

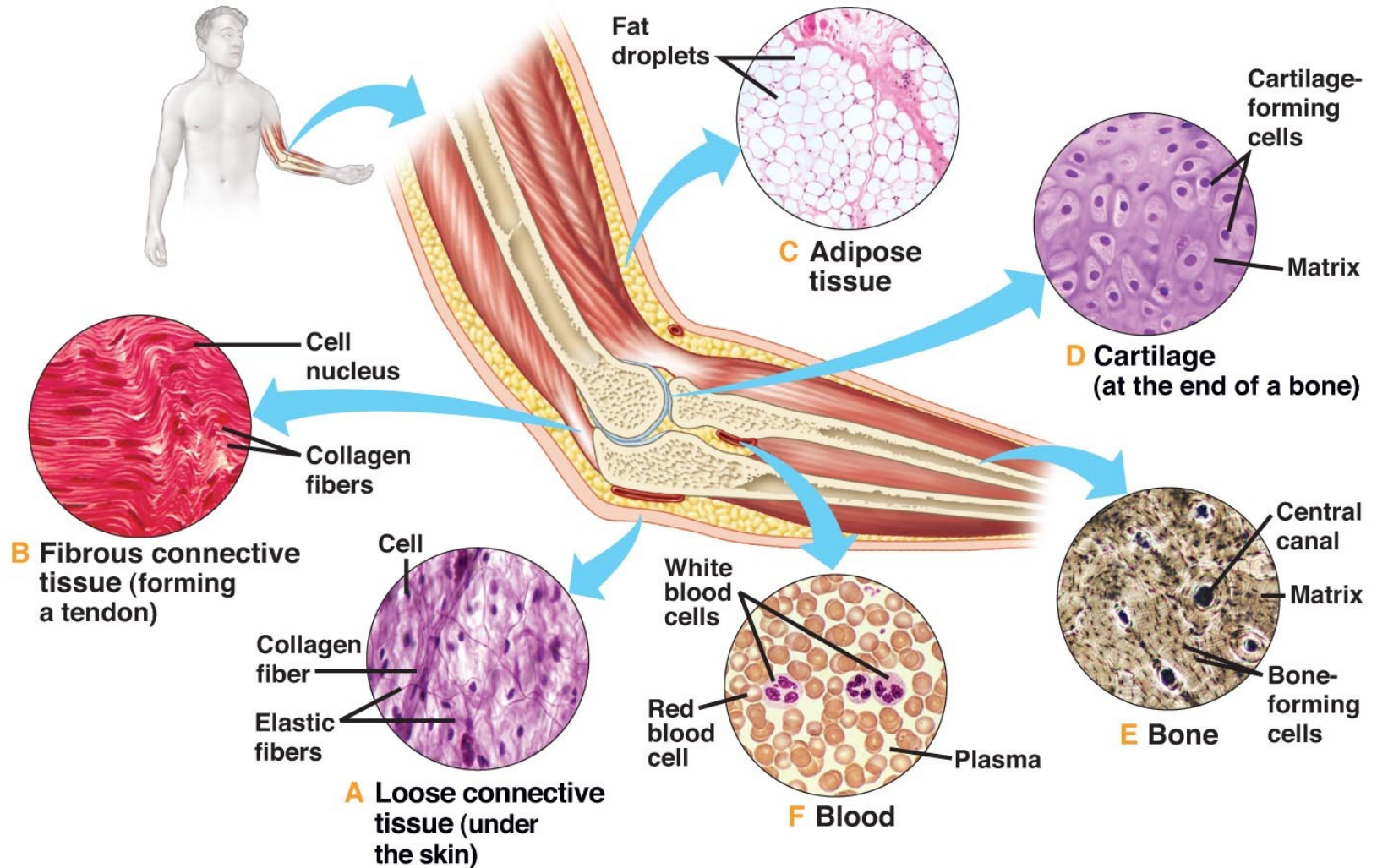
Pojivové tkáně

Vazivo, chrupavka, kostní tkáň

Petr Vaňhara
Ústav histologie a embryologie LF MU

Pojivová tkáň

- Univerzální a velmi plastický typ tkáně



Pojivová tkáň – histologická klasifikace

Kolagenní vazivo

- Husté kolagenní vazivo
 - uspořádané
 - neuspořádané

- Řídké kolagenní vazivo (areolární)

Specializované
vazivo

- Rosolovité
- Elastické
- Retikulární
- Tukové

Podpůrná tkáň

- Chrupavka
 - hyalinní
 - elastická
 - vazivová
- Kost
 - vláknitá
 - lamelózní

Pojivová tkáň – klasifikace podle funkce

Strukturální

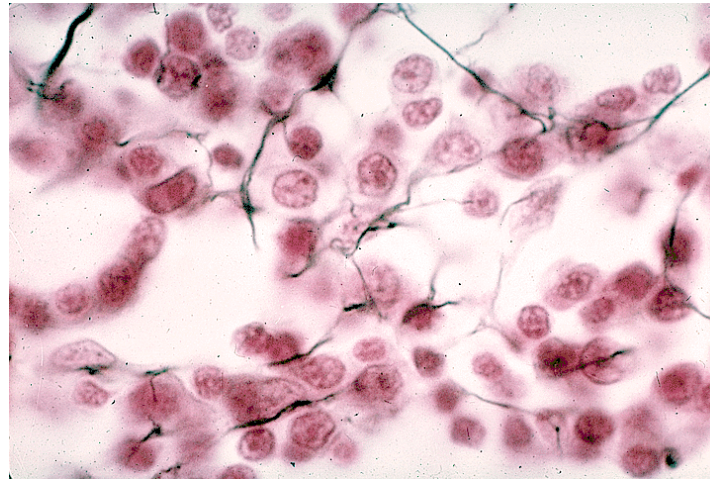
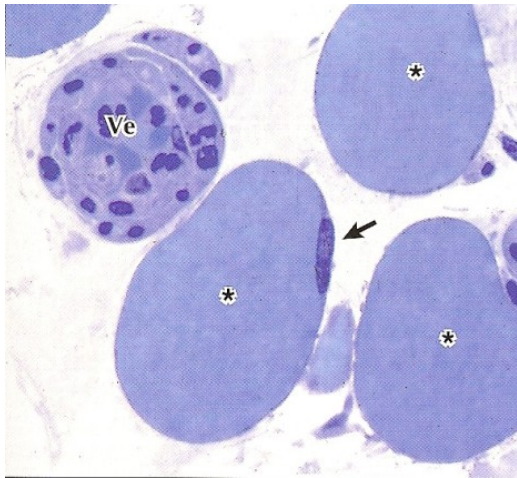
- vazivo: ligamenta, šlachy, pouzdra orgánů, areorální a intersticiální vazivo
- chrupavka
- kost

Imunitní

- Imunitní buňky v areorálním a retikulárním vazivu

Nutriční

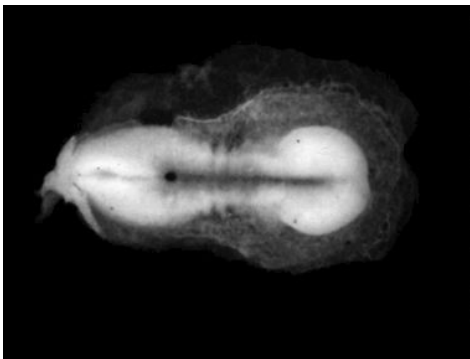
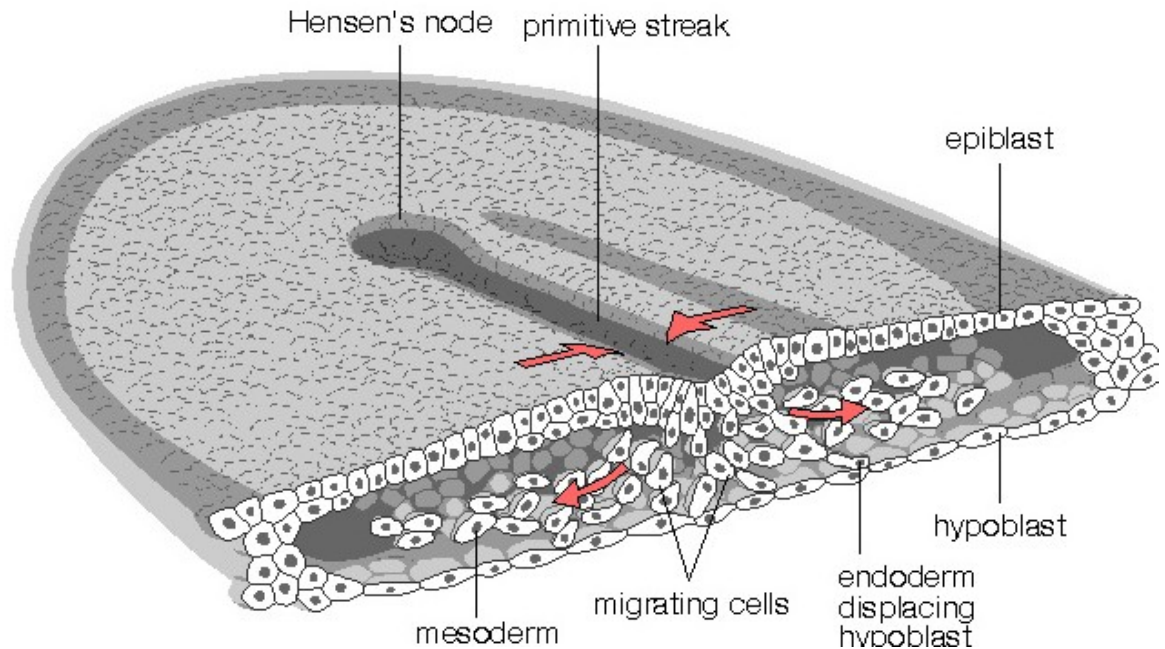
- Tuková tkáň



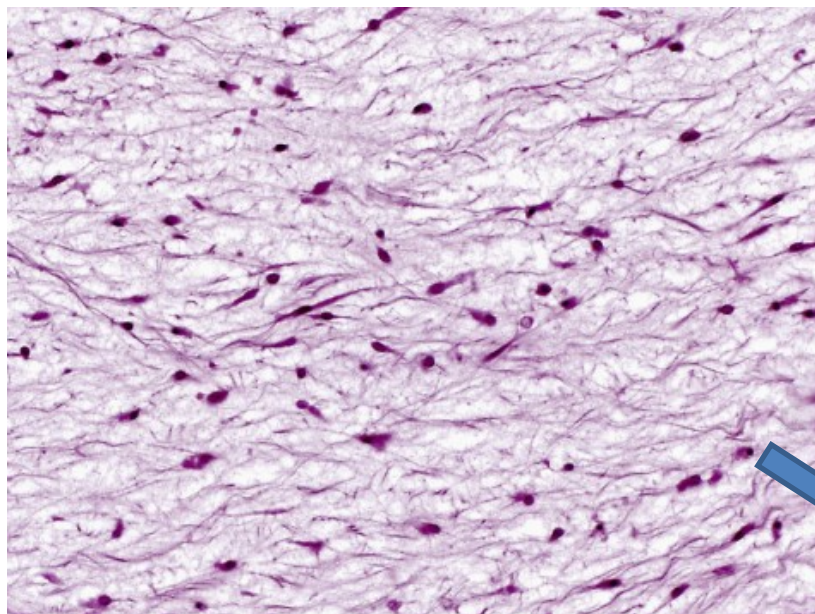
Pojivová tkáň a její embryonální původ

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

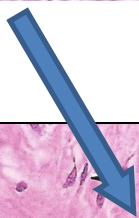
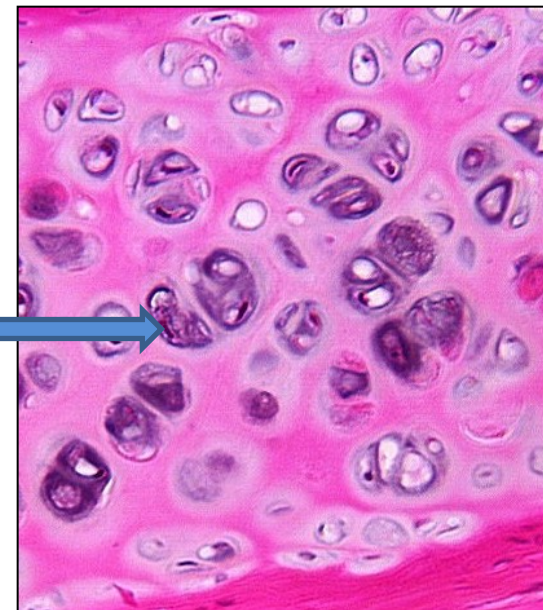
DEN 12 embryonálního vývoje



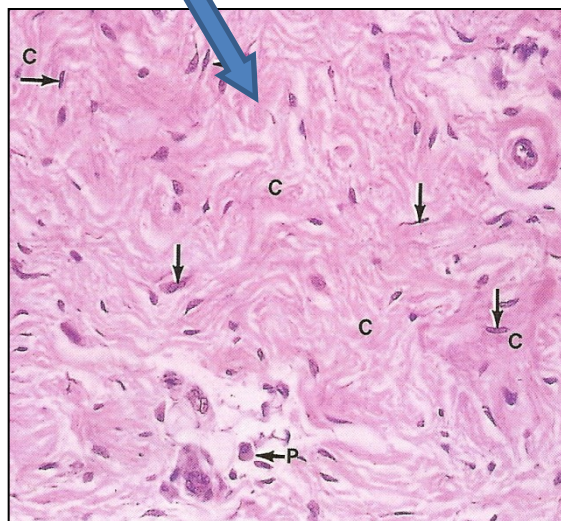
Embryonální mezenchym



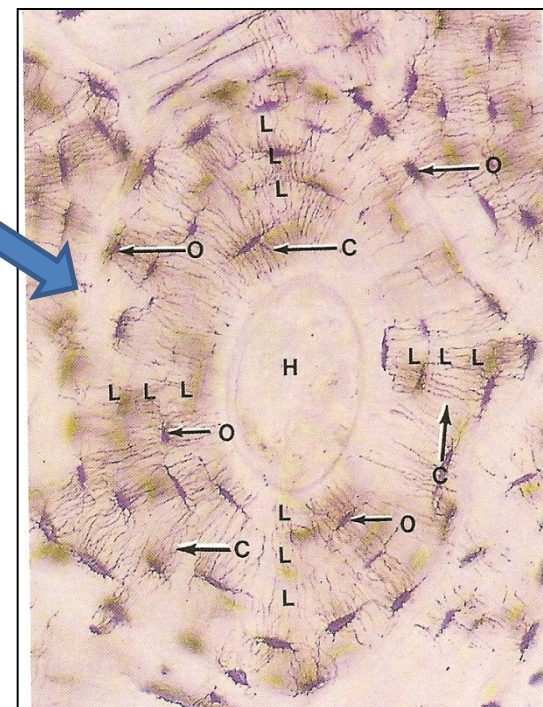
Chrupavka



Vazivo

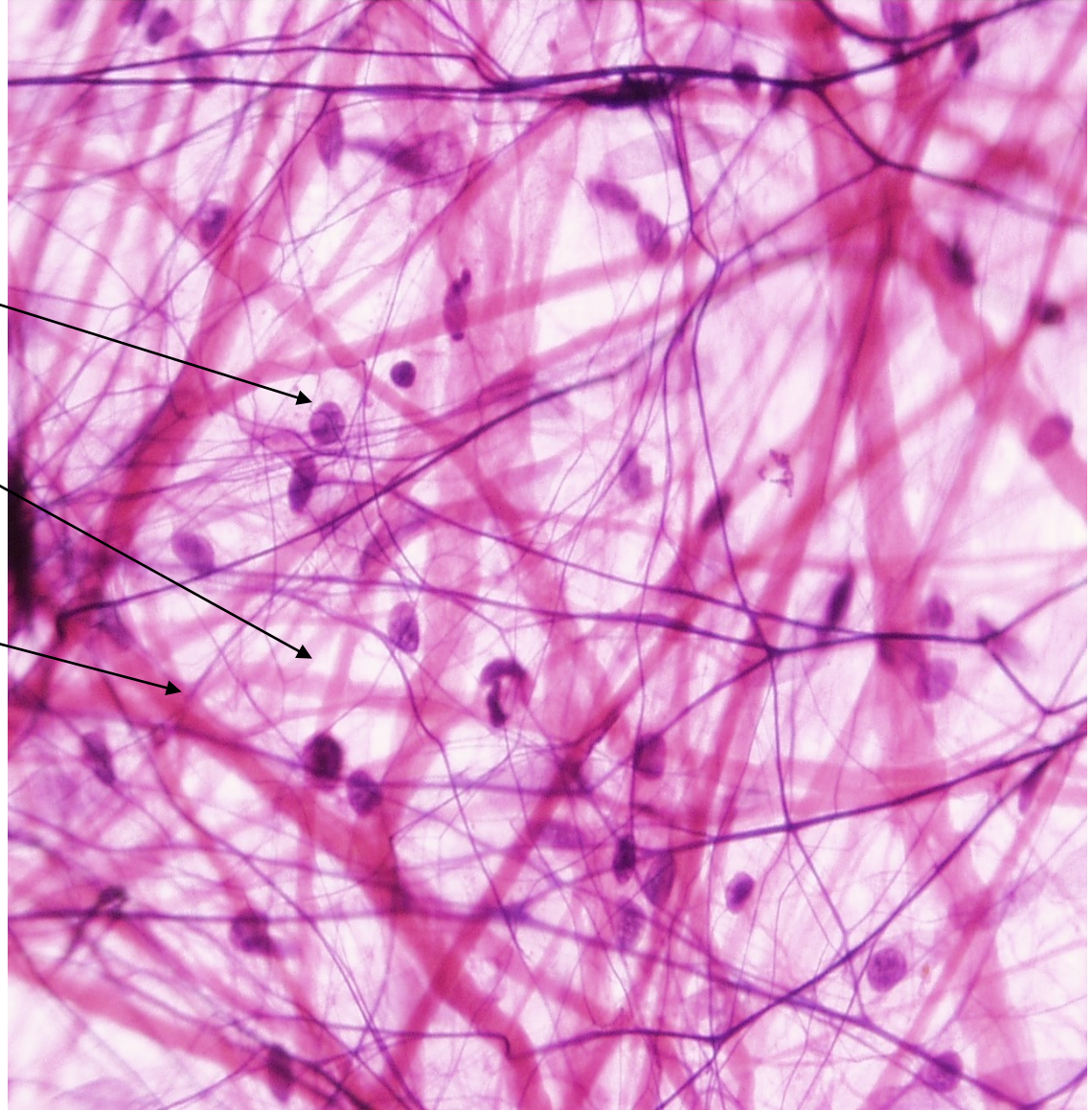


Kost



1. Vazivo

- Vazivové buňky
- Základní hmota
- Vlákna



Vazivo – histologická klasifikace

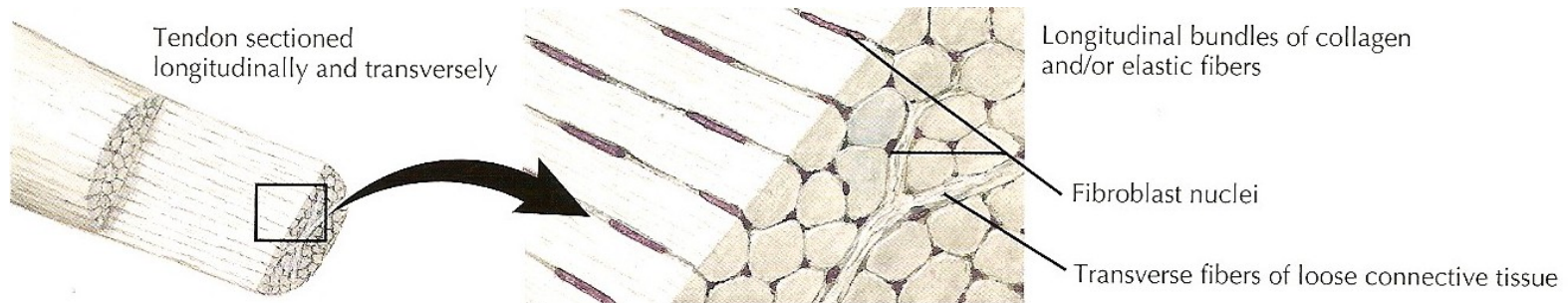
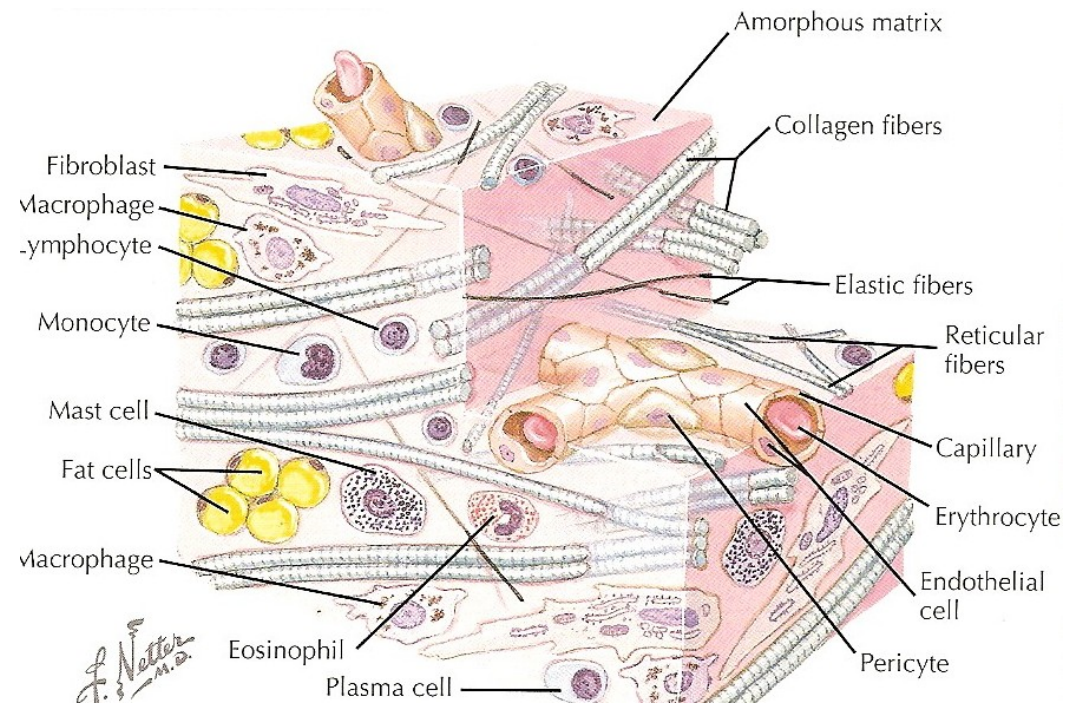
Vlastní kolagenní vazivo

Řídké (areolární) vazivo

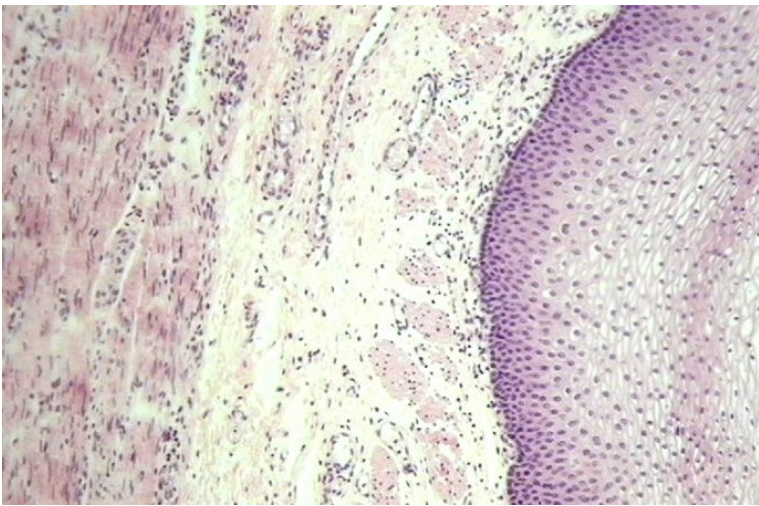
- Intersticiium orgánů, tkání
- Strukturní podpora epitelů, atd.

Husté vazivo

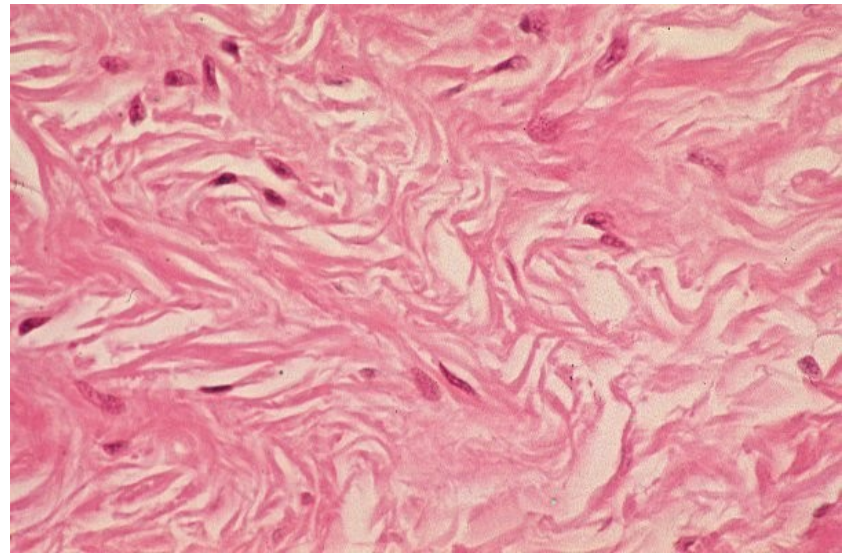
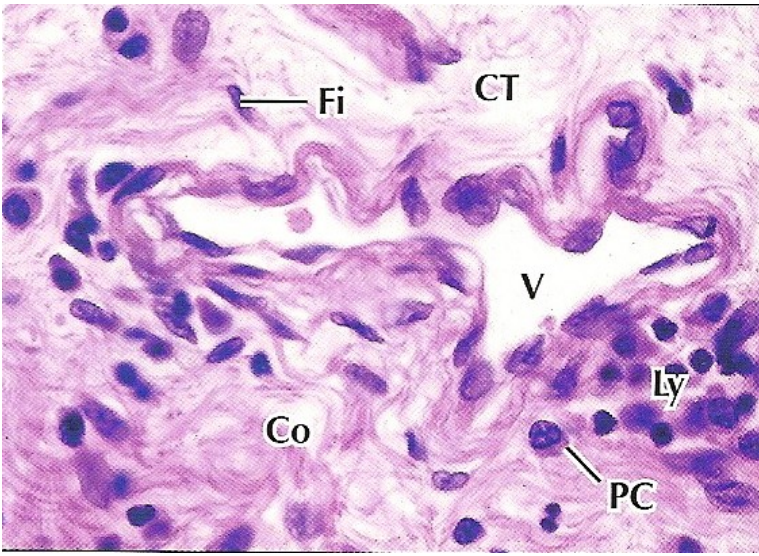
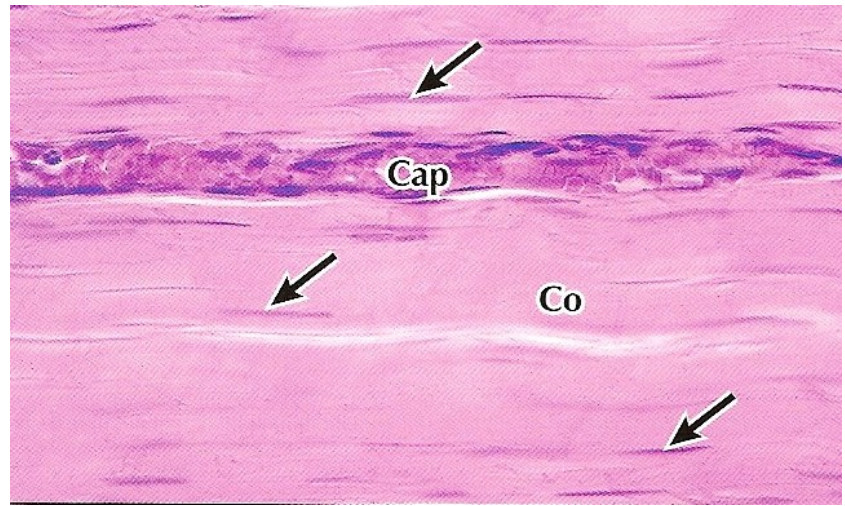
- Uspořádané nebo neuspořádané



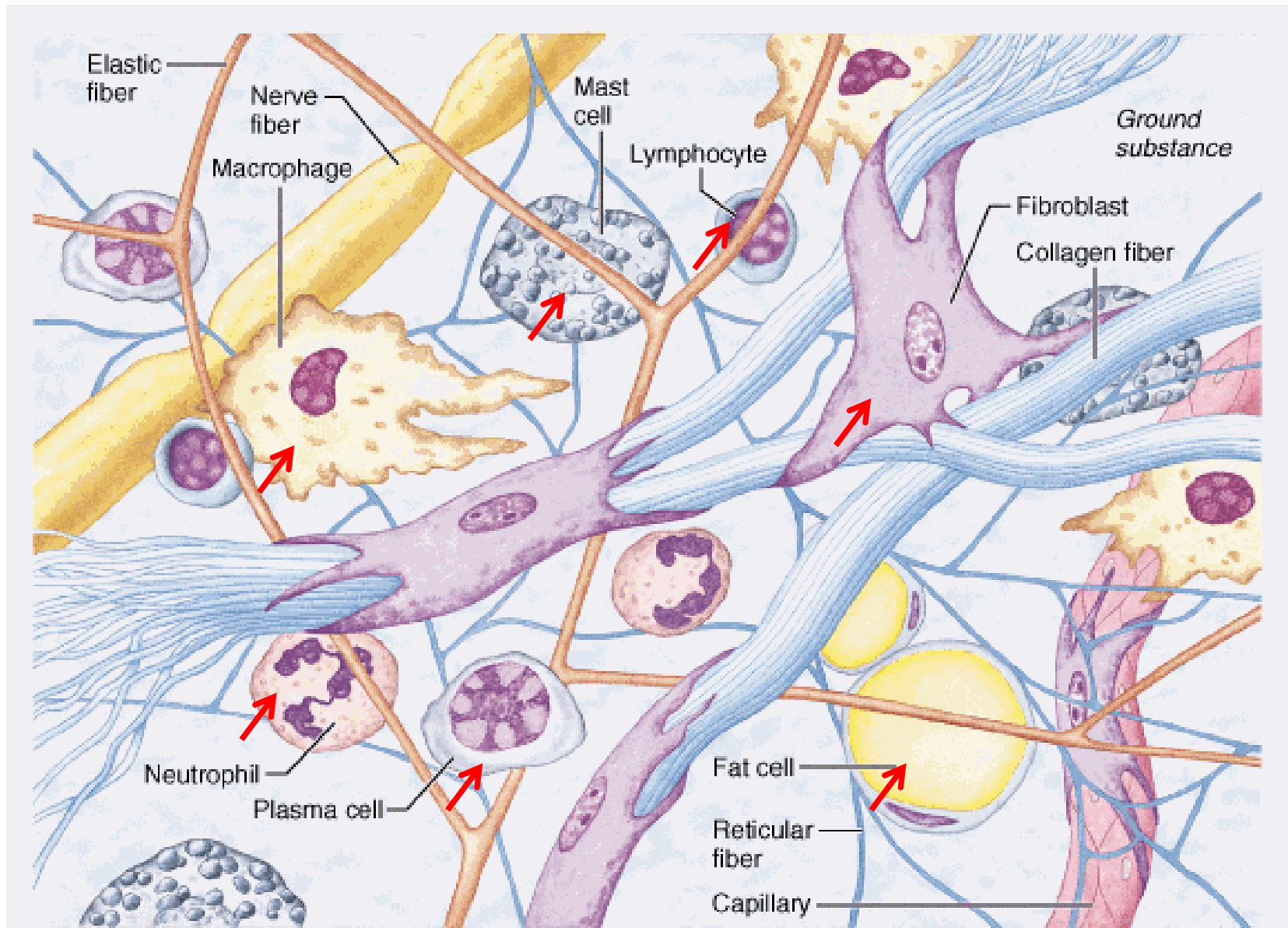
Řídké kolagenní (areolární) vazivo



Husté kolagenní vazivo



Vazivové buňky (řídke kolagenní vazivo)



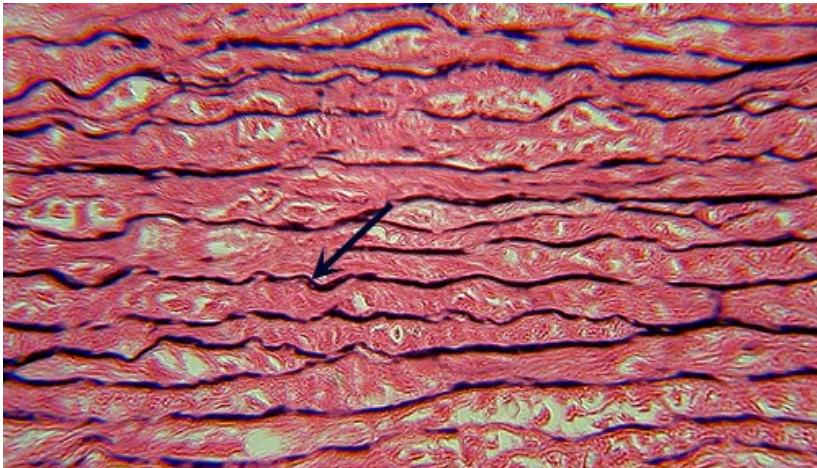
Specializované vazivo

Elastické vazivo

Svazky elastických vláken (elastin)

Pružné, žluté

Membrána velkých arterií

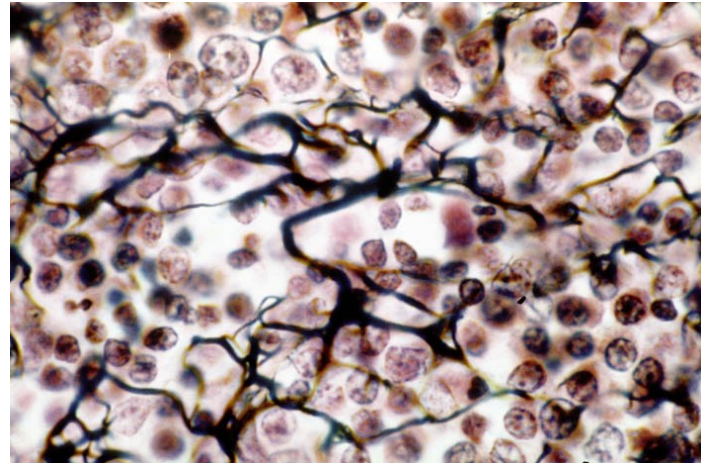


Retikulární vazivo

Retikulární vlákna (kolagen)

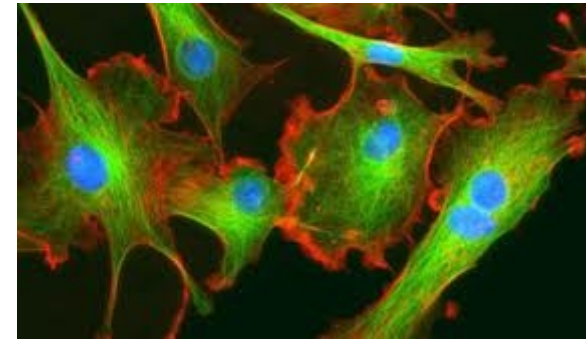
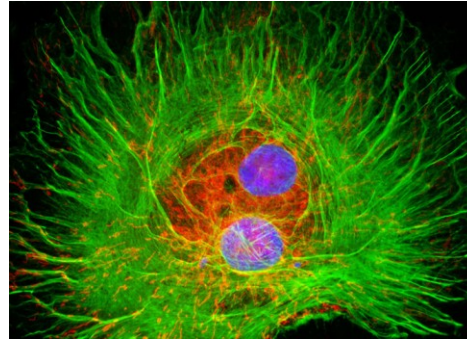
Retikulární buňky

Nosná struktura pro lymfatické a krevní orgány

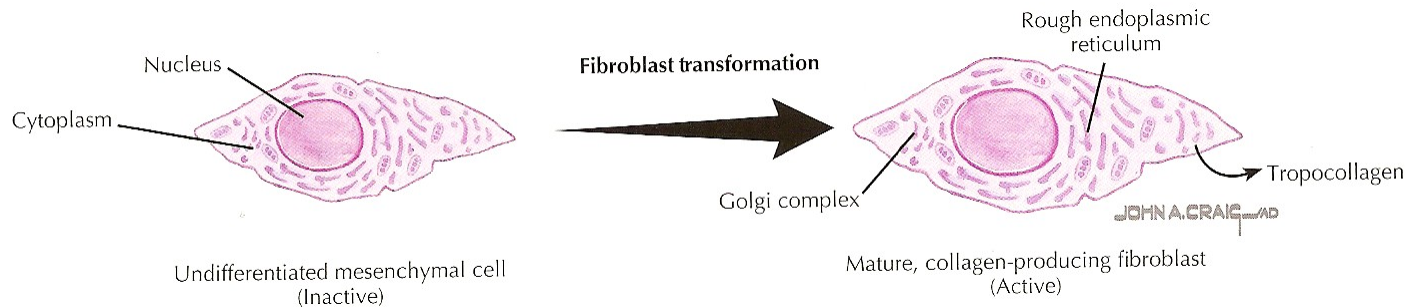


Vazivové buňky

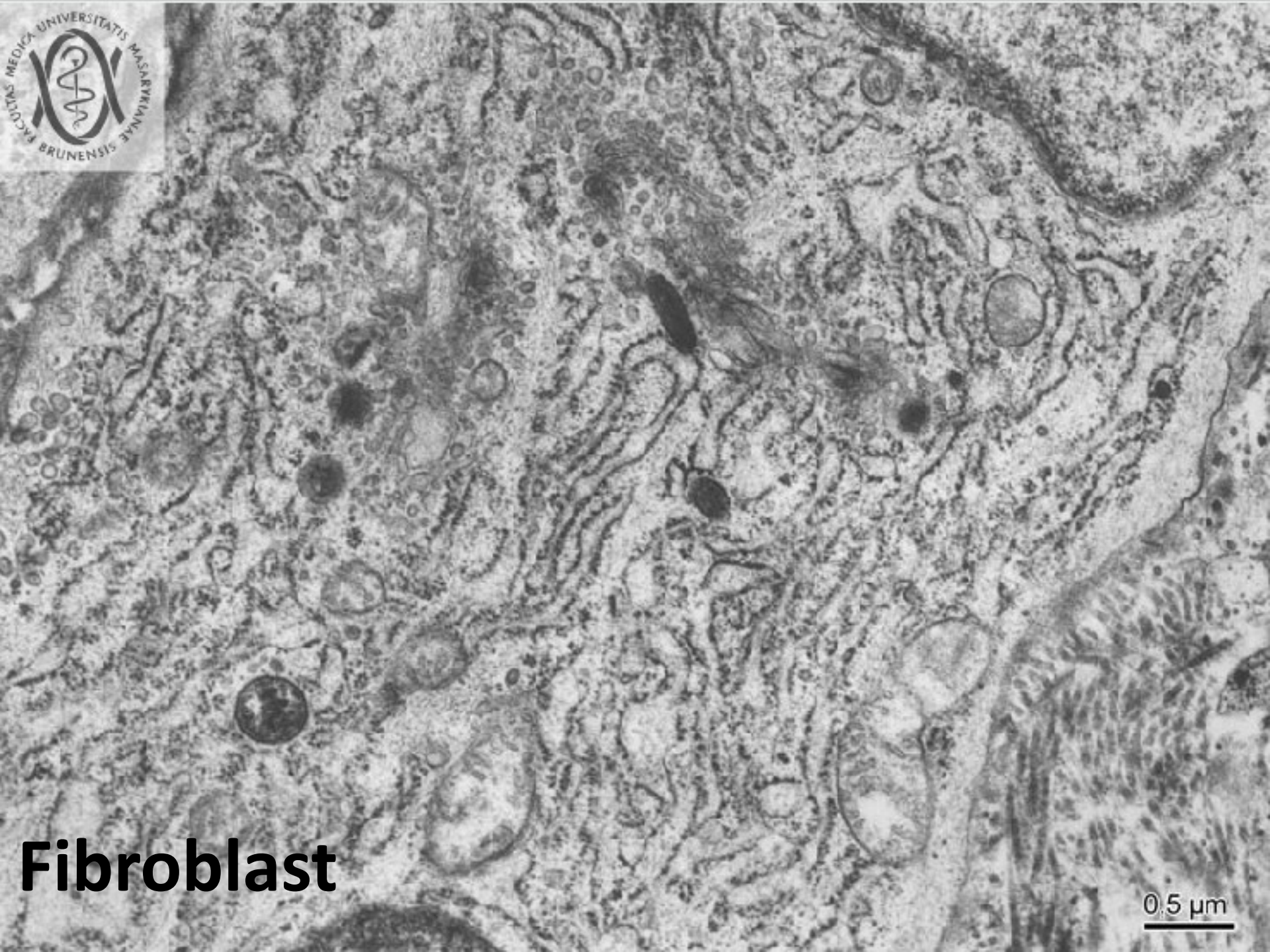
Fibroblasty



- 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

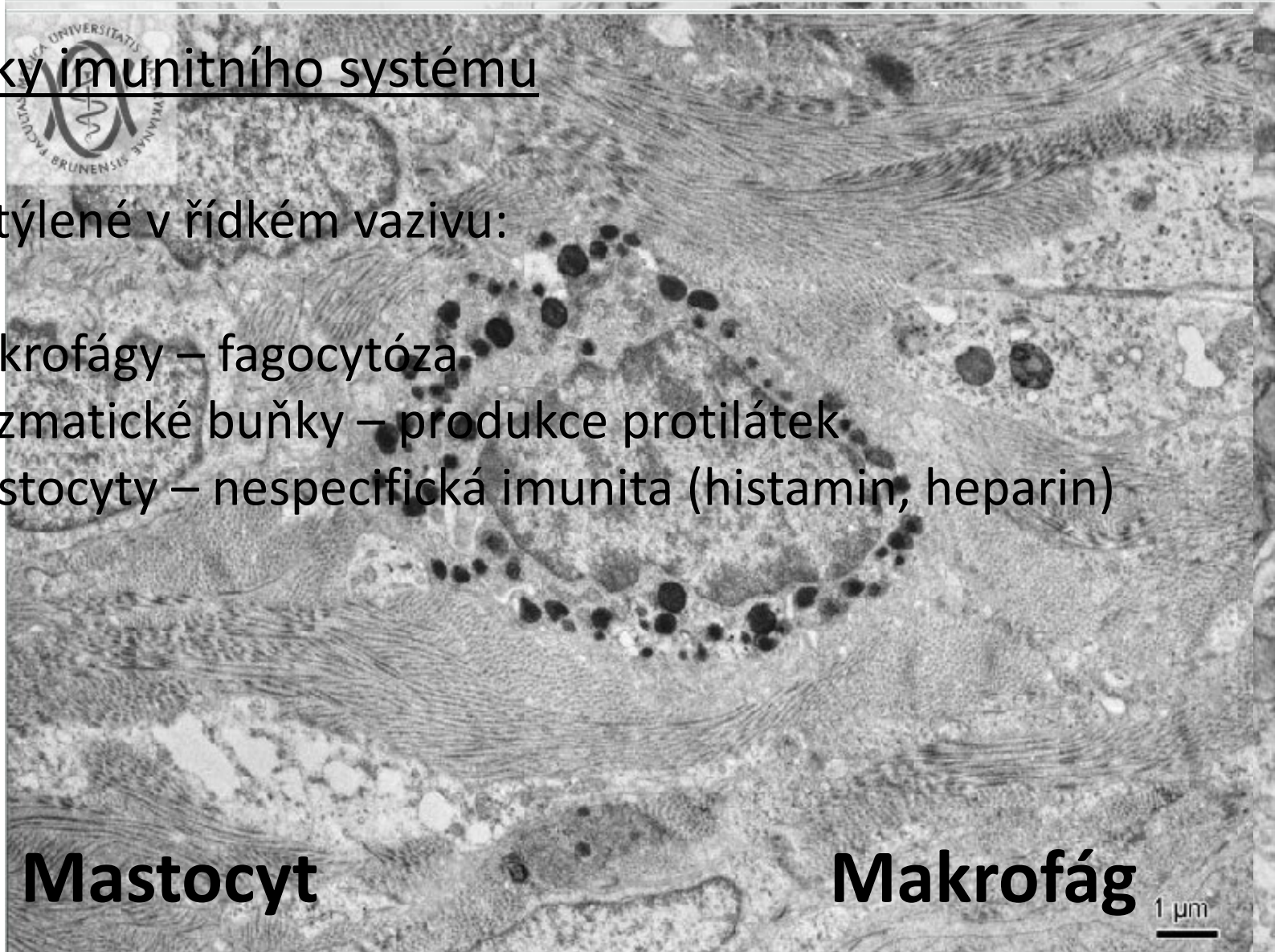
rozptýlené v řídkém vazivu:

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

Mastocyt

Makrofág

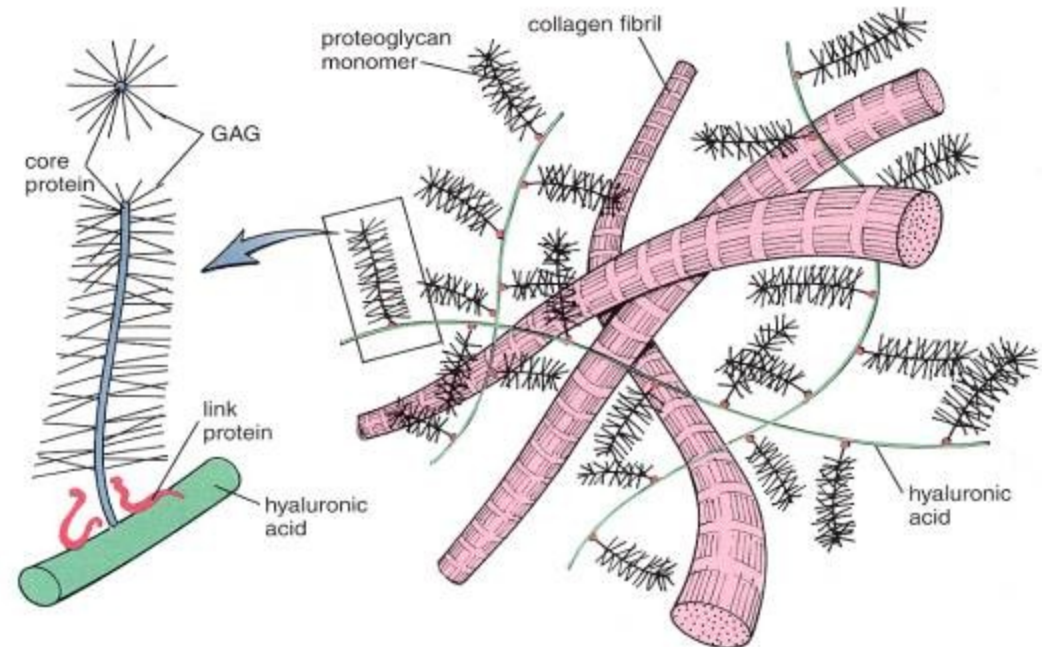
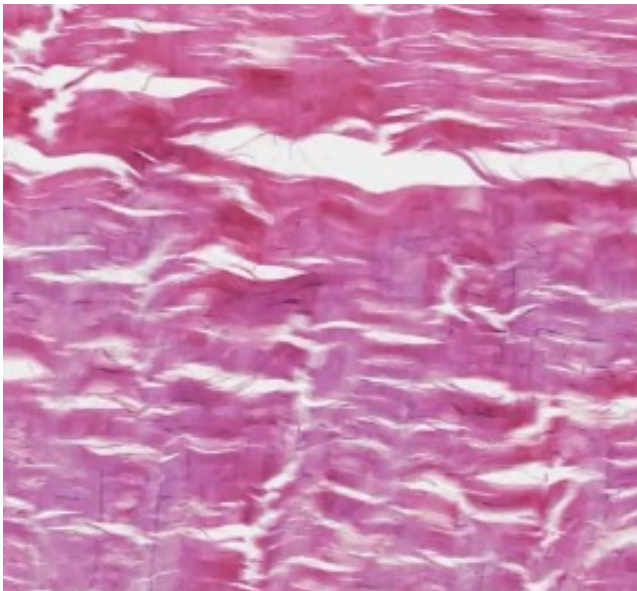
1 μ m



Základní hmota

- Amorfní, mezibuněčná hmota = extracelulární matrix
- Bezbarvá, průsvitná homogenní směs

glykosaminglykanů, proteoglykanů a strukturálních glykoproteinů

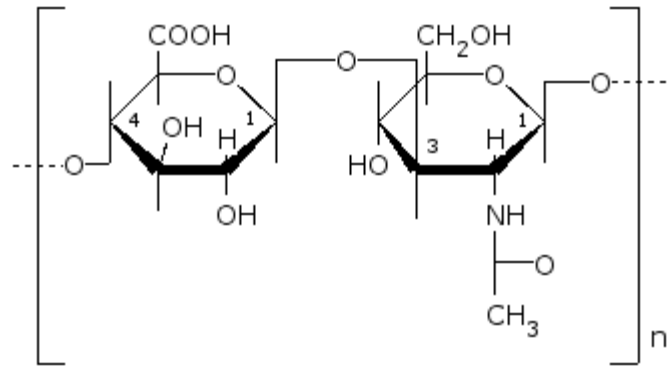


Glykosaminoglykany

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

polysacharidy bohaté na hexosaminy - kyselé mukopolysacharidy

kys. glukuronová nebo iduronová



glukosamin nebo galaktosamin

Glykosaminoglykany

s výjimkou kys. hyaluronové se váží i na proteinové struktury prote

Gly

Kys

Cho

Der

Hep

Ker

**GLUCOSAMINE
CHONDROITIN
SULFATE & MSM**

Dietary Supplement

ina,

orta

a

Proteoglykany

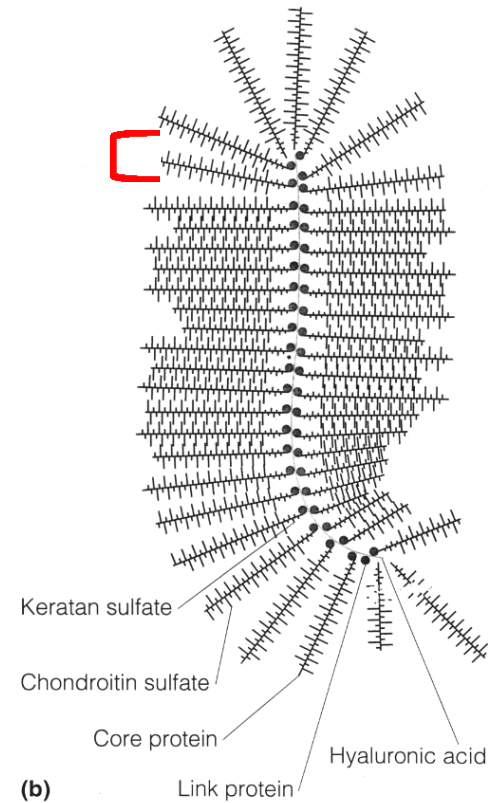
- protein + převažující lineární sacharidová složka
- proteoglykanové agregáty
- vysoká schopnost vázat vodu
- objem závislý na stupni hydratace

- **aggrecan**
- **syndecan**
- **fibroglycan**

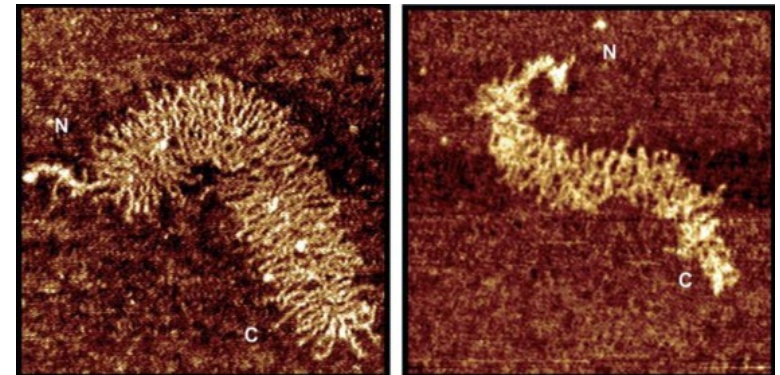
- Chrupavka

- Povrch fibroblastů, epitelových buněk
- Kontakt s proteiny extracelulární matrix
- Vazba růstových faktorů a podíl na aktivaci nejrůznějších signálních drah

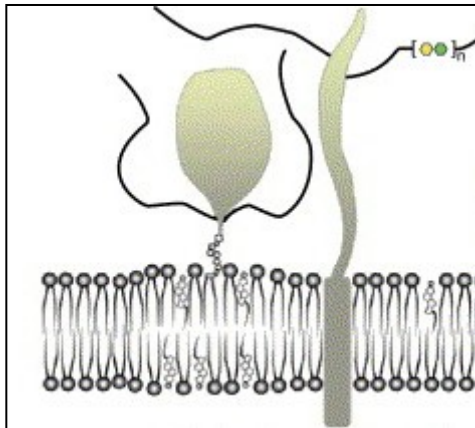
Figure 9.25b Proteoglycan structure in bovine cartilage



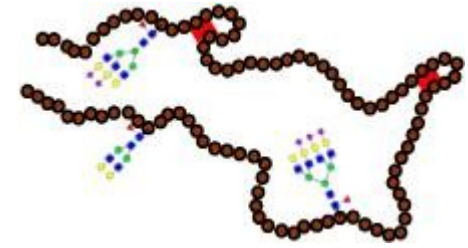
From Mathews and van Holde: *Biochemistry* 2/e. © The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc.



Ng et al. (2003). Elsevier Science, San Diego.

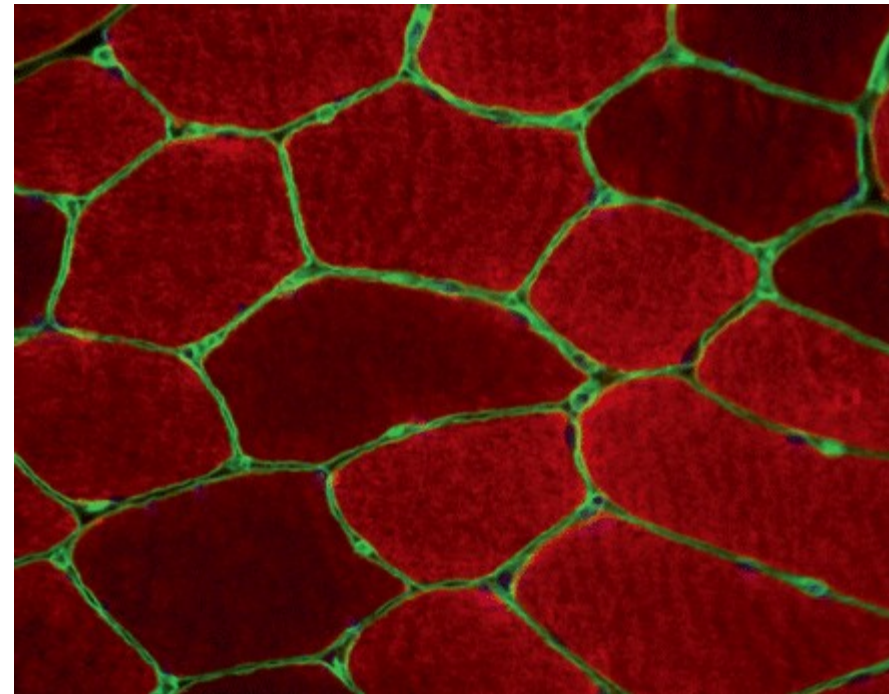


Strukturální glykoproteiny



- 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



(J. Nutr. 136:2123-2126, 2006)

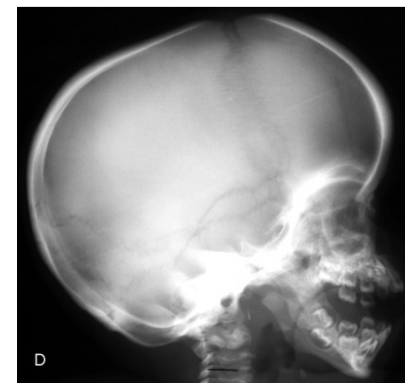
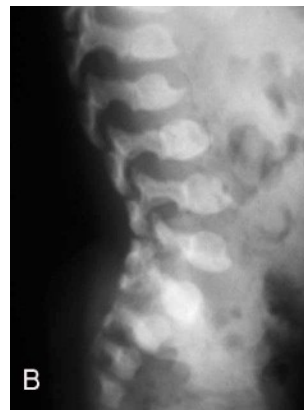
- tela submucosa
- adventicie
- SLIZNICE**
- epitel vrstevnatý
dlaždicový
- lamina propria
mucosae
- lamina muscularis
mucosae
- TUNICA MUSCULARIS
EXTERNA**
- vnitřní cirkulární
vrstva
- zevní longitudinální
vrstva



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



Vlákná (vláknitá hmota)

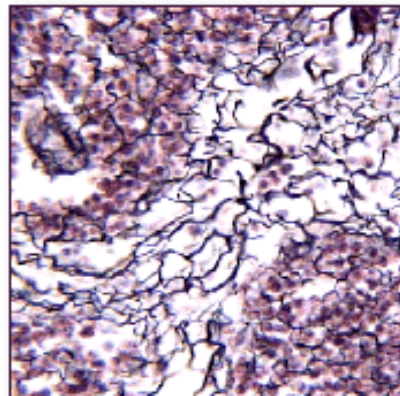
Kolagenní



Šlachy a ligamenta

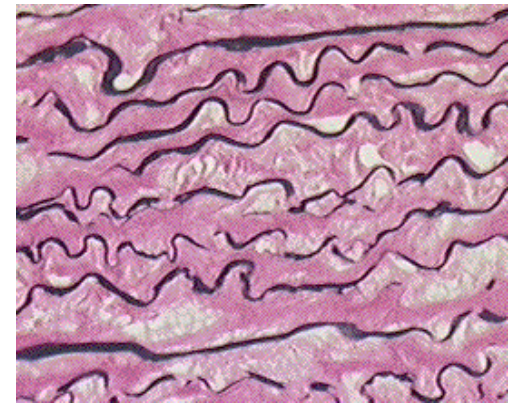
Kolagen

Retikulární



Lymfatické orgány,
kostní dřeň

Elastická



Membrány cév

Elastin

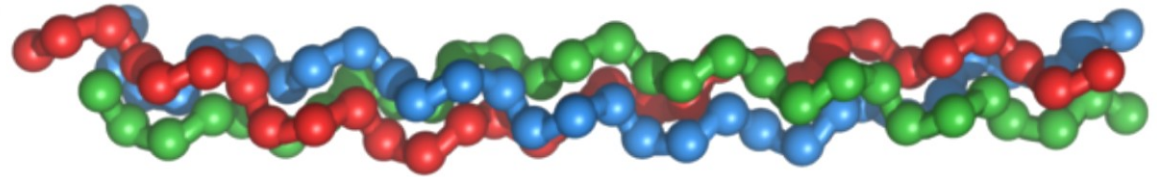
Julian Voss-Andreae
"Unraveling Collagen",

2005

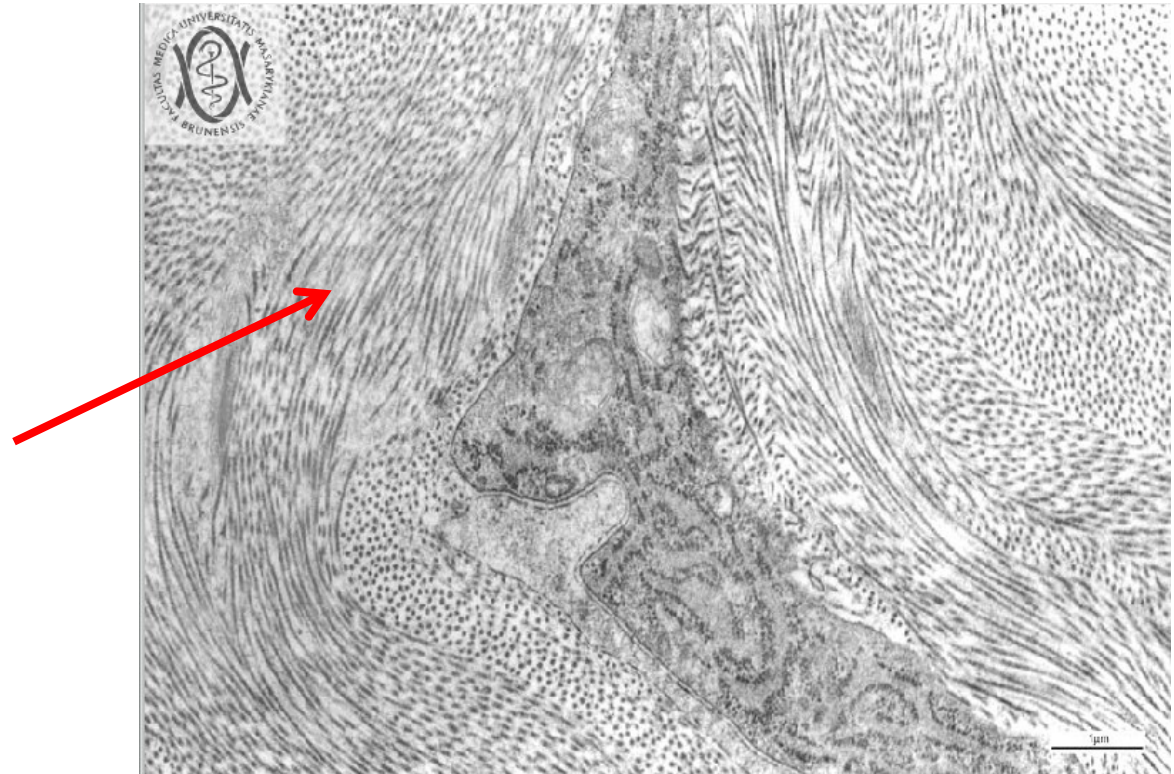
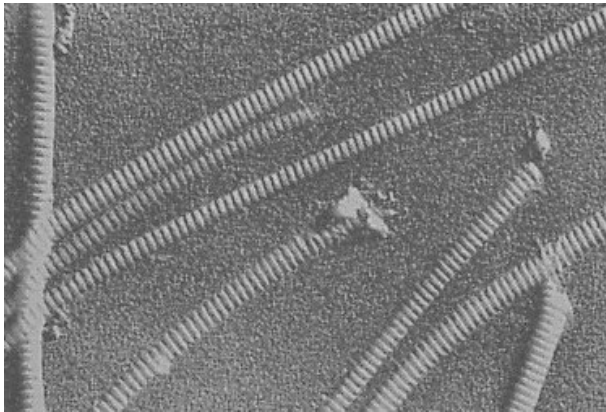
Orange Memorial Park
Sculpture Garden, City of
South San Francisco, CA



Kolagen



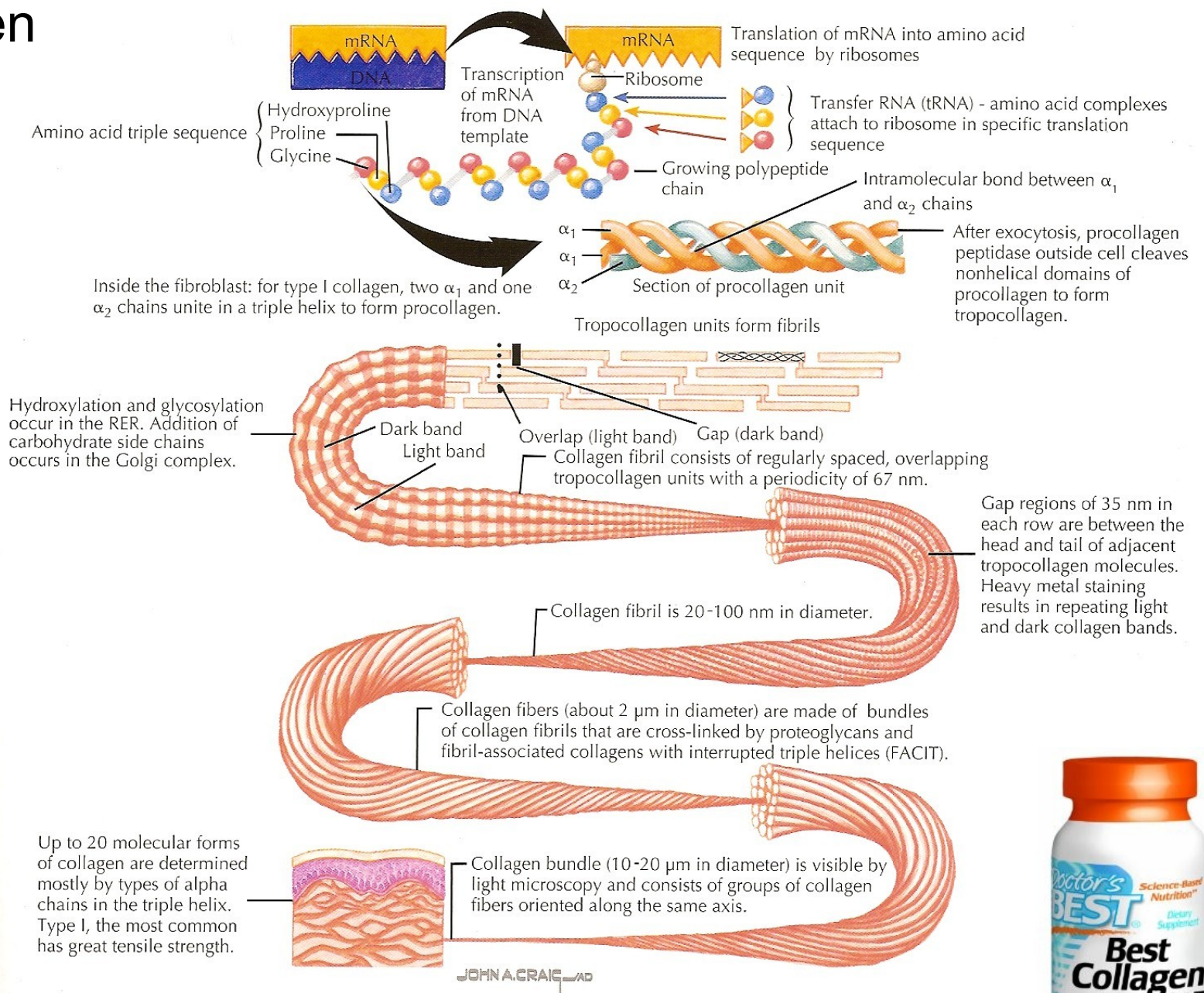
- skupina fibrilárních proteinů kódovaných více než 20 geny
- polymer – podjednotka = tropokolagen
- různé strukturní a mechanické vlastnosti (tuhost, pružnost, tloušťka...)
- nejhojnější protein lidského těla (až 30% suché hmotnosti)



Kolagen

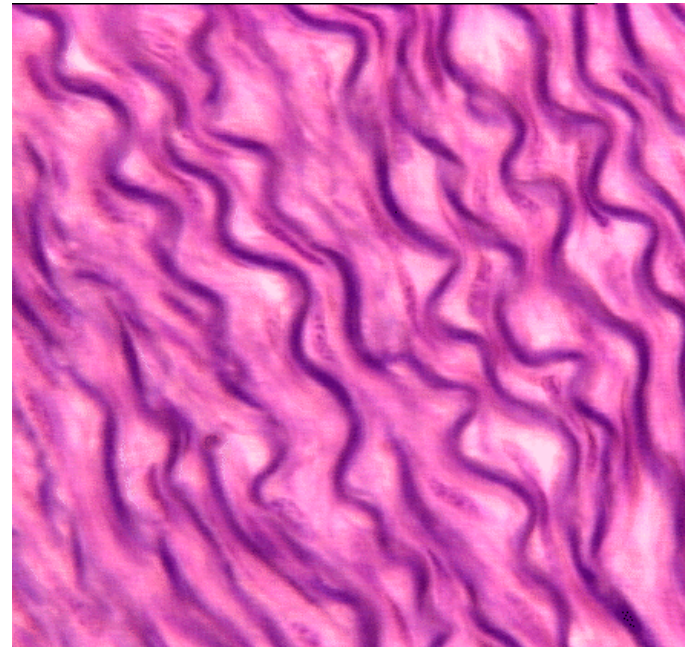
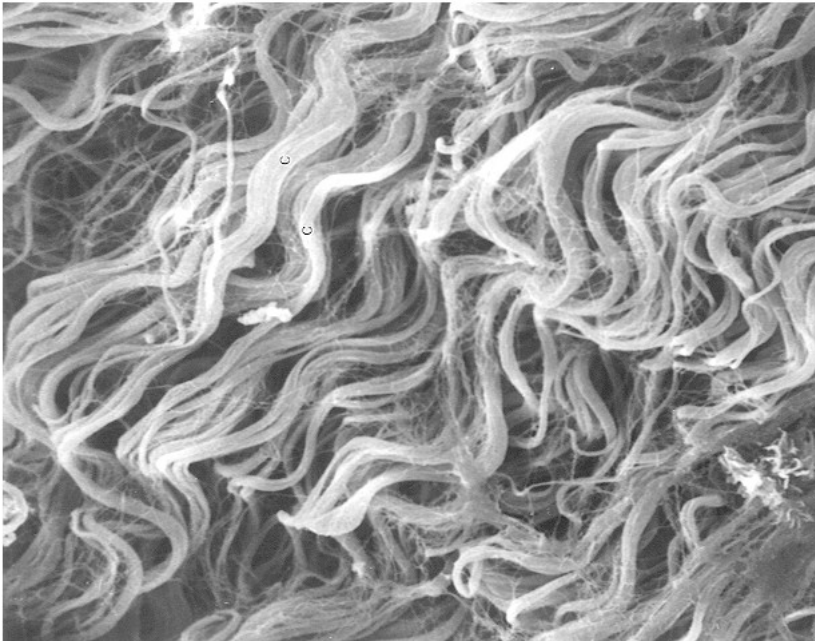
Typ	Výskyt ve tkáních	Struktura	Hlavní funkce
I	Kost, šlachy, meniskus, dentin, škára, pouzdra orgánů, řídké vazivo, 90% typ I	Fibrily (75nm) - vlákna (1-20 μ m)	Odolnost v tahu
II	Hyalinní a elastická chrupavka	Fibrily (20nm)	Odolnost v tlaku
III	Kůže, cévy, hladké svalstvo, děloha, játra, slezina, 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



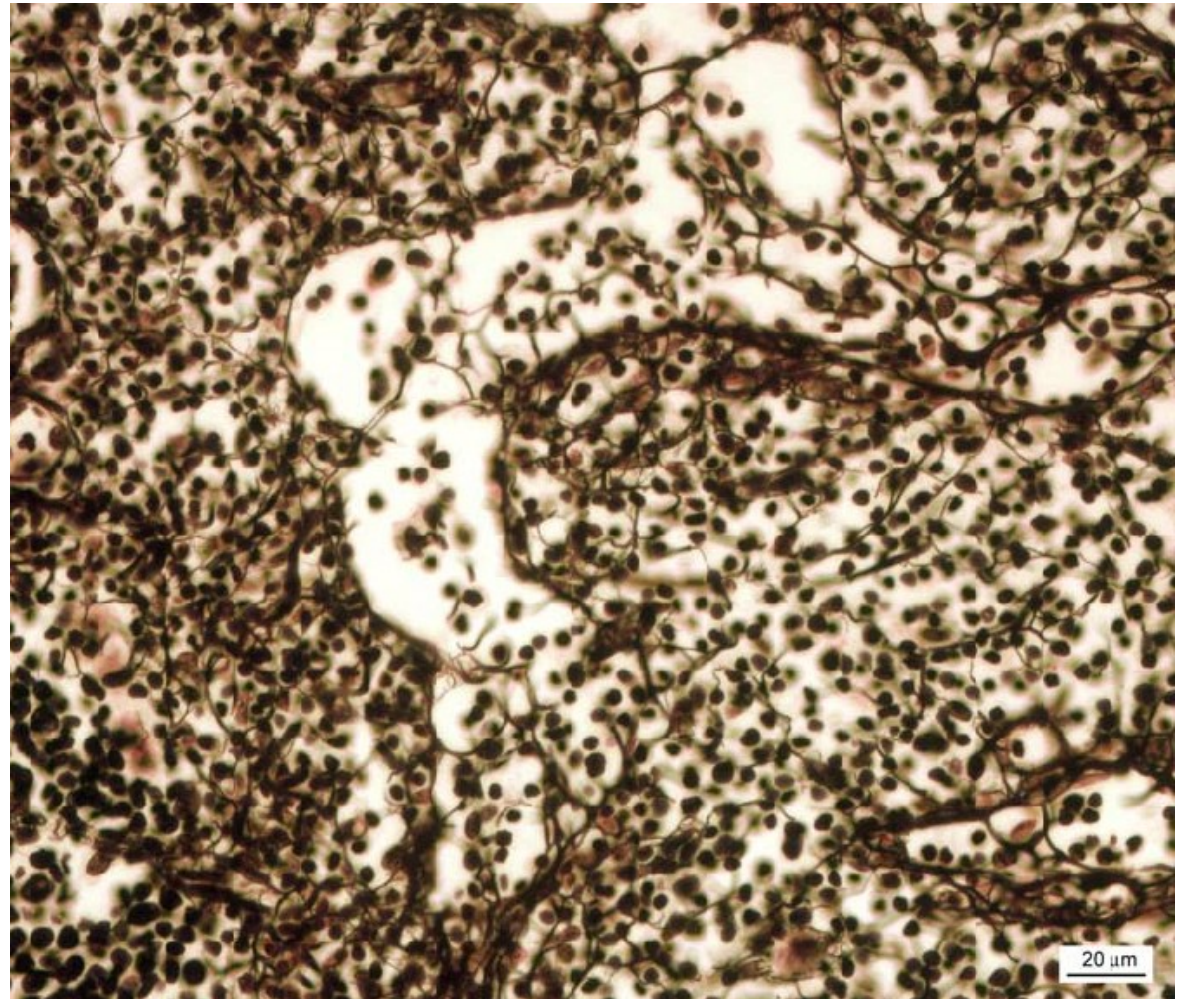
Elastická vlákna

- 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 síť
- kostní dřeň, slezina, lymfatické uzliny
- podpůrná struktura pro buňky např. imunitního systému ve slezině nebo kostní dřeni



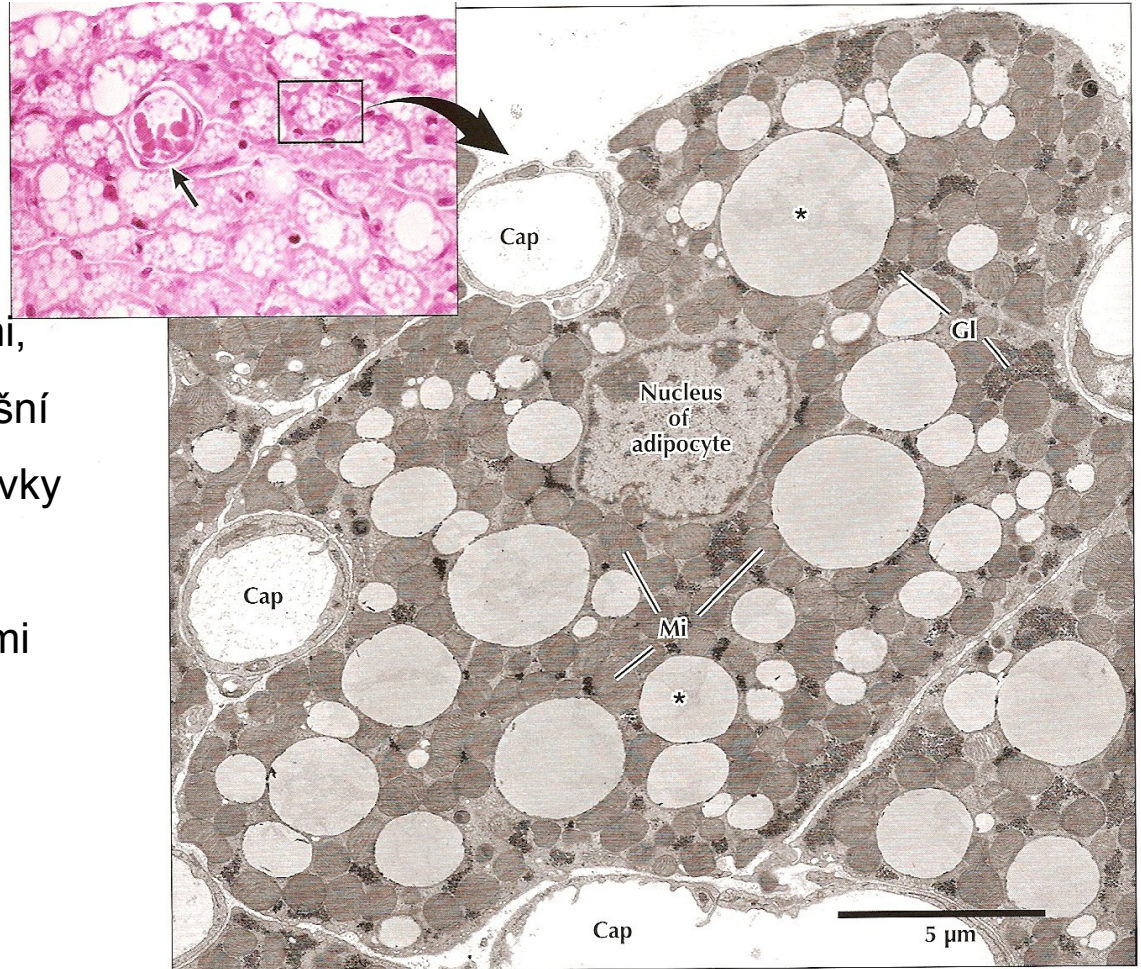
Tuková tkáň

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



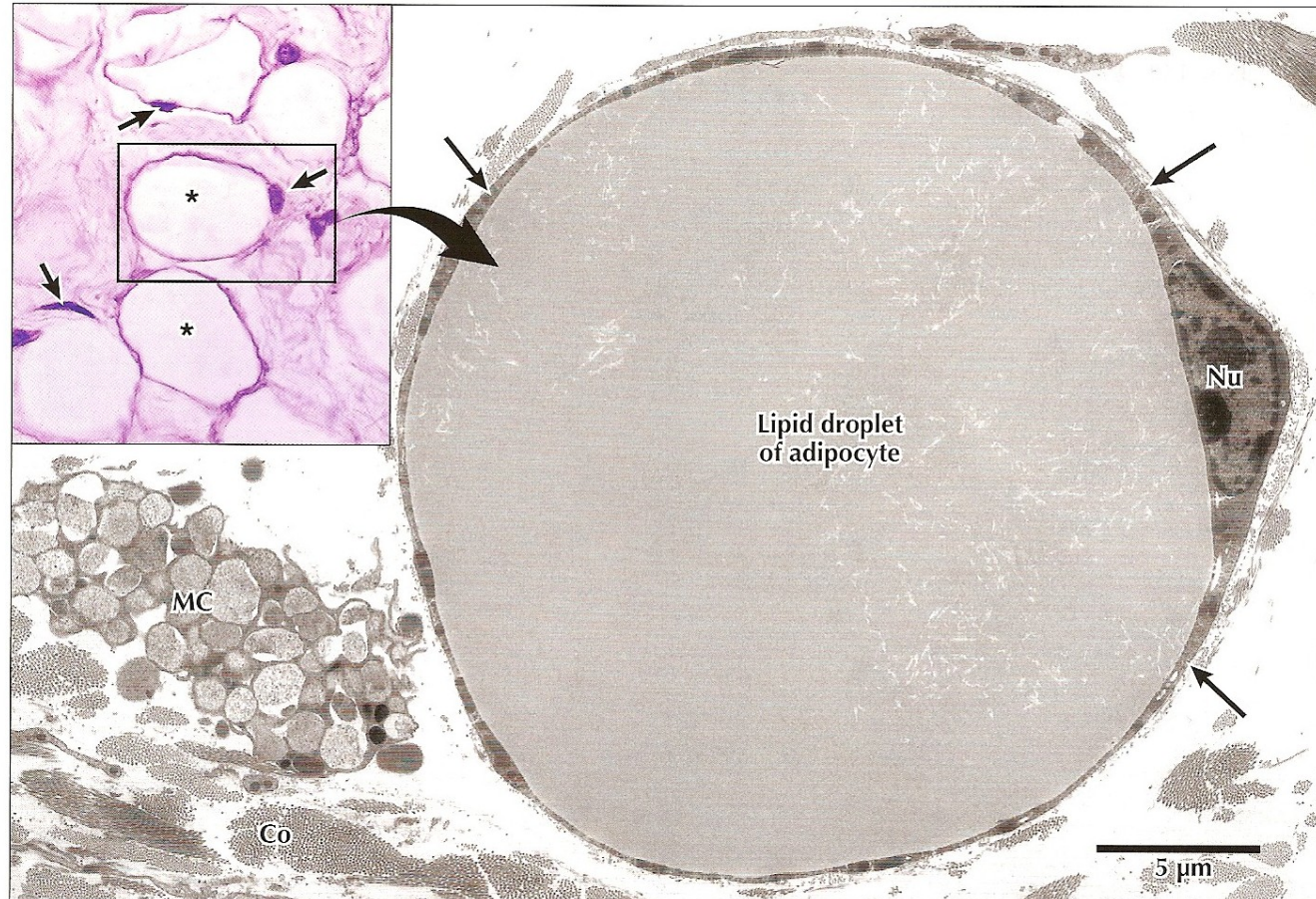
Hnědé tukové vazivo

- plod a dítě do jednoho roku
- rychlý zdroj energie
- typická lokalizace – mezi lopatkami, podpažní jámy, nervový plexus průušní žlázy, mezihrudí, v okolí ledvin, slinivky břišní, tenké střevo
- 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 cytoplasmě
- leptin (adipokininy)

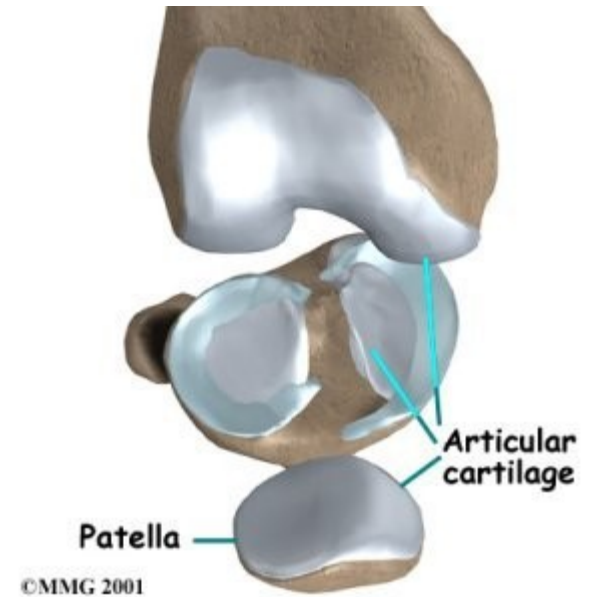


PŘESTÁVKA



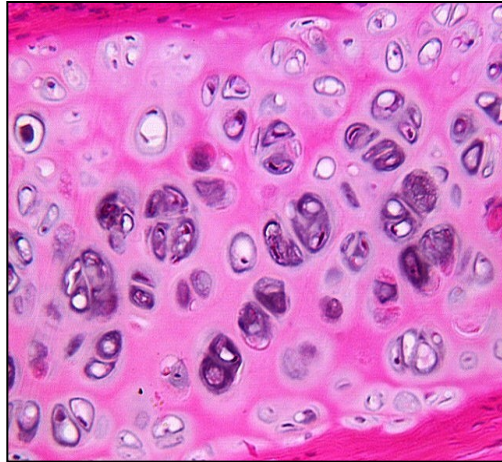
Chrupavka

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



Složení a struktura

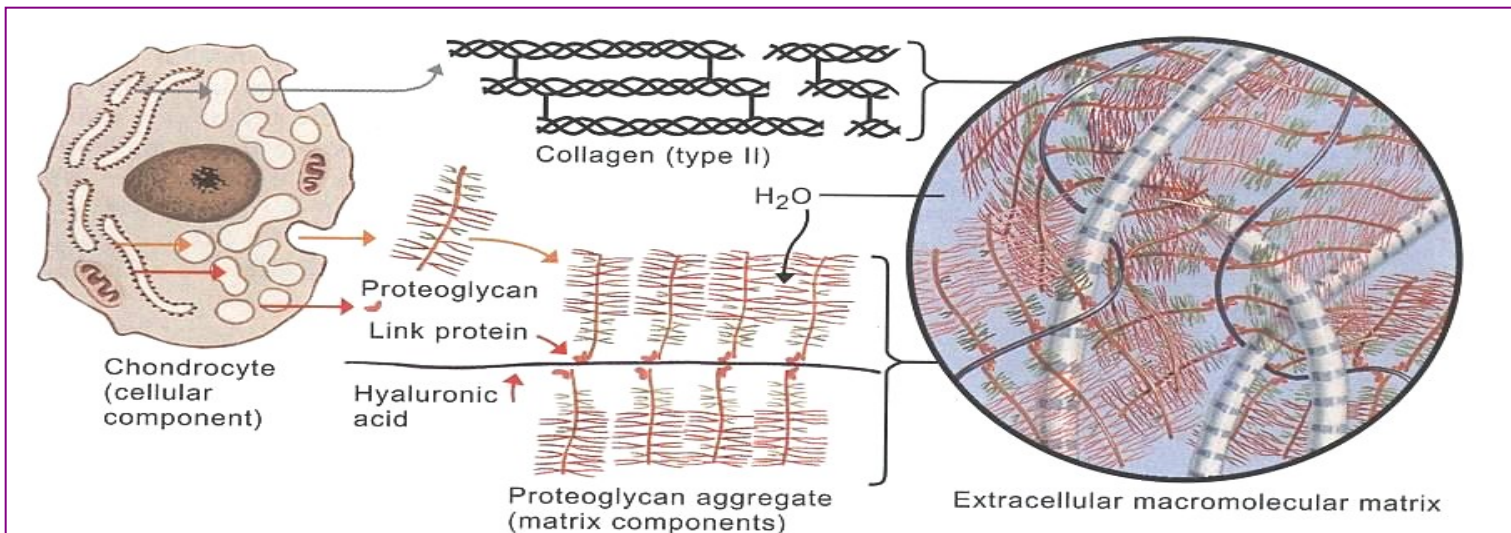
- perichondrium – vazivový obal chrupavky (chybí u kloubních spojení)
- chondroblasty, chondrocyty
- mezibuněčná matrix (kolagenní a elastická vlákna, amorfní hmota)



Kolagen typu II

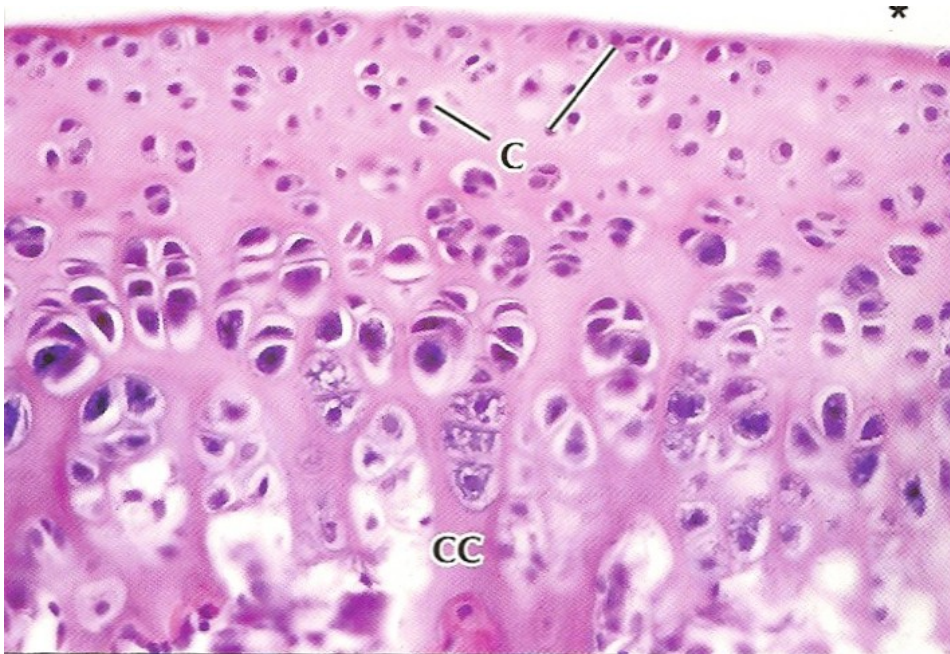
Proteoglykanové agregáty – glykosaminoglykany

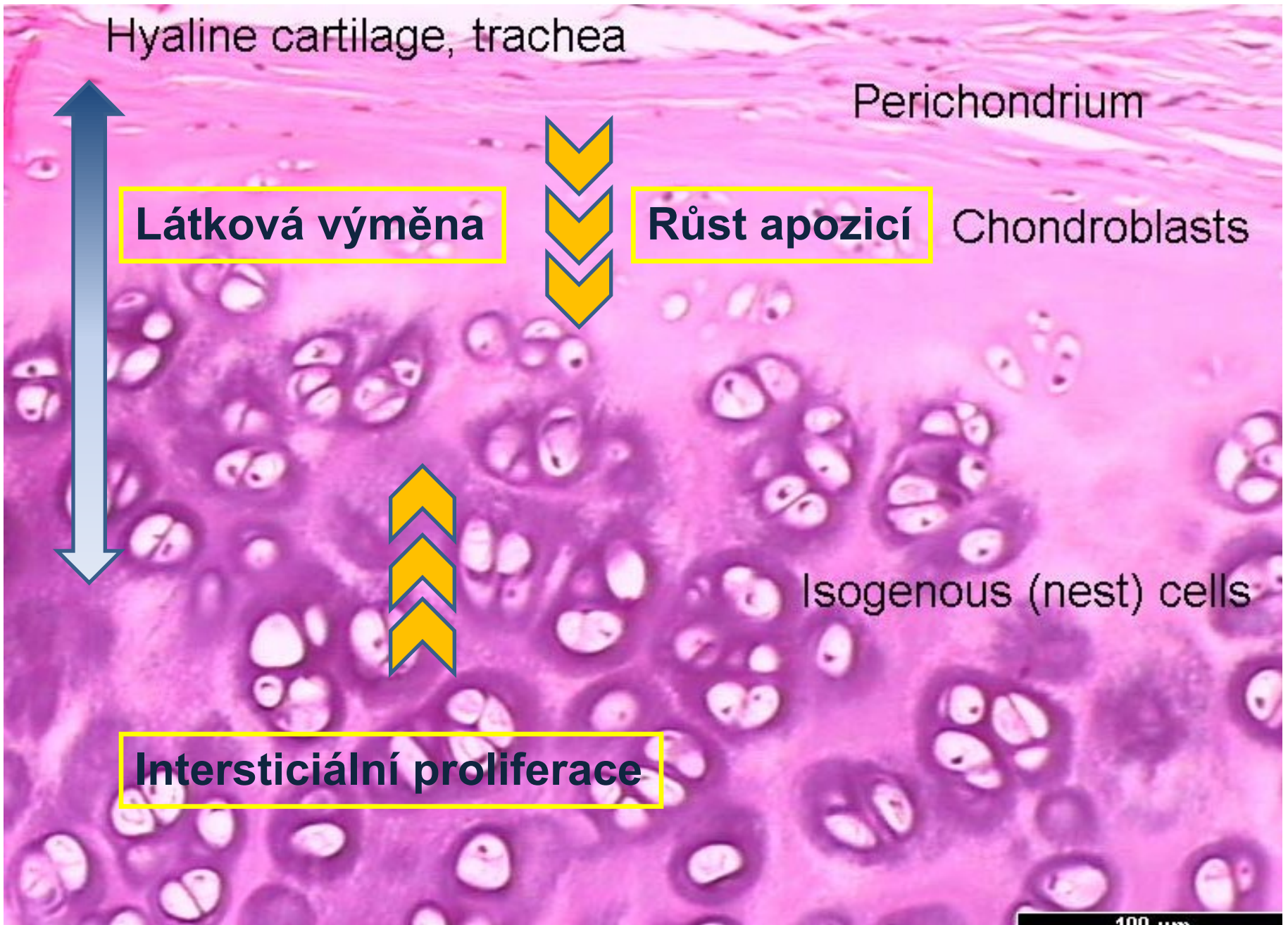
Hydrofilní charakter – zadržuje vodu
→ nízké tření → hladký pohyb kloubů



Hyalinní chrupavka

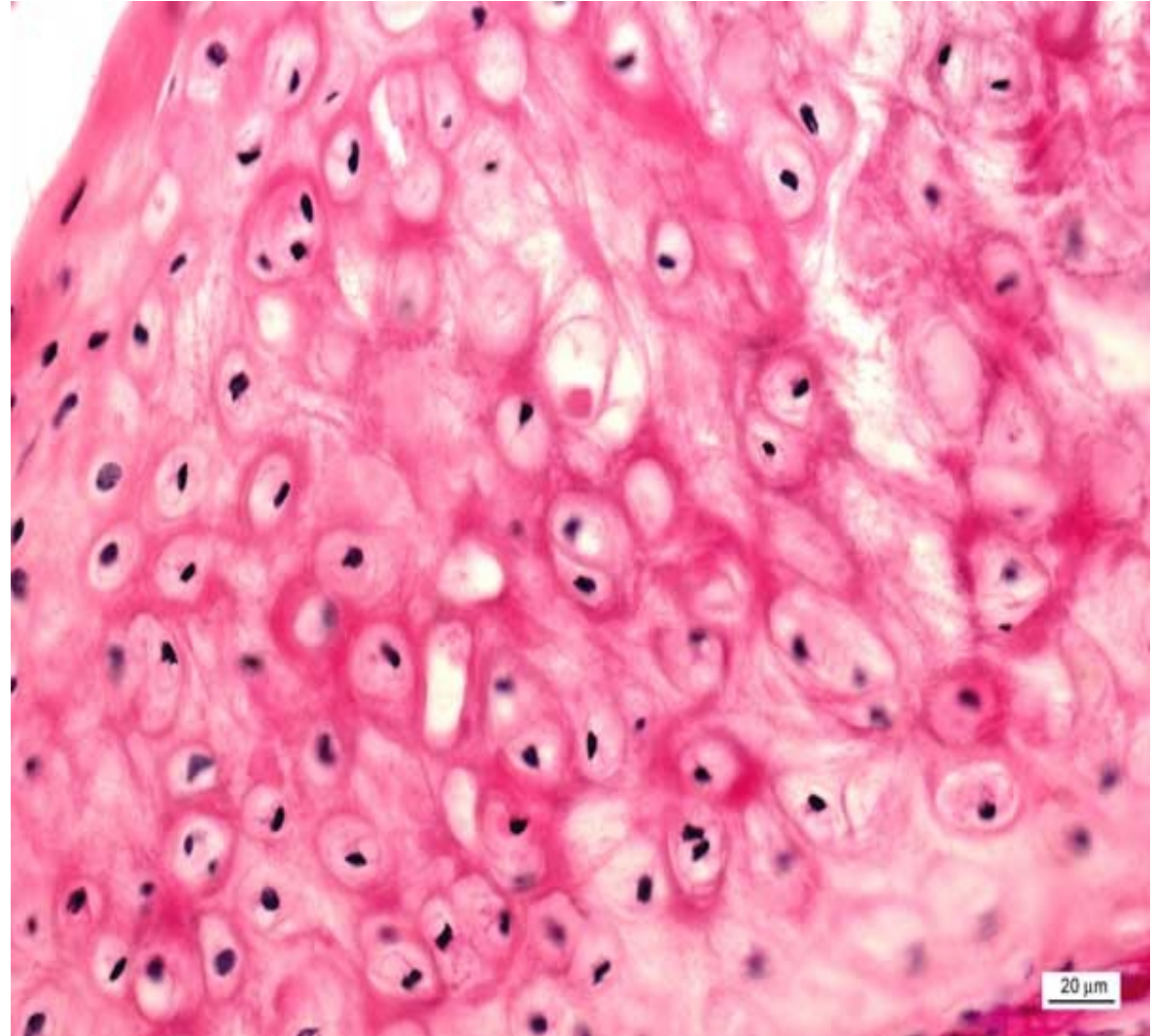
- nejběžnější typ
- dočasný skelet zárodku
- epifyzální růstová ploténka
- artikulační (kloubní) plochy, dýchací cesty, napojení žebíř na hrudní kost
- izogenetické skupiny





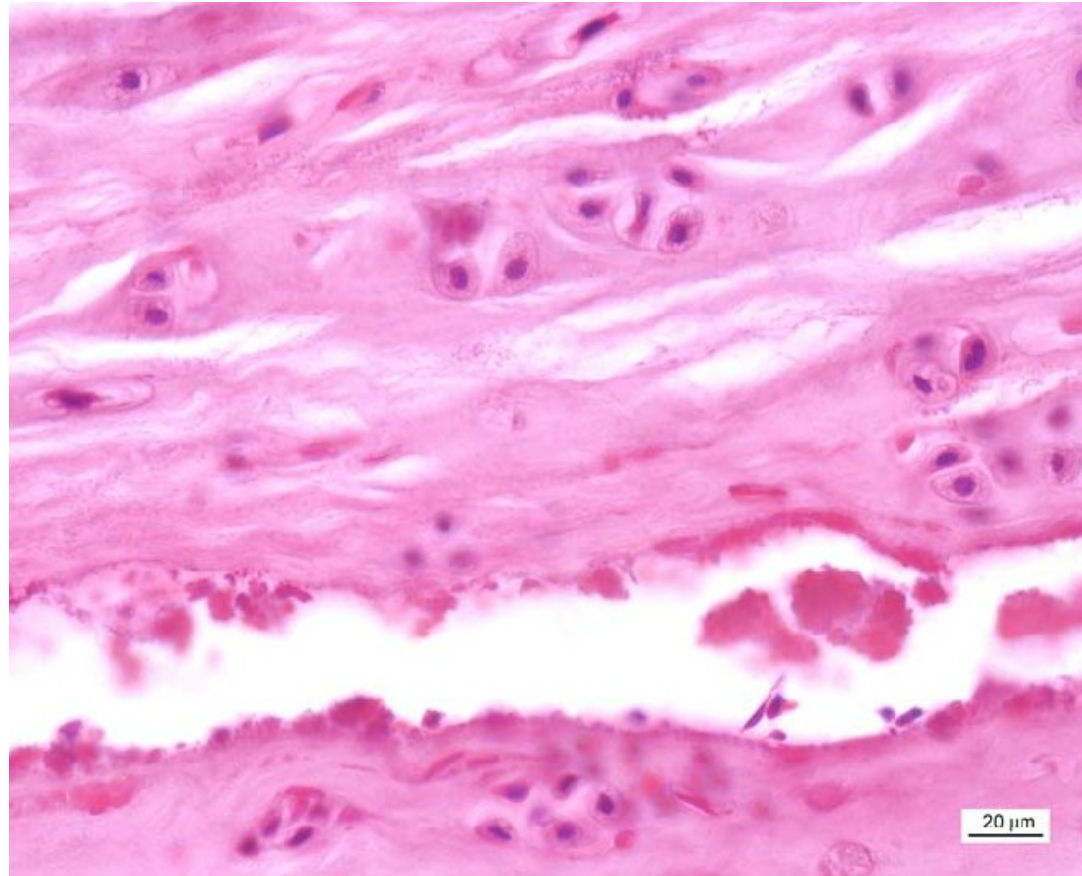
Elastická chrupavka

- elastická vlákna v amorfní hmotě
- chondrocyty tvoří 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

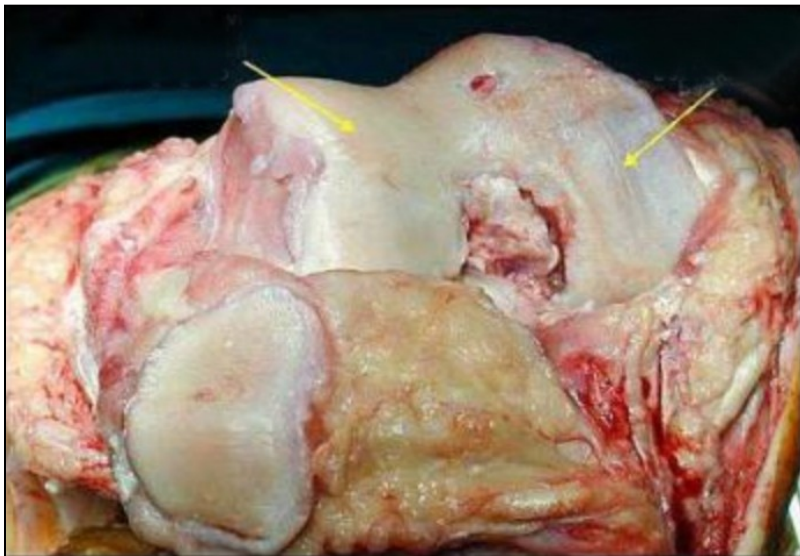
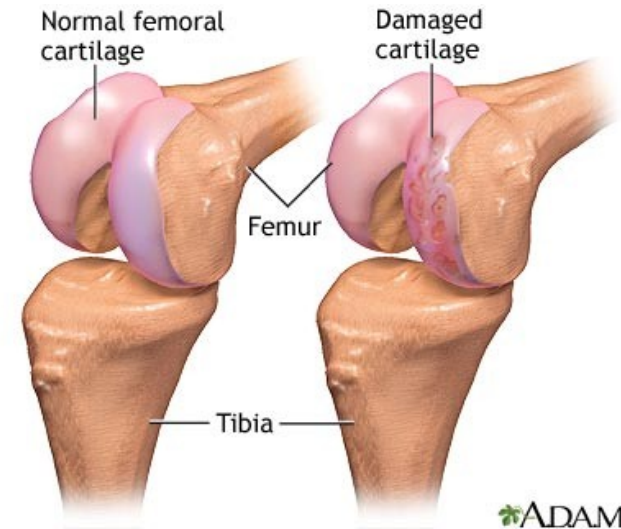


Klinické souvislosti – poškození chrupavky

Chrupavka není inervovaná a vaskularizovaná – minimální potenciál spontánní regenerace

Chondrocyty nemigrují do místa poškození

Poškození chrupavky vyvolává kaskádu degenerativních dějů, které mohou vést k poškození kloubu (artritida)



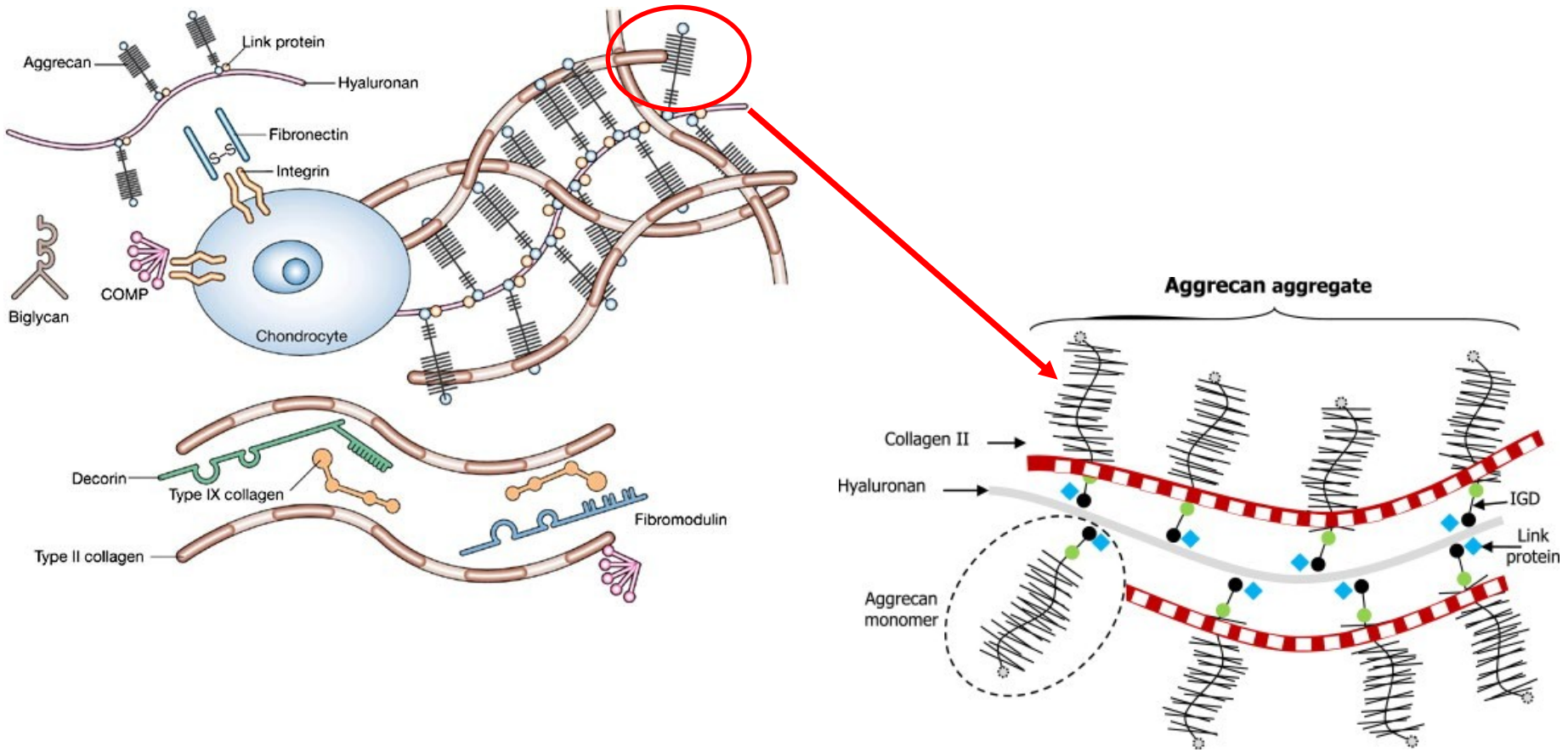
Terapie zajišťuje

- hladký pohyb kloubu
- původní biomechanické/biochemické vlastnosti chrupavky
- brání rozvoji dalšího poškození

Klinické souvislosti

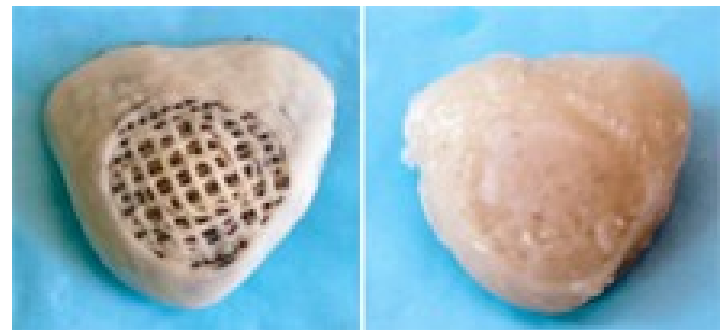
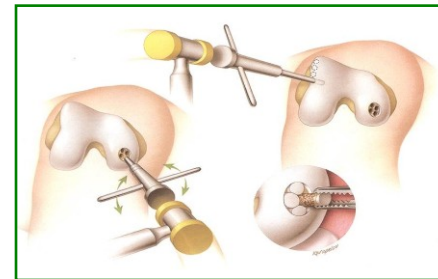
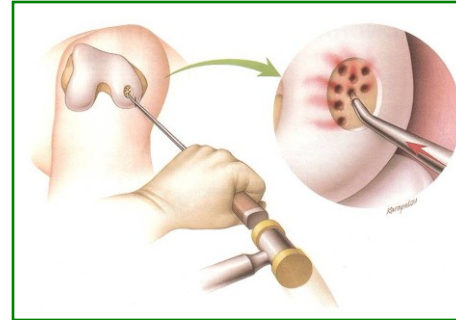
Aggrecan

Přítomnost aggrecanu v plasmě nebo synoviální tekutině může předpovídat rozvoj kloubního poškození

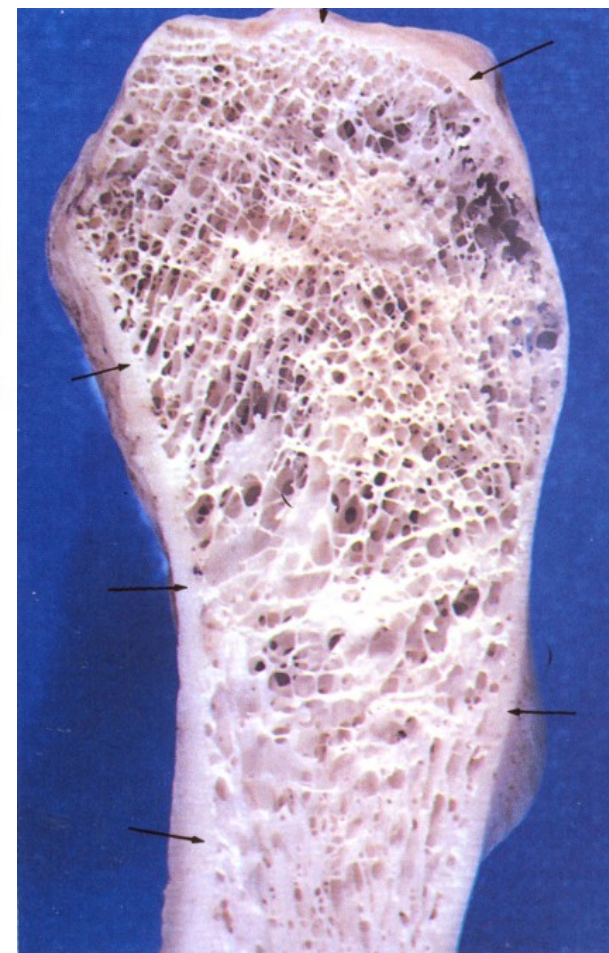
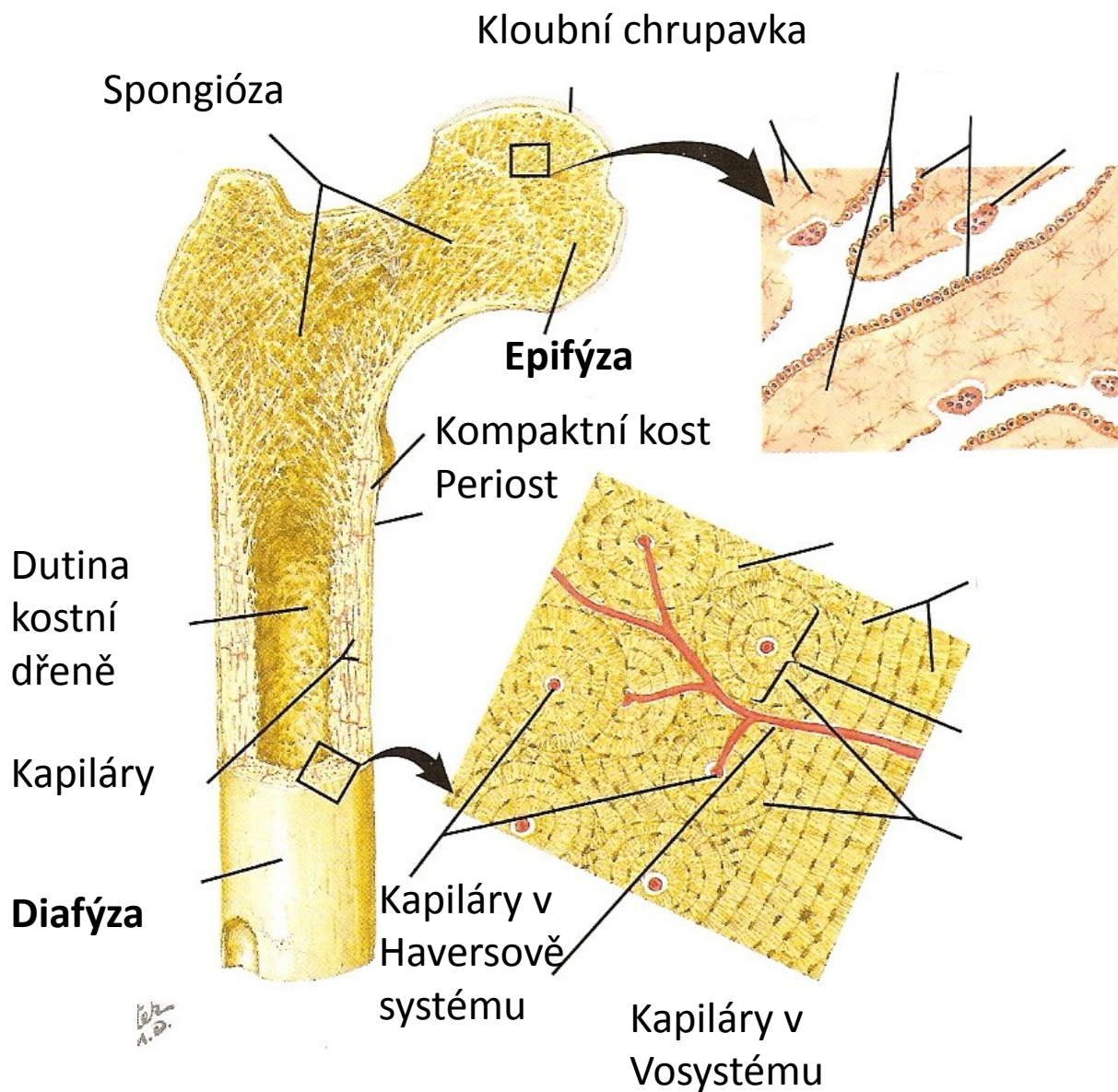


Klinické souvislosti

- Chirurgické odstranění poškozené tkáně
- Aktivace buněk kostní dřeně (mikroabraze, mikrofraktury)
 - nevedou k obnově typické hyalinní chrupavky, vzniká spíše vazivová chrupavka
- Autologní chondrotransplantace
- Autologní implantace chondrocytů
- Buněčná terapie a 3D nosiče
 - nosiče podporující buňky dřeně obnovující chrupavku
 - podpora růstu a diferenciaci vhodných buněčných populací pomocí specifických molekul (růstových faktorů)
 - mesenchymální kmenové buňky

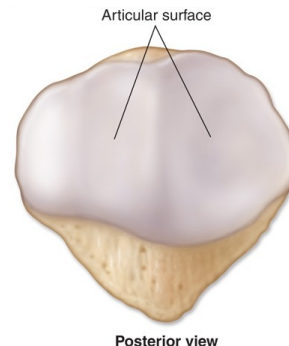
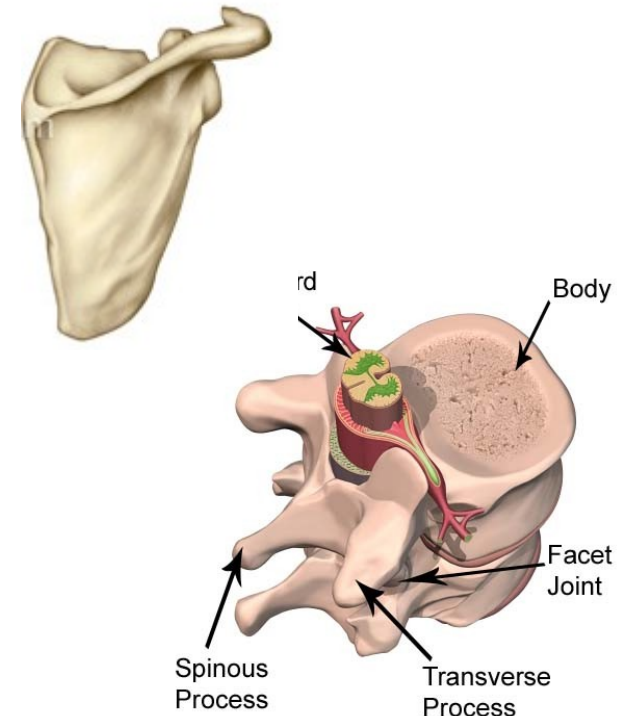
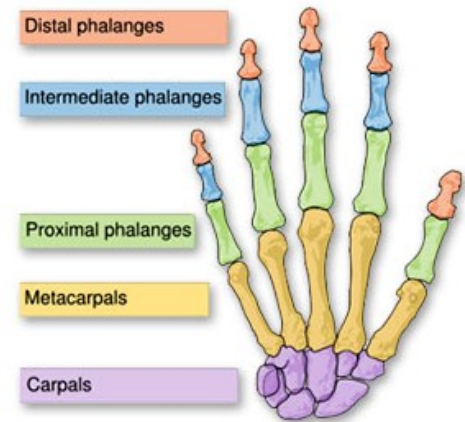


Kost a kostní tkáň



Obecná klasifikace kostí

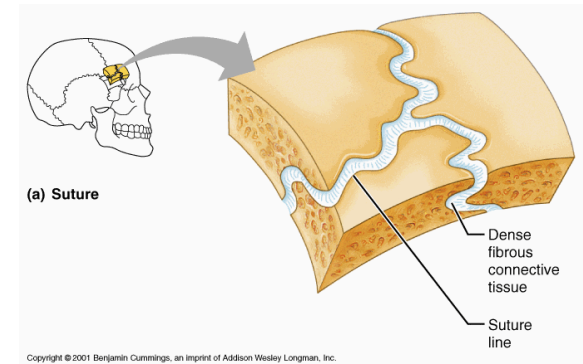
- **dlouhé kosti**
 - diafýza, epifýza, metafýza, medulární dutina
 - tibie, metakarpální kůstky
- **krátké kosti**
 - kompaktní kost na povrchu, spongióza uvnitř
 - např. karpální kůstky
- **ploché kosti**
 - dvě vrstvy kompaktní kosti, uvnitř spongióza
 - lebka, sternum, lopatka
- **sezamkové**
 - patella
- **nepravidelné**
 - obratle, jazyka



Kostrové spoje

Synartrózy

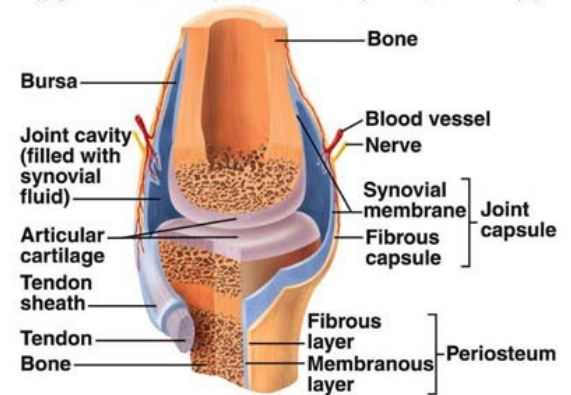
- Spojení vloženou tkání (chrupavka, kost nebo vazivo)
 - Synostózy – spojení kostní tkání – os coxae, os sacrum
 - Synchrondrózy – spojení hyalinní chrupavkou – vývojové stádium osifikace synostóz
 - Symfýza – spojení vazivovou chrupavkou – os pubis, meziobratlové ploténky
 - Syndesmózy – husté kolagenní uspořádané vazivo – sutury lebky, spojení zubu a kostního lůžka (gomphosis)



Diartrózy

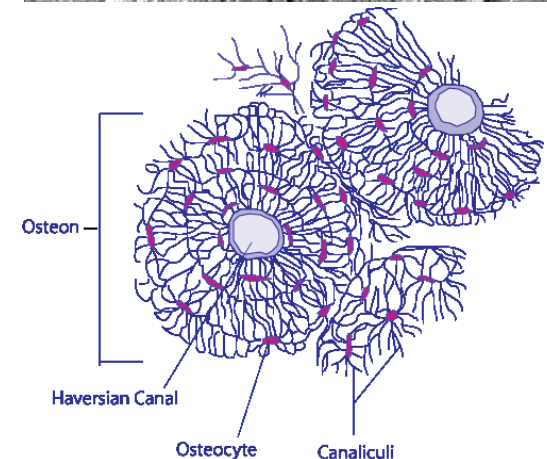
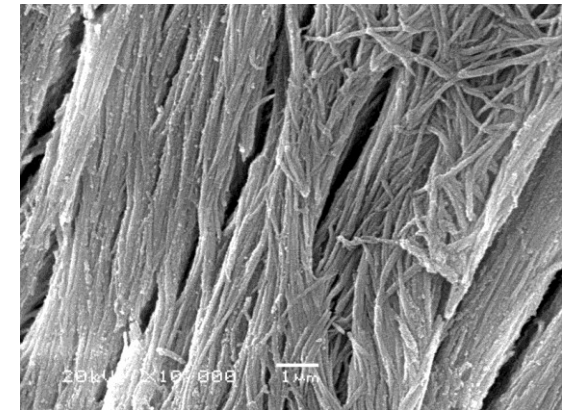
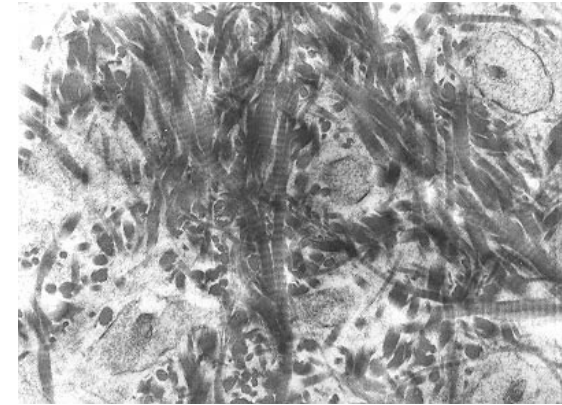
- Kloubní spojení
 - Hyalinní chrupavka bez perichondria
 - Architektura chrupavky – uspořádání vláken i chondrocytů
 - Kalcifikace chrupavky v oblasti připojení ke kosti
 - Kloubní pouzdro
 - Stratum fibrosum
 - Stratum synoviale
 - Meniskus – vazivová chrupavka, avaskulární, bez inervace
 - Kloubní vazy – husté kolagenní uspořádané vazivo, elastická vlákna
 - Šlachové pochvy a tíhové váčky – stavba kloubního pouzdra

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



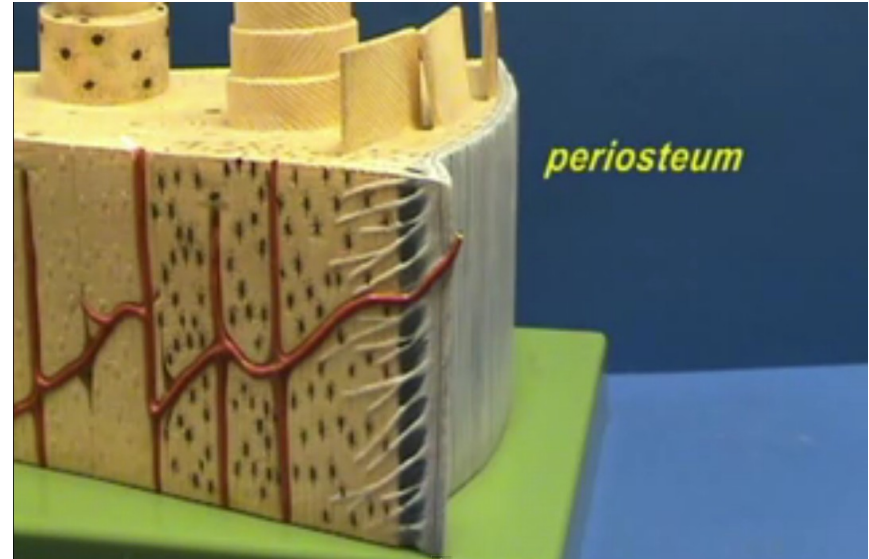
Histologická klasifikace kostí

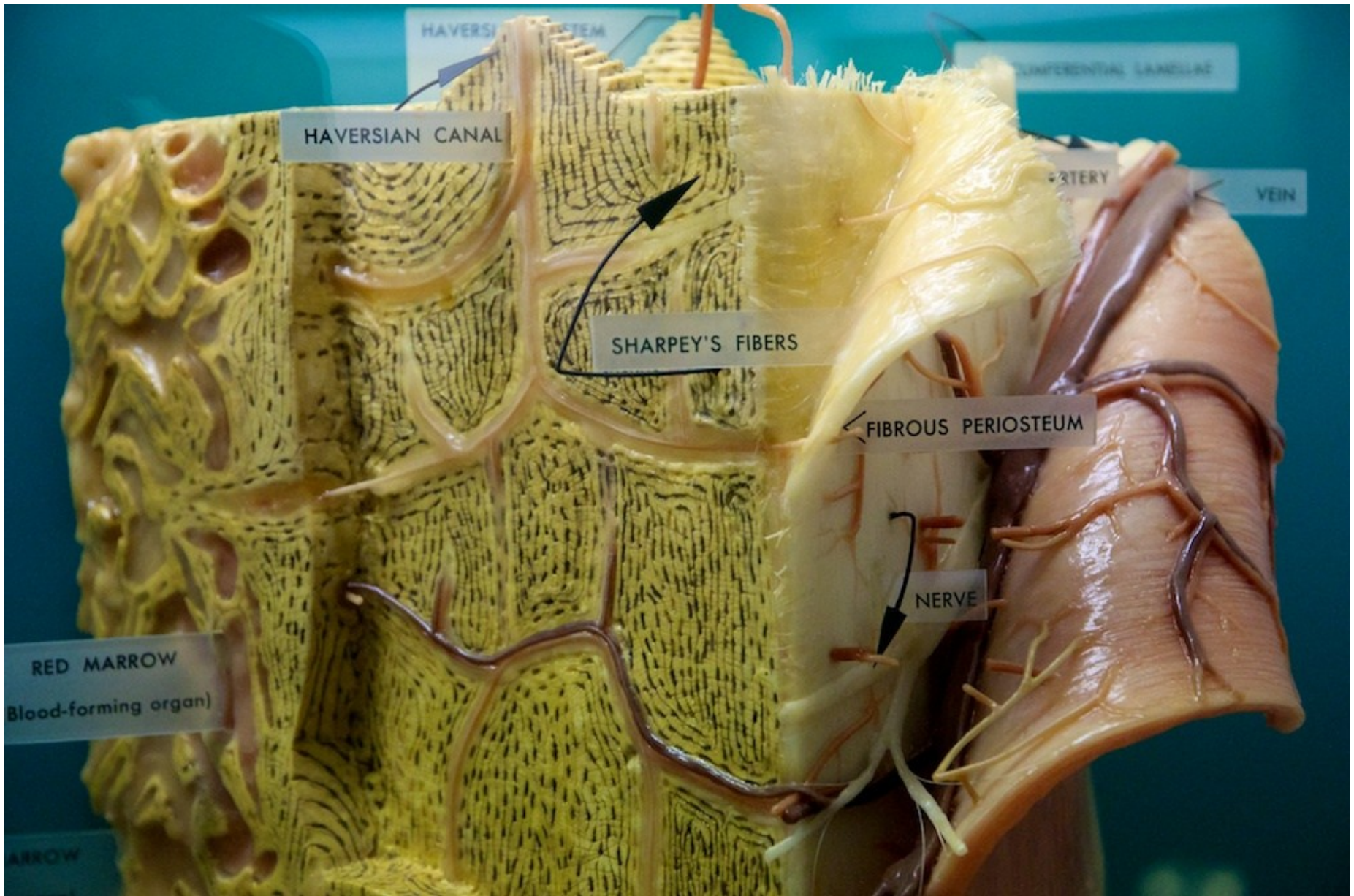
- **Primární (nezralá, vláknitá)**
 - Dočasná, vzniká při růstu a regeneraci kostí; kolagenní fibrily plst'ovitě uspořádané
 - Nahrazuje ji později sekundární kost
 - Pouze v některých oblastech - ploché švy lebky, výčnělky kostí (*tuberositas ossium*), zubní cement přetrvává
- **Sekundární (zralá, lamelózní)**
 - Lamely – kolagenní vlákna uspořádána do koncentrických vrstev (3-7 μ m) obklopující kanálek s cévami = Haversův systém (osteon)
 - Spongiózní kost
 - Lamely tvoří trámce, se strukturou podobnou kompaktní kosti
 - Konce kostí (epifýzy), krátké kosti, střední vrstva plochých kostí lebky (*diploe*)
 - Kompaktní kost
 - Zevní a vnitřní plášťové lamely, typické Haversovy kanálky
 - Volkmannovy kanálky
 - Intersticiální kanálky



Povrch kompaktní kosti

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

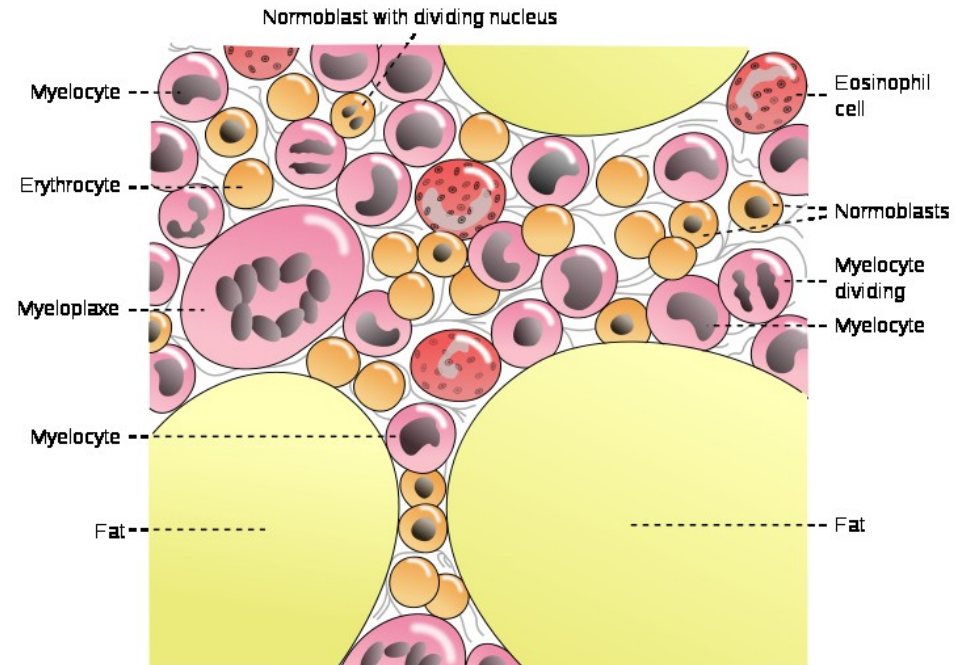
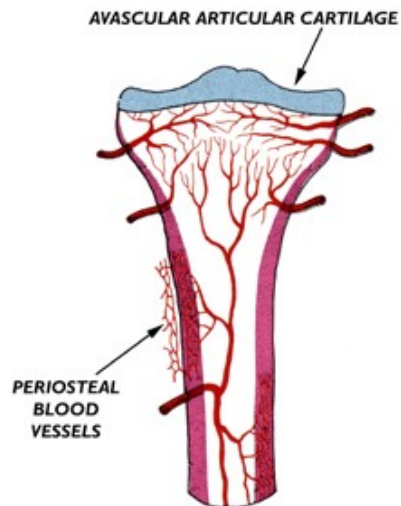


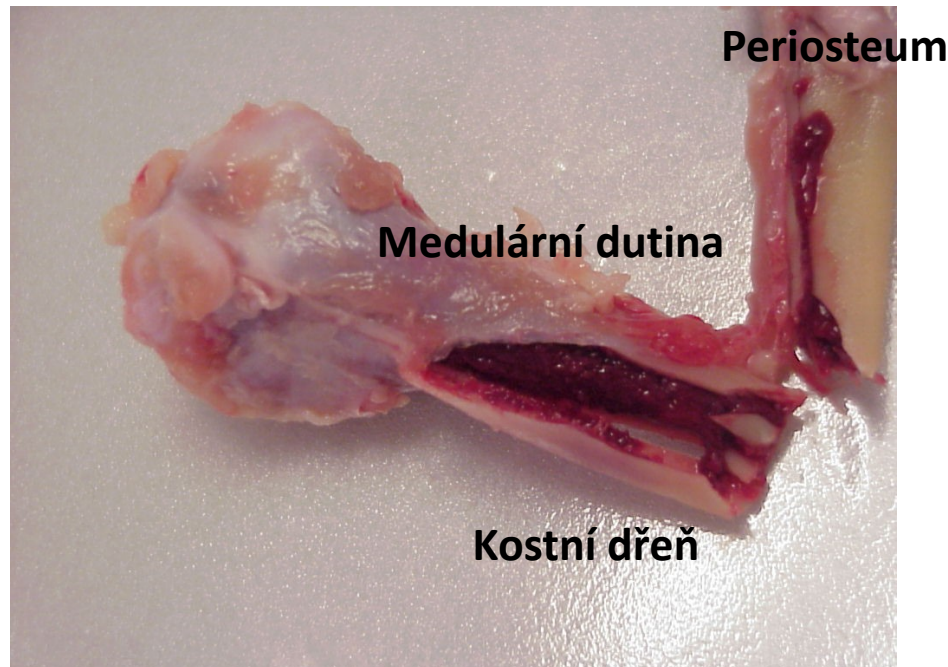
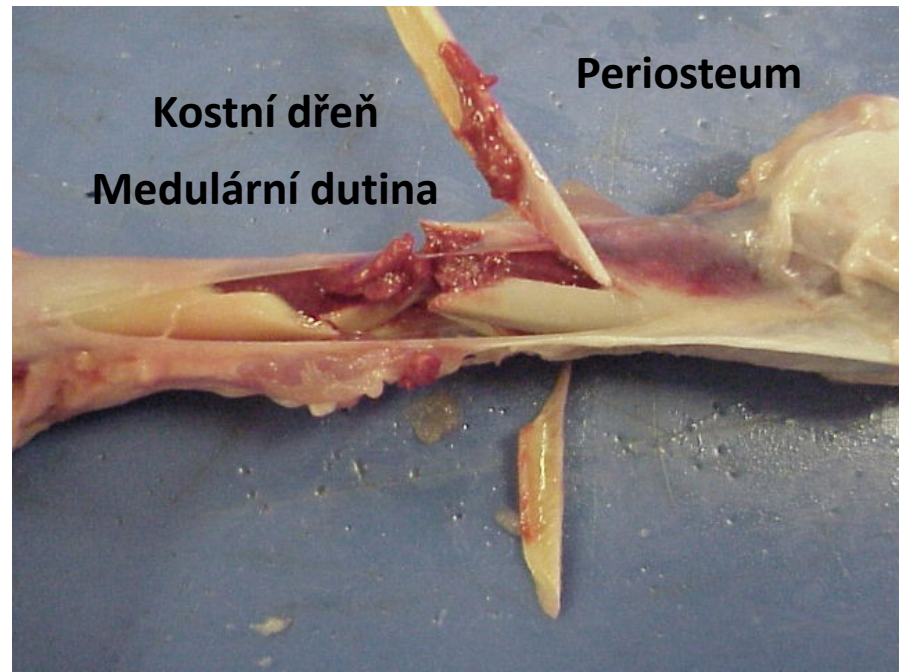


National Museum of Natural History NY, USA

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

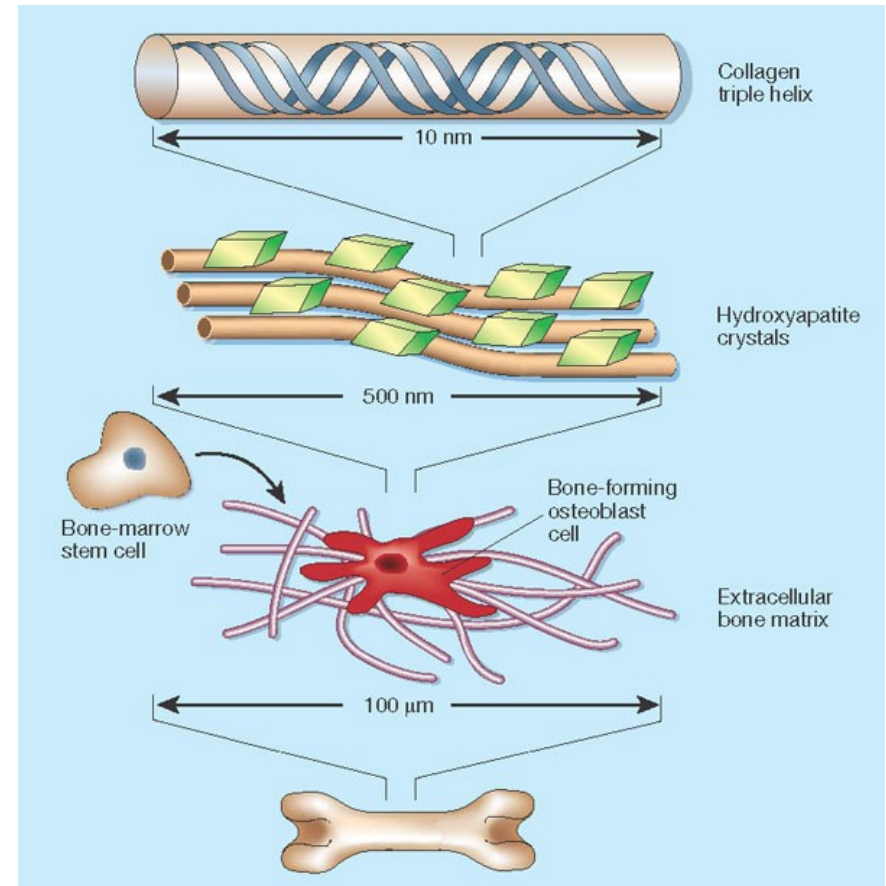
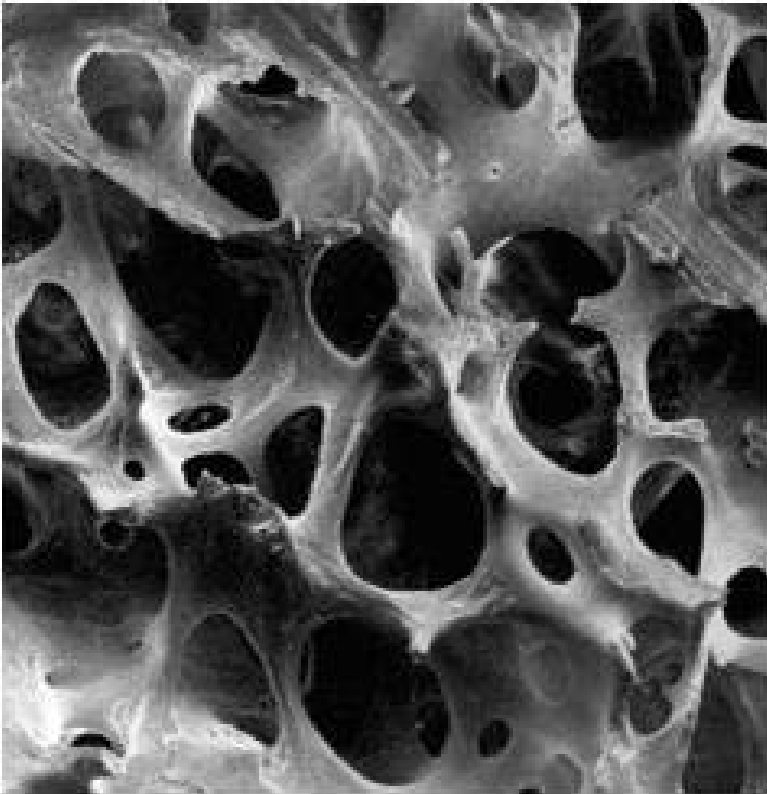




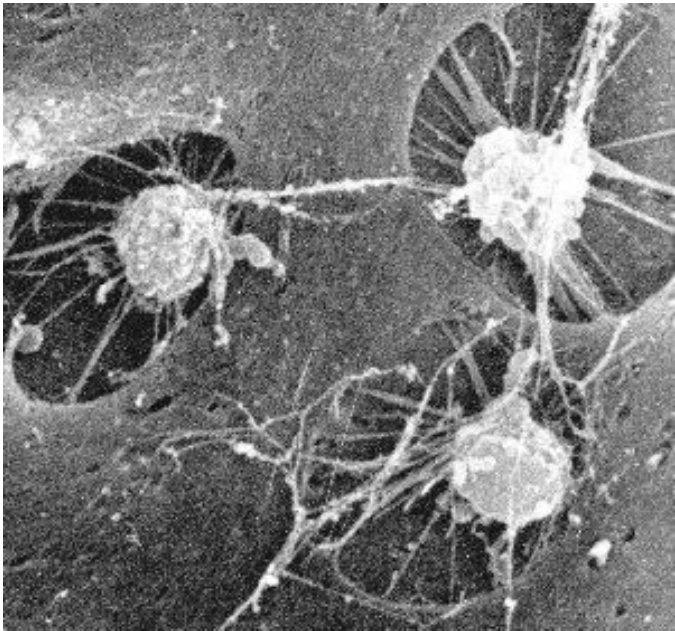
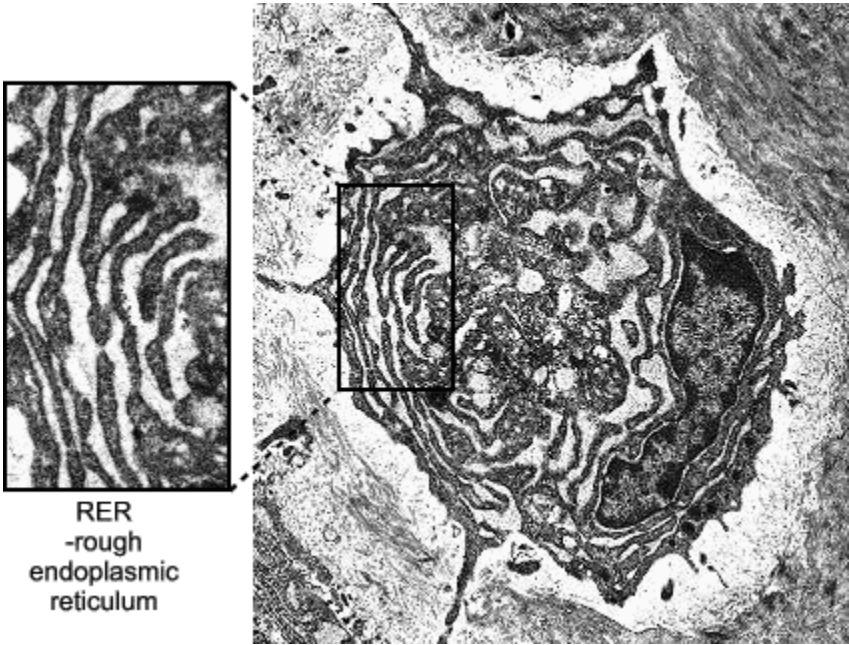
Architektura a mikroskopická stavba kostí

- **Složení kostní hmoty**

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

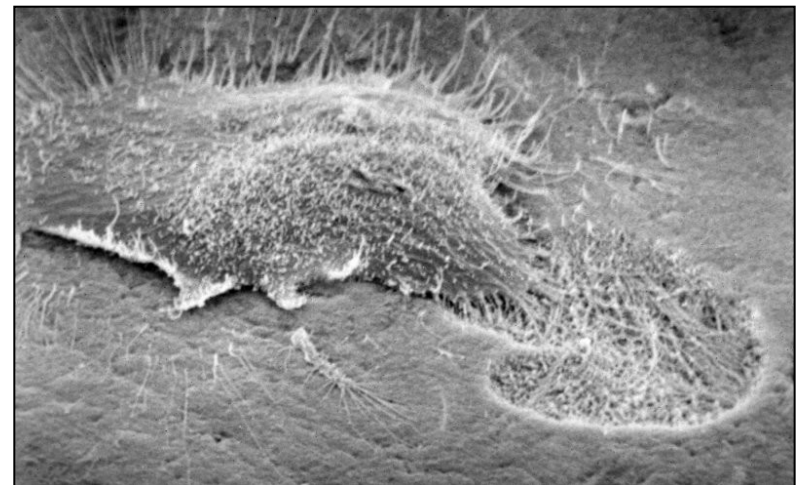
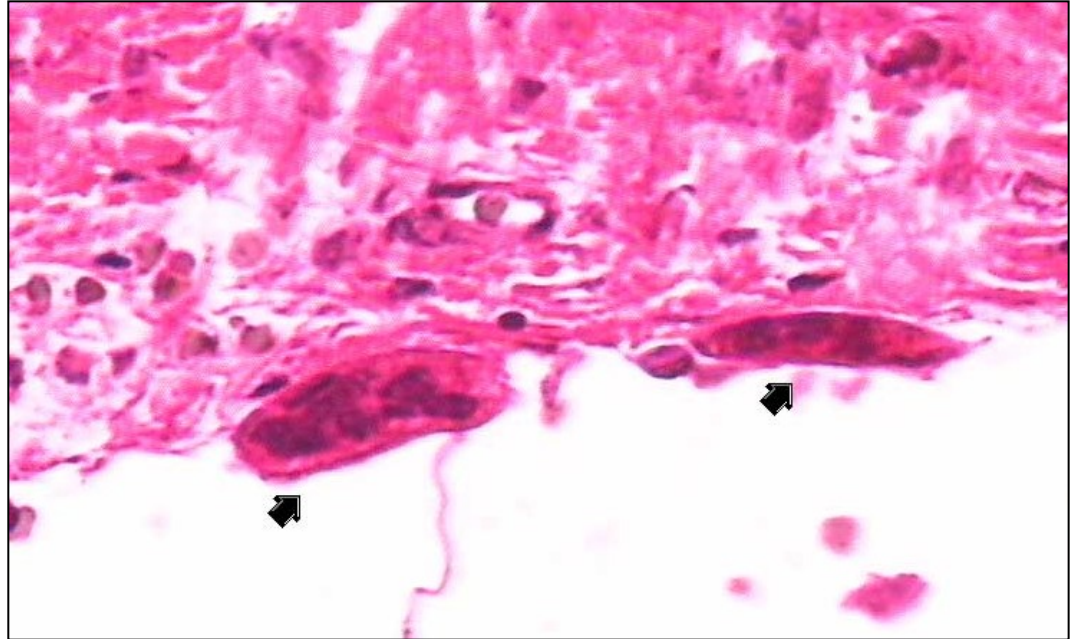
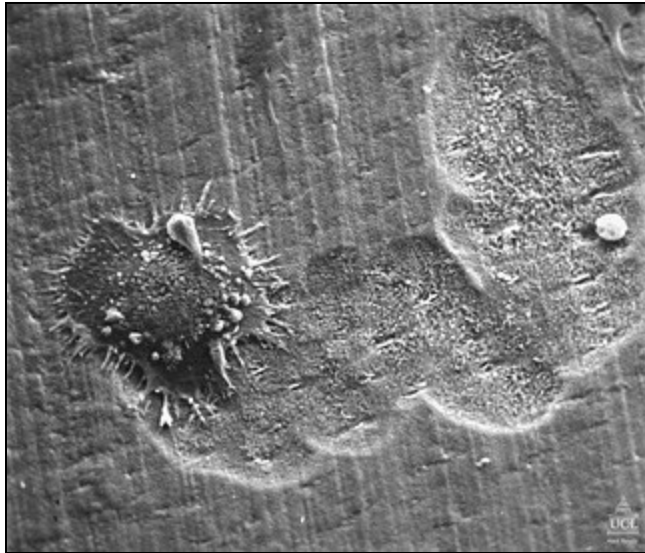


- **Kostní buňky - osteoblasty**
- specializované kostní buňky
- produkují extracelulární matrix – kolagen (I) a nekolagenní proteoglykany, glykoproteiny
- osteocyty

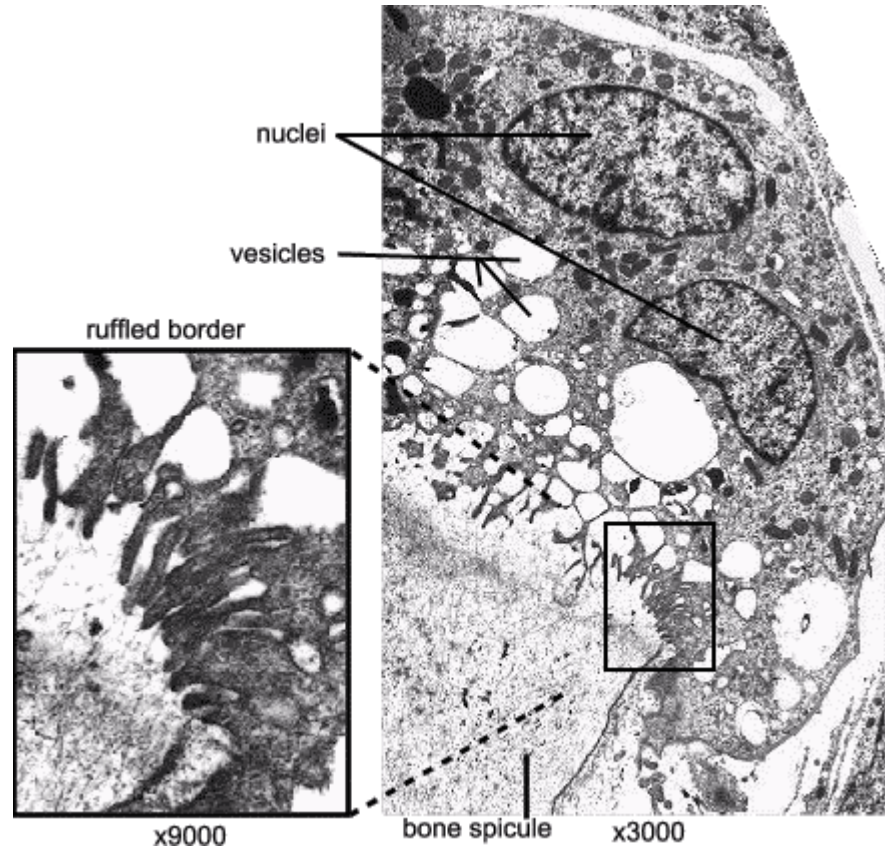
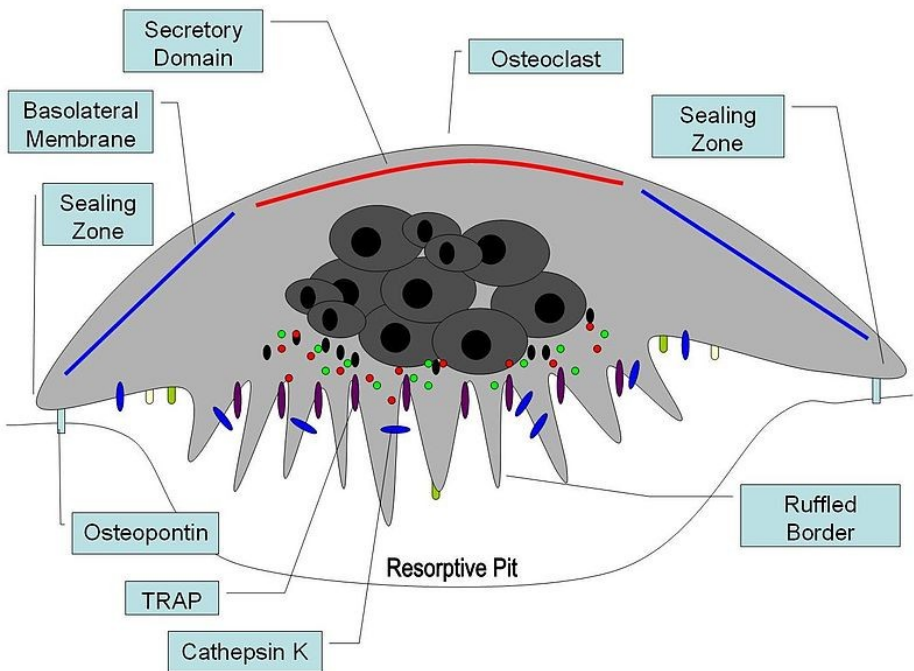


- **Kostní buňky - osteoklasty**

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



- **Kostní buňky - osteoklasty**
- složitá architektura buňky
- produkují enzymy štěpící organickou složku kostní hmoty
- HCl



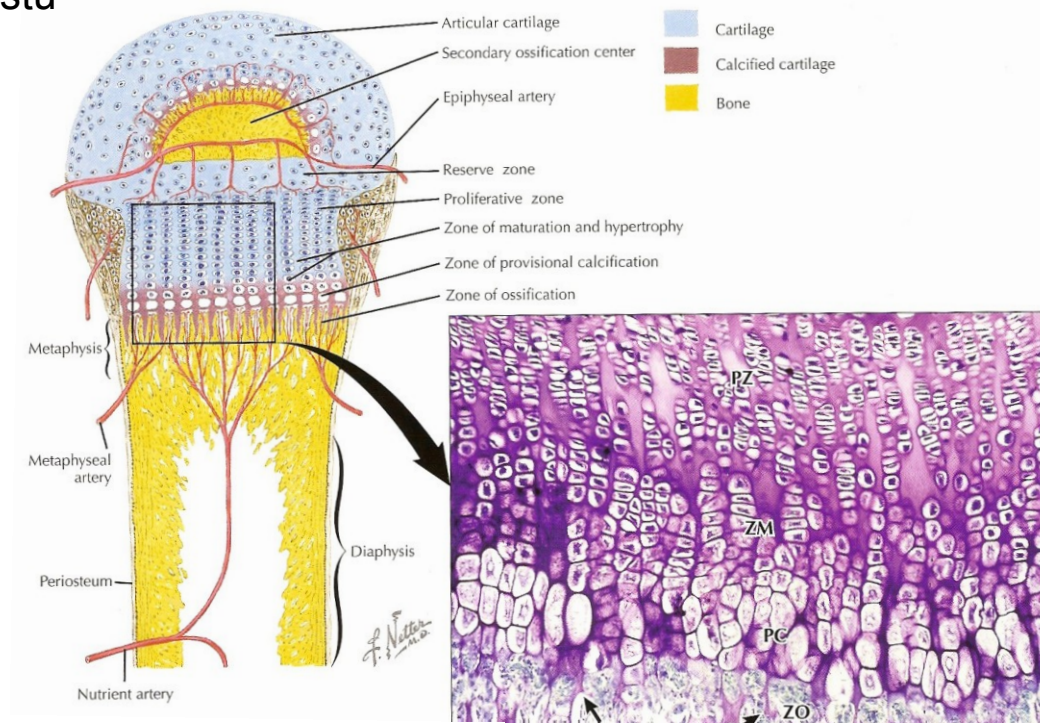
Osifikace primární kosti

Desmogenní

- Uvnitř membránových kondenzací mesenchymu
- Zejména ploché kosti

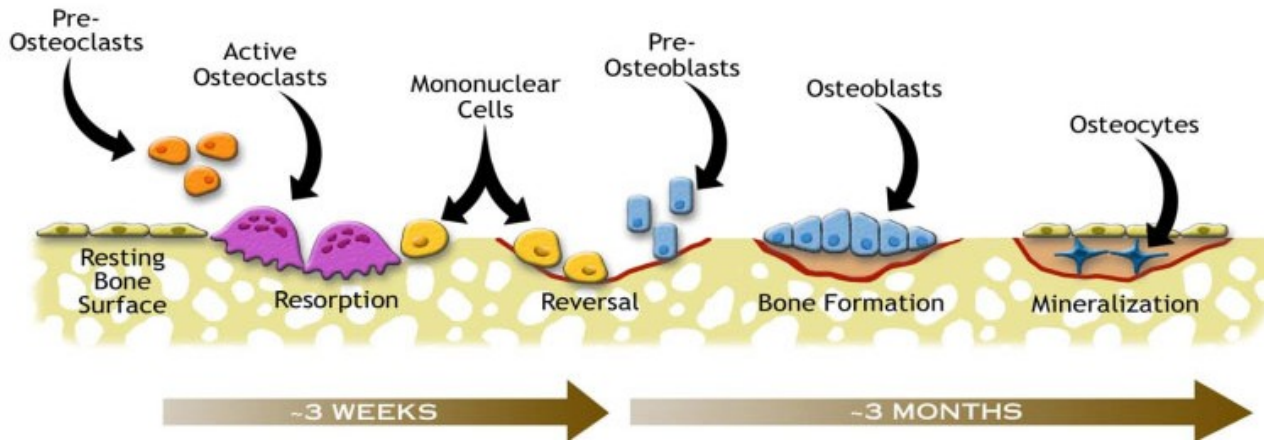
Chondrogenní

- Náhrada hyalinní chrupavky kostí
 1. Chrupavčitý model
 2. Periostální kostní límec
 3. Proliferace a hypertrofie chondroblastů
 4. Kalcifikace
 5. Vznik primární dřevové dutiny
 6. Tvorba periostálního pupenu
 7. Osifikace



Osifikace sekundární kosti

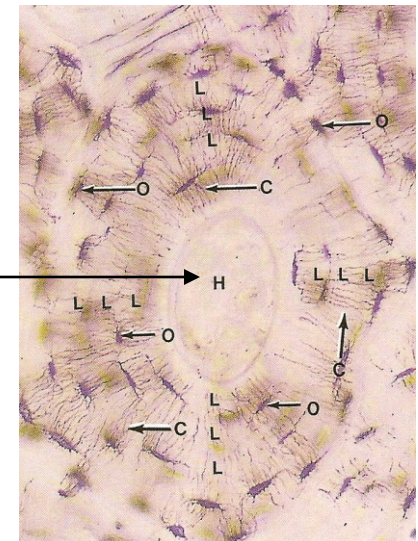
Remodelace primární nebo stávající sekundární kosti



<http://ns.umich.edu/Releases/2005/Feb05/img/bone.jpg>

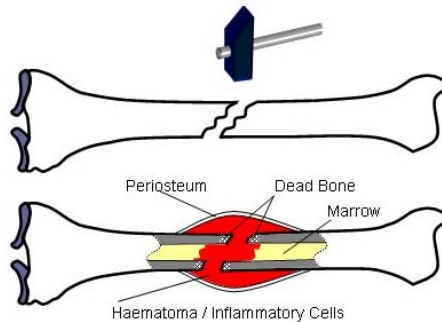
Ukládání kostní hmoty v podobě koncentrických lamel kolem cév –
osteon = Haversův systém

Uvnitř kanálu - vaskularizace,
inervace

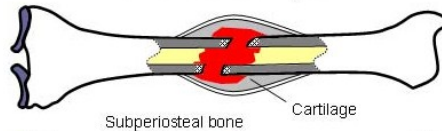


Hojení zlomenin

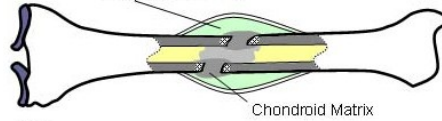
Zánět



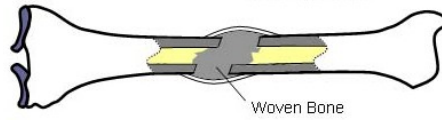
Měkký kalus



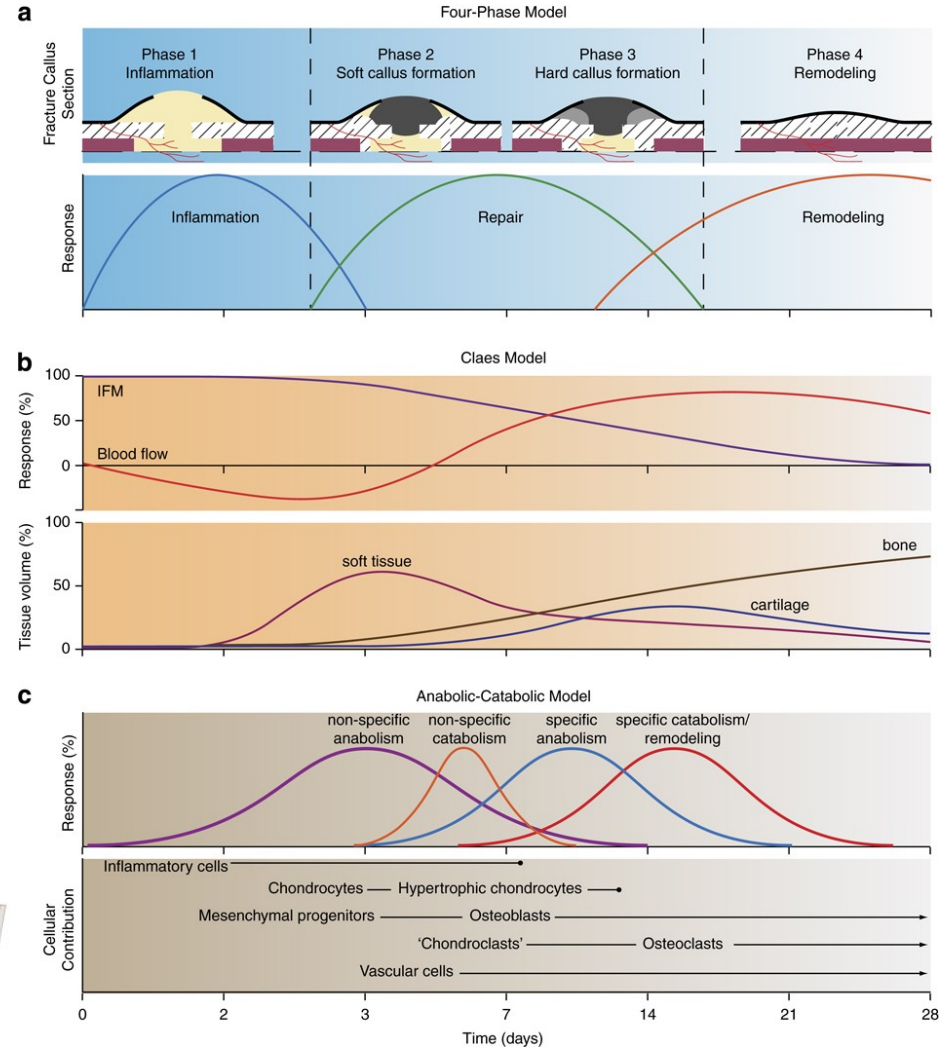
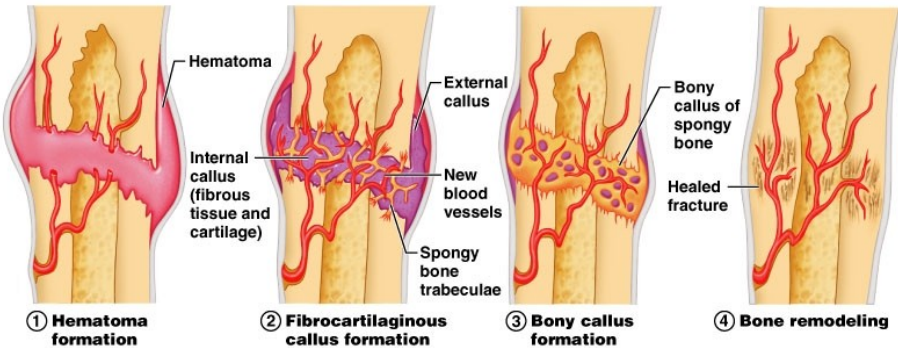
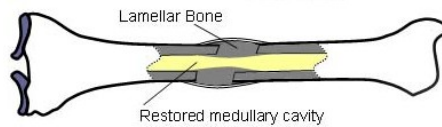
Tvrký kalus



Osifikace primární kosti



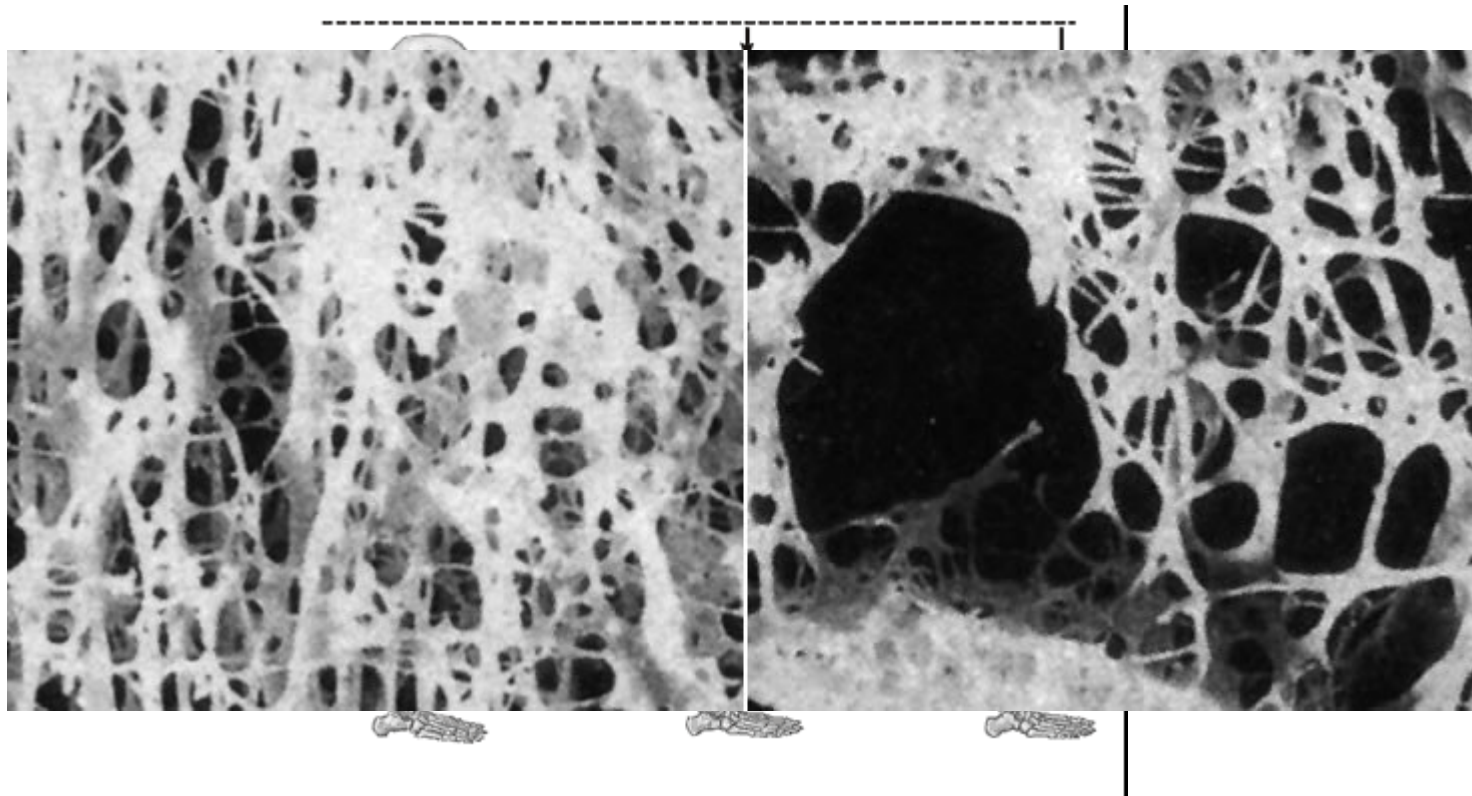
Remodelace a vznik sekundární kosti



Aktivní imunologický, metabolický
a regenerační proces

Klinické souvislosti

- Poruchy remodelace kostní tkáně – OSTEOPORÓZA

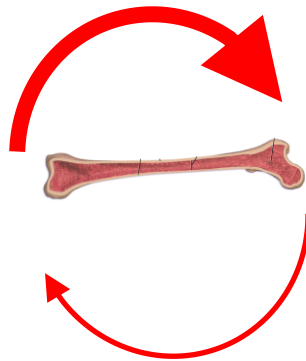


Klinické souvislosti

• 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)

Resorpce



Depozice



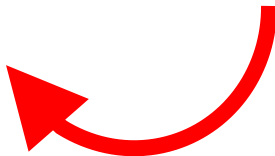
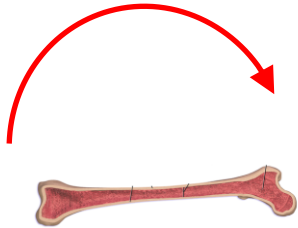
- léčba: **antiresorpční látky** (bisfosfonáty, estrogenové analogy), **stimulace novotvorby** kostní hmoty, **výživa, pohyb**

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)

Resorpce



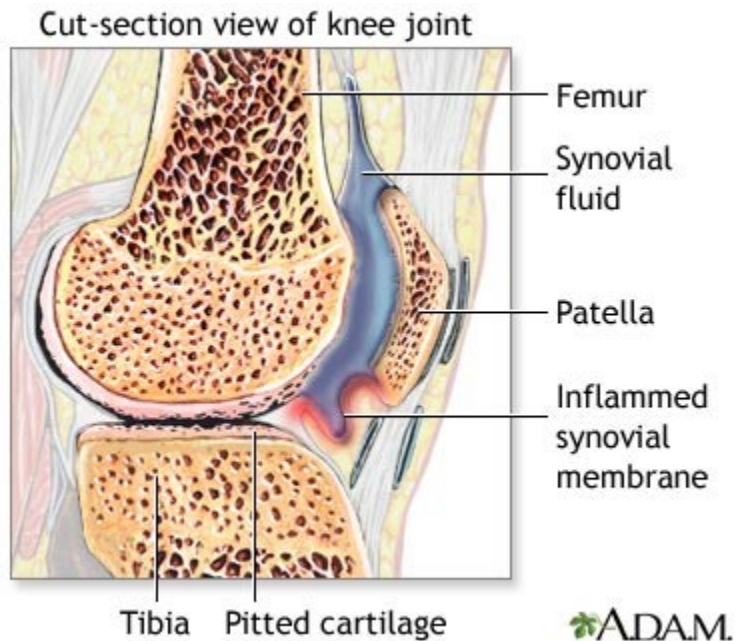
Depozice



Klinické souvislosti

• Revmatoidní artritida

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



Děkuji za pozornost



Petr Vaňhara, PhD.
Ústav histologie a embryologie LF MU

www.med.muni.cz/histol/histolc.html

pvanhara@med.muni.cz