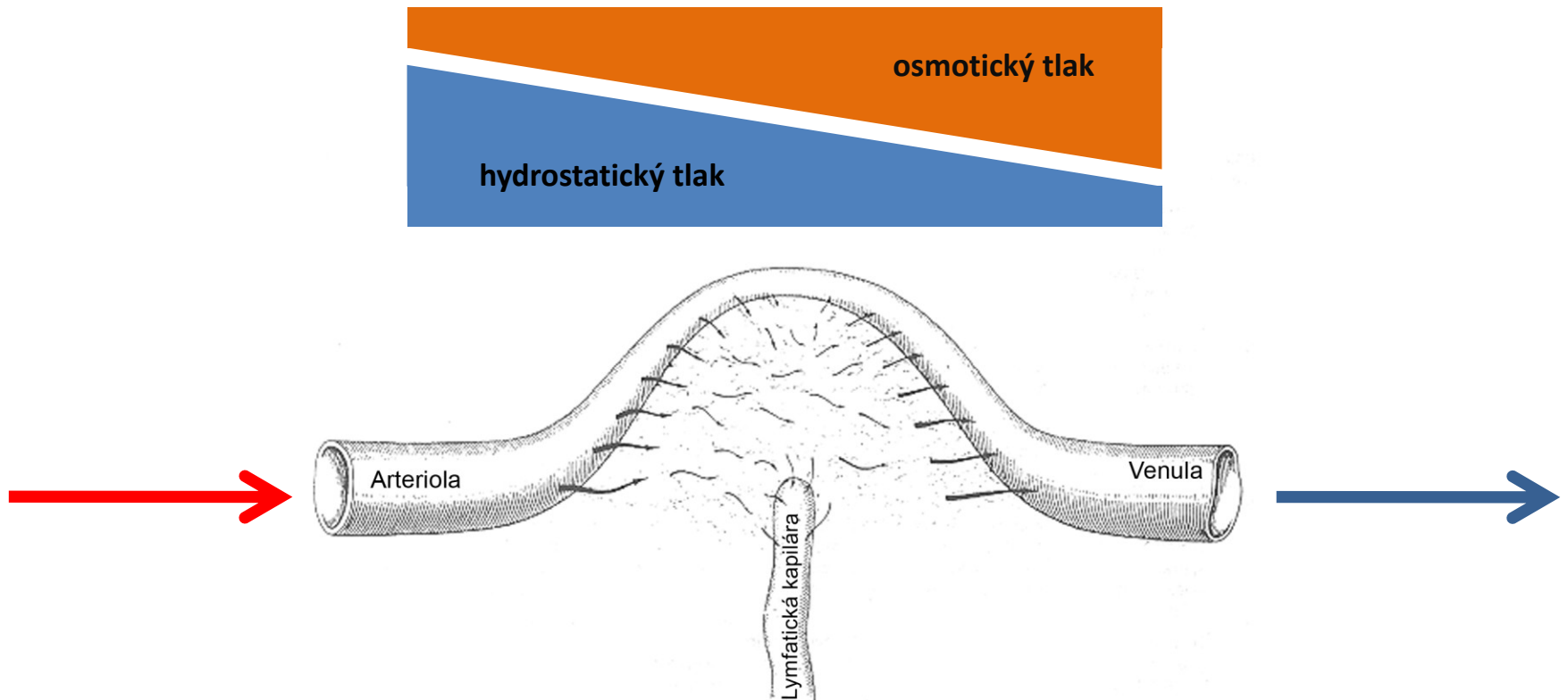
- poruchy vývoje kostry a svalstva, deformace kloubů, často orgánová selhání a mentální retardace v důsledku akumulace proteoglykanů v tkáních





Tkáňová tekutina a edém

- tekutina podobná krevní plazmě
- za normálních okolností v tkáních minimální množství volné tekutiny

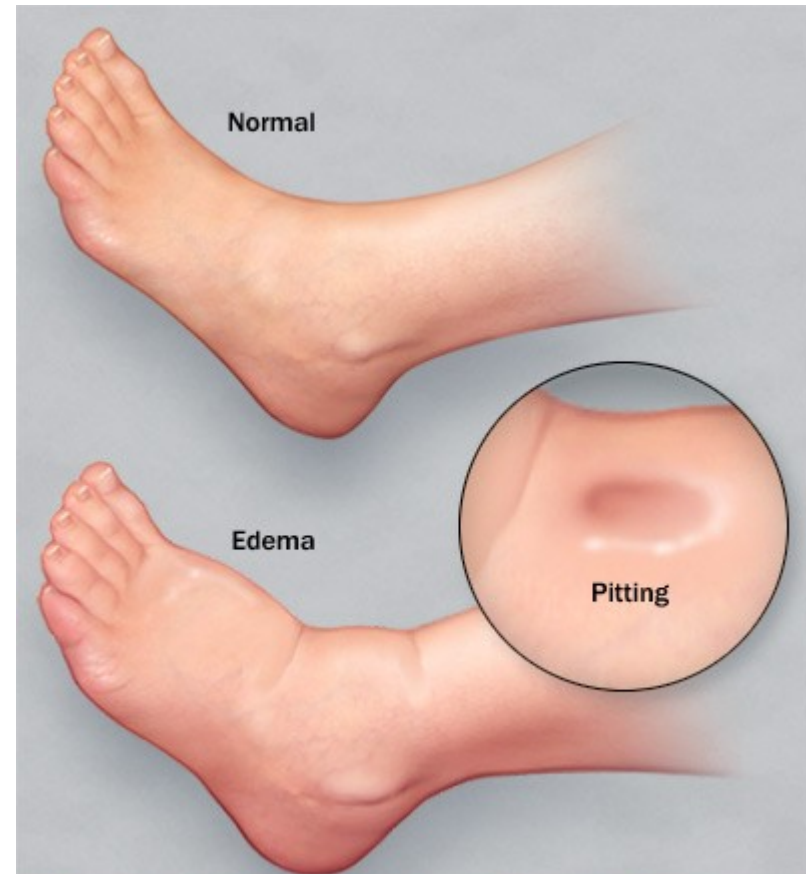




Tkáňová tekutina a edém

- hromadění tekutiny v mezibuněčném prostoru
- místní porucha krevního oběhu

- lokální (zánět, úraz) i systémové příčiny (selhání ledvin, srdce)
- změna hydrostatického/osmotického tlaku, nebo permeability kapilární stěny



Vlákná (vláknitá hmota)

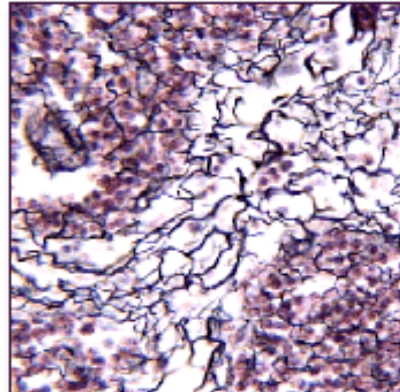
Kolagenní



Šlachy a ligamenta

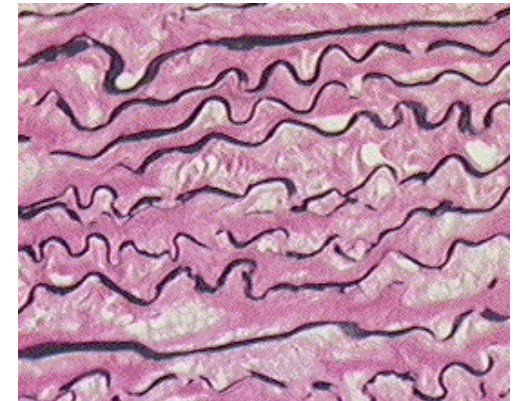
Kolagen

Retikulární



Lymfatické orgány,
kostní dřeň

Elastická



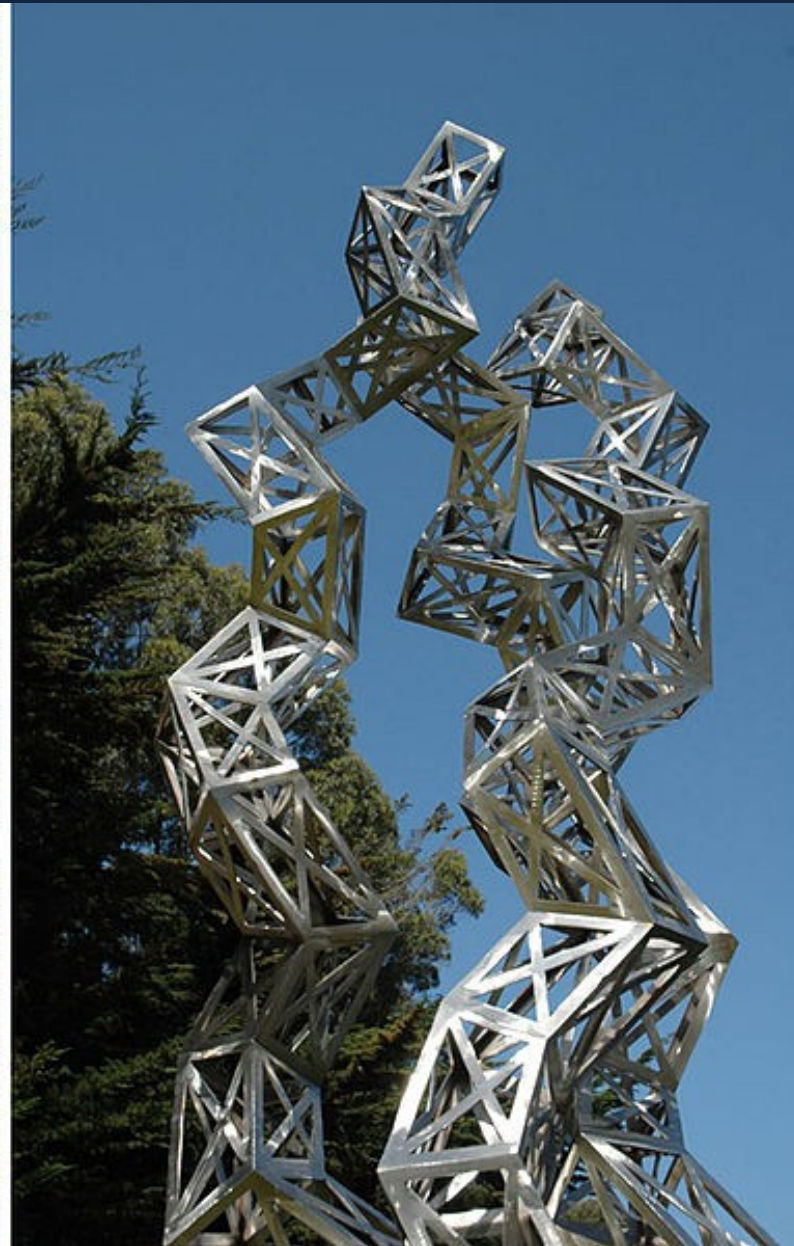
Membrány cév

Elastin

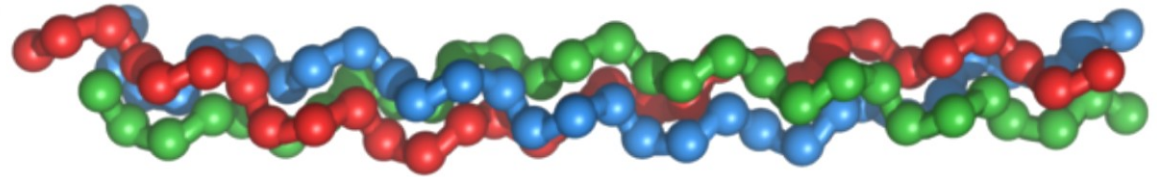
Julian Voss-Andreae
"Unraveling Collagen",

2005

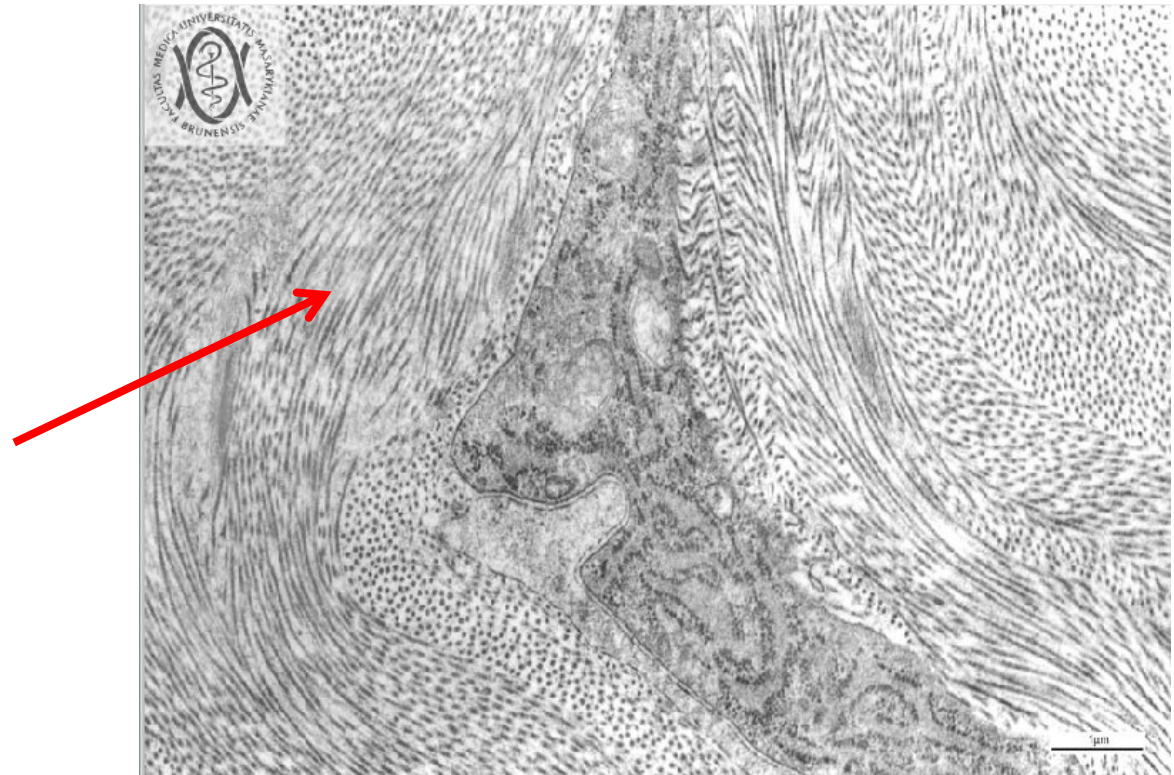
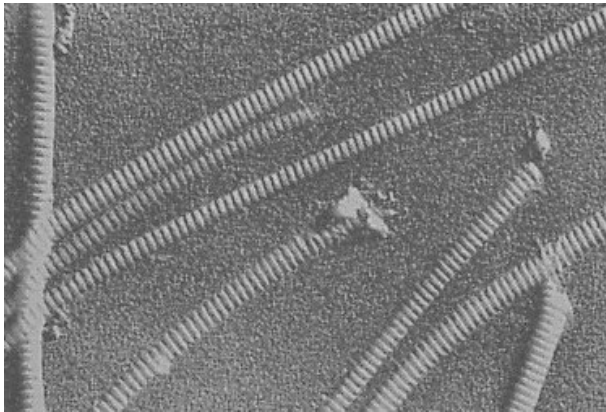
Orange Memorial Park
Sculpture Garden, City of
South San Francisco, CA



Kolagen



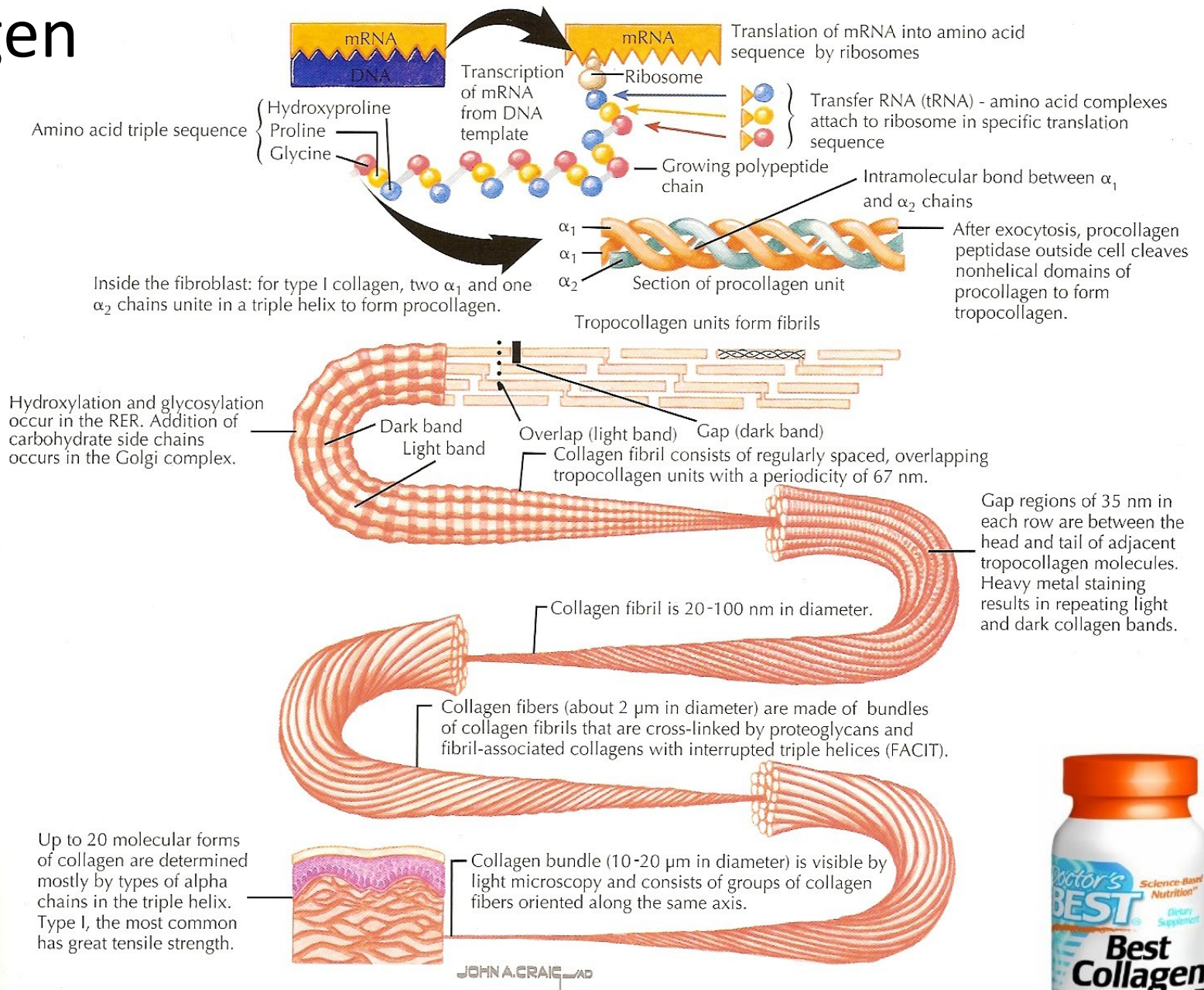
- skupina fibrilárních proteinů kódovaných více než 20 geny
- polymer – podjednotka = tropokolagen
- různé strukturní a mechanické vlastnosti (tuhost, pružnost, tloušťka..)
- nejhojnější protein lidského těla (až 30% suché hmotnosti)



Kolagen

Typ	Výskyt ve tkáních	Struktura	Hlavní funkce
I	Kost, šlachy, meniskus, dentin, škára, pouzdra orgánů, řídké vazivo, 90% typ I	Fibrily (75nm) - vlákna (1-20 μ m)	Odolnost v tahu
II	Hyalinní a elastická chrupavka	Fibrily (20nm)	Odolnost v tlaku
III	Kůže, cévy, hladké svalstvo, děloha, játra, slezina, ledvina, plíce	Jako I, s vysokým podílem proteoglykanů a glykoproteinů - retikulární síť	Udržení tvaru
IV	Bazální laminy epitelu a endotelu, bazální membrány	Netvoří fibrily ani vlákna	Mechanická podpora
V	Laminy svalových buněk a adipocytů, placenta, plodové obaly	Podobný IV	
VI	Intersticiální tkáň, chondrocyty - adheze		spojení mezi škárou (dermis) a pokožkou (epidermis)
VII	Bazální membrána epitelů		
VIII	Některé endotely (rohovka)		
X	Růstová ploténka, mineralizující chrupavka		růst kostí, mineralizace

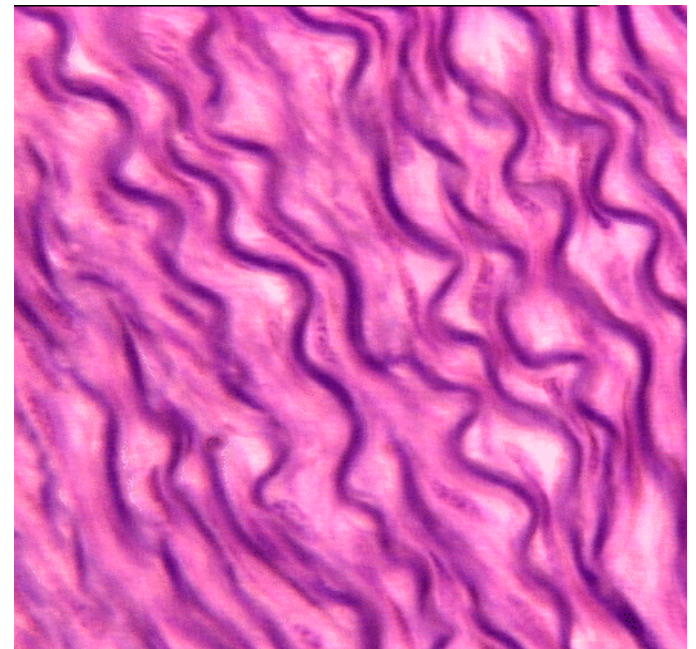
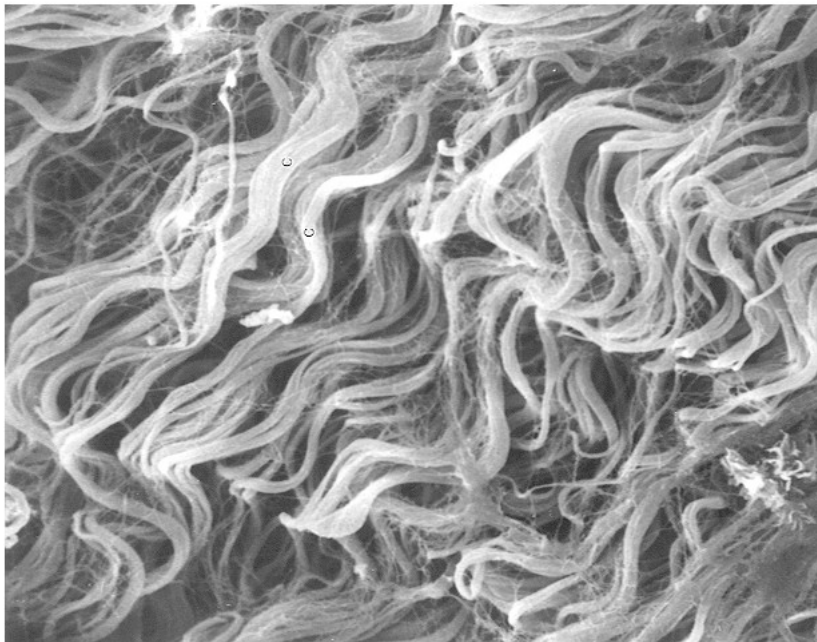
Kolagen



Elastická vlákna

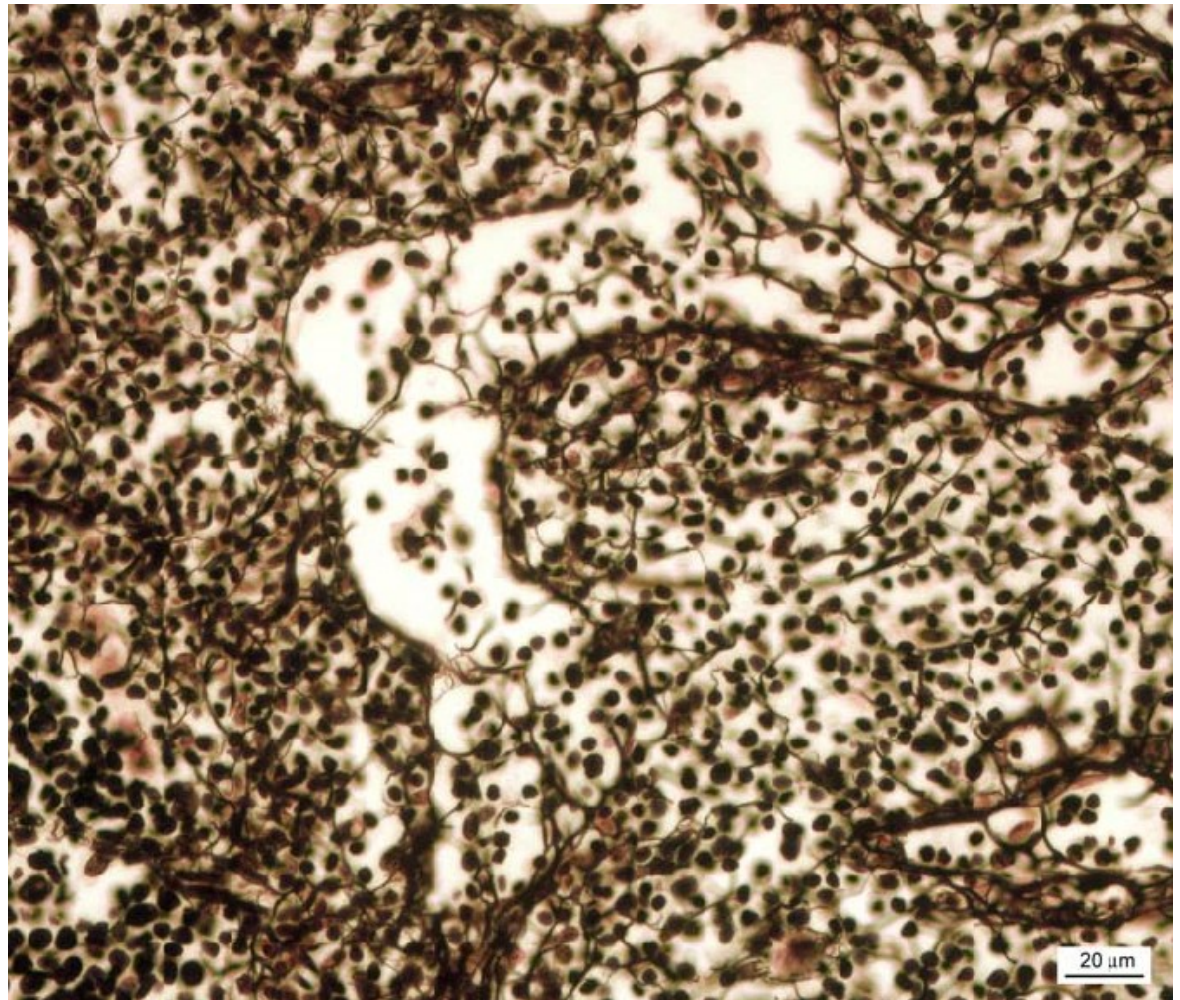
- méně početná než vlákna kolagenní
- polymer – tropoelastin
- minimální tahová pevnost
- při přetažení ztráta pružnosti
- redukuje hysterezi vaziva

= díky své pružnosti usnadňují návrat vaziva do původního stavu po mechanické změně (návrat vazy, nebo kloubního pouzdra po natažení)



Retikulární vlákna

- tvoří kolagenní, prostorové sítě
- kostní dřeň, slezina, lymfatické uzliny
- podpůrná struktura pro buňky např. imunitního systému ve slezině nebo kostní dřeni



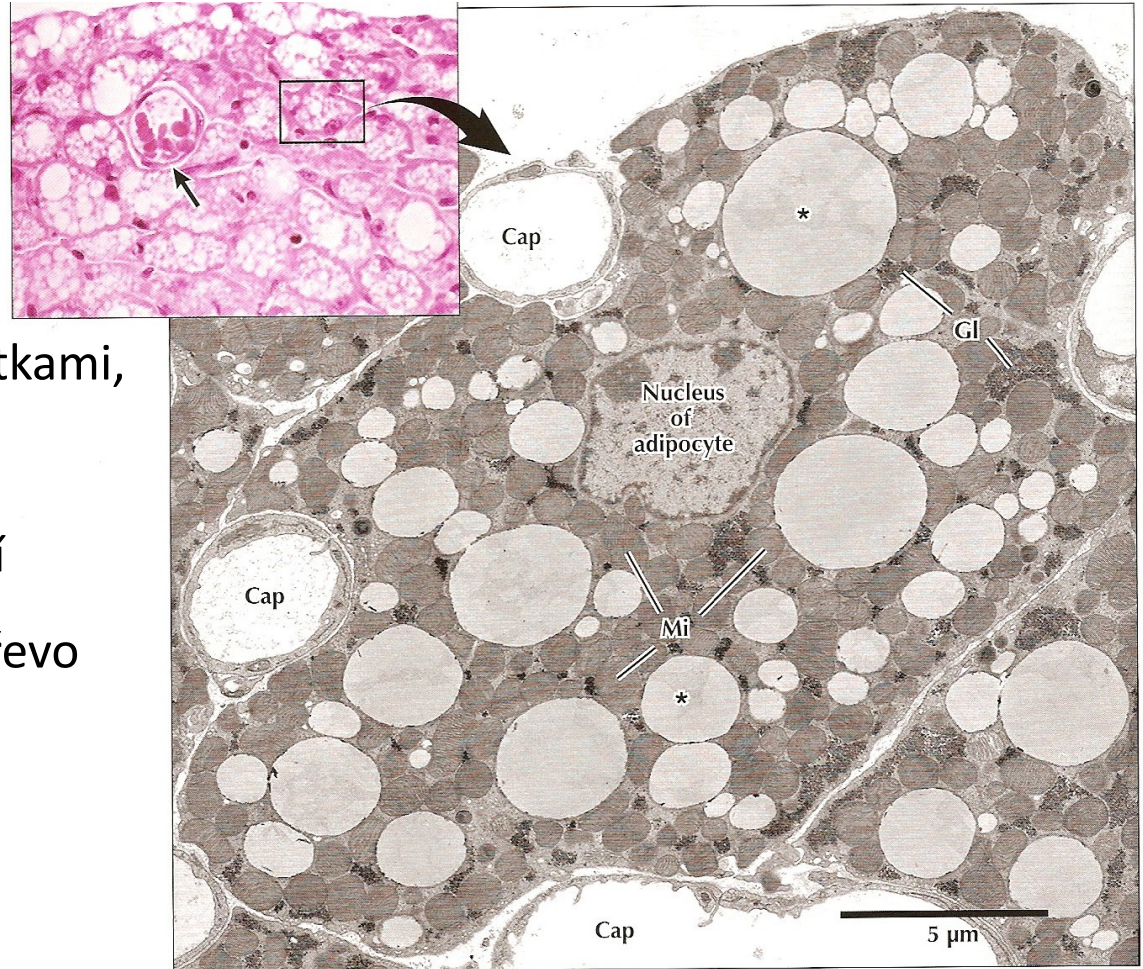
Tuková tkáň

- energetický a tepelný rezervoár
- složeno z tukových buněk (adipocytů), fibroblastů, retikulární, kolagenní a elastická vlákna, krevní cévy
- bílé a hnědé tukové vazivo



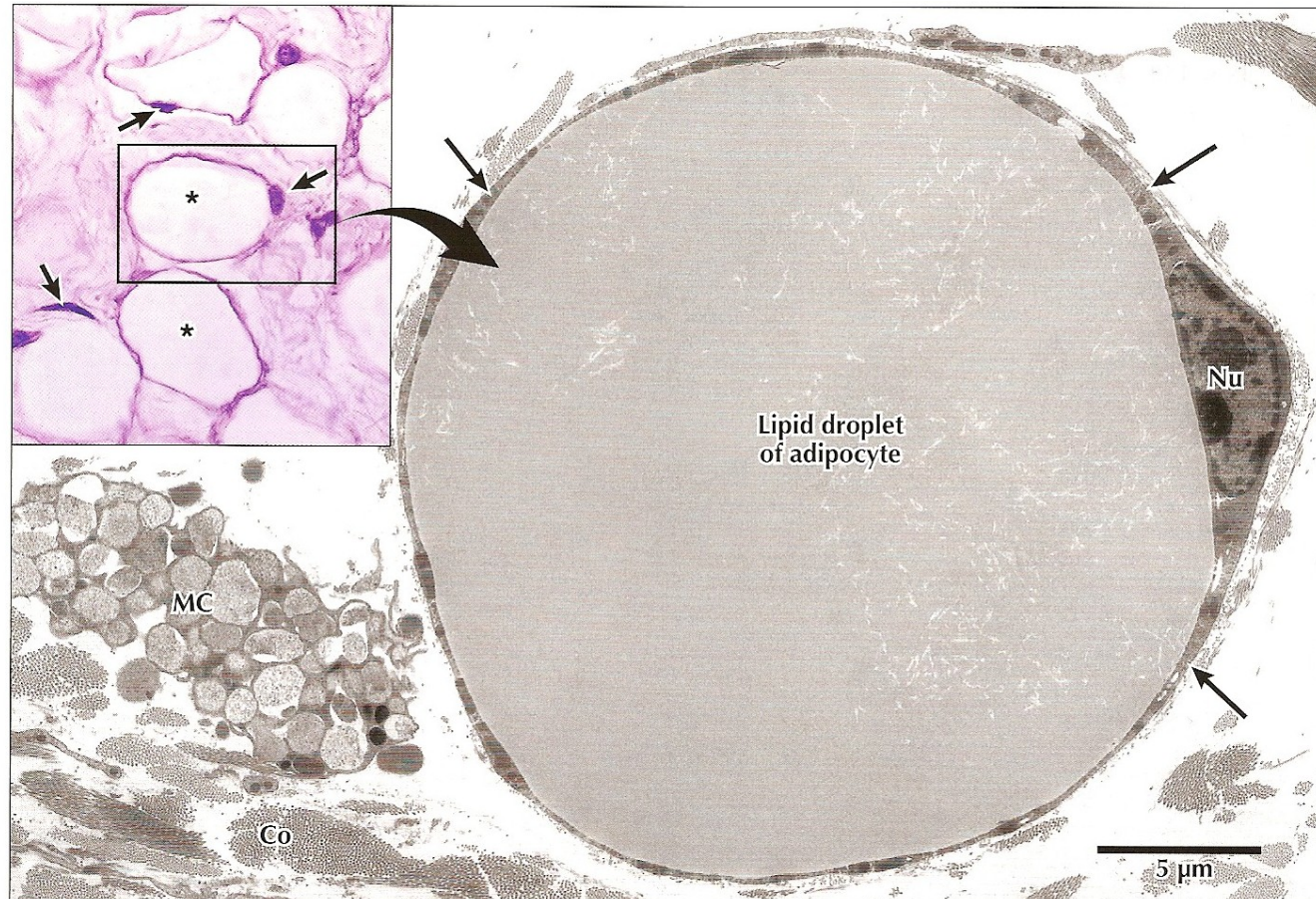
Hnědé tukové vazivo

- plod a dítě do jednoho roku
- rychlý zdroj energie
- typická lokalizace – mezi lopatkami, podpažní jámy, nervový plexus pŕíušní žlázy, mezihrudí, v okolí ledvin,, slinivky bŕíšní, tenké stŕevo
- drobné buňky s početnými tukovými kapénkami



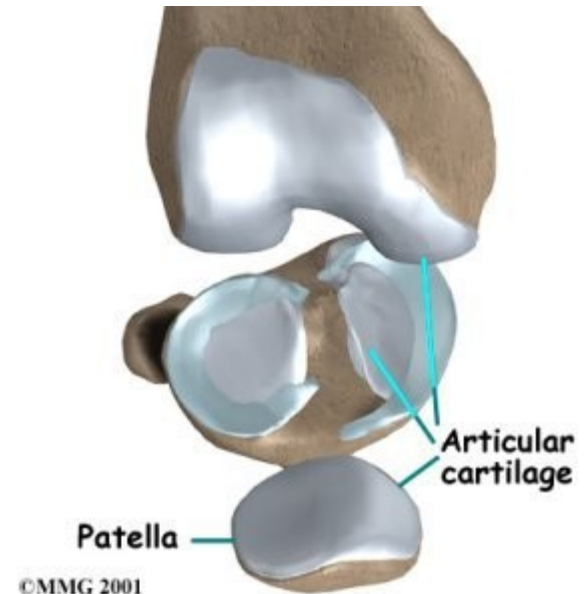
Bílé tukové vazivo

- aktivní tvorba tukových buněk cca do dvou let života – základ budoucí tukové tkáně
- bez inervace, ale s cévním zásobením
- adipocyty s jedinou tukovou kapénkou v cytoplazmě
- leptin (adipokininy)



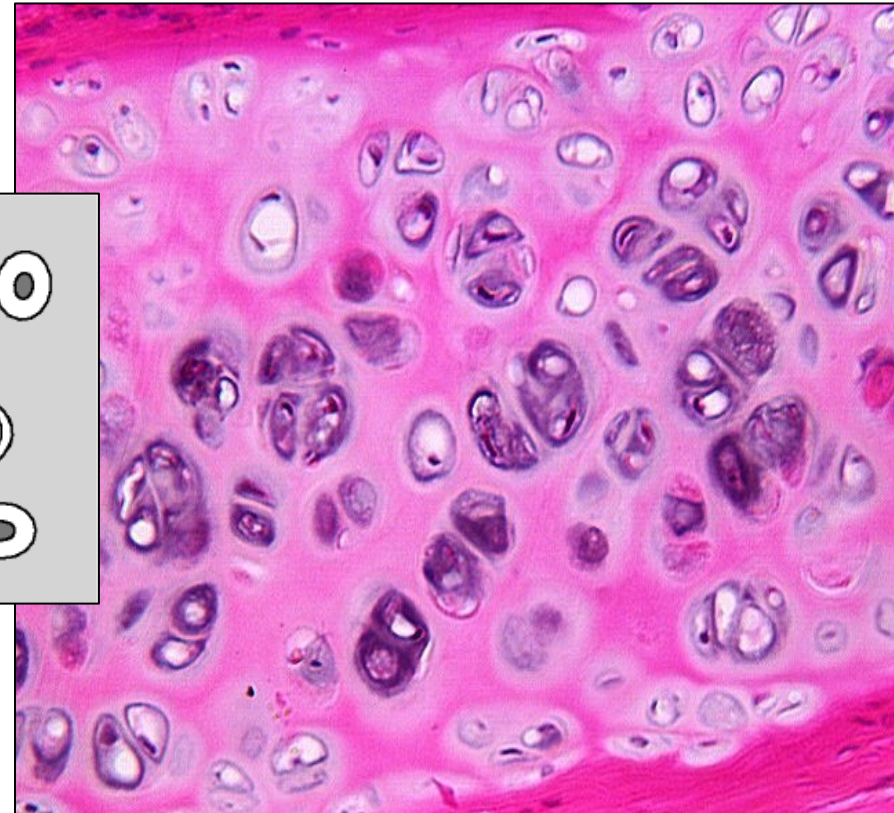
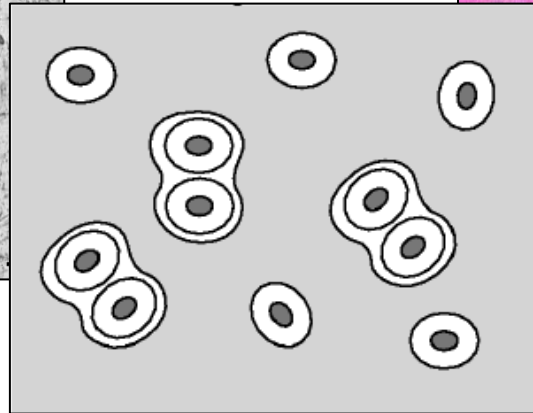
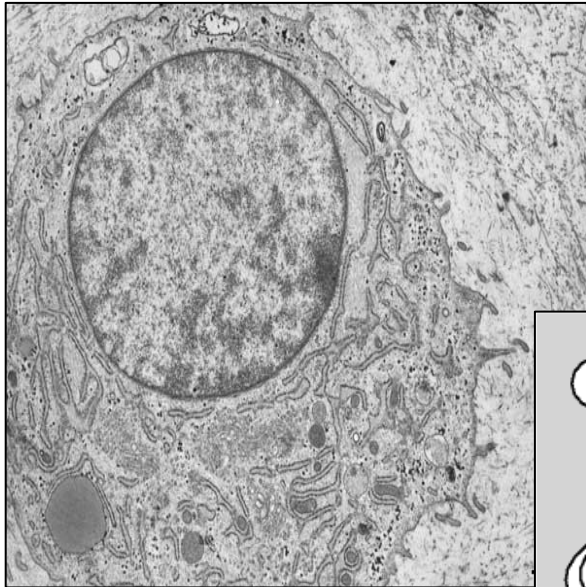
Chrupavka

- specializovaná tkáň s konzistentní mezibuněčnou hmotou
- pružná, mechanicky odolná
- avaskulární, bez inervace
- podpora měkkých tkání
- kloubní spojení
- nezbytná pro růst kostí



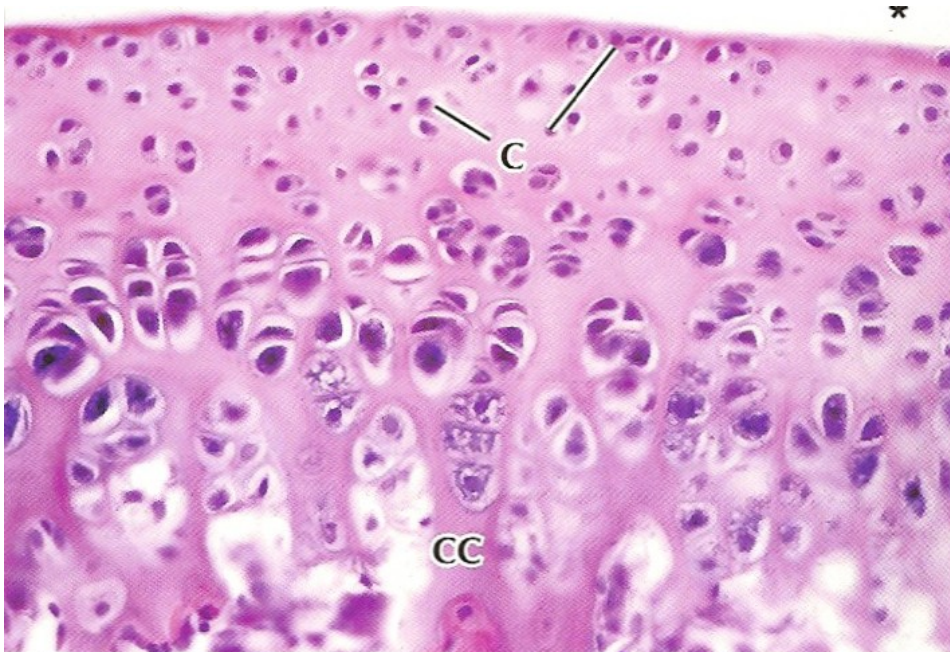
Složení a struktura

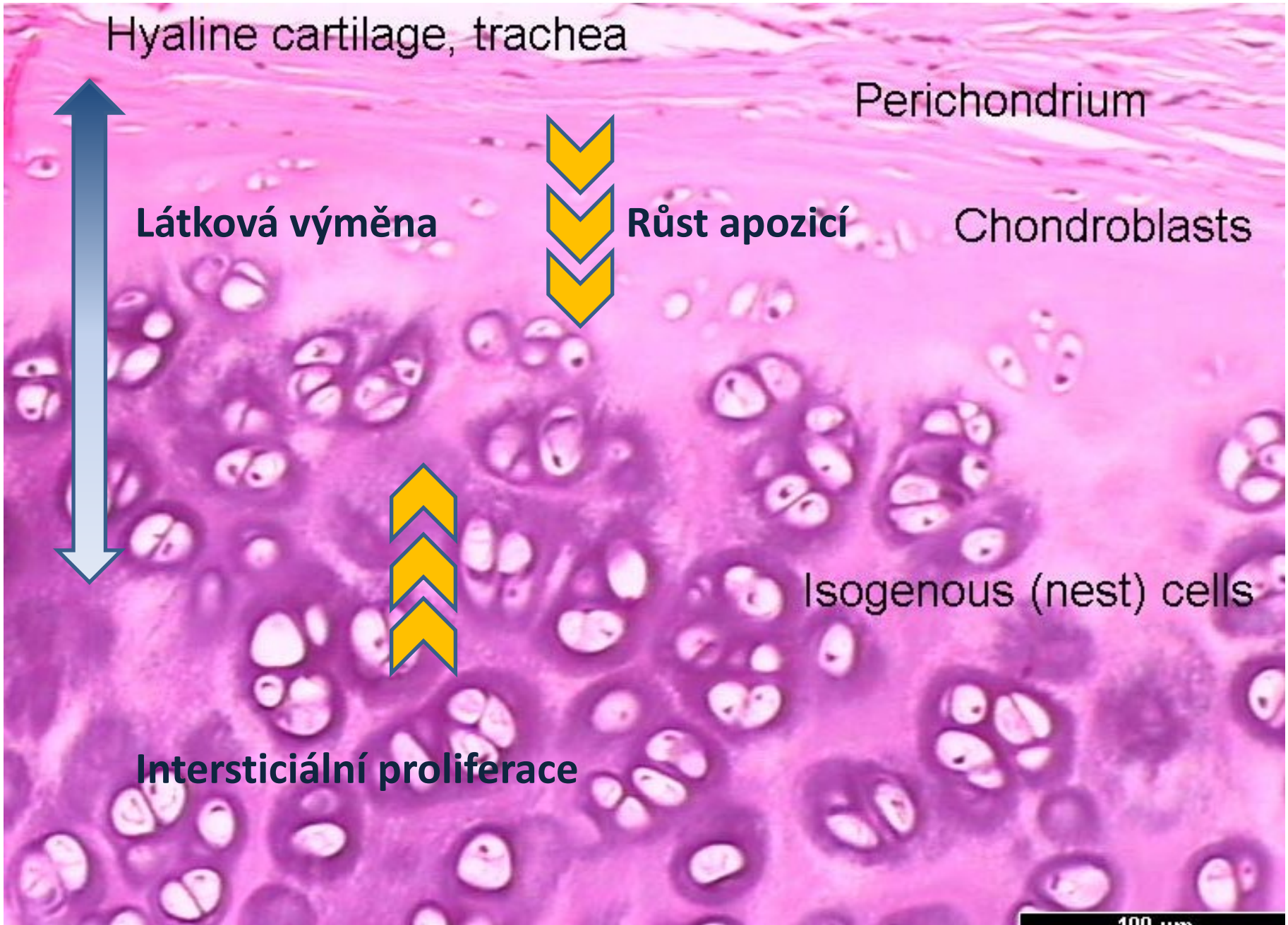
- perichondrium – vazivový obal chrupavky
- chondroblasty, chondrocyty
- mezibuněčná matrix (kolagenní a elastická vlákna, amorfní hmota)



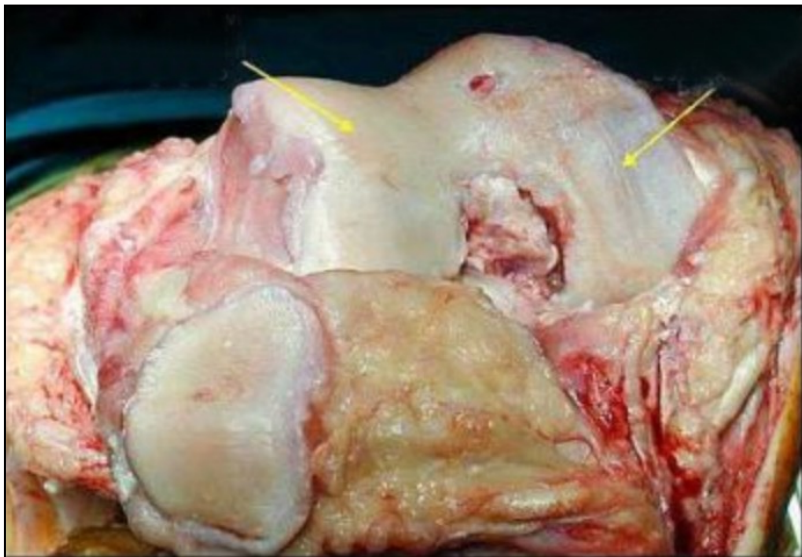
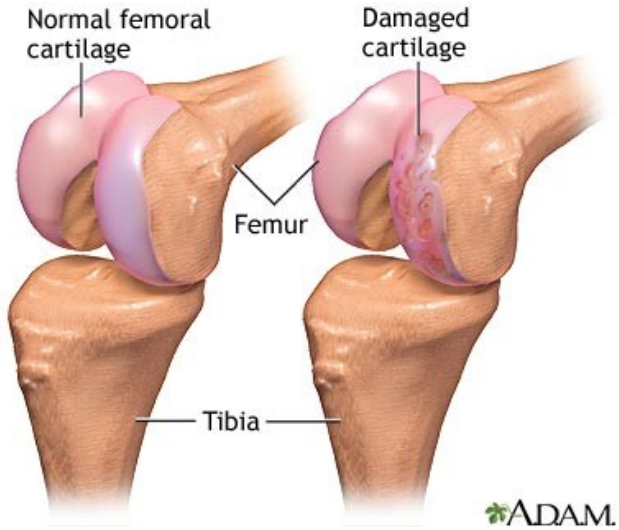
Hyalinní chrupavka

- nejběžnější typ
- dočasný skelet zárodku
- epifyzální růstová ploténka
- artikulační (kloubní) plochy, dýchací cesty, napojení žeber na hrudní kost





Klinické souvislosti



Klinické souvislosti

Chondrotransplantace

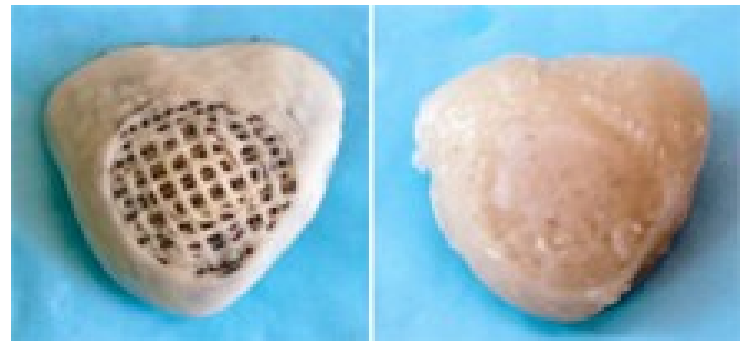
Chondrocyty



SCIENCEPHOTOLIBRARY

Mesenchymální kmenové buňky (MSCs) – klinické studie

- autologní transplantace
- MSCs z pupečnickové krve



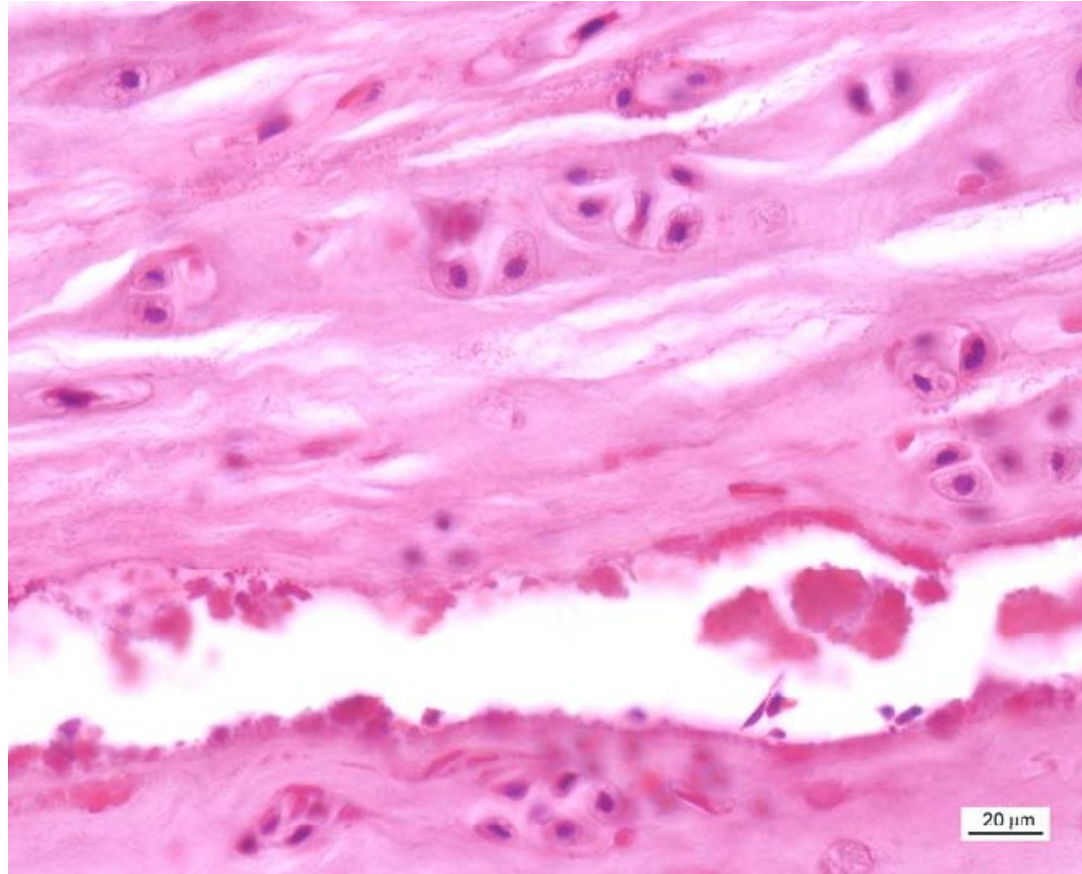
Elastická chrupavka

- elastická vlákna v amorfní hmotě
- Chondrocyty netvoří izogenetické skupiny
- boltec, sluchová trubice, hrtan, epiglottis

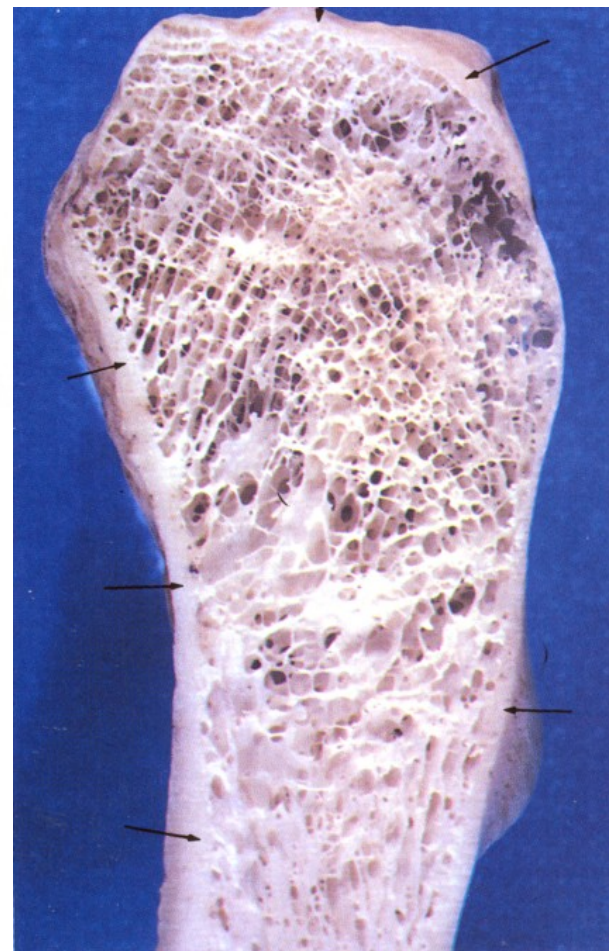
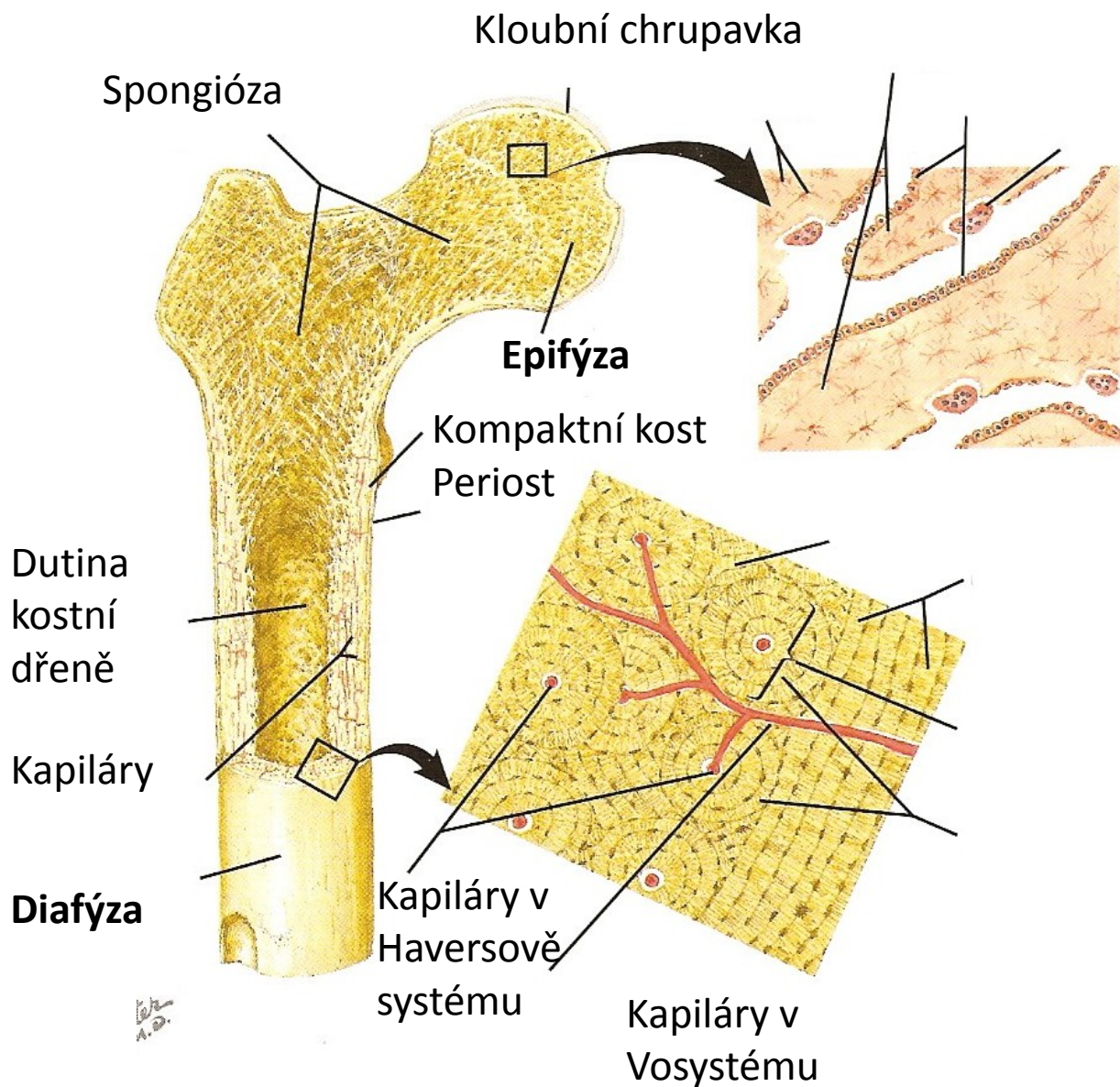


Vláknitá chrupavka

- převažuje vláknitá složka – kolagen I a II – velká mechanická odolnost v tahu, tlaku i ve zkrutu
- minimum amorfní hmoty – viditelné vlákny
- meziobratlová ploténka, symphysis pubis, kloubní disky, okraje kloubních jamek, menisky



Kost a kostní tkáň



Obecná klasifikace kostí

- **dlouhé kosti**

- diafýza, epifýza, metafýza, medulární dutina
- tibie, metakarpální kůstky

- **krátké kosti**

- kompaktní kost na povrchu, spongióza uvnitř
- např. karpální kůstky

- **ploché kosti**

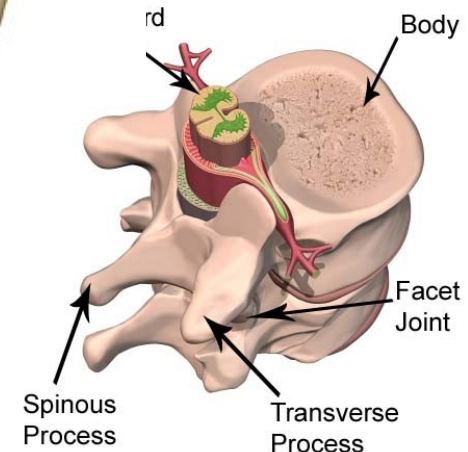
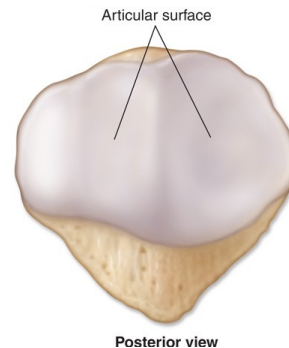
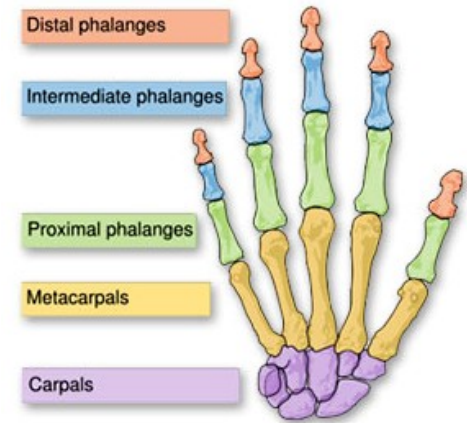
- dvě vrstvy kompaktní kosti, uvnitř spongióza
- lebka, sternum, lopatka

- **sezamské**

- patella

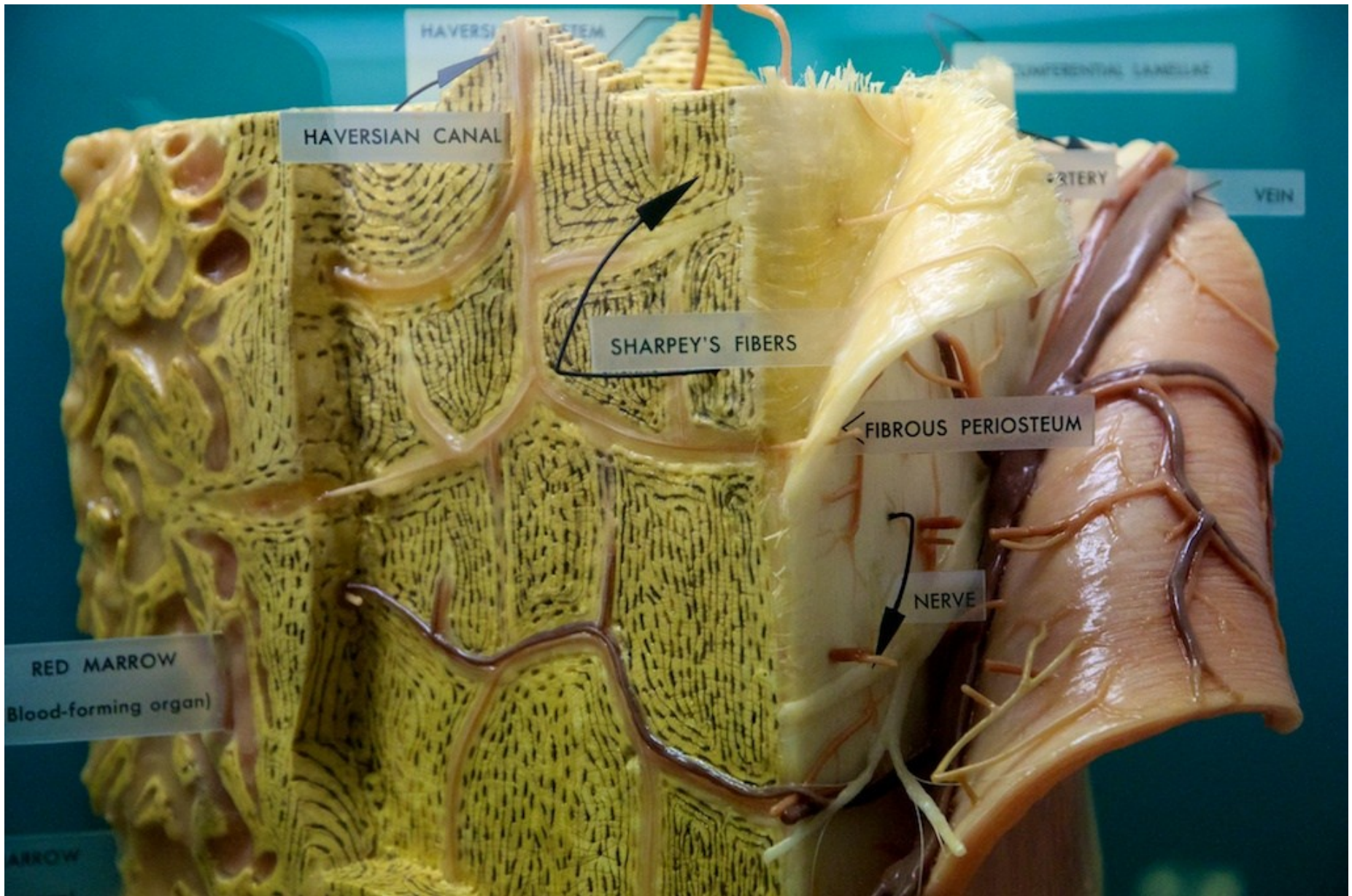
- **nepravidelné**

- obratle, jazyka



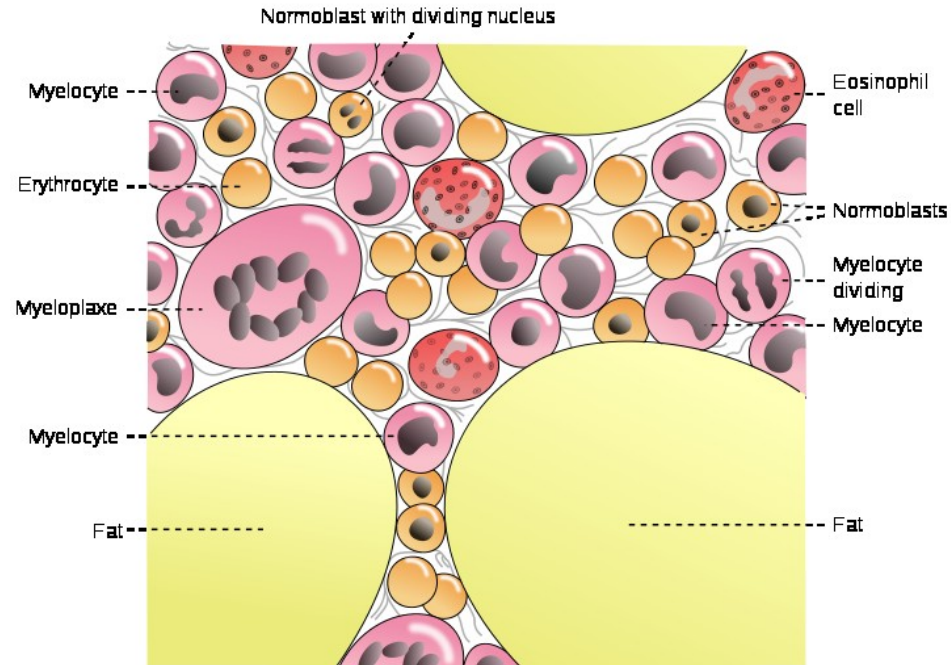
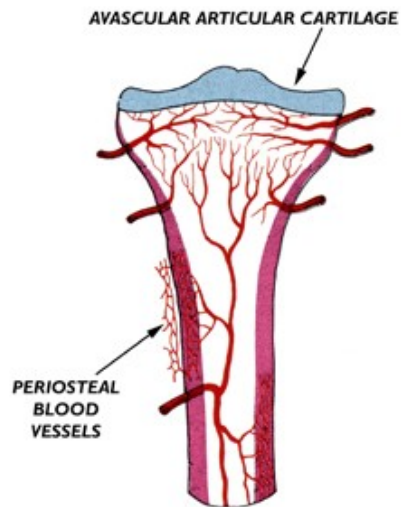
Povrch kosti

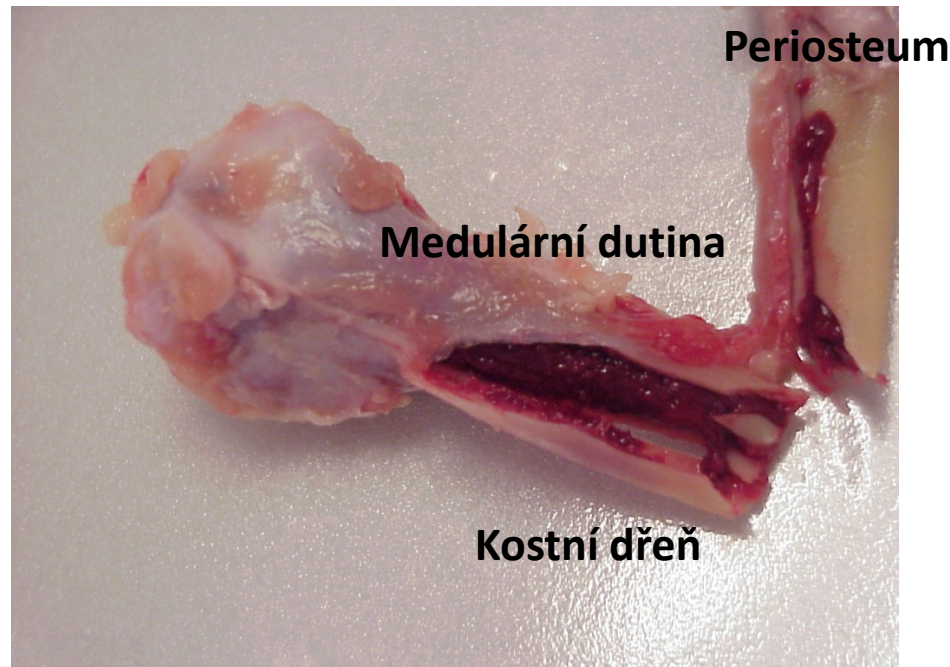
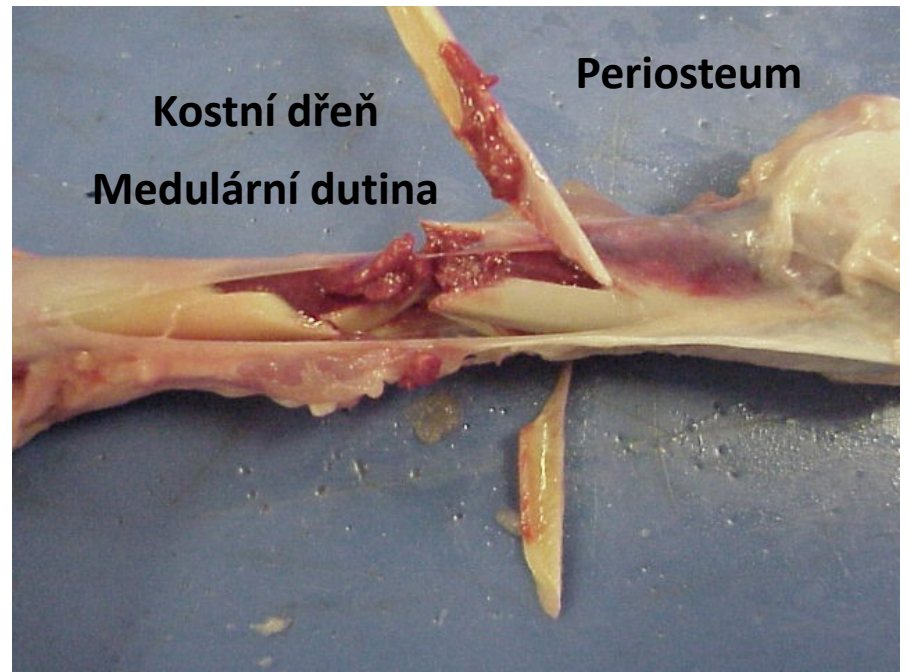
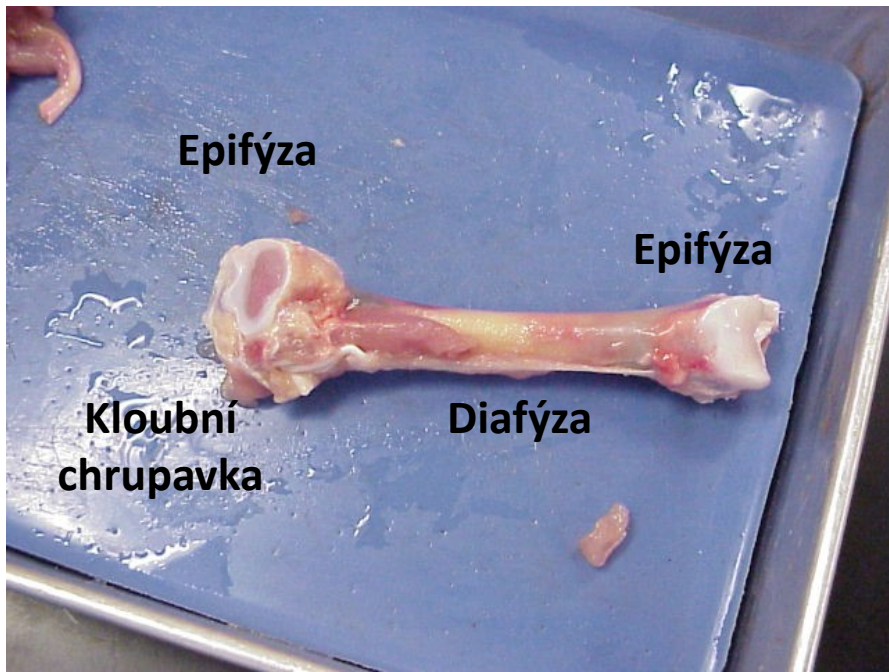
- **Vnější povrch**
 - pohyblivý (synoviální) kloub – krytý hyalinní (kloubní) chrupavkou (kloubní povrch)
 - periosteum (periost) – membrána z hustého pojiva, rozlišitelná ve vnitřní (osteoblasty) a vnější vrstvu (vláknité pojivo)
 - pokud je kost neaktivní, převažuje vláknitá složka periostu
 - kolagenní vlákna periostu směřují paralelně k povrchu kosti
 - kolmá Sharpeyova vlákna fixují periost ke kosti



Povrch kosti

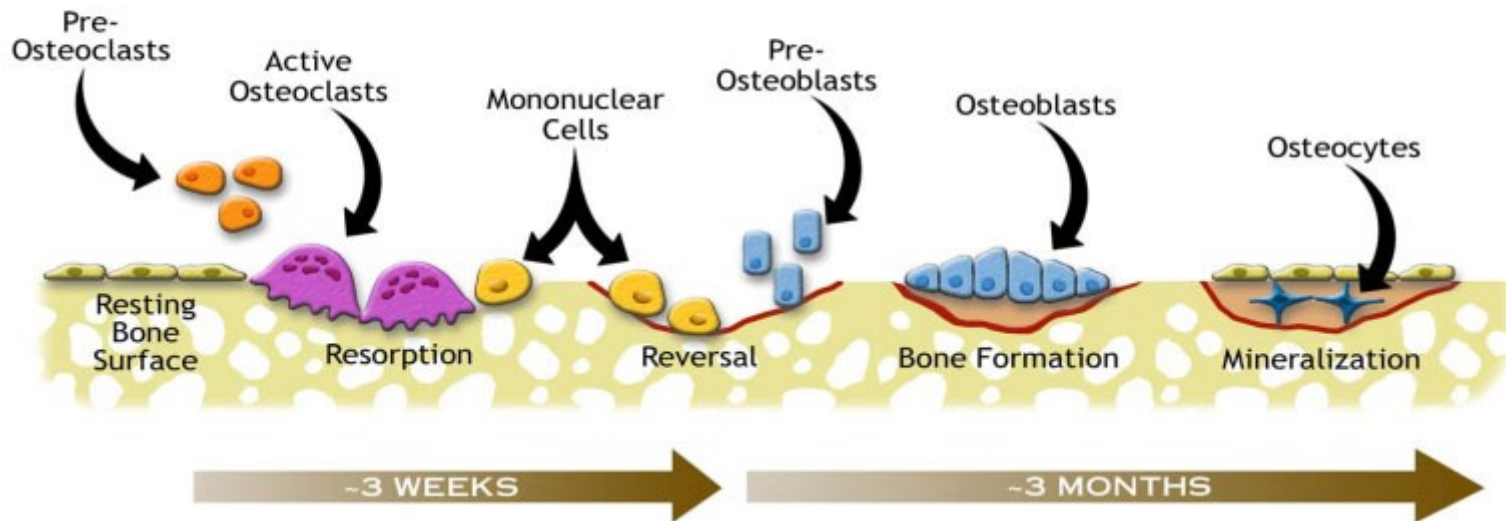
- **Vnitřní povrch – výstelka dutin**
 - medulární dutina
 - endost (endosteum) – často pouze jednobuněčná vrstva obsahující buňky remodelující kostní tkáň – osteoblasty a osteoklasty
 - červená kostní dřeň – krvetvorba
 - žlutá kostní dřeň – převažuje tuk
 - cévní zásobení





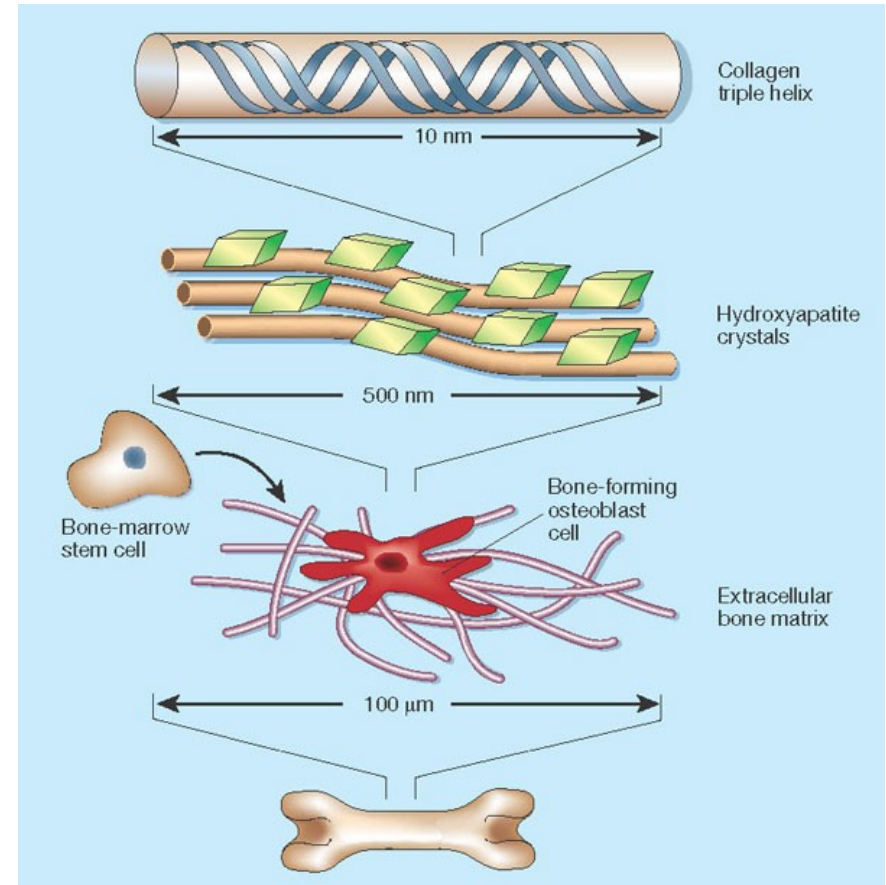
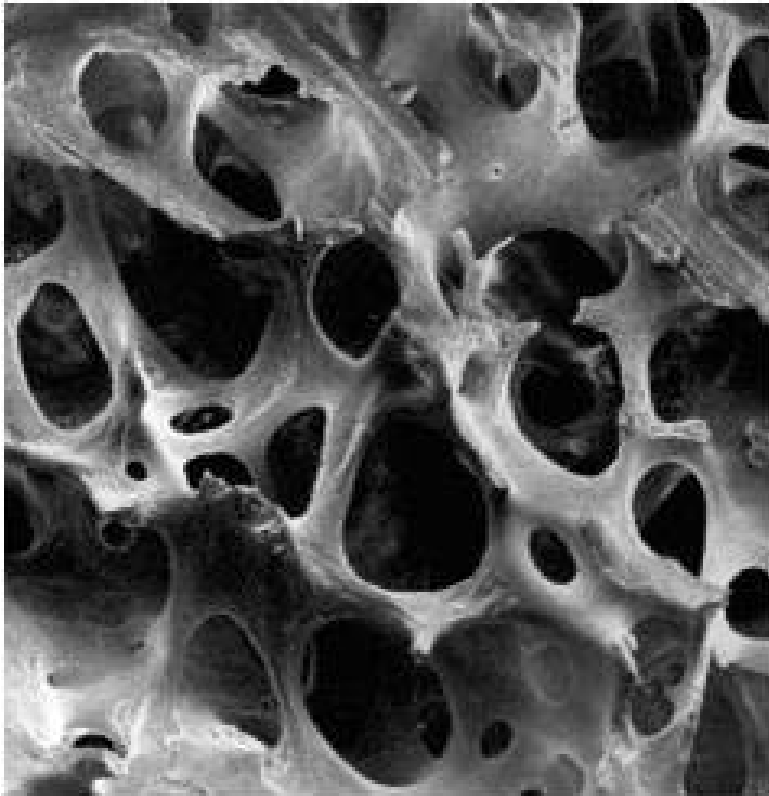
Struktura adultní kosti a její remodelace

Bone Remodeling Cycle



- **Složení kostní hmoty**

- 60% minerální složka, 24% organická složka 12% H₂O, 4% tuky
- krystaly fosforečnanu vápenatého a hydroxyapatitu

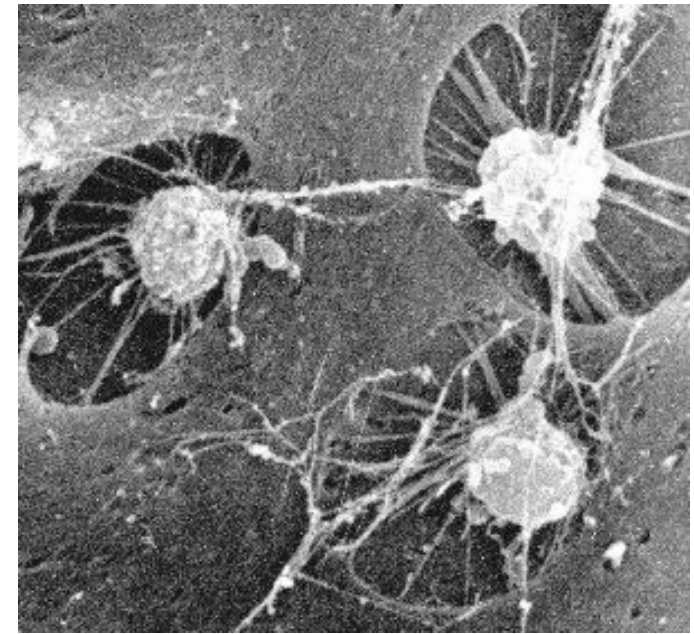
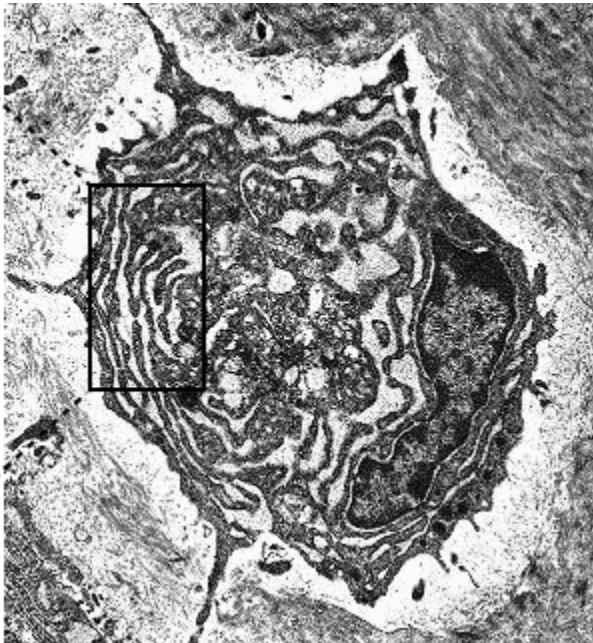


- **Osteoblasty**

- specializované kostní buňky
- produkují extracelulární matrix – kolagen (I) a nekolagenní proteoglykany, glykoproteiny
- osteocyty

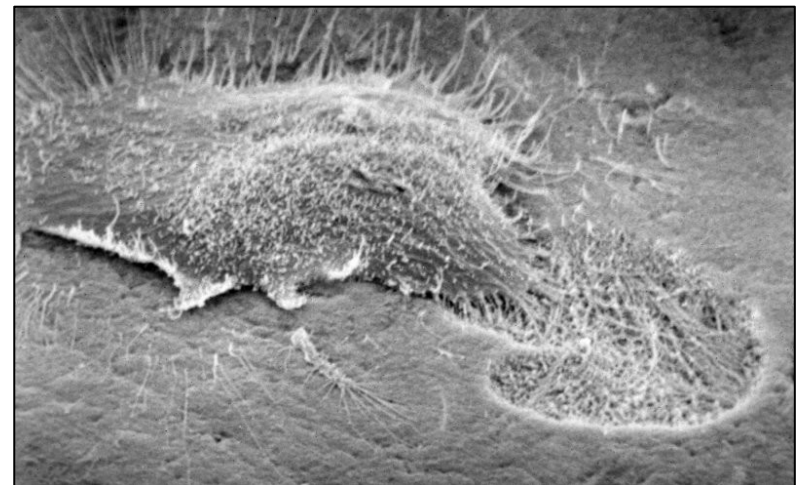
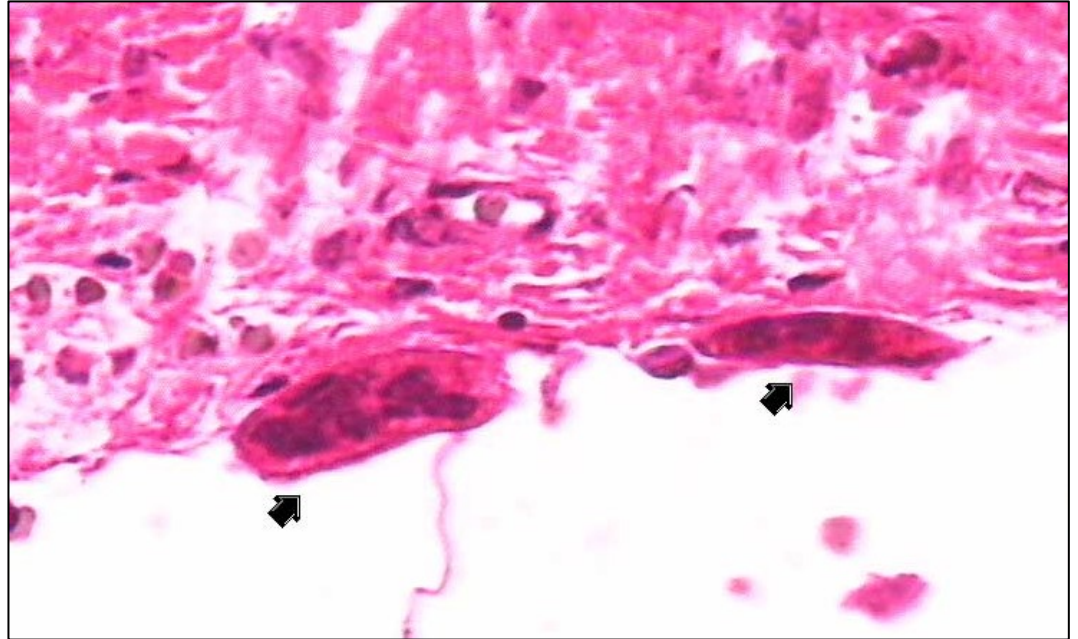
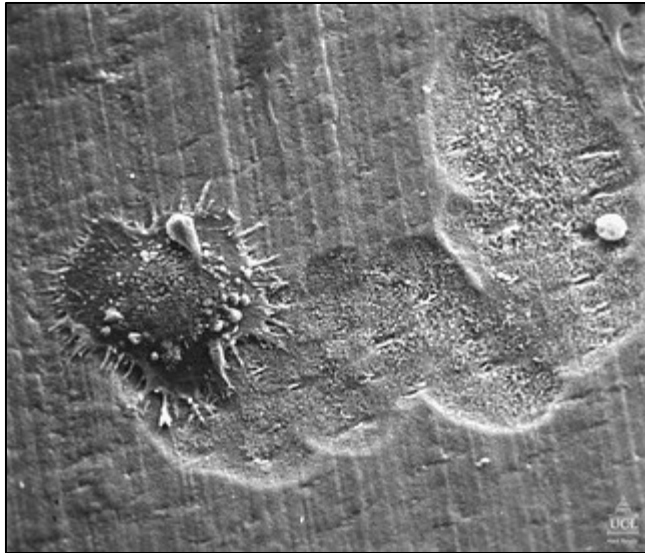


RER
-rough
endoplasmic
reticulum

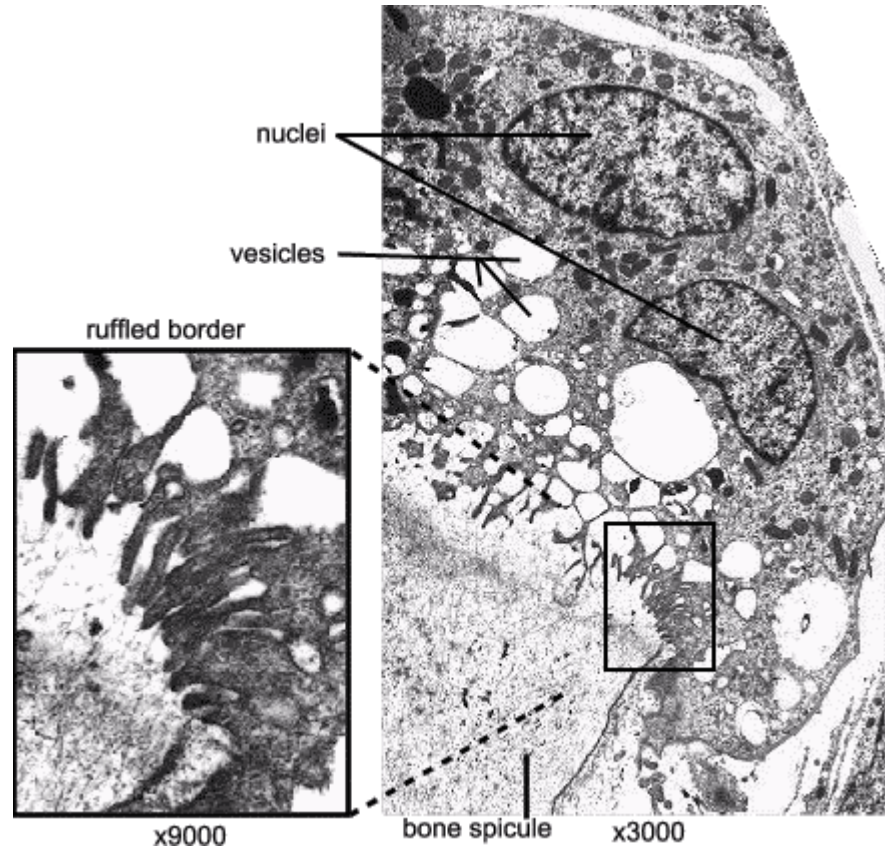
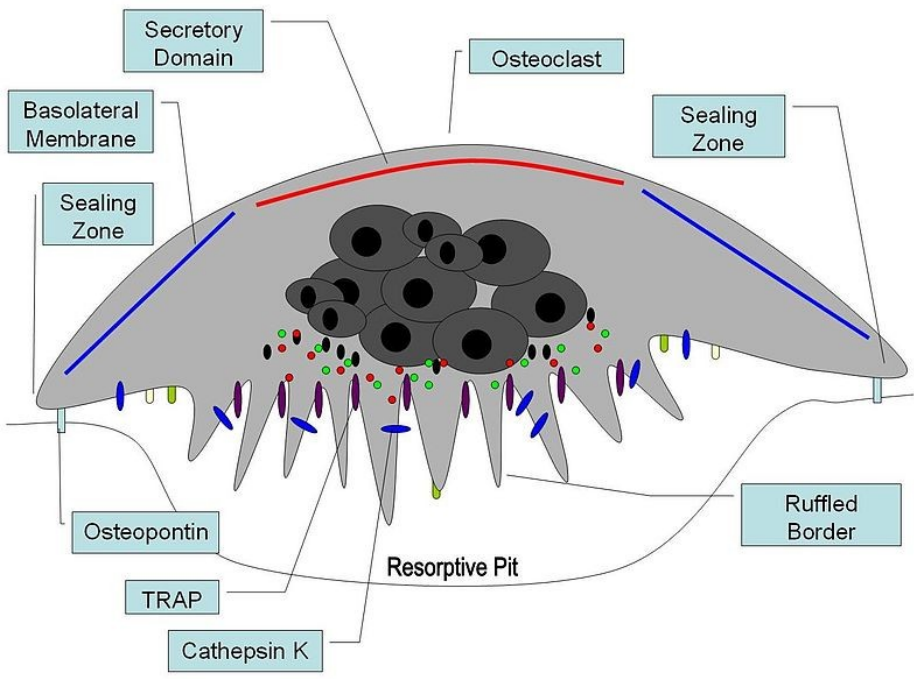


- **Osteoklasty**

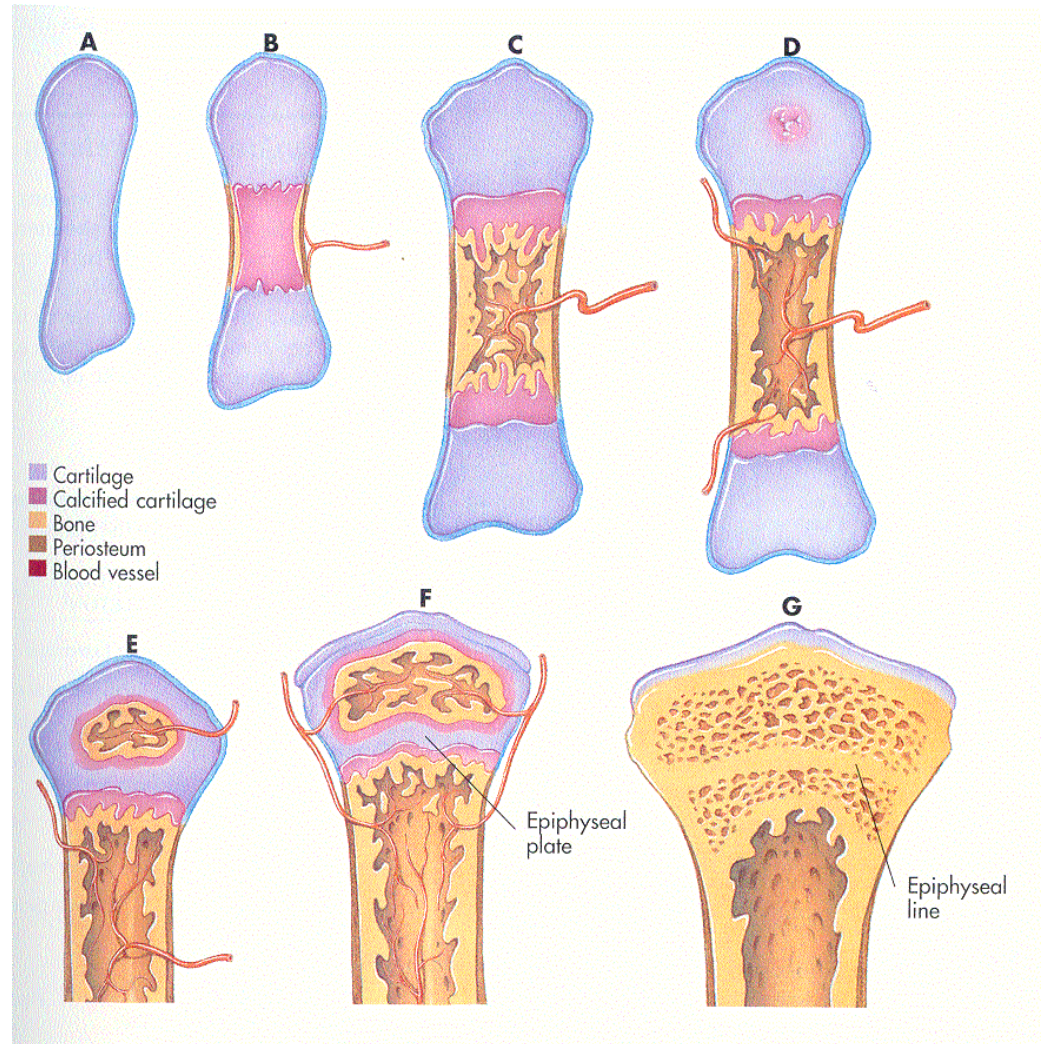
- mnohojaderné specializované kostní buňky odvozené od makrofágů
- resorbují kostní matrix



- **Osteoklasty**
- složitá stavba buňky
- produkují enzymy štěpící organickou složku kostní hmoty
- HCl



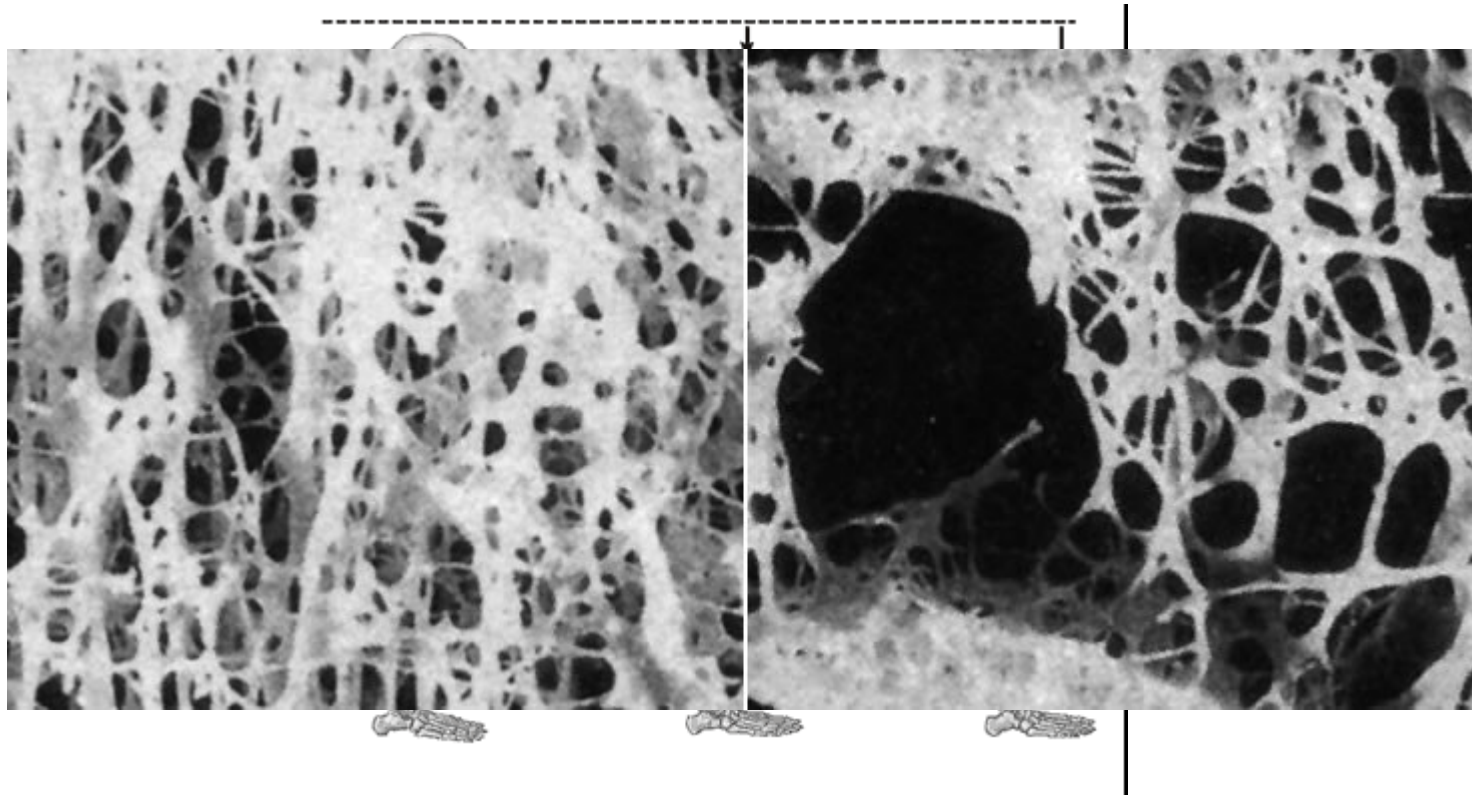
Osifikace



Klinické souvislosti



- Poruchy remodelace kostní tkáně – OSTEOPORÓZA



Klinické souvislosti



• Poruchy remodelace kostní tkáně – OSTEOPORÓZA

- nadměrná aktivita osteoklastů
 - pokles hladiny estrogenů (menopauza)
 - zánětlivé procesy
 - imobilizace
 - nedostatečná výživa
 - endokrinní onemocnění
 - vedlejší efekt léčby (kortikoidy, antiepileptika, antikoagulancia)
-
- A grayscale X-ray image of a human spine, showing the vertebrae. The image illustrates the effects of osteoporosis, with some vertebrae appearing compressed and the spaces between them narrowed, indicating bone loss and structural changes in the skeletal system.
- léčba: **antiresorpční látky** (bisfosfonáty, estrogenové analogy), **stimulace novotvorby** kostní hmoty, **výživa**, **pohyb**

Klinické souvislosti



- **Poruchy remodelace kostní tkáně – OSTEOPETRÓZA**
 - snížená aktivita osteoklastů
 - vrozené onemocnění
 - různé stupně postižení (nervové komprese, fraktury, postižení kloubů, anemie v důsledku uzavírání medulární dutiny)

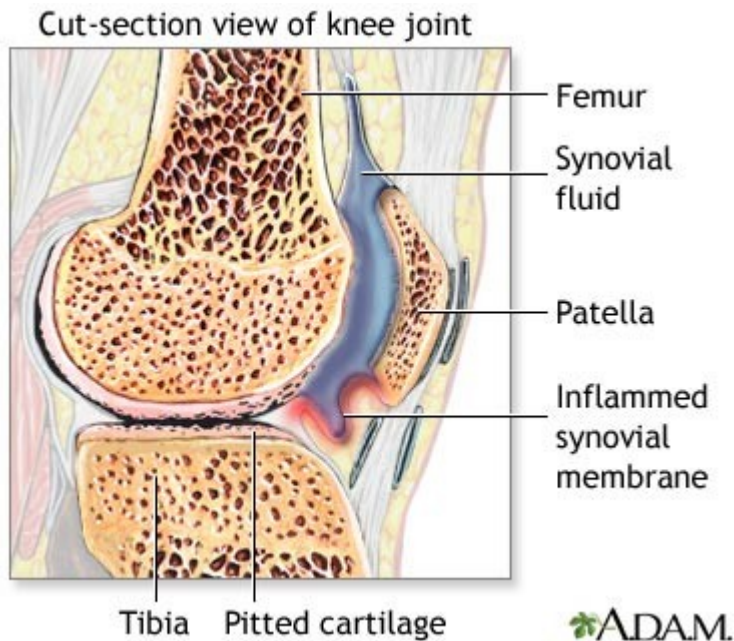


Klinické souvislosti



- **Revmatoidní artritida**

- zánětlivé onemocnění autoimunitního charakteru
- poškození měkkých tkání kloubu (synoviální membrána, chrupavka) i eroze kostní matrix



Pojivové tkáně – shrnutí

Velká variabilita - histologicky i funkčně
– vazivo, chrupavka, kost, tuková tkáň

Mechanická, strukturní, imunitní, hormonální role

Velmi aktivní tkáň – nikoli jen pasivní hmota

Děkuji za pozornost