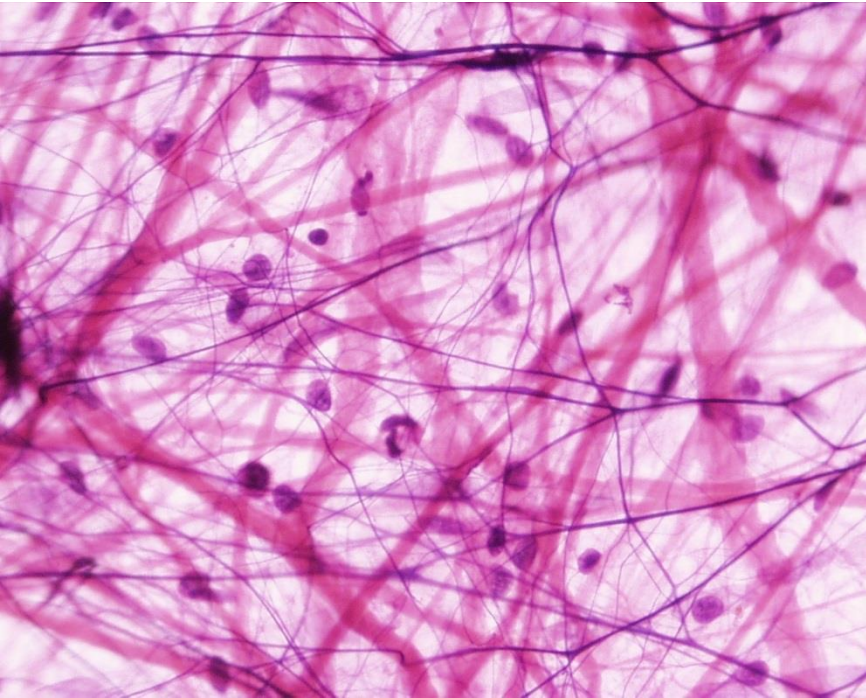
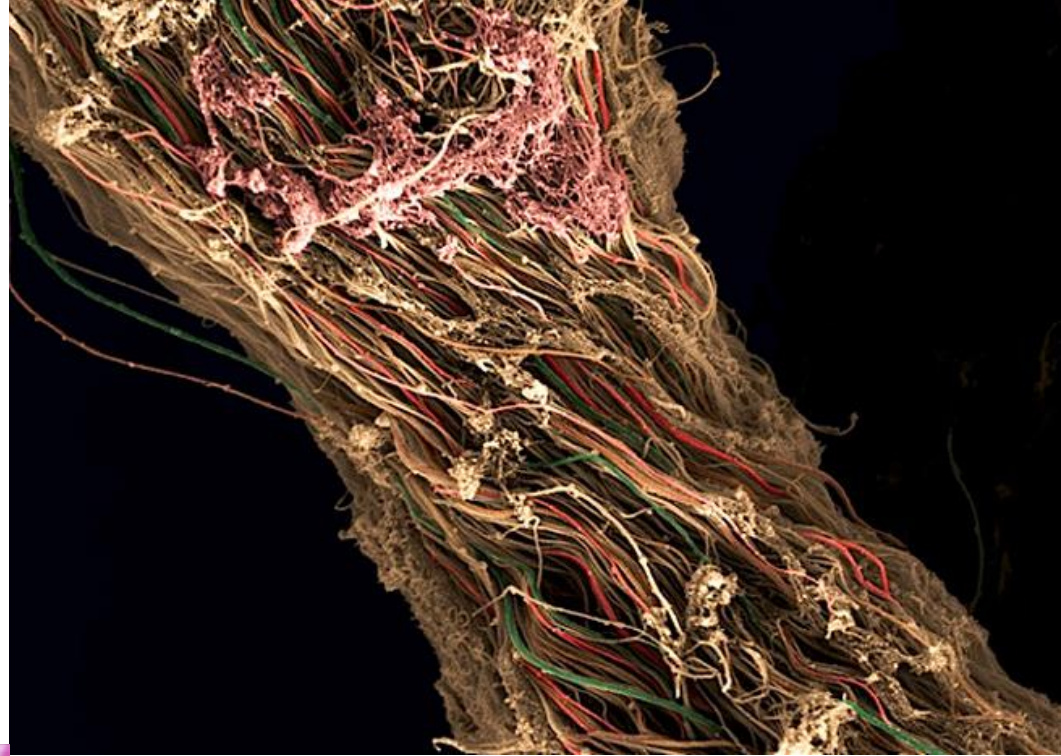


POJIVOVÉ TKÁNĚ I 2024



VAZIVO

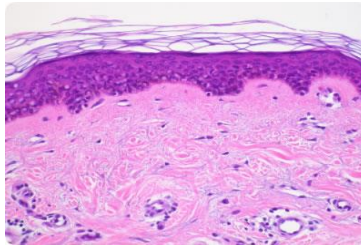
Petr Vaňhara

pvanhara@med.muni.cz

SOUČASNÁ KLASIFIKACE ZÁKLADNÍCH TYPŮ TKÁNÍ

Na základě **morfologických** a **funkčních** znaků

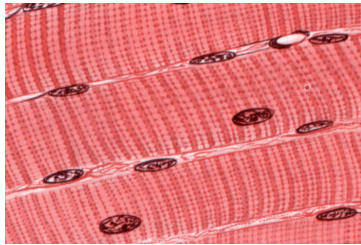
Epitelová



Kontinuální, avaskulární vrstvy buněk s různou funkcí, orientovaných do volného prostoru, se specifickými mezibuněčnými spoji a minimem mezibuněčného prostoru a ECM

Deriváty všech tří zárodečných listů

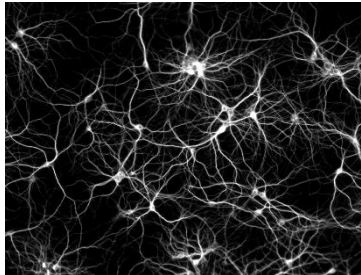
Svalová



Obsahují myofibrily → schopnost kontrakce

Derivát mezodermu - KS, myokard, mezenchymu - HS

Nervová

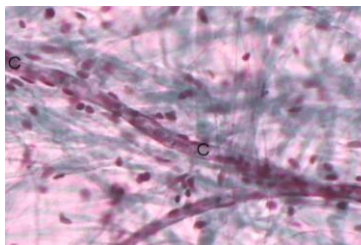


Neurony a neuroglie

Příjem a přenos elektrického vzruchu

Derivát ektodermu

Pojivová



Dominantní přítomnost extracelulární matrix

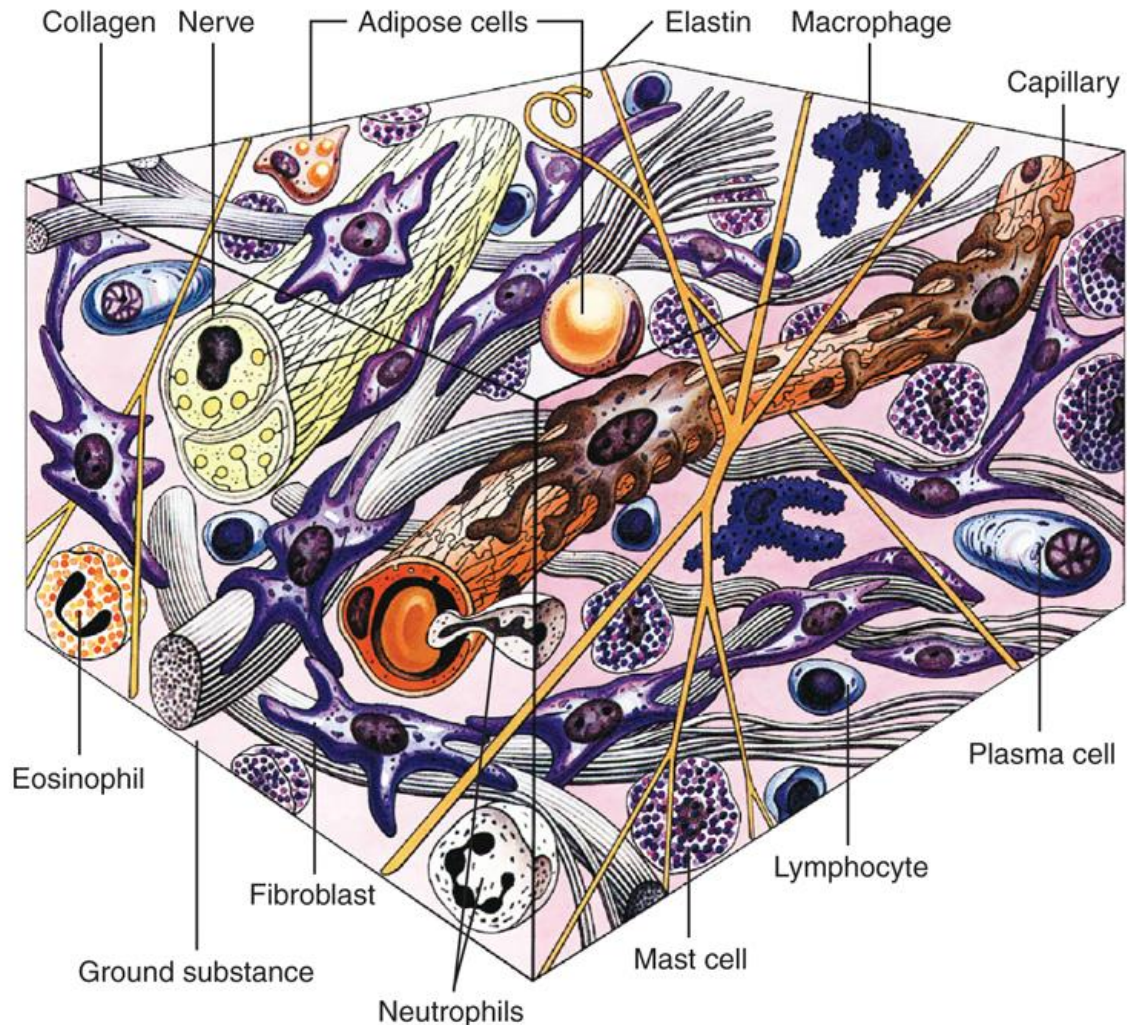
Vazivo, chrupavka, kost, tuková tkáň

Derivát zejména mezenchymu

POJIVOVÁ TKÁŇ A JEJÍ FUNKCE

Funkce pojivových tkání je podmíněna jejich **biologickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi**

- Spojování ostatních tkání
- Kompartmentalizace
- Opora
- Zajištění vhodného fyzikálního a chemického prostředí
- Imunologická podpora
- Uchovávání zásobních látel
- Homeostáza a regenerace
- Molekulární interakce



OBECNÉ SLOŽENÍ POJIVOVÝCH TKÁNÍ

Všechny tkáně včetně pojivových jsou složeny z **buněk** a **mezibuněčné hmoty**

Buňky pojivové tkáně

Trvalé a přechodné buněčné populace

- fibroblasty/myofibroblasty
- buňky imunitního systému
- fagocytující buňky
- adipocyty
- adultní kmenové buňky
- specializované buňky chrupavky (chondroblasty/chondrocyty)
- specializované buňky kostní (osteoblasty/osteocyty/osteoklasty)

Mezibuněčná hmota

Fibrilární komponenta (vláknitá složka)

- kolagenní
- retikulární
- elastická
- **Interfibrilární (amorfní) komponenta**
(základní hmota amorfní)
 - komplexní matrix složená z glykoproteinů a proteoglykanů
 - konkrétní složení závisí na konkrétním typu tkáně (vazivo × chrupavka × kost)

OBEČNÁ KLASIFIKACE POJIVOVÝCH TKÁNÍ

Embryonální pojivová tkáň

- Mezenchym
- Rosolovitá pojivová tkáň (Whartonův rosol)

Pojivová tkáň v dospělém organismu

- Řídké kolagenní vazivo (areolární, intersticiální)
- Husté kolagenní neuspořádané vazivo

} Vlastní pojivová tkáň

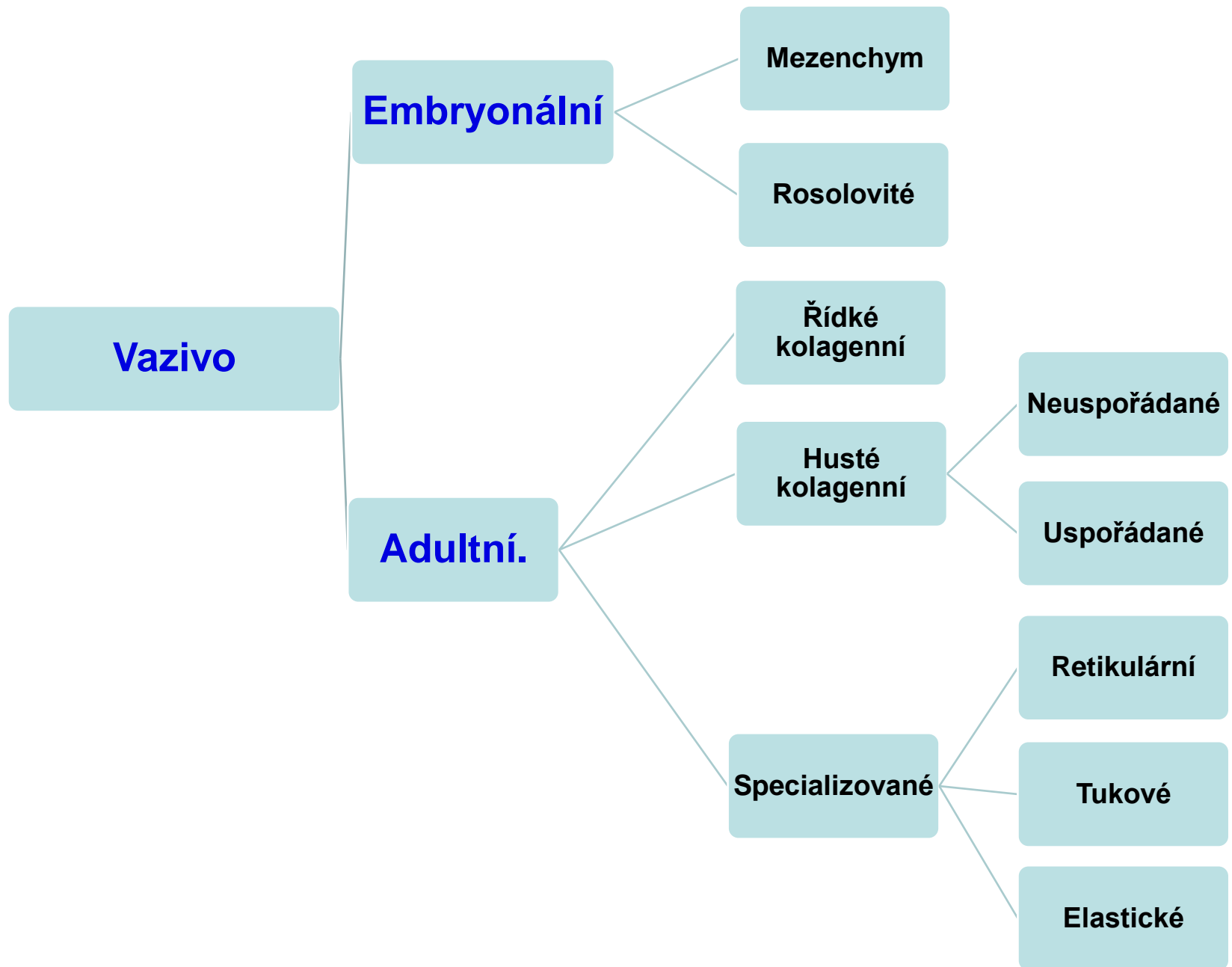
- Husté kolagenní uspořádané vazivo
- Elastické vazivo
- Retikulární vazivo
- Tuková tkáň
- Chrupavka
- Kost

} Specializovaná pojivová tkáň

- Krev a hematopoetická tkáň
- Lymfatická tkáň

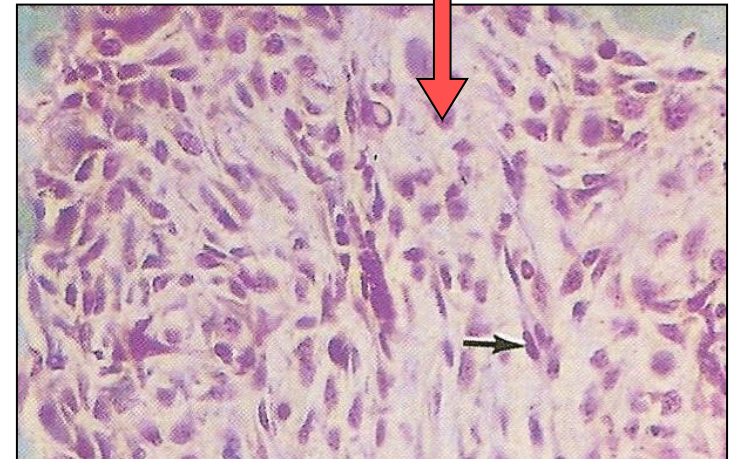
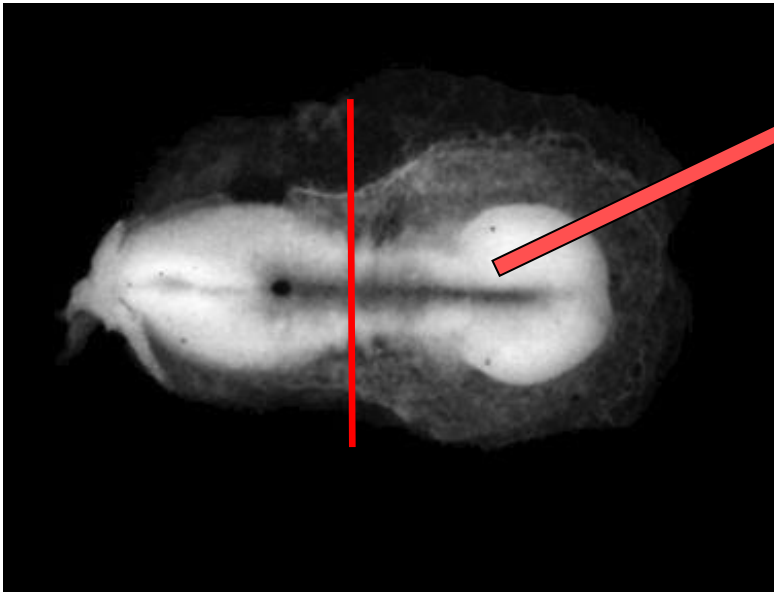
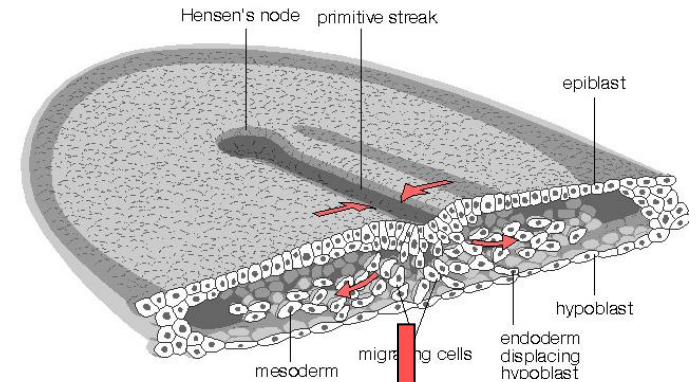
} Trofická pojivová tkáň (tělní tekutiny)

KLASIFIKACE VAZIVA



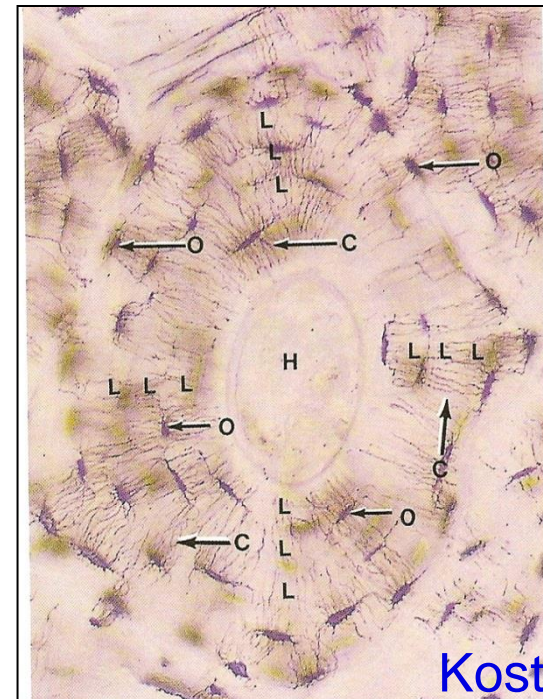
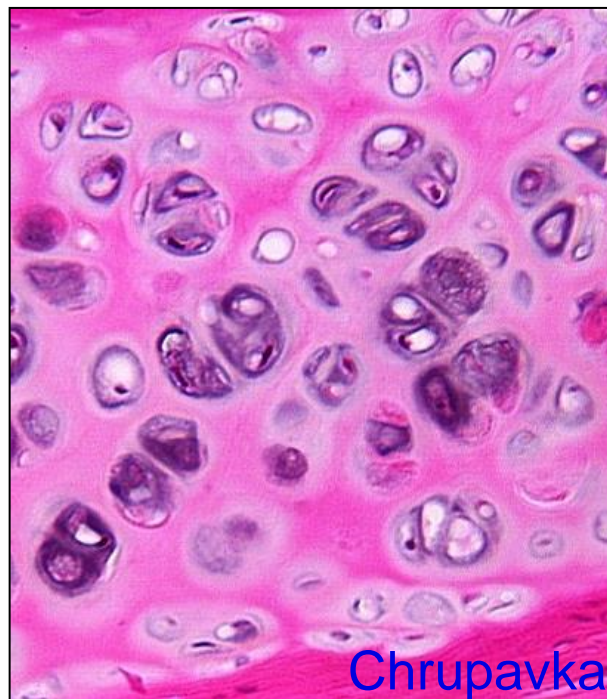
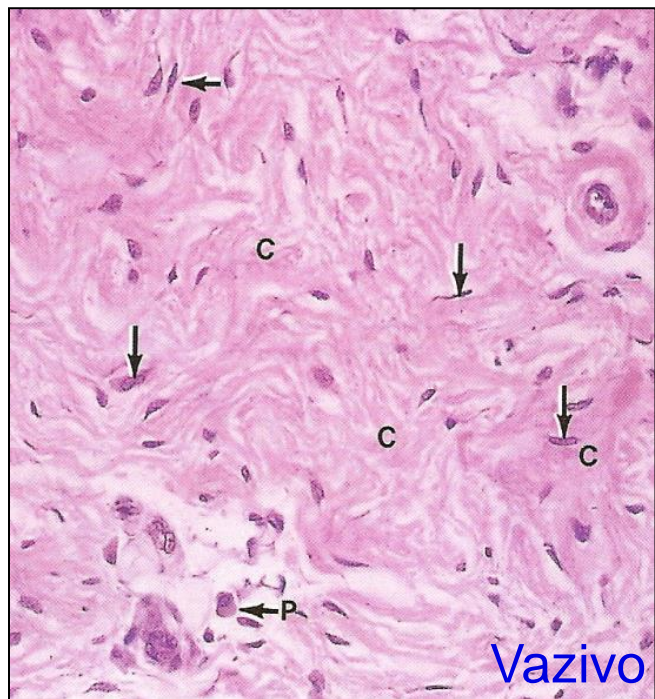
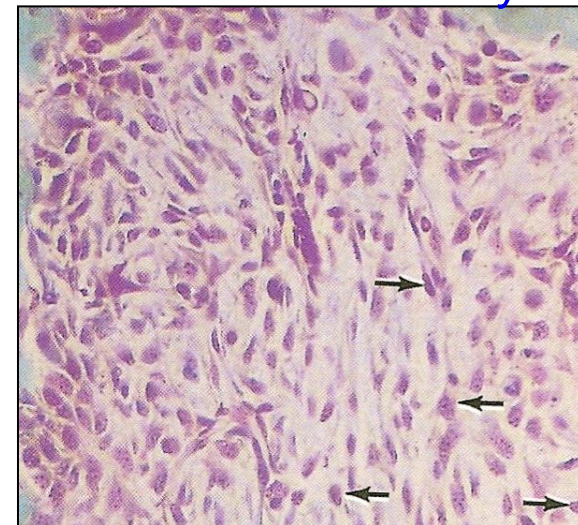
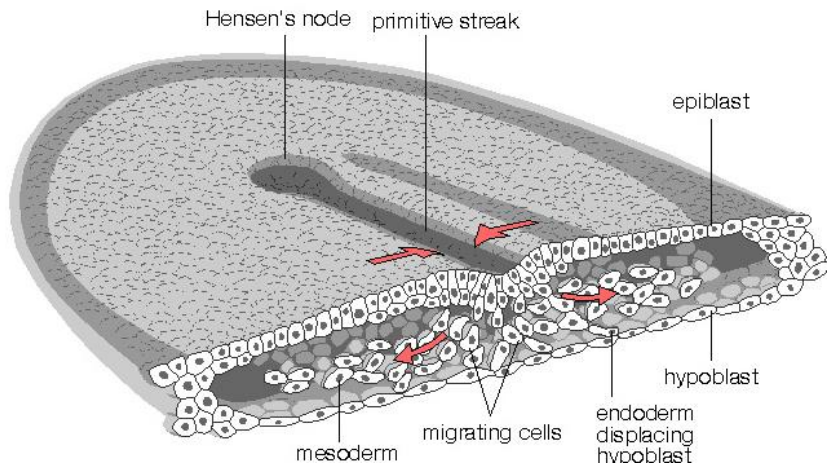
EMBRYONÁLNÍ MEZENCHYM

- trilaminární zárodečný disk
- řídká nediferencovaná tkáň mezi zárodečnými listy
- prostorová síť hvězdicovitých nebo vřetenovitých buněk
- rosolovitá základní amorfní hmota
- diferenciace do dalších tkání
 - vazivo, hladká svalovina, cévy...
- epiteliálně-mesenchymální interakce ve vývoji orgánů

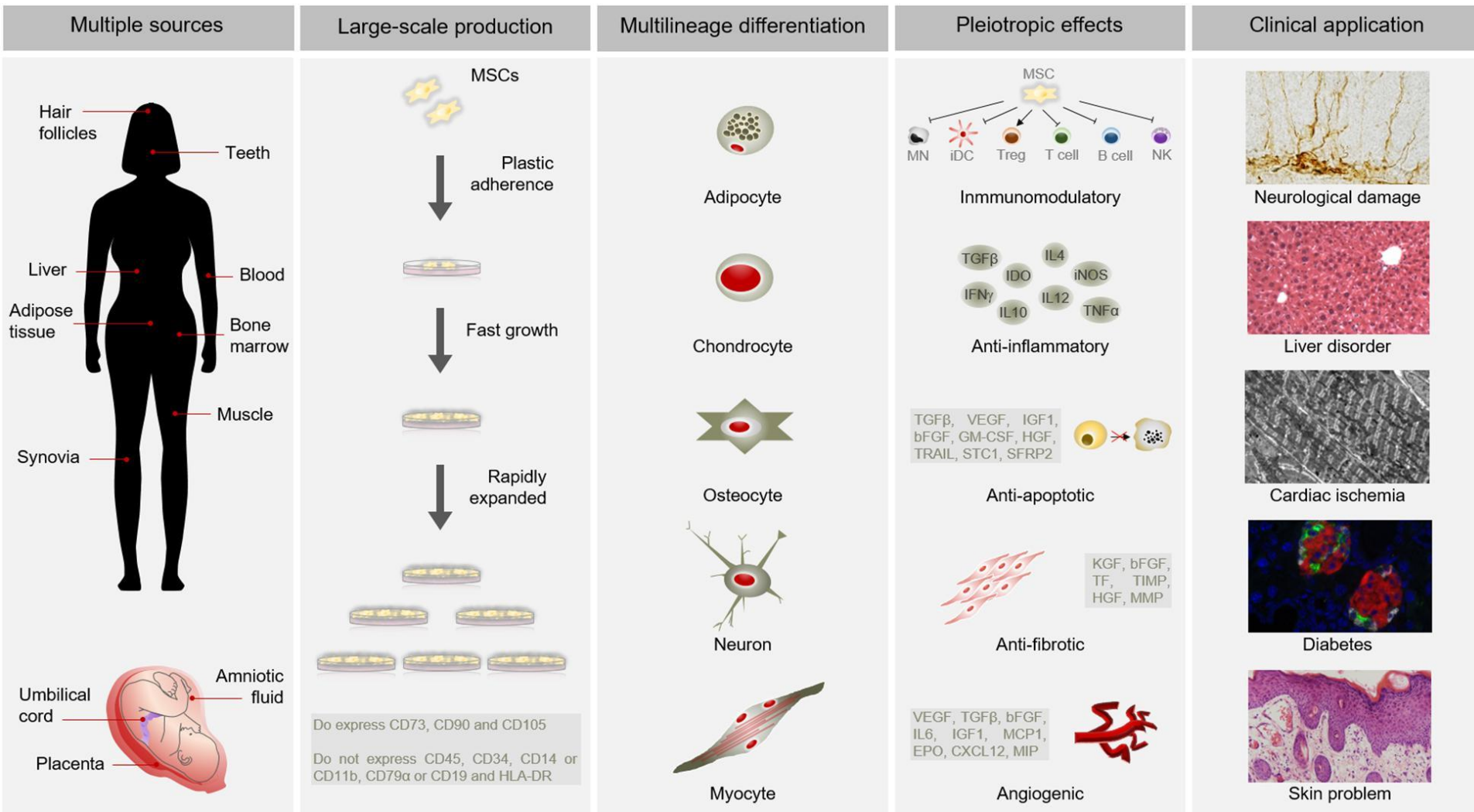


EMBRYONÁLNÍ MEZENCHYM A PŮVOD POJIVOVÉ TKÁŇĚ

Mesenchym



APLIKACE MSCs



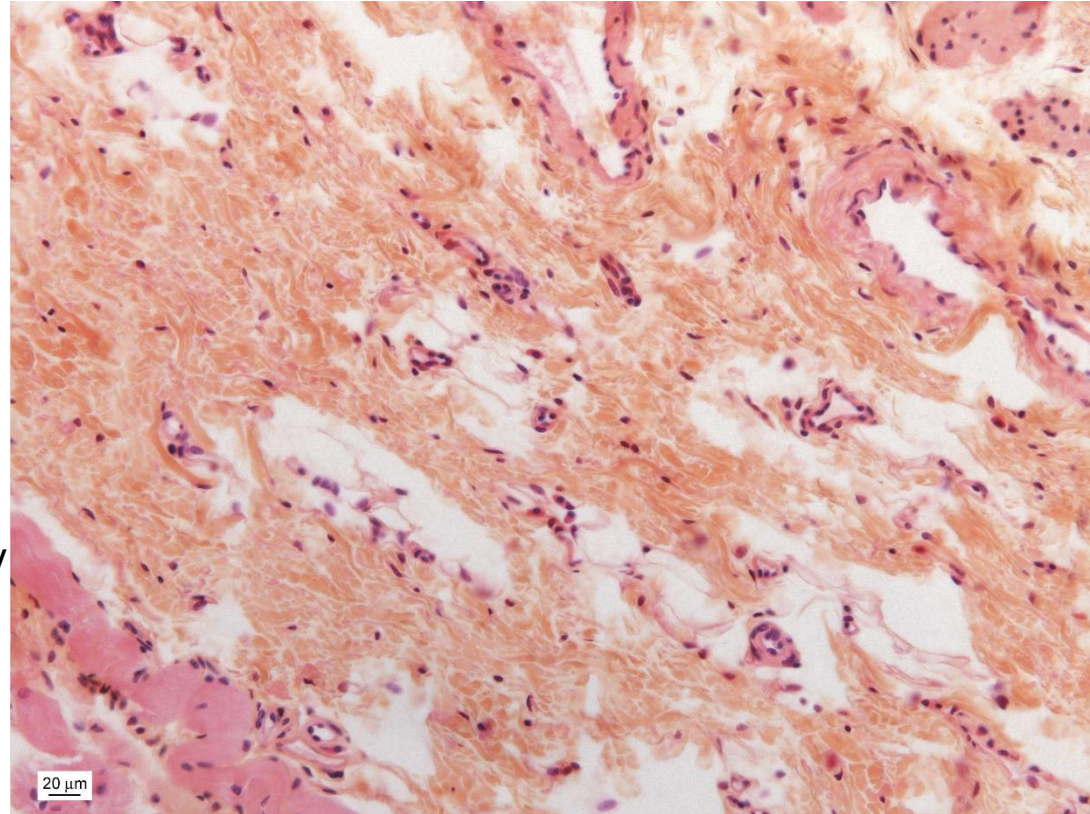
Buňky

Fixní buňky

- Fibroblasty/fibrocyty/myofibroblasty
- Retikulární buňky
- Tukové buňky
- Pigmentové buňky
- Nediferencované multipotentní buňky

Migrující buňky (bloudivé)

- Makrofágy pojivové tkáně = histiocyty
- Plazmatické buňky
- Lymfocyty, granulocyty
- Heparinocyty
- ...

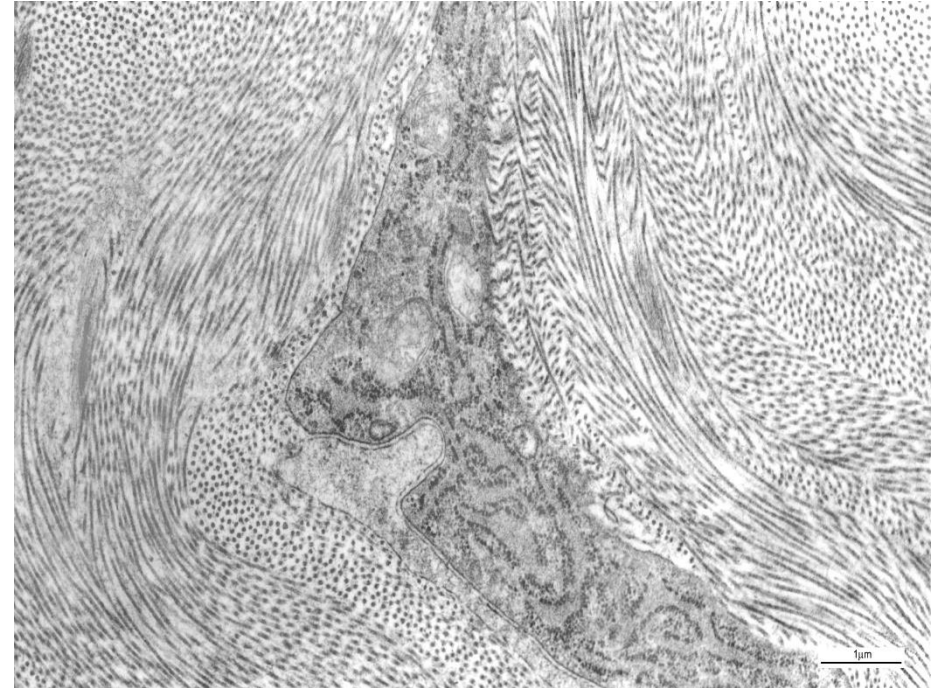


+

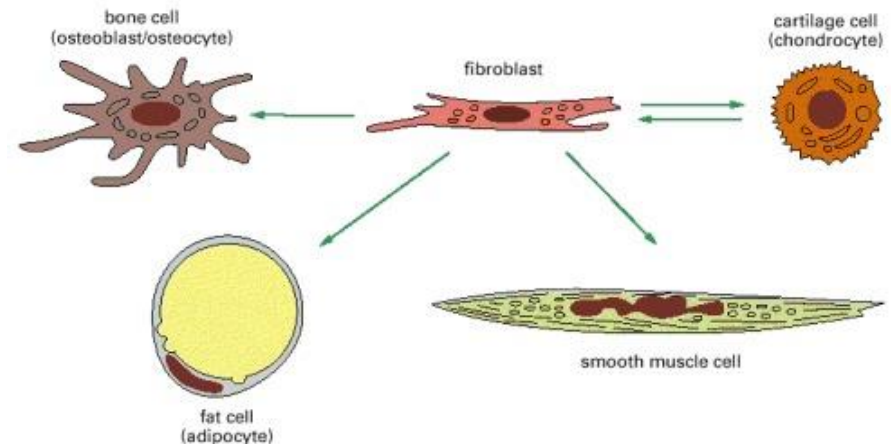
Extracelulární matrix

- Vlákniťá (fibrilární) složka
- Základní amorfní hmota

FIBROBLAST

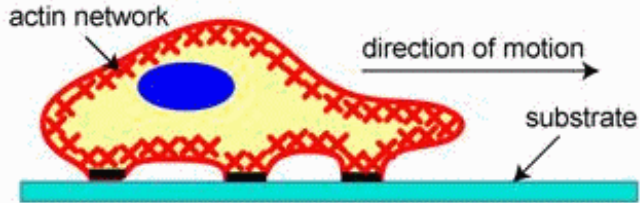


- Základní buňka vaziva
- Produkce ECM – dominantní ER
- Migrace
- Různé tkáně obsahují fibroblasty s různými biologickými vlastnostmi
- (Trans)diferenciace
- Myofibroblasty

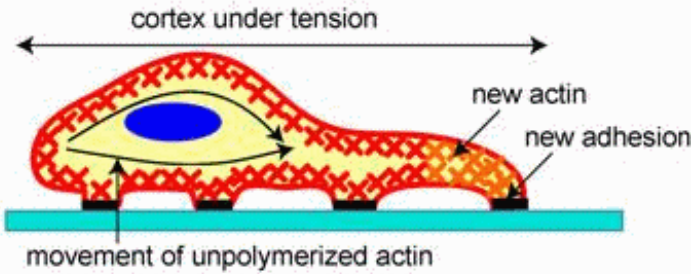


FIBROBLAST

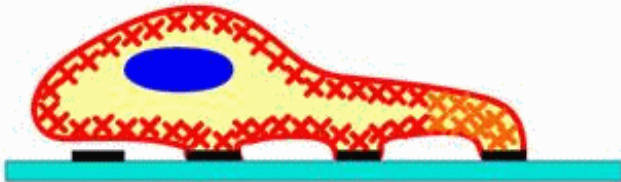
1) Protrusion of the Leading Edge



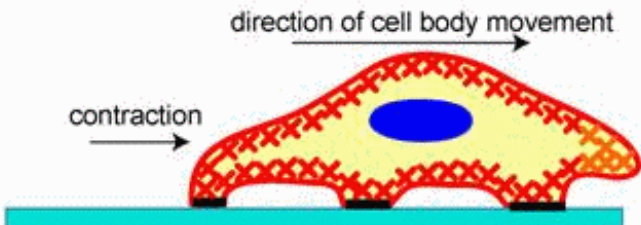
2) Adhesion at the Leading Edge



Deadhesion at the Trailing Edge



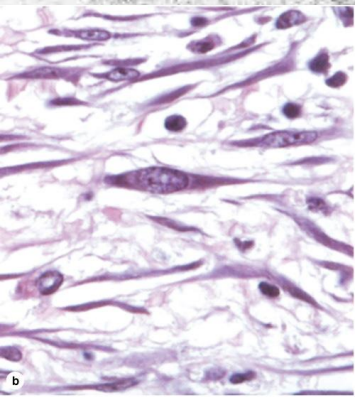
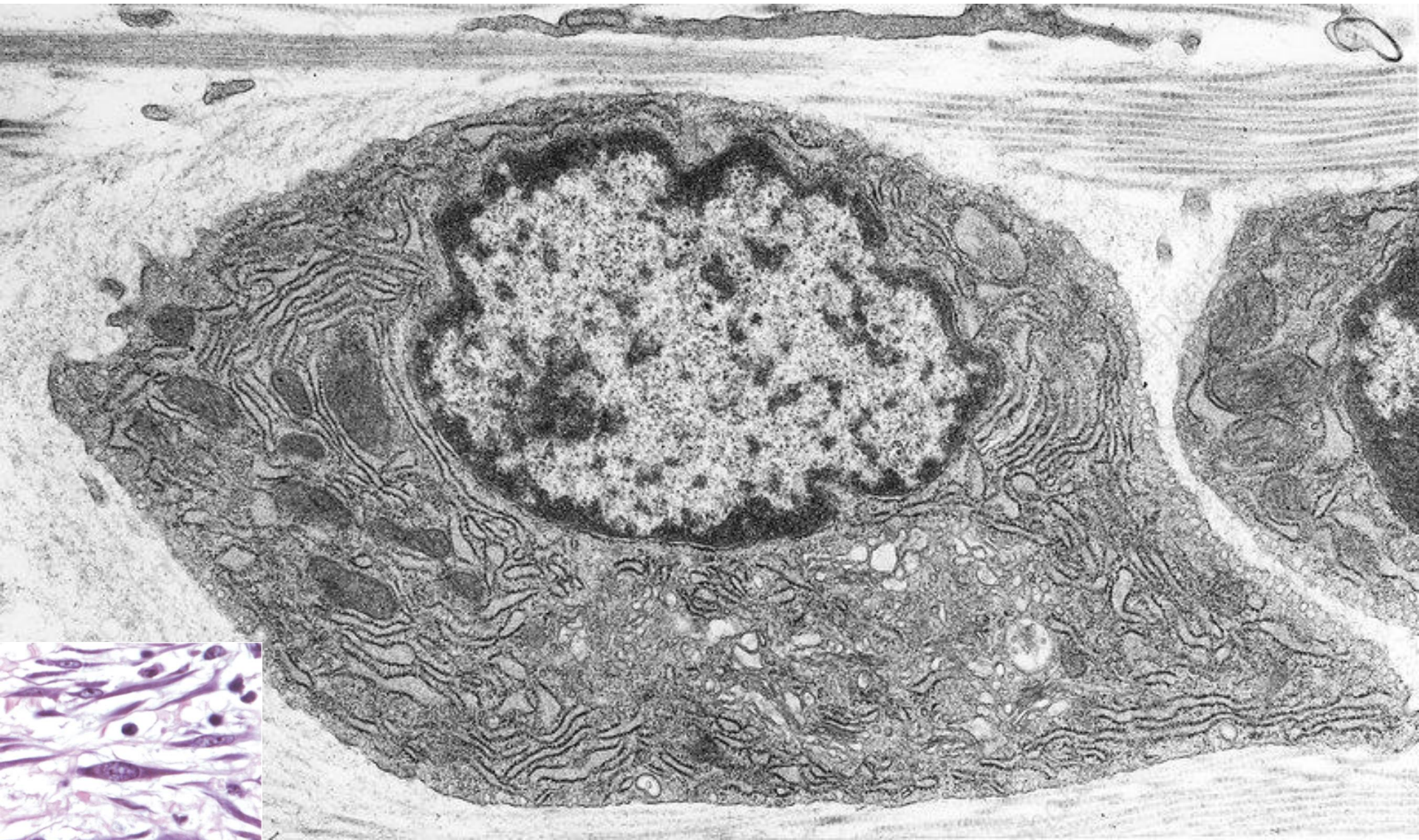
3) Movement of the Cell Body



HL-60 cell

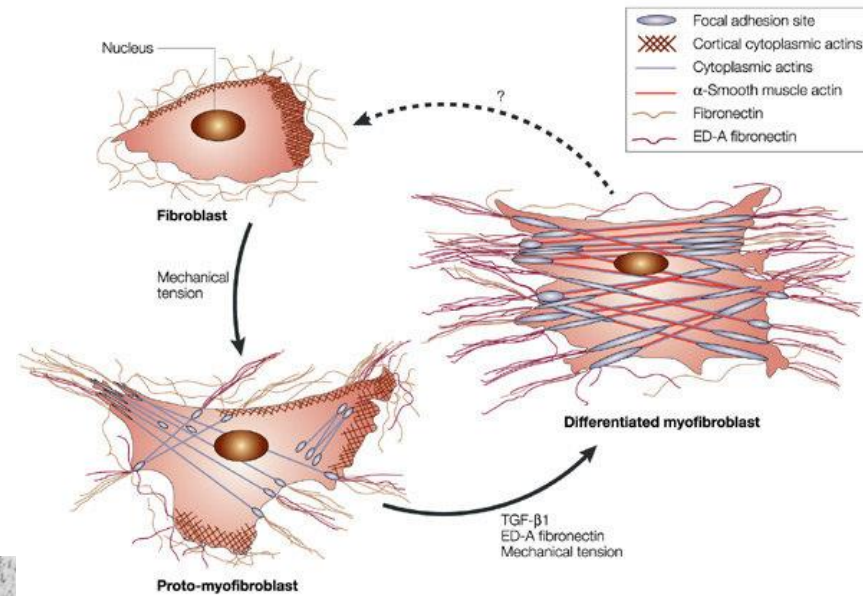
mCherry - utrophin FITC - collagen

FIBROBLAST

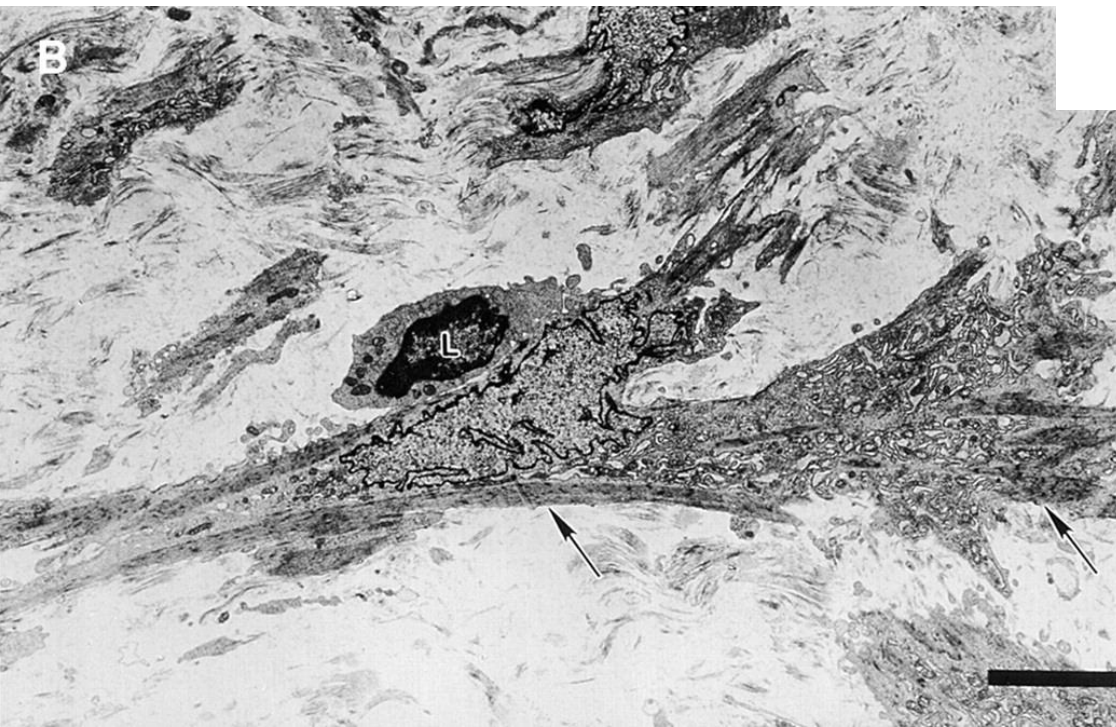


Myofibroblasts

- Features of fibroblasts and smooth muscle cells
- Contractile cellular structures composed of actin microfilaments and myosin
- Wound closure and healing

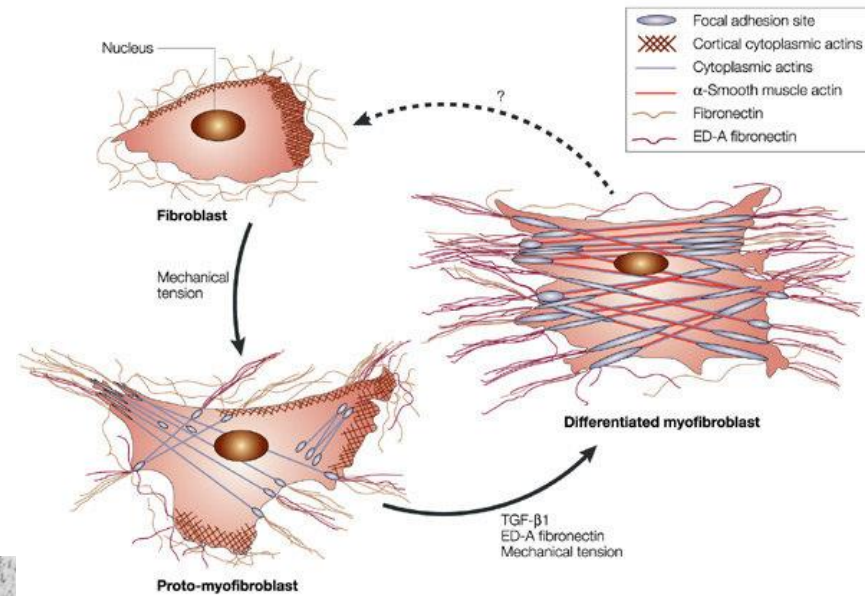


Nature Reviews | Molecular Cell Biology

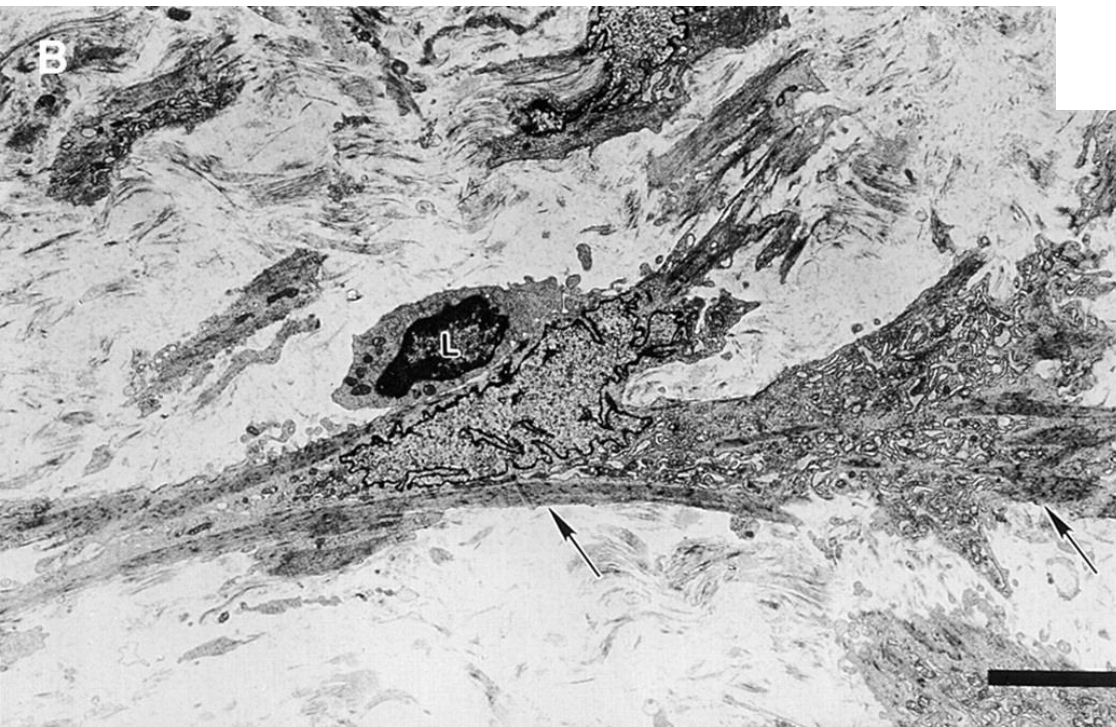


Myofibroblasts

- Features of fibroblasts and smooth muscle cells
- Contractile cellular structures composed of actin microfilaments and myosin
- Wound closure and healing

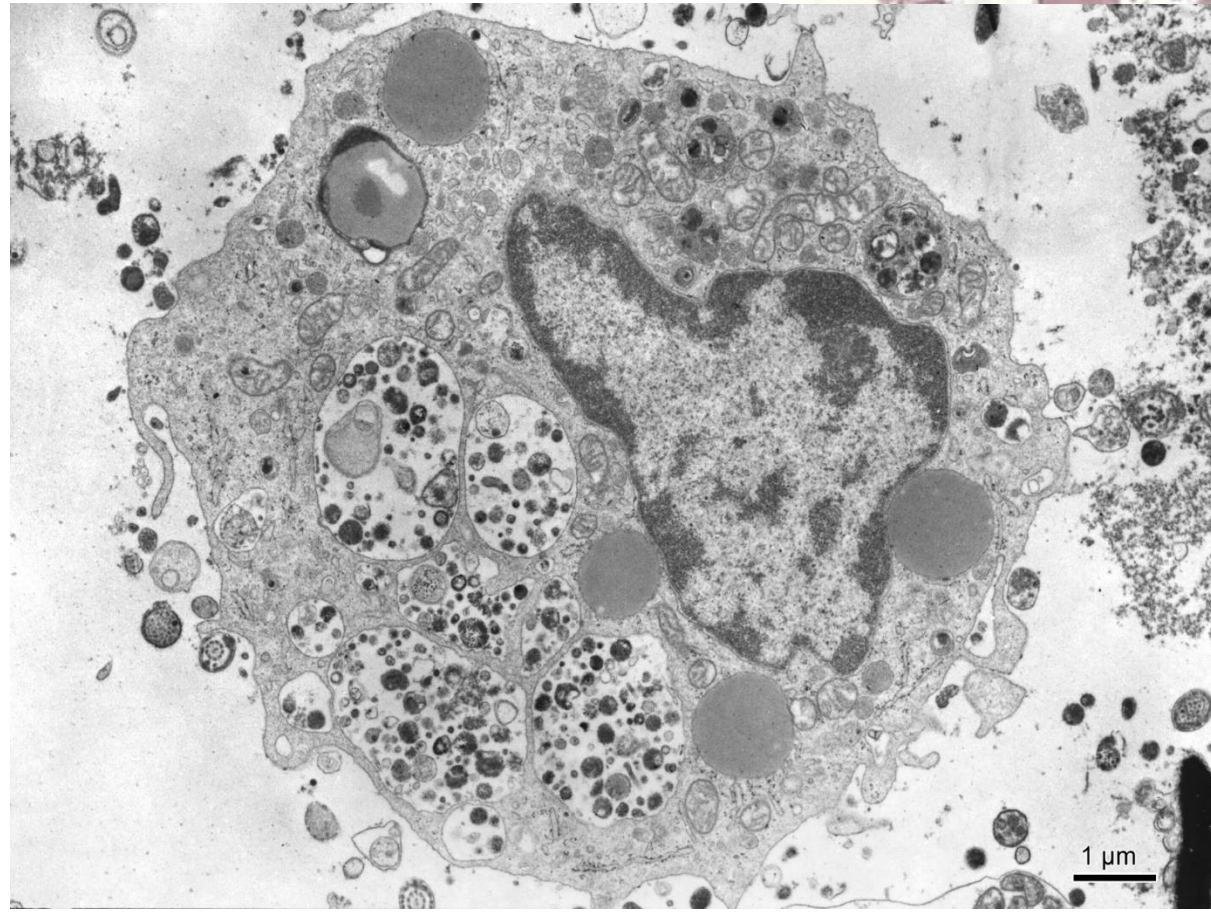
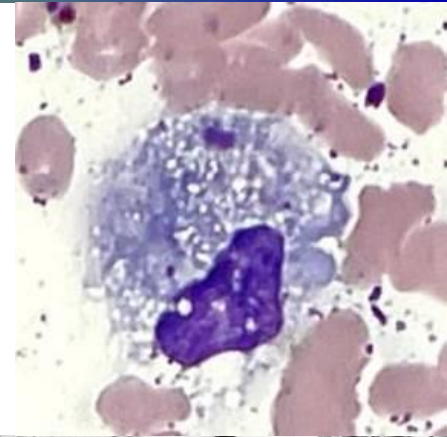


Nature Reviews | Molecular Cell Biology



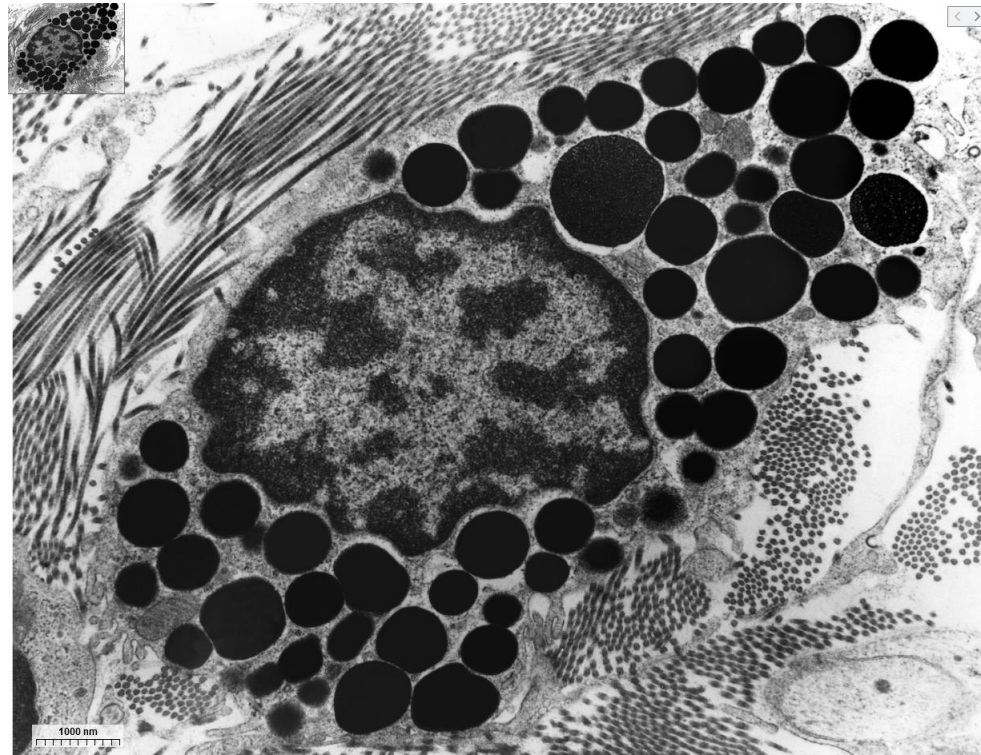
Macrophages

- Histiocytes
- Derived from circulating monocytes (monocyte-macrophage mononuclear system)
- Phagocytosis
- Immunomodulation



Mast cells

- Large, oval, 20-30 μ m
- Similar to other leukocytes with granules, but it is tissue resident
- Granules
 - heparin
 - histamine
 - serine proteases (inflammation regulators)
 - eosinophil and neutrophil chemoattractants
 - leukotriens
- Perivascular and mucosal mast cells
- Mediators of immediate hypersensitivity reaction

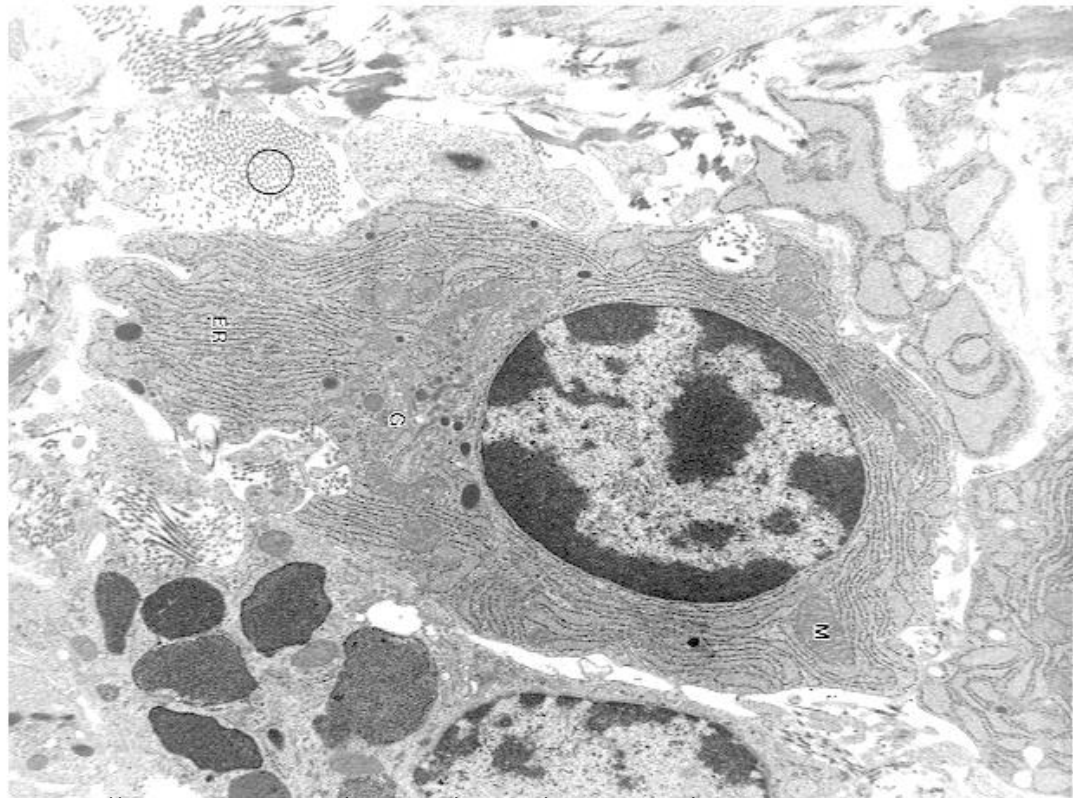


T. Clark Brelje and Robert L. Sorenson, Minneapolis, Minnesota, USA.

CELLS OF CONNECTIVE TISSUE PROPER

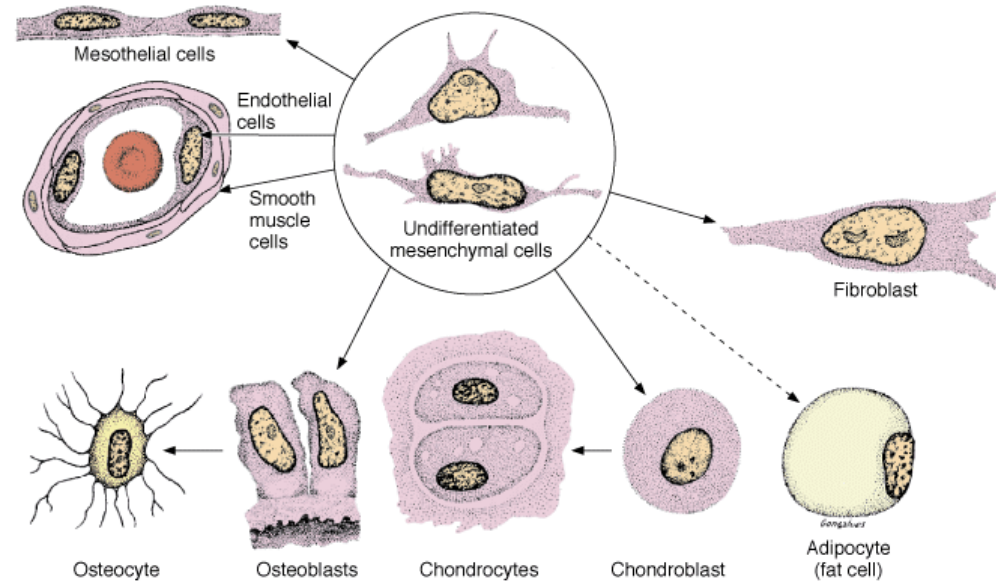
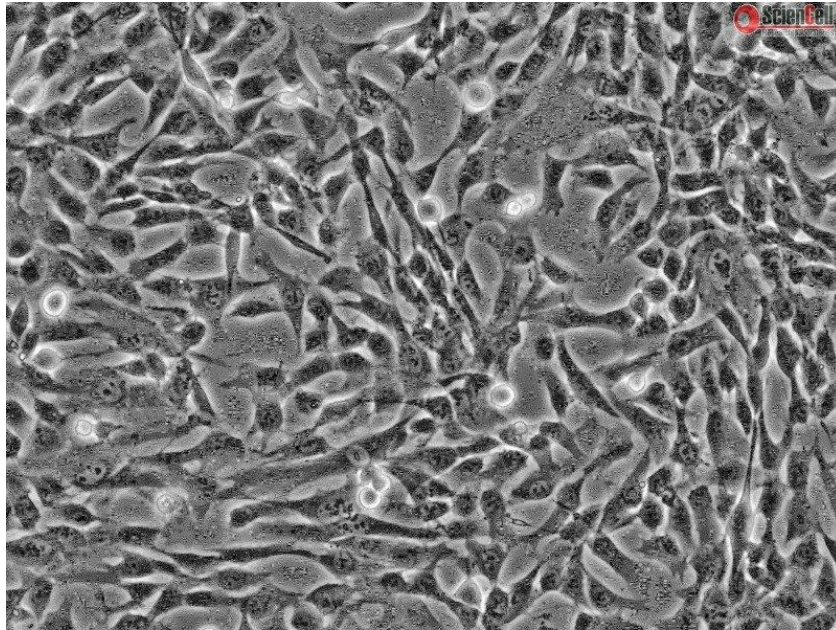
Plasma cells

- Large, ovoid cells
- derived from B-lymphocytes
- Basophilic cytoplasm – RER
- Clockface nucleus (alternating heterochromatin and euchromatin)
- Produce antibodies (immunoglobulins)
- Short lifespan (10-20 days)



MEZENCHYMÁLNÍ KMENOVÉ BUŇKY

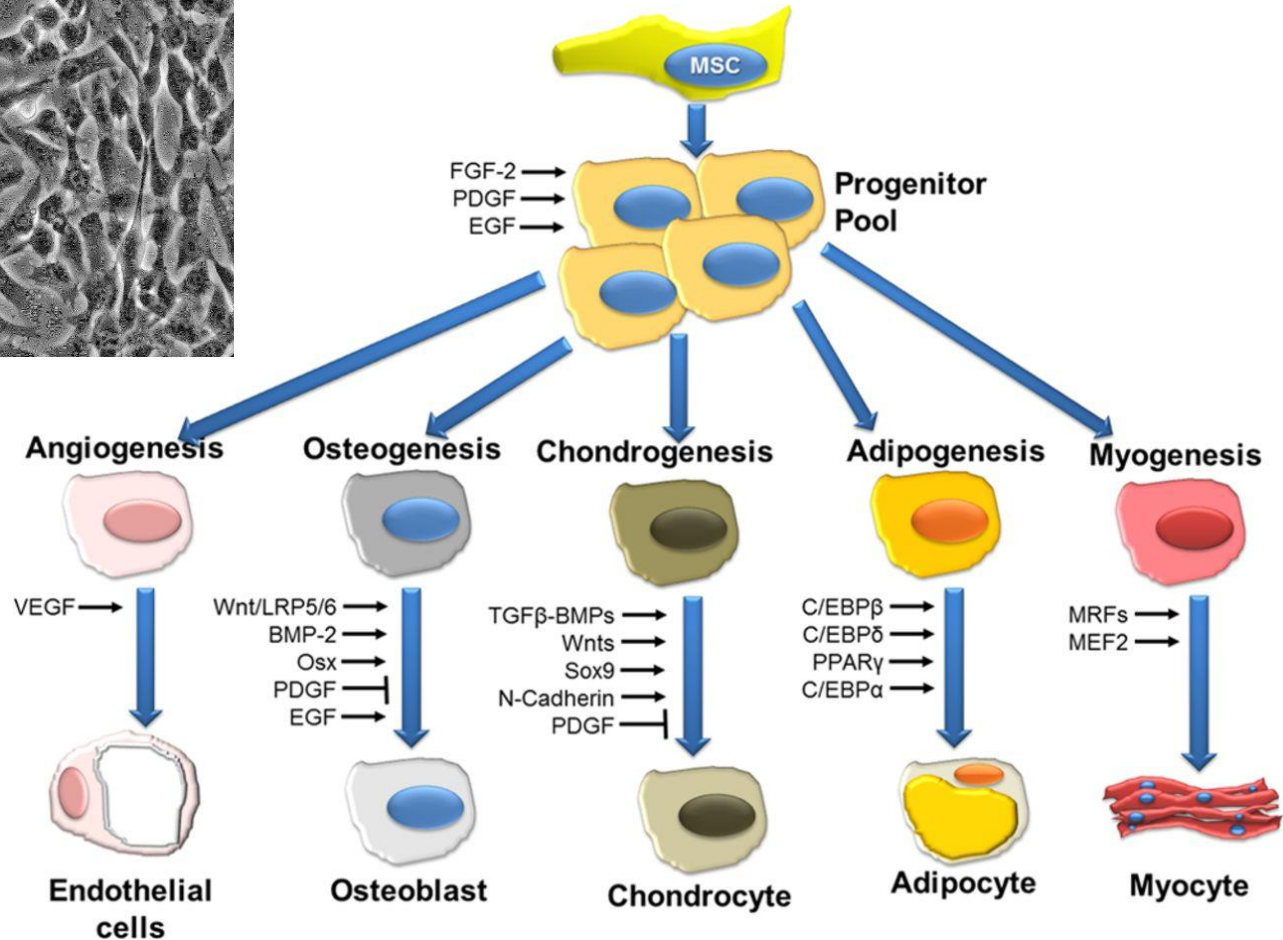
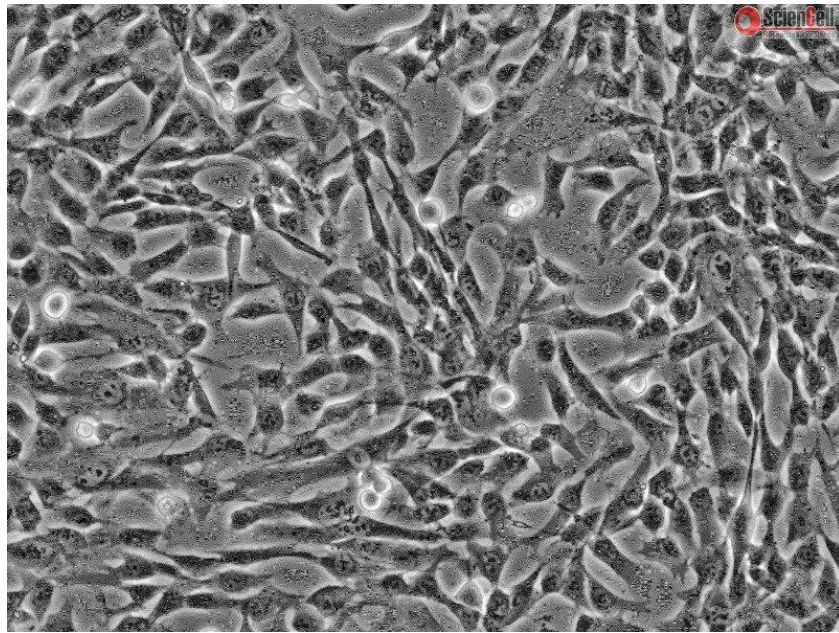
- Mezenchymální kmenové (stromální) buňky jsou zdrojem mnoha buněk přítomných v pojivech



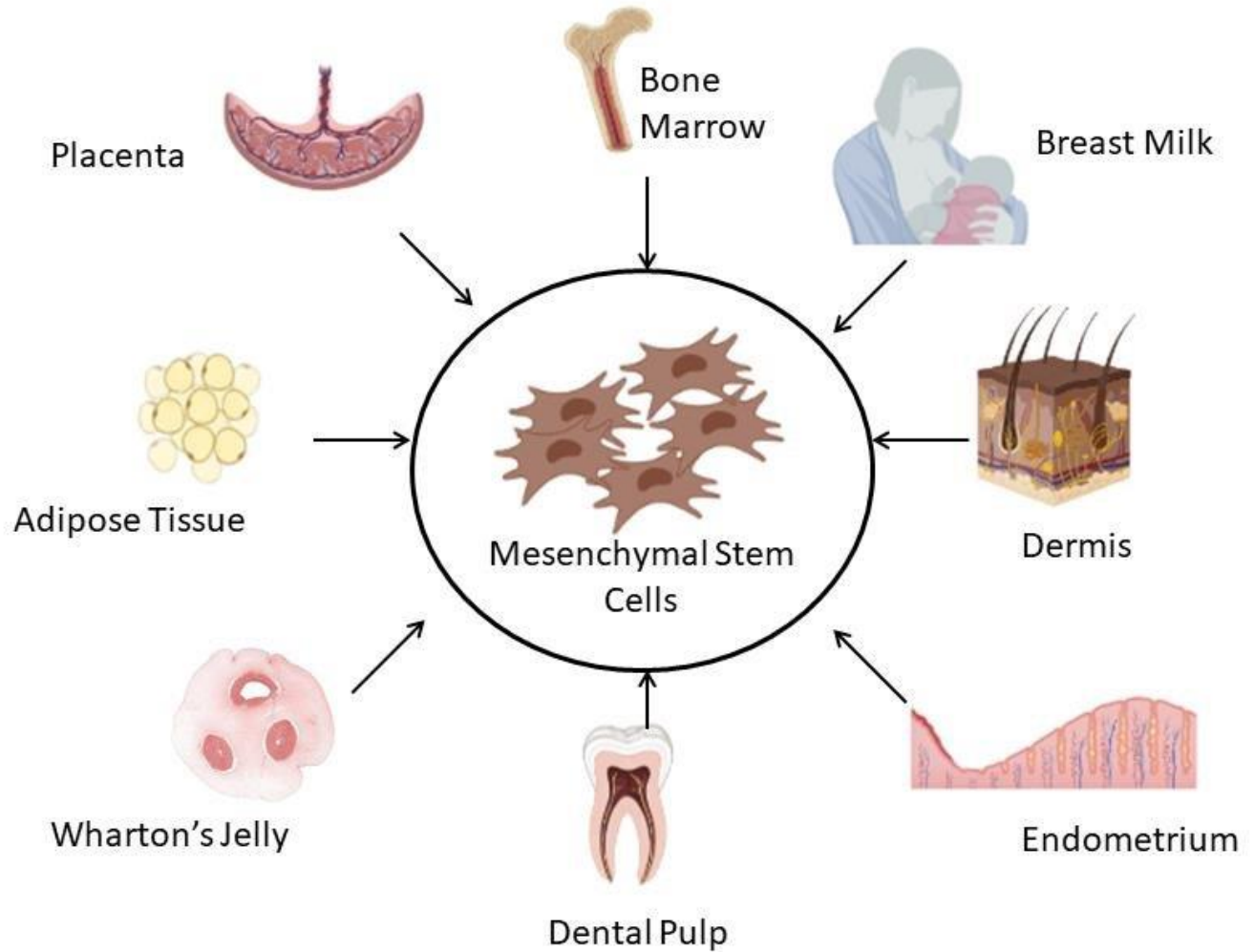
Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MEZENCHYMÁLNÍ KMENOVÉ BUŇKY

- Mezenchymální kmenové buňky mají význam pro tkáňové inženýrství

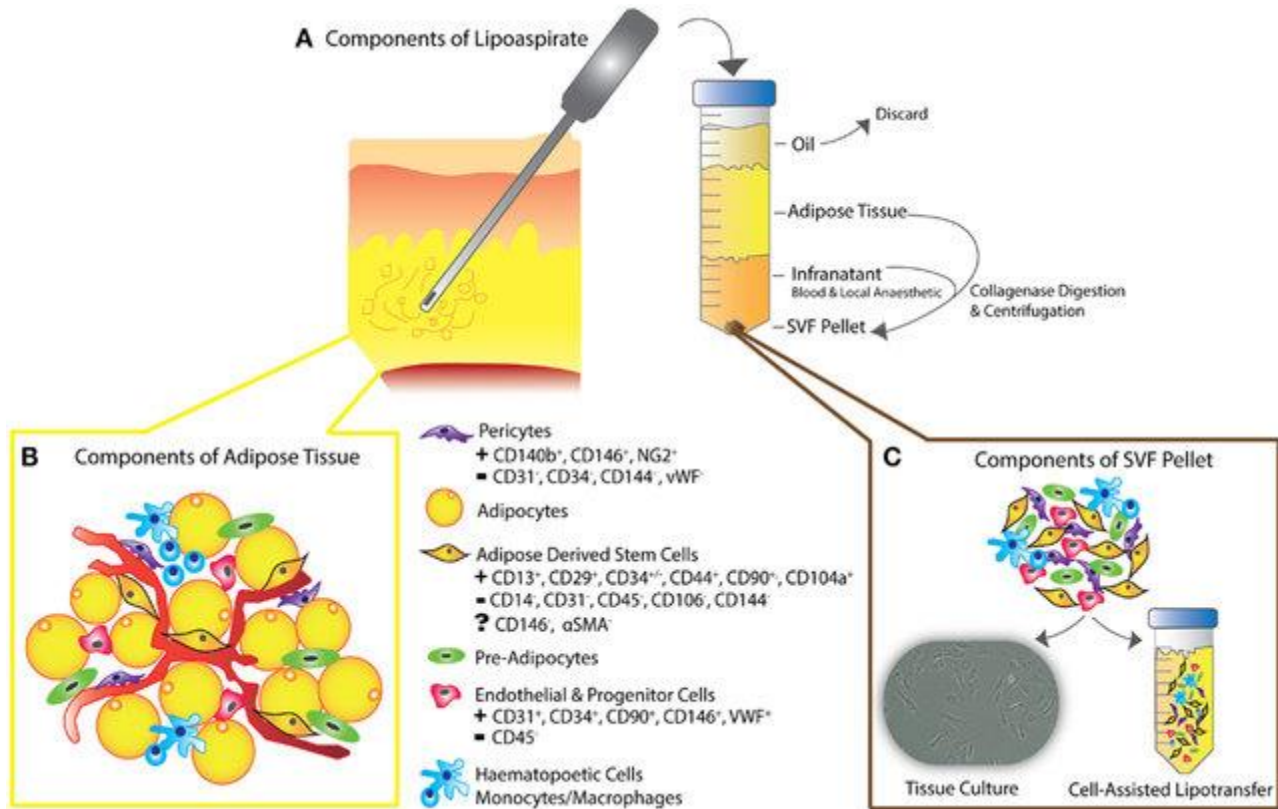


Mesenchymal stem (stromal) cells



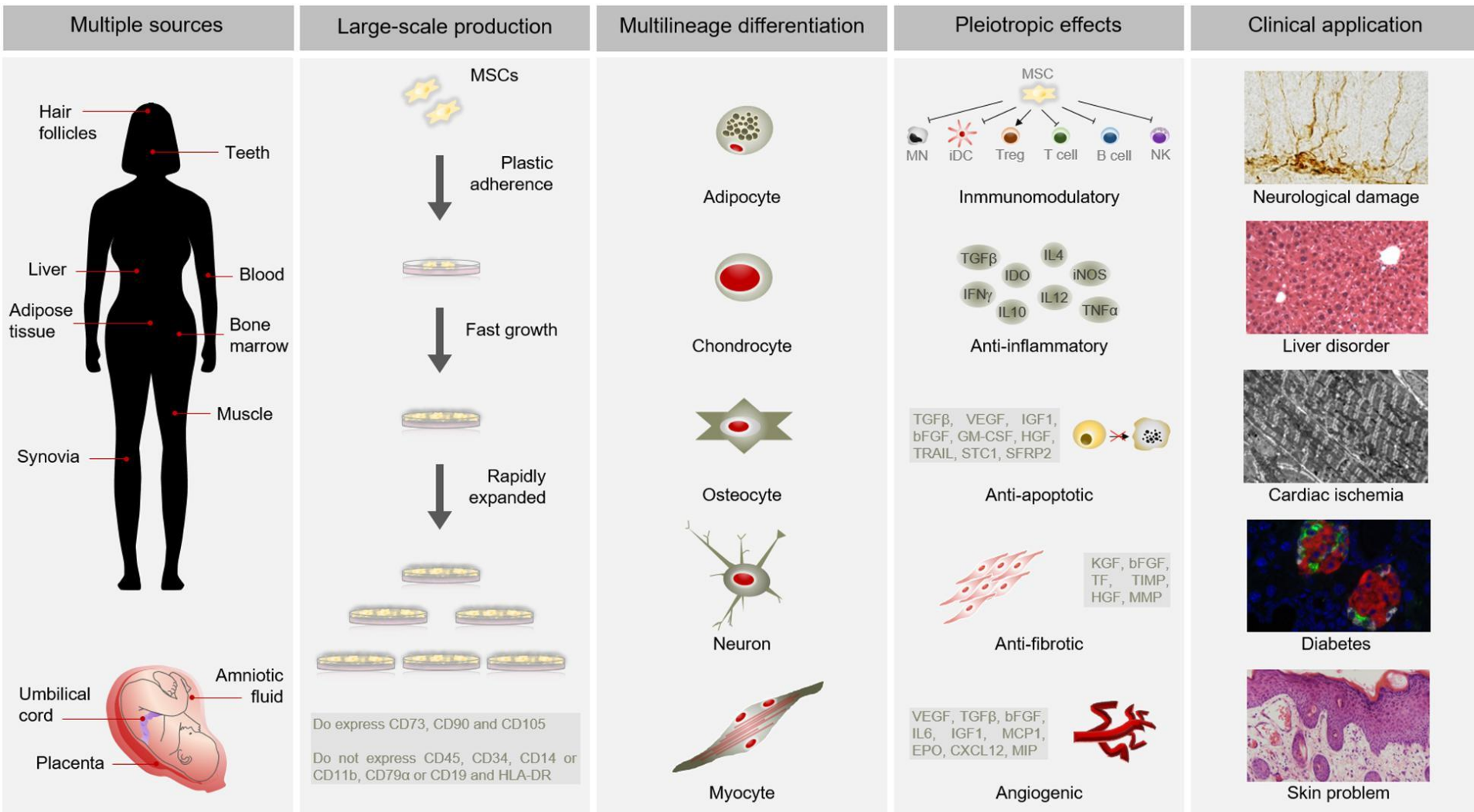
- **Mesenchymal stem cells are different in different tissues**

MESENCHYMAL STEM CELLS – CLINICAL CONTEXT

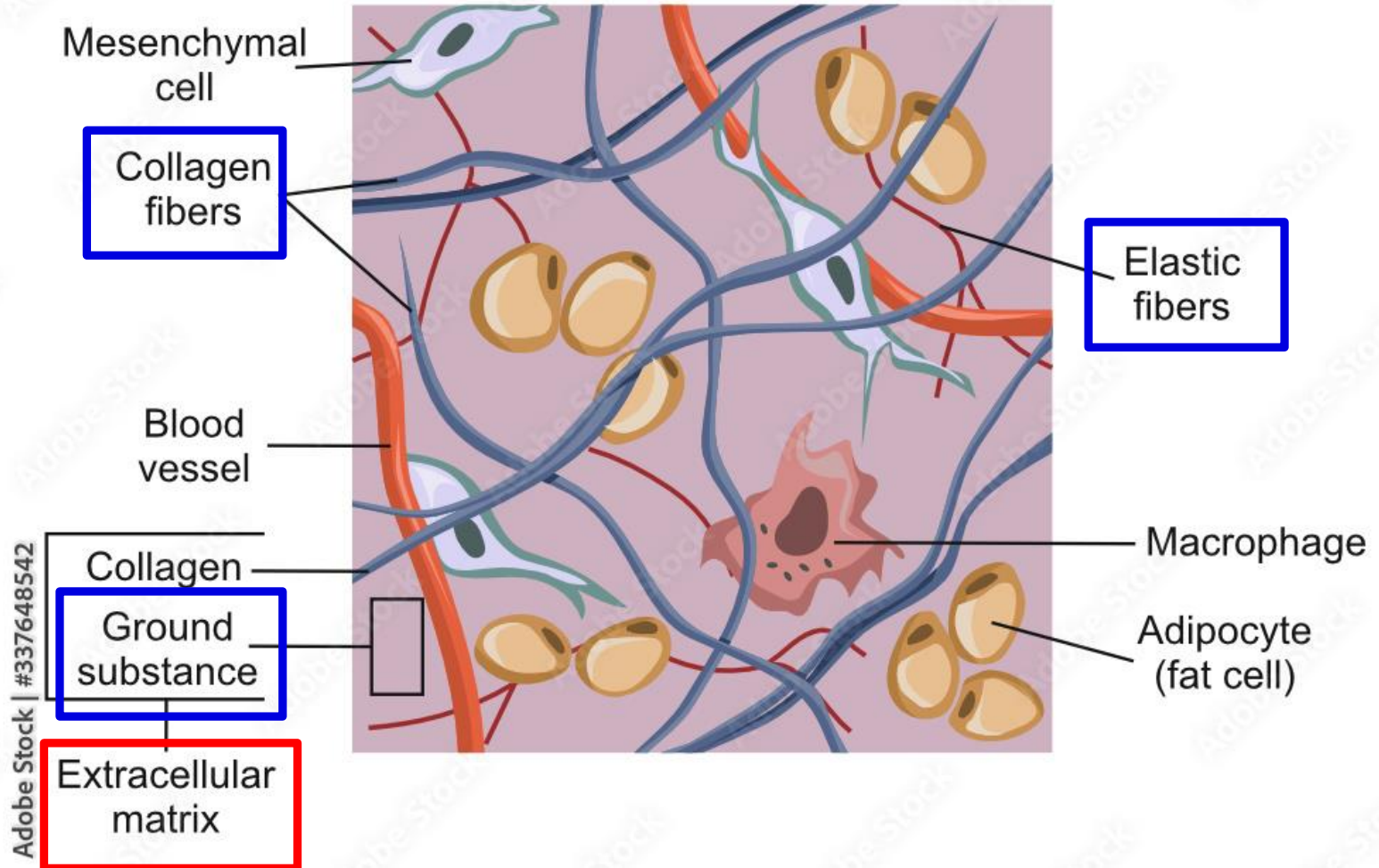


DOI:

POTENTIAL APPLICATIONS OF MESENCHYMAL STEM CELLS



Mezibuněčná hmota (ECM) = vlákna + základní amorfnní hmota



Extracellular matrix

Fibrous component

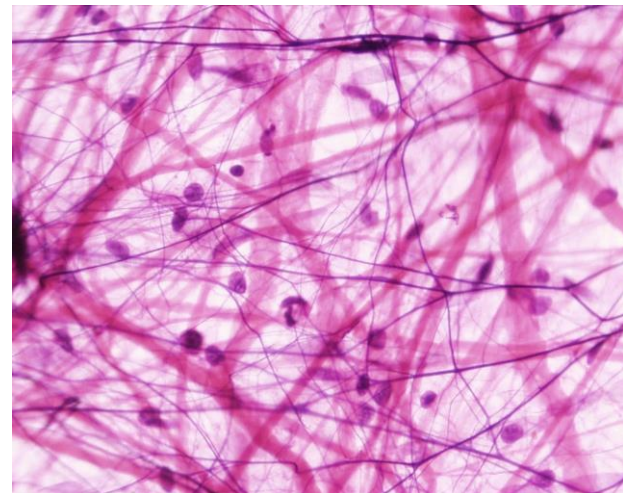
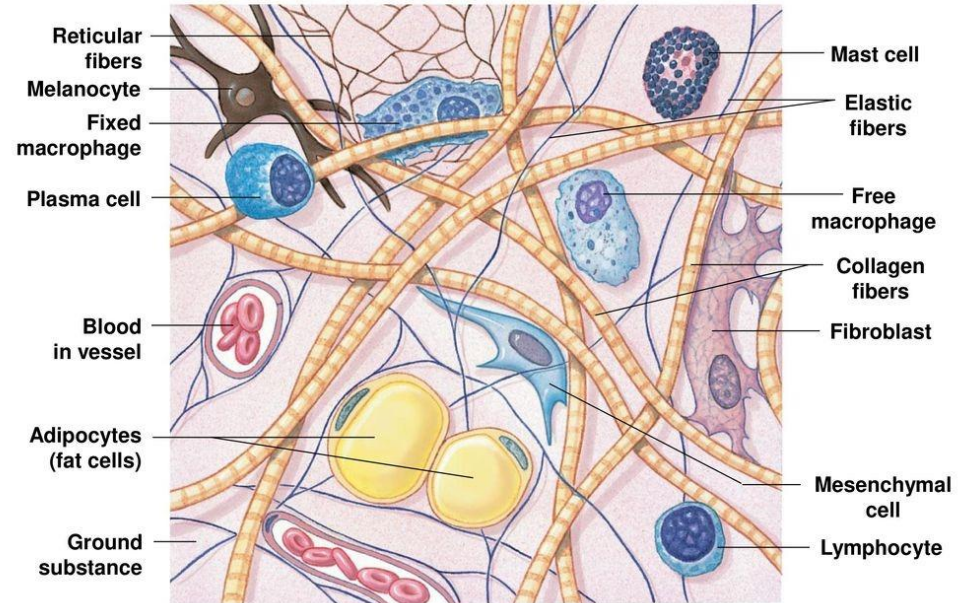
- Collagen fibers (e.g. col. I, II)
- Reticular
- Elastic

Amorphous component (ground substance)

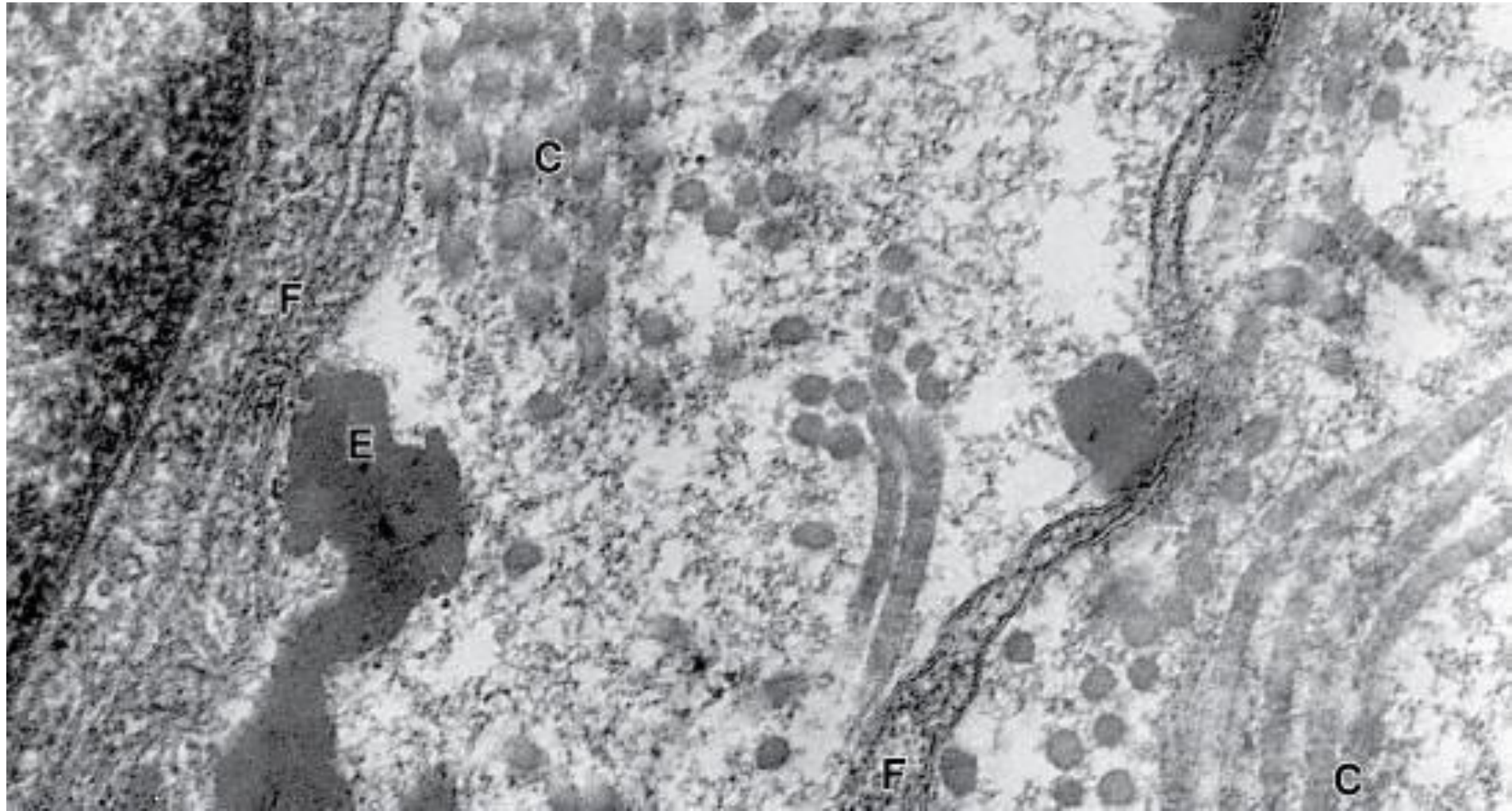
Complex matrix consisting of

- Glycosaminoglycans
- Glycoproteins
- Proteoglycans

Figure 4-8 The Cells and Fibers of Connective Tissue Proper

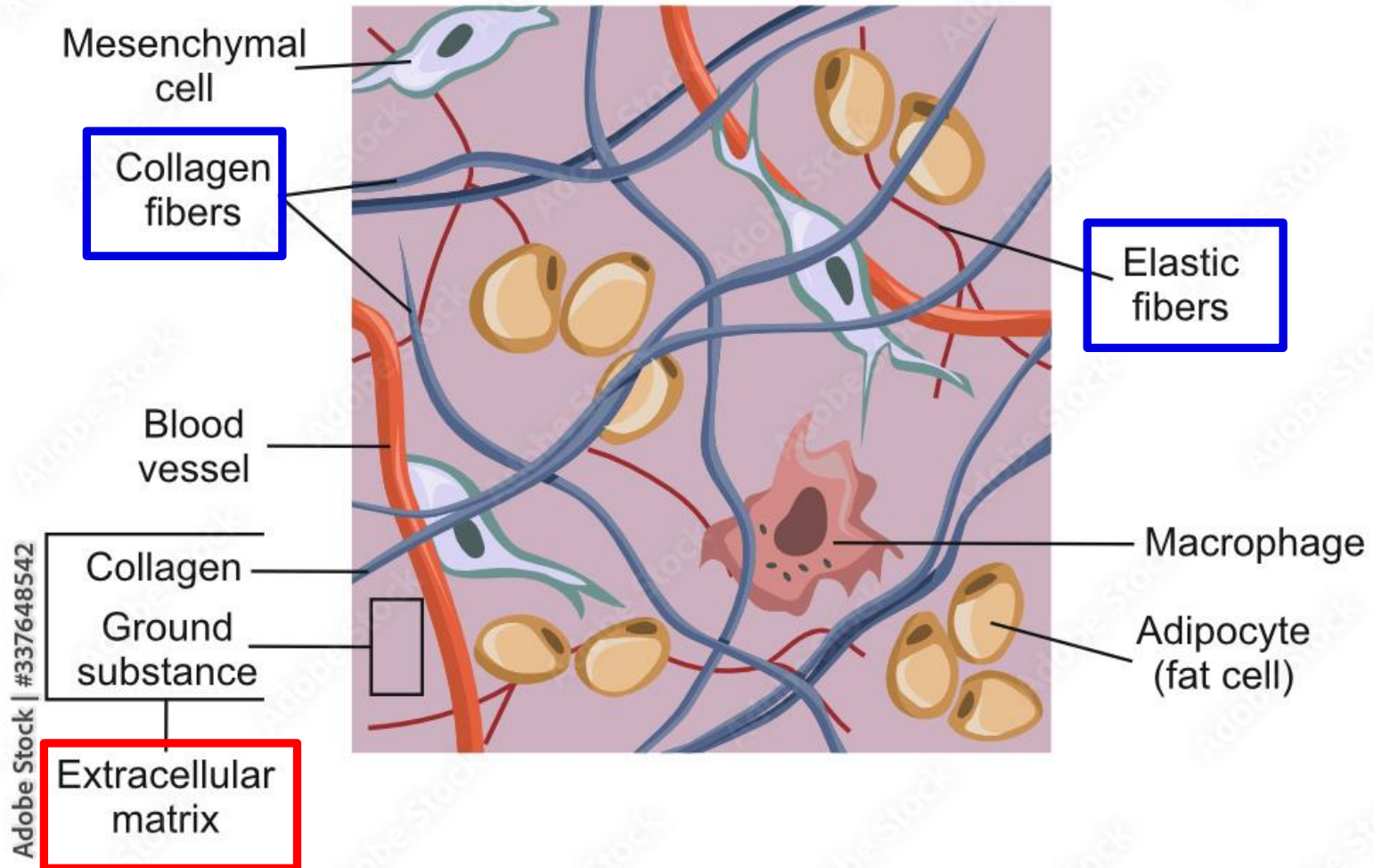


Složení ECM určuje vlastnosti pojivové tkáně



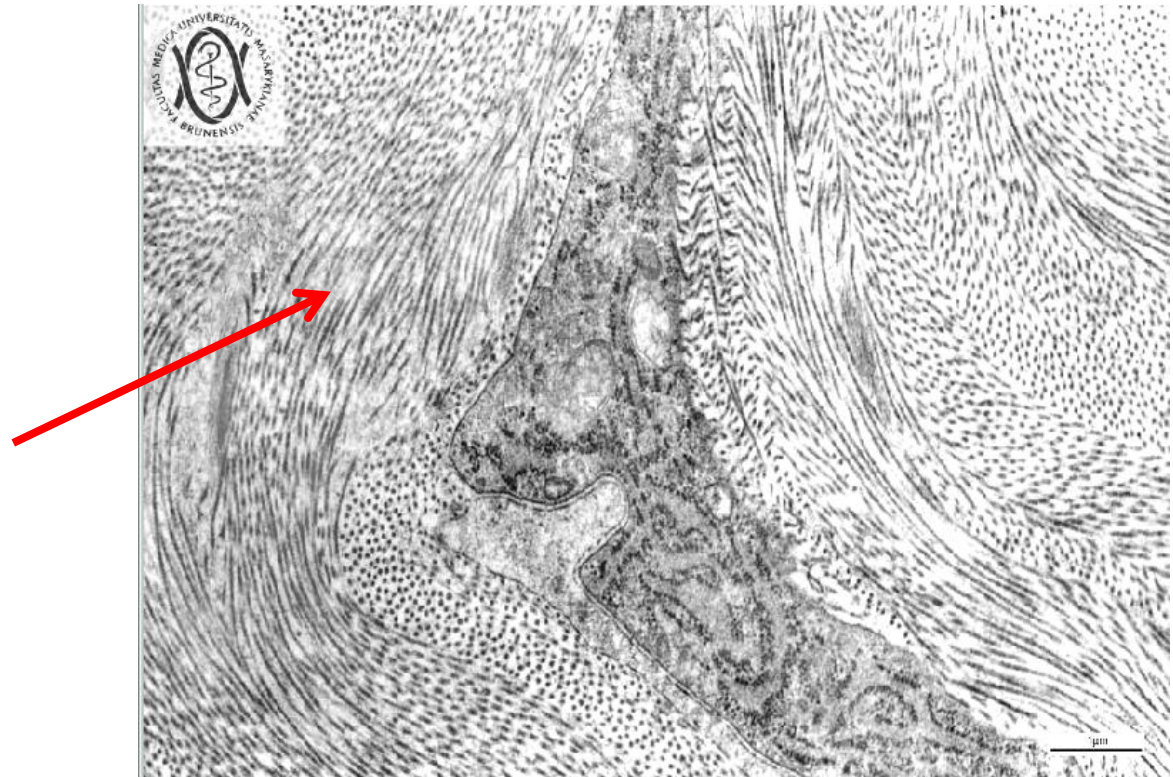
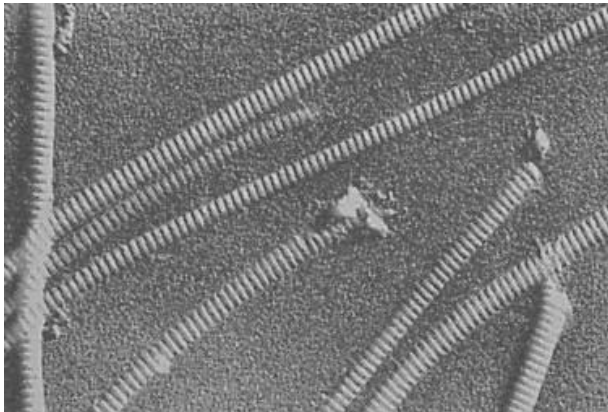
Extracelulární hmotu pojiv produkují fibroblasty (chondrocyty, osteoblasty). Schopnost produkovat ECM v různé podobě a složení mají ale i jiné buňky našeho těla (např. epitelové a svalové buňky tvořící bazální laminy).

Vláknitá složka



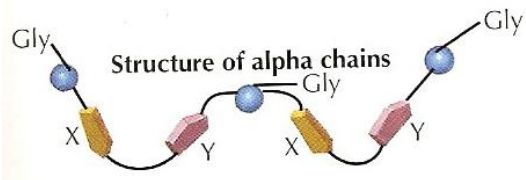
Kolagenní vlákna – kolagen I

- skupina fibrilárních proteinů kódovaných >35 geny
- polymer – podjednotka = tropokolagen; trojitá šroubovice
- různé strukturní a mechanické vlastnosti (tuhost, pružnost, tloušťka...)
- nejhojnější protein lidského těla (až 30% suché hmotnosti)



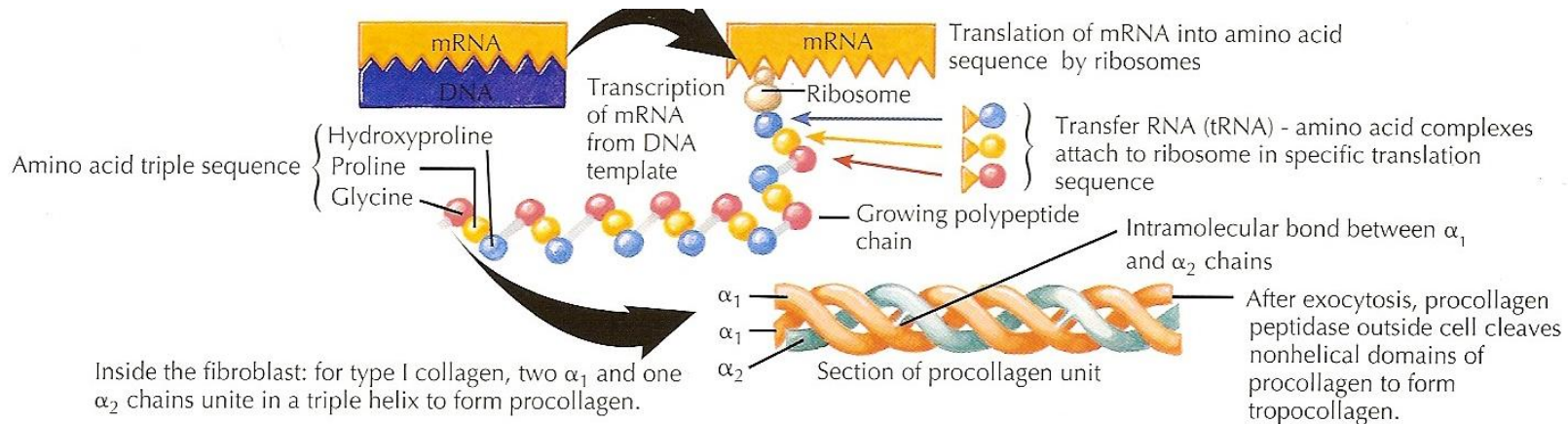
MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

- Polyribozomy se váží na RER a syntetizují peptidové řetězce α_1 a α_2 (cca 250 AA, 28kDa)



- V RER dochází k posttranslační modifikaci (hydroxylace prolinu a lysinu – kofaktor vitamin C)

Řetězce tvoří trojitou šroubovici - **prokolagen**



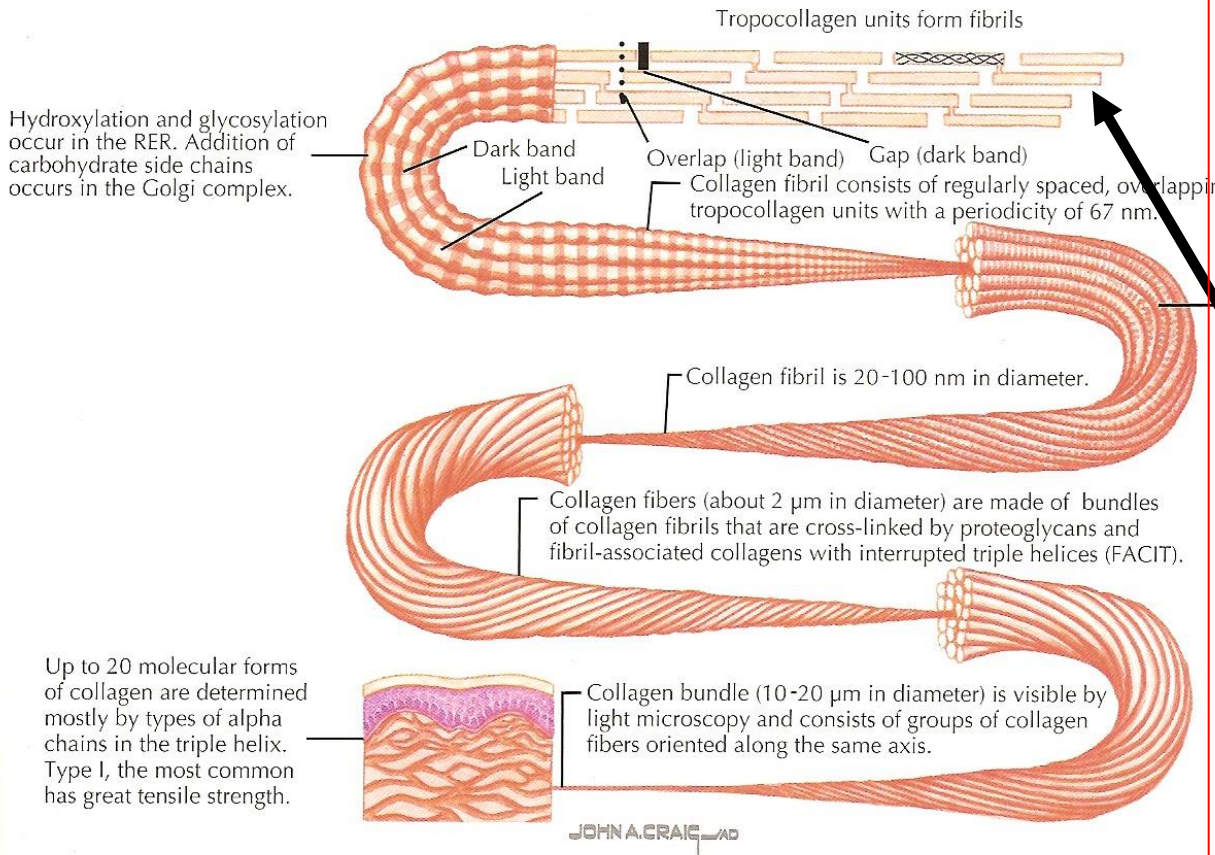
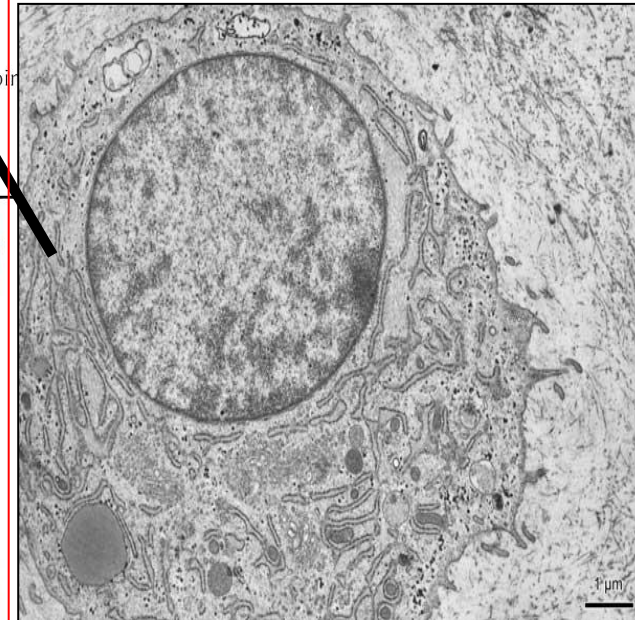
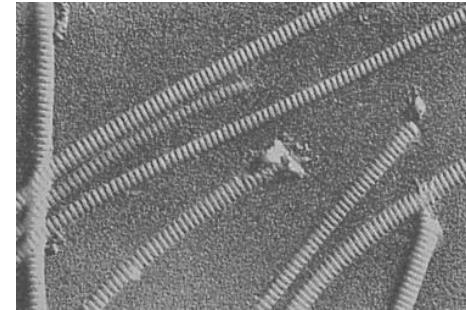
- V GA je prokolagen dále modifikován a sekretován z buňky

MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

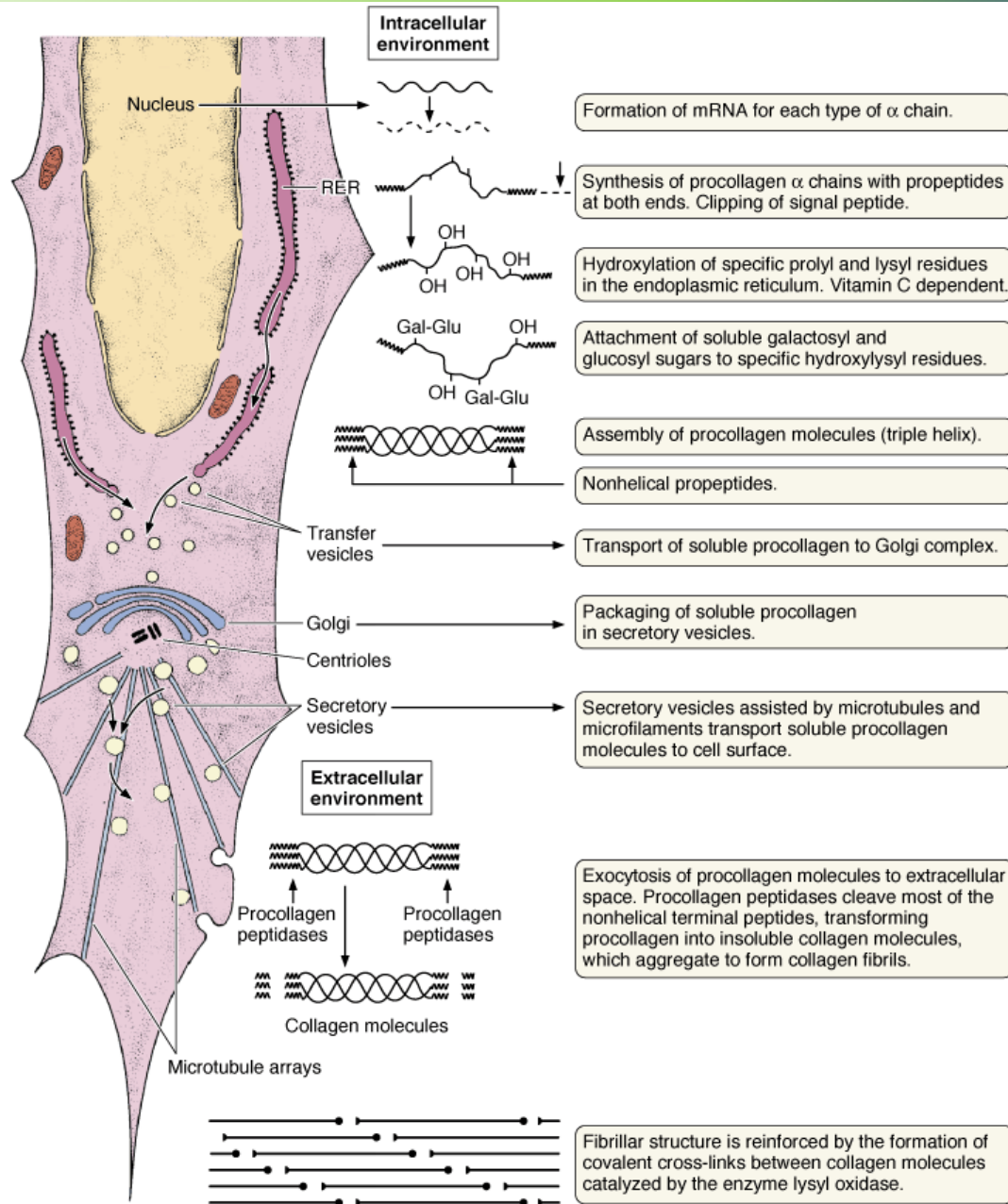
Prokolagen je modifikován na **tropokolagen** (prokolagenpeptidázou)

Tropokolagen se extracelulárně organizuje do vyšších struktur (fibrily, vlákna)

Vlákna jsou vzájemně propojena (lysyoxidázy)



MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

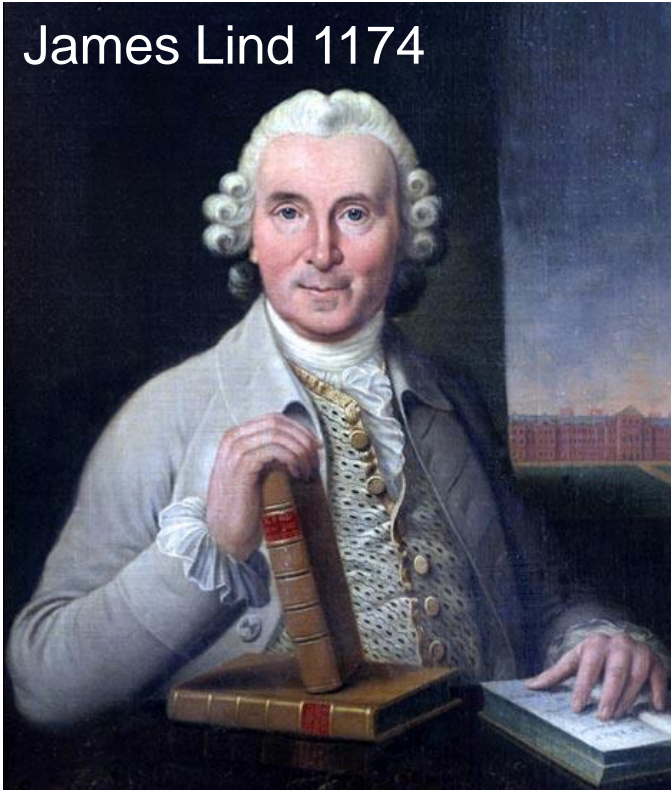


Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*. <http://www.accessmedicine.com>

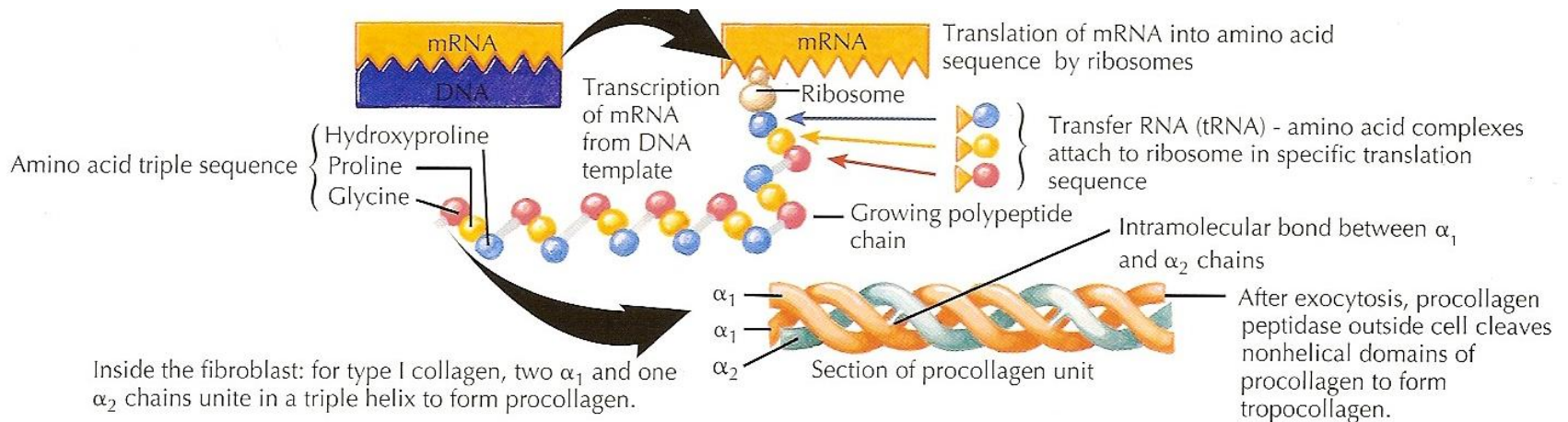
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

James Lind 1174



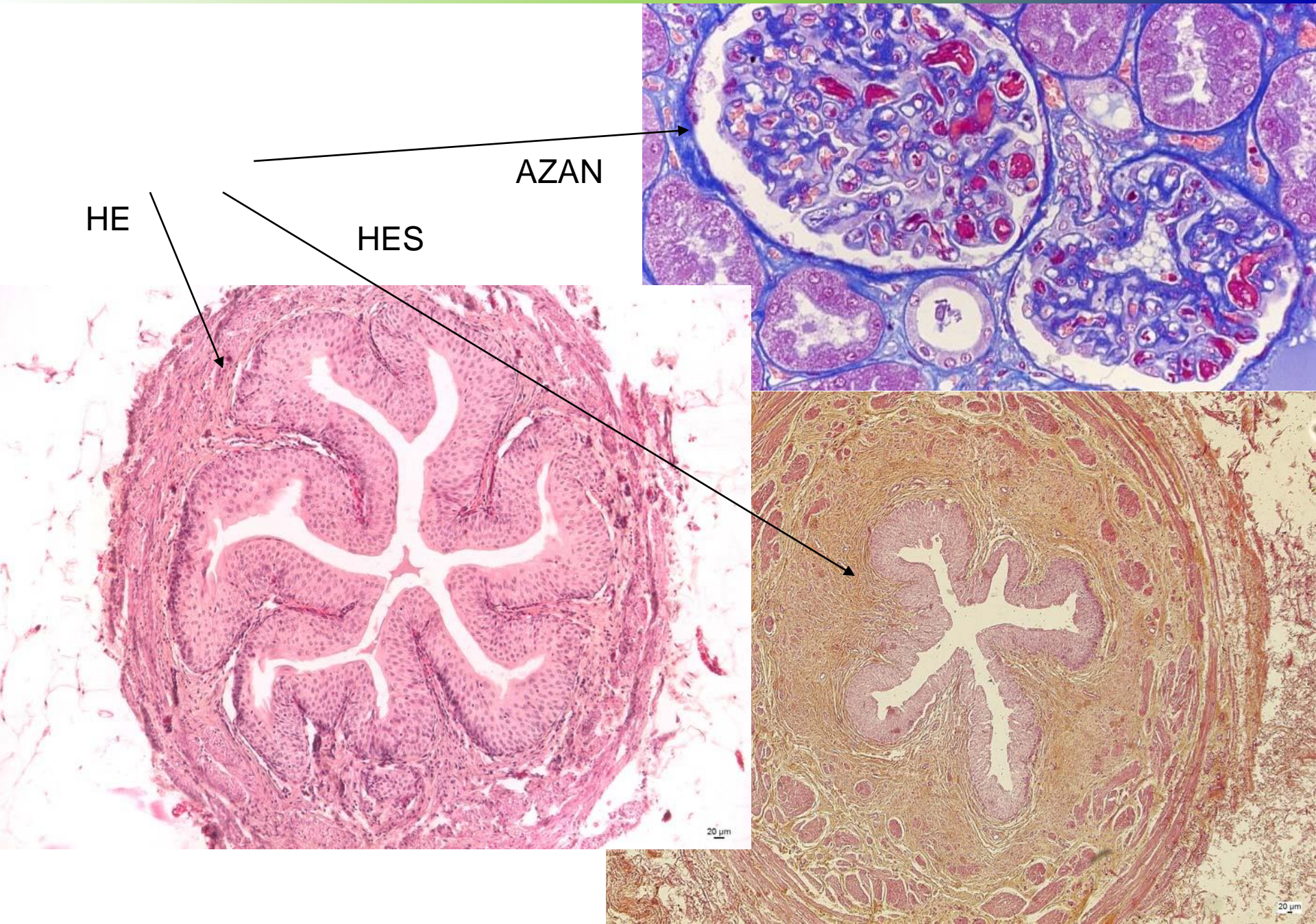
Autor: BIOPHOTO ASSOCIATES/SCIENCE PHOTO LIBRARY



MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – 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	Tvar
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)		
IX, X	Růstová ploténka, mineralizující chrupavka	Síťovité uspořádání	růst kostí, mineralizace

MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – KOLAGEN VE SVĚTELNÉM MIKROSKOPU

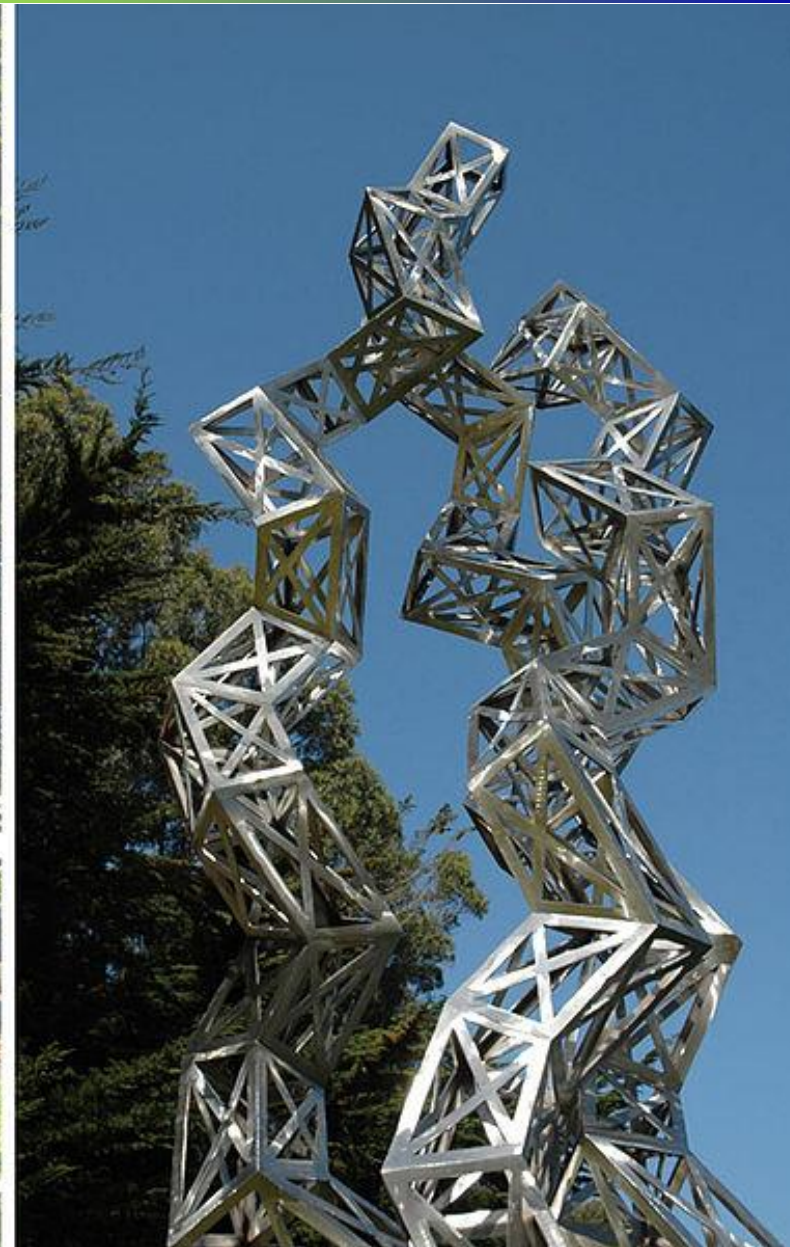


MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – KOLAGEN V UMĚNÍ

Julian Voss-Andreae
"Unraveling Collagen",

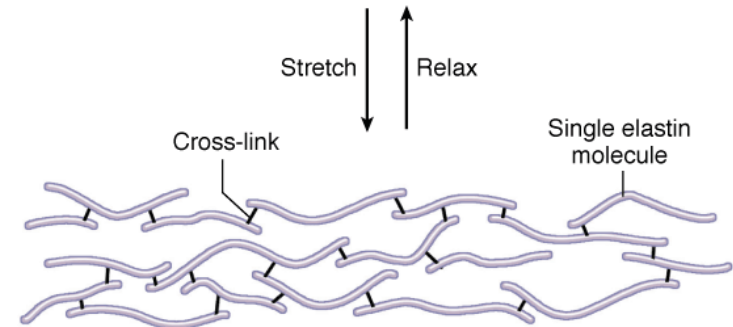
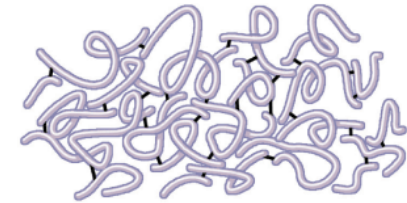
2005

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

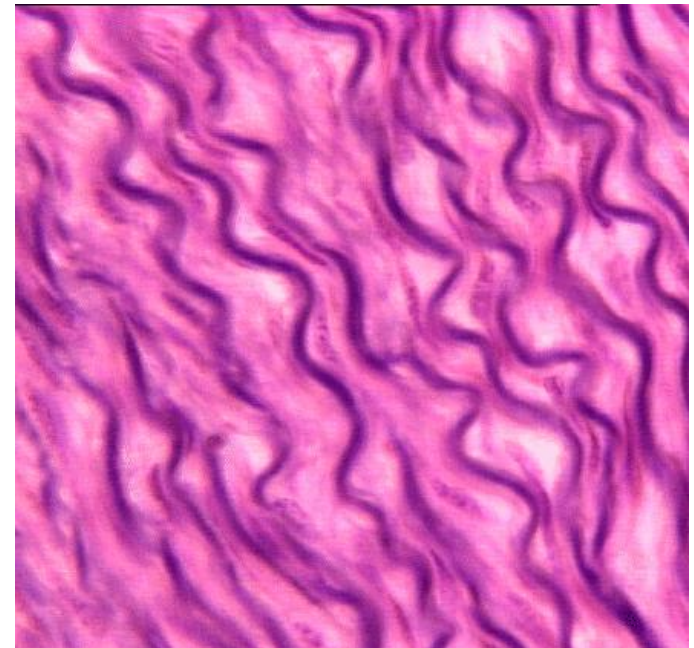
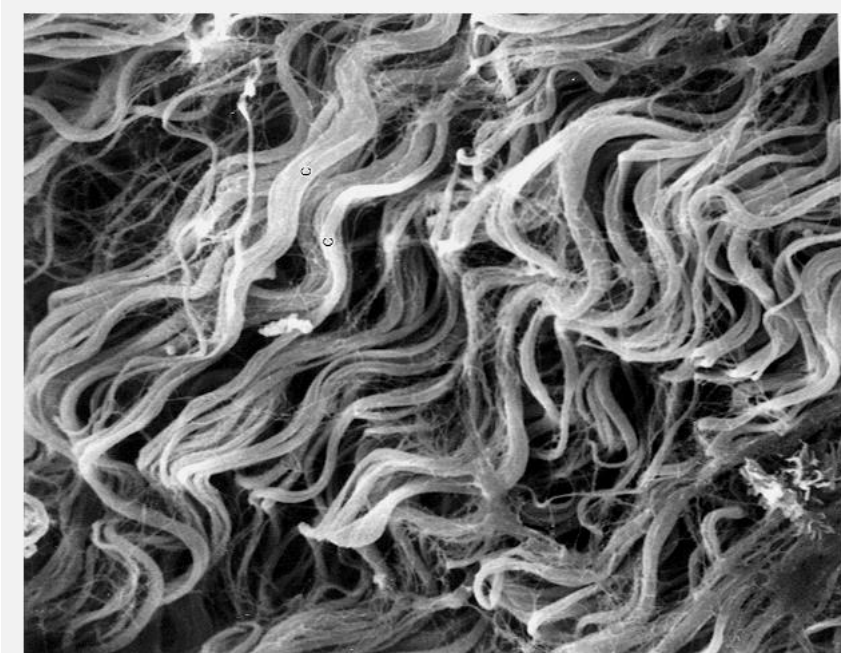


Elastická vlákna

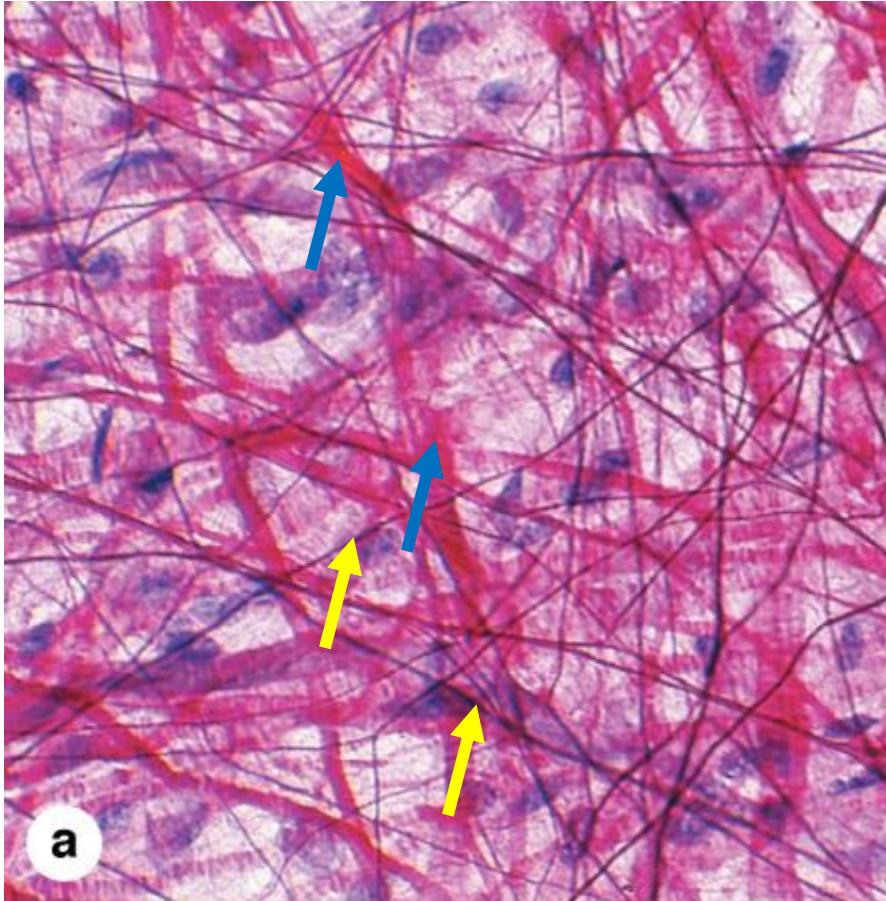
- méně početná než vlákna kolagenní
- polymer – tropoelastin
- desmosin, isodesmozin
- minimální tahová pevnost, při přetažení ztráta pružnosti
- redukuje hysterezi vaziva = díky své pružnosti usnadňuje návrat vaziva do původního stavu po mechanické změně
- fibroblasty, ale i hladké svalové buňky
- **barvení „na elastiku“ (orcein, aldehydový fuchsin)**



Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

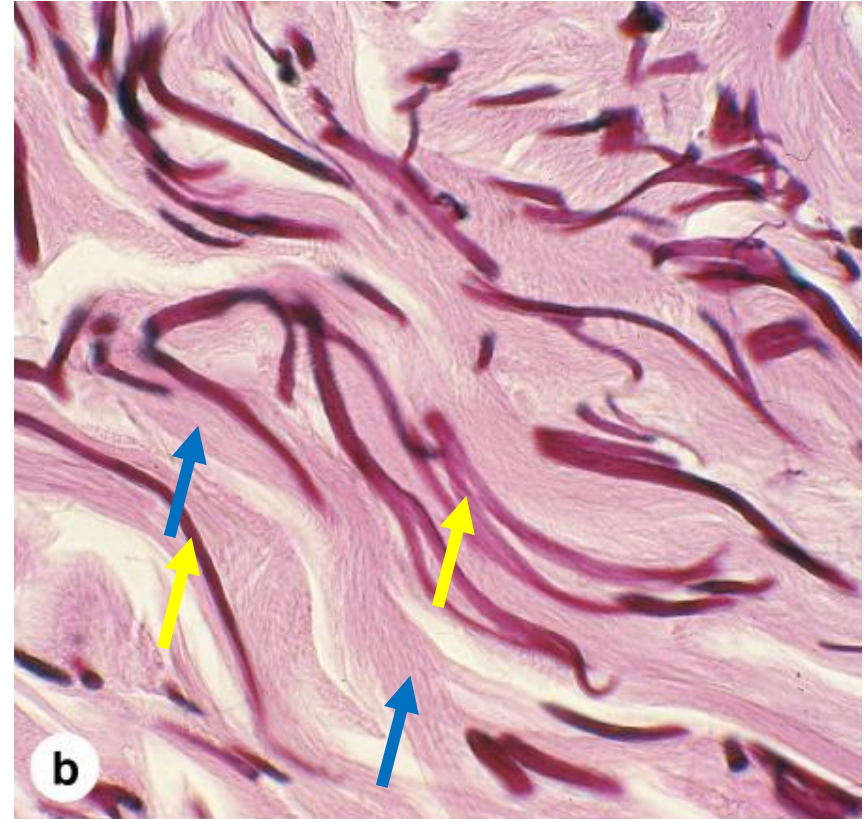


Elastická vlákna



Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



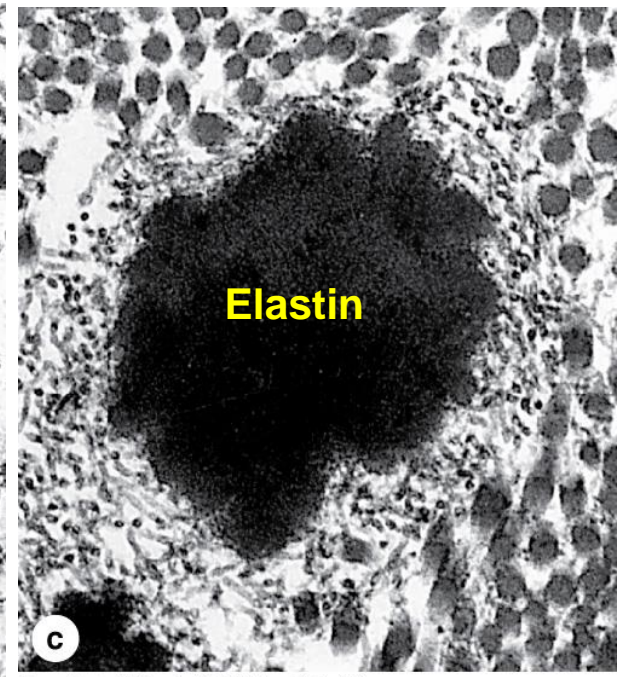
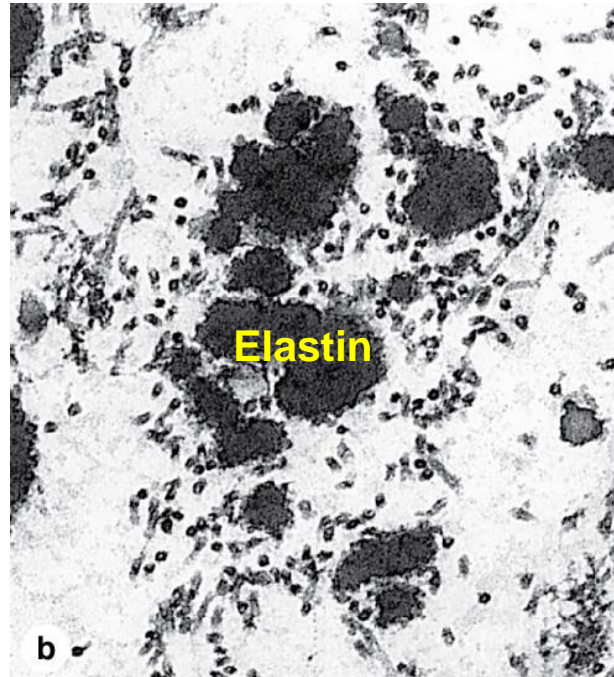
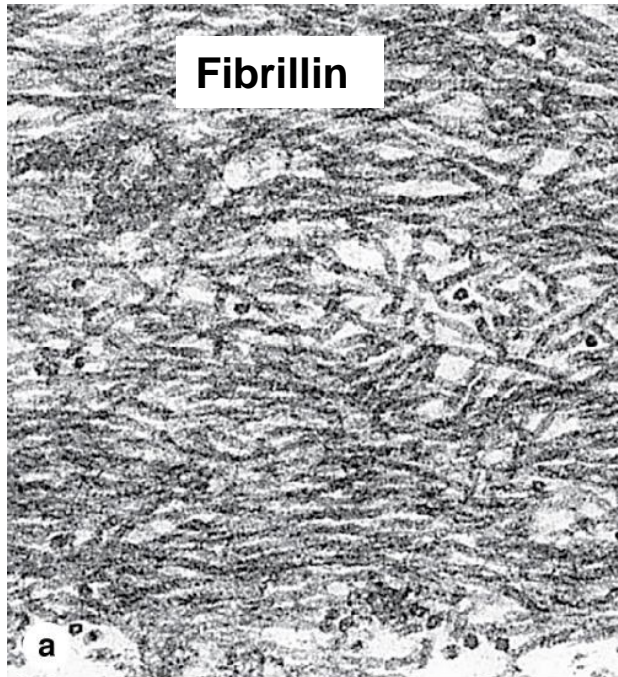
Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

 **Elastin**

 **Kolagen**

Elastická vlákna



Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

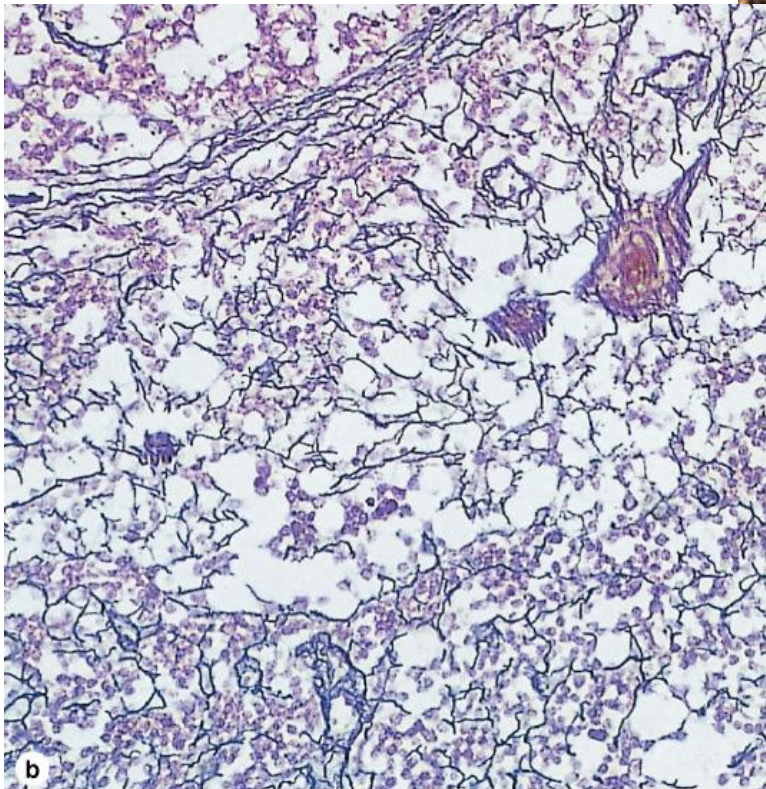
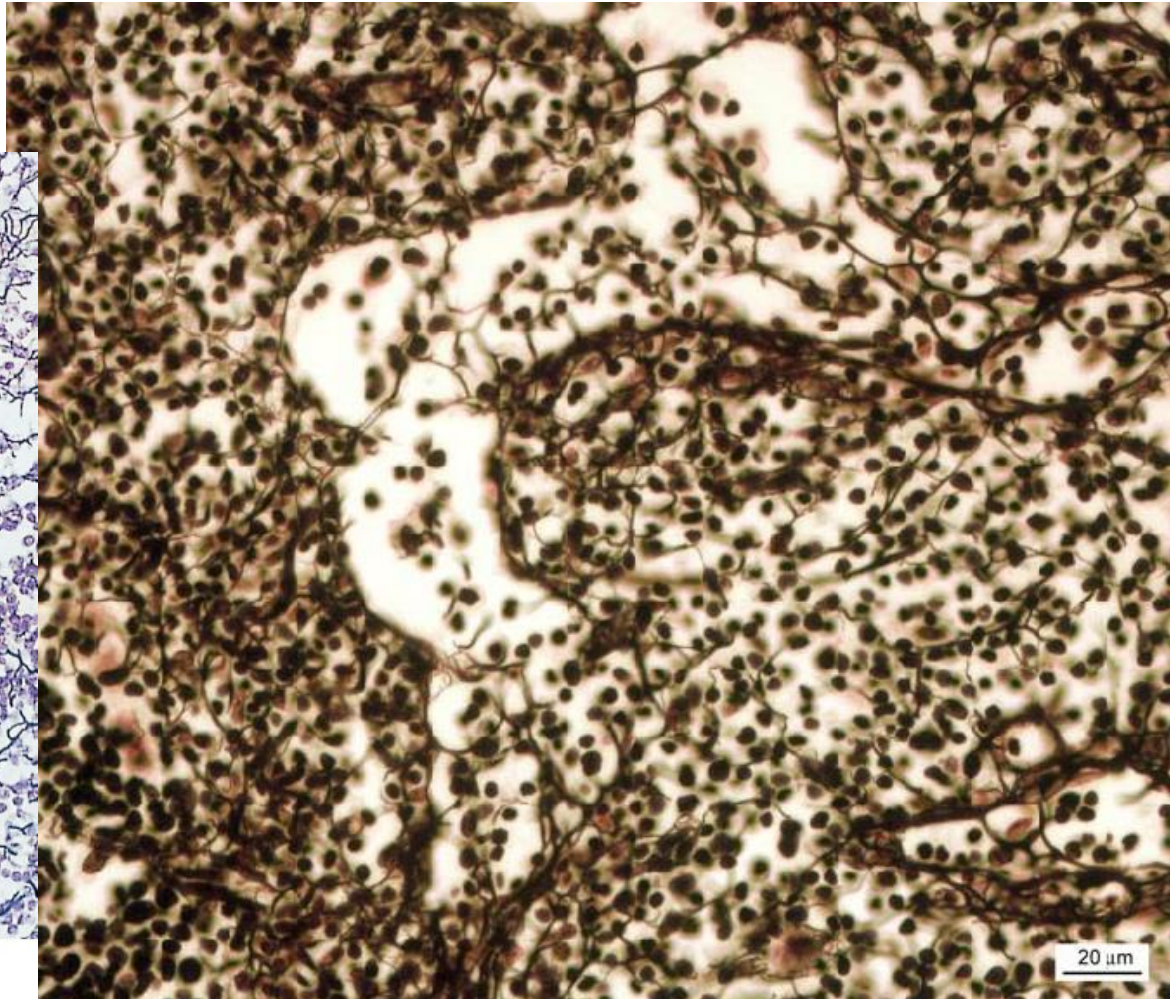
Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

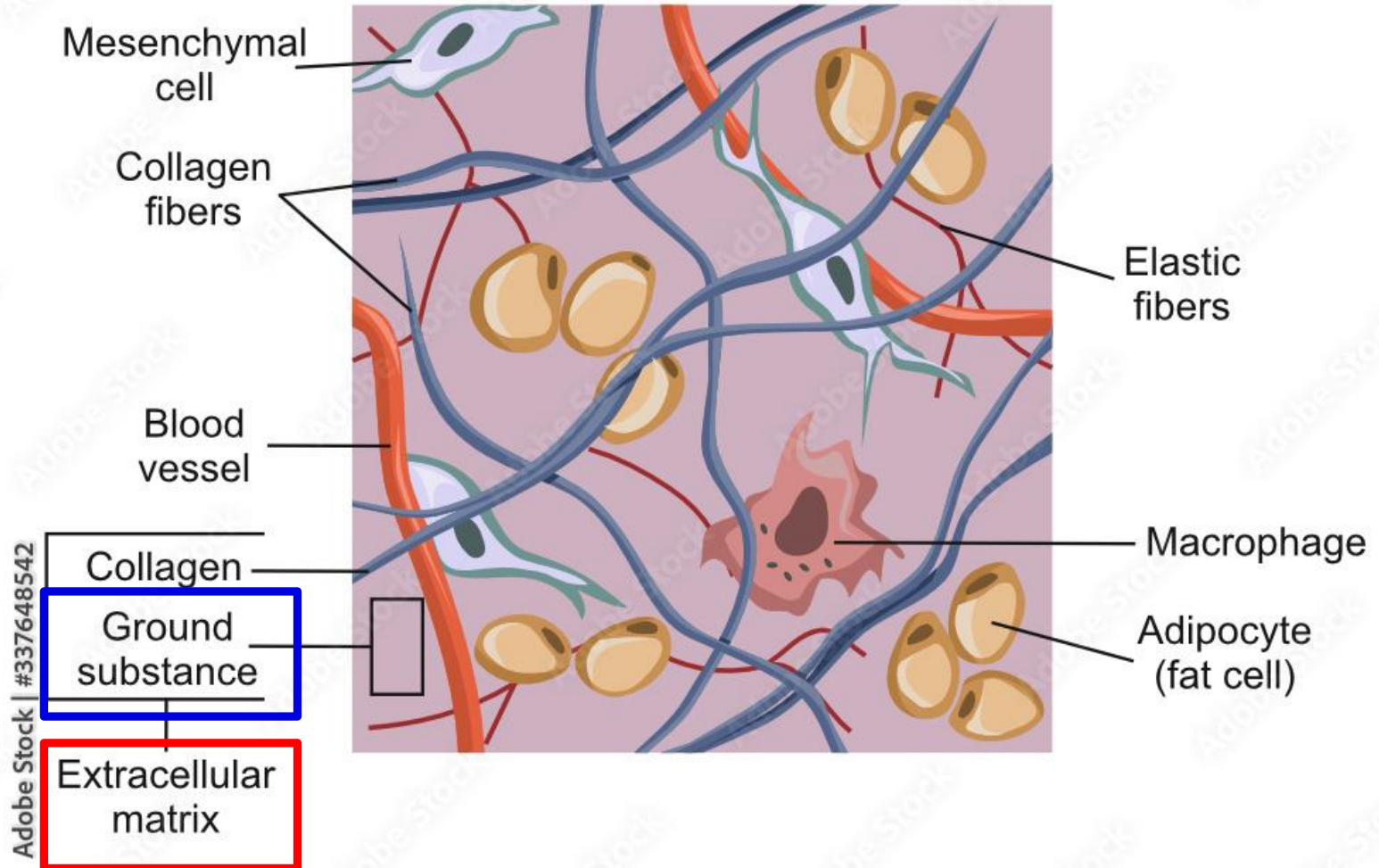
- Podobně jako u kolagenu jsou prekurzory elastinu sekretovány z buňky, kde rychle polymerují.
- Depozita elastinu agregují podél vláken proteinu fibrillinu
- Zastoupení fibrillinu (není elastický) a elastinu určuje elasticitu vaziva

Retikulární vlákna

- tvoří **kolagenní (kolagen III)**, prostorové sítě
- kostní dřev, slezina, lymfatické uzliny
- podpurná struktura pro buňky např. imunitního systému ve slezině nebo kostní dřev
- retikulární buňky



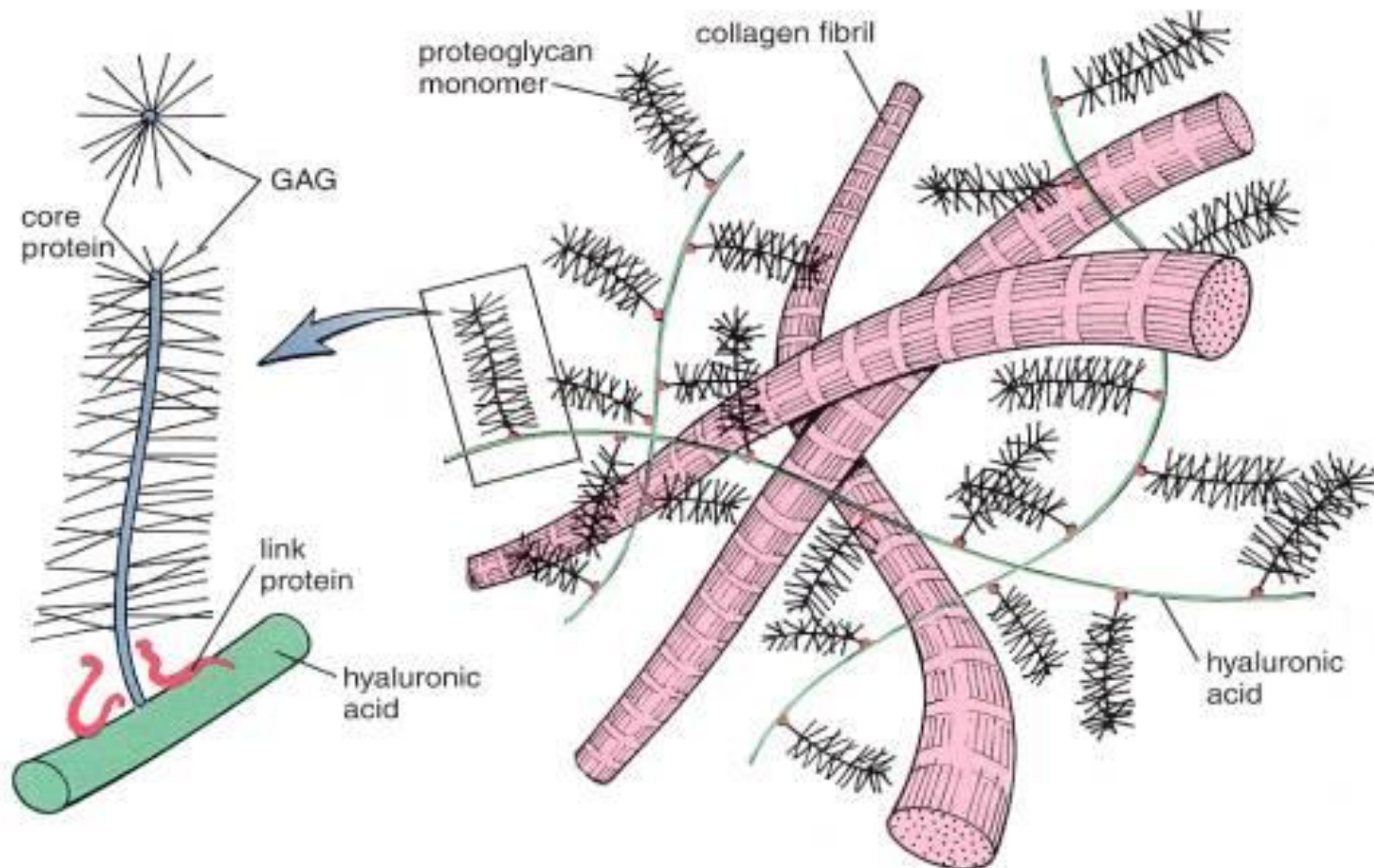
Základní amorfní hmota



MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA

Amorfní, mezibuněčná hmota

- Bezbarvá, průsvitná homogenní směs glykosaminoglykanů, proteoglykanů a strukturálních glykoproteinů

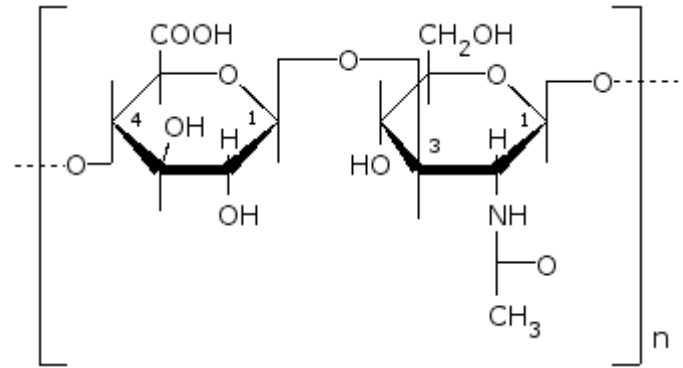


Glykosaminoglykany (GAGs)

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



kys. glukuronová nebo iduronová

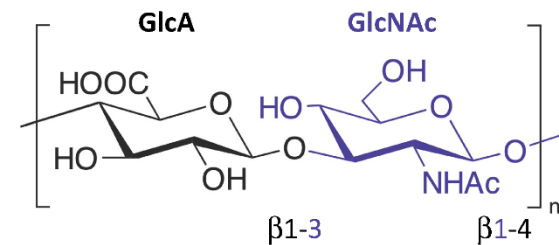


glukosamin nebo galaktosamin

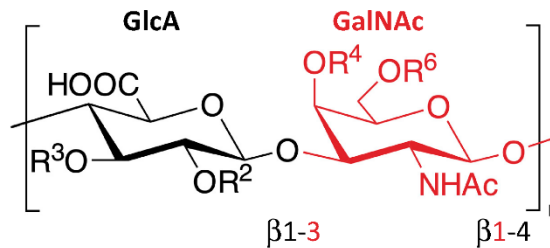
ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – GAG

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

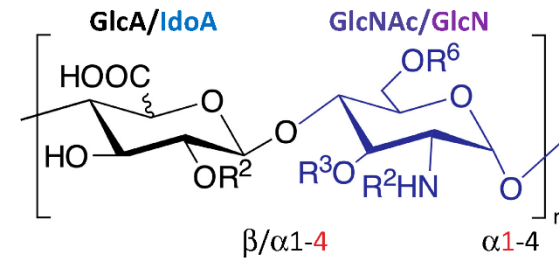
(A) Hyaluronic acid



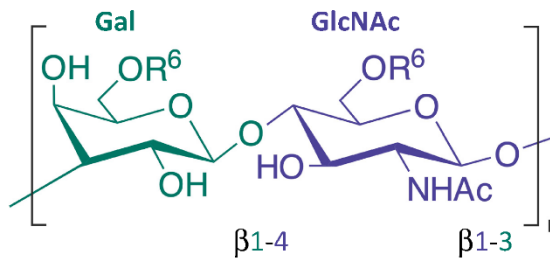
(B) Chondroitin sulfate



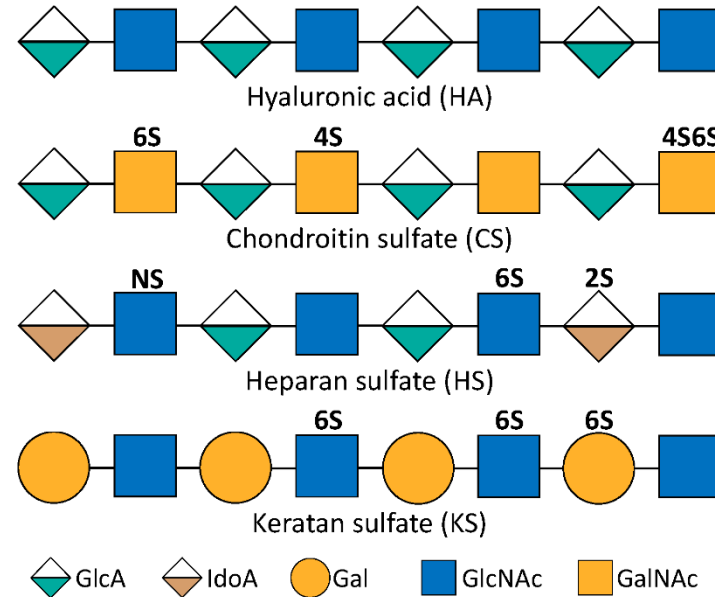
(C) Heparan sulfate



(D) Keratan sulfate



(E) Glycosaminoglycans polysaccharides



- s výjimkou kys. hyaluronové se váží i na proteinové struktury - proteoglykany

Glykosaminoglykan

Kyselina hyaluronová

Chondroitinsulfát

Dermatansulfát

Heparansulfát

Keratansulfát

Výskyt

Pupečník, synoviální tekutina, sklivcová tekutina, chrupavka

Chrupavka, kost, rohovka, kůže, notochord, aorta

Kůže, šlachy, aorta (adventicie)

Aorta, plíce, játra, bazální laminy

Rohovka, chrupavka , meziobratlová ploténka (nucleus pulposus, anulus fibrosus)

ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – GAG

- polysacharidy bohaté na hexosaminy = **kyselé mukopolysacharidy**
- onemocnění – **mukopolysacharidózy**
 - autozomálně recesivní onemocnění způsobující defekt enzymů v metabolismu GAG
 - široké spektrum projevů
 - typické příznaky – kraniofaciální dysmorfie, splenomegalie, poruchy psychomotorického vývoje i růstu, kardiomyopatie

MPS TYPE	EPONYM	ENZYME DEFECT
I	Hurler	α -L-iduronidase
II	Hunter	Iduronate 2-sulfatase
III-A	Sanfilippo type A	Heparan N-sulfatase
III-B	Sanfilippo type B	α -N-acetylglucosaminidase
III-C	Sanfilippo type C	Acetyl-CoA: α glucosaminide N-acetyltransferase
III-D	Sanfilippo type D	N-acetylglucosamine 6-sulfatase
IV-A	Morquio type A	Galactose 6-sulfatase
IV-B	Morquio type B	β -galactosidase
VI	Maroteaux-Lamy	N-acetylgalactosamine 4-sulfatase
VII	Sly	β -glucuronidase



ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – PROTEOGLYKANY

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

příklady:

- **aggrecan** (chrupavka)
- **syndekan**
- **fibroglykan**

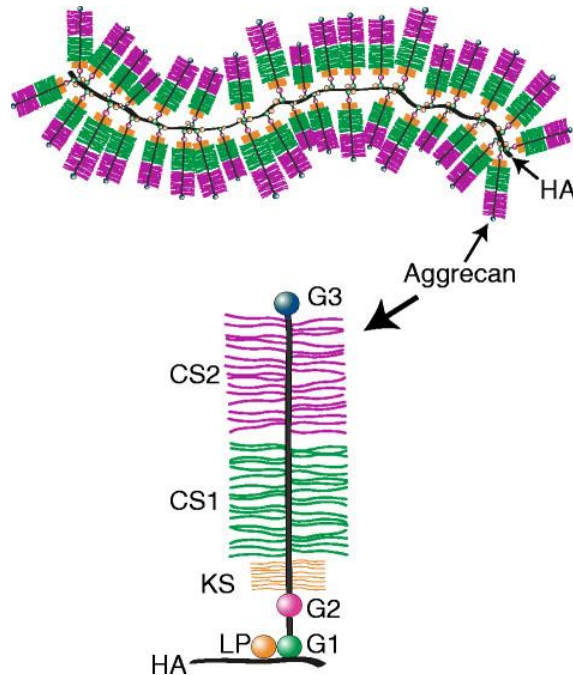
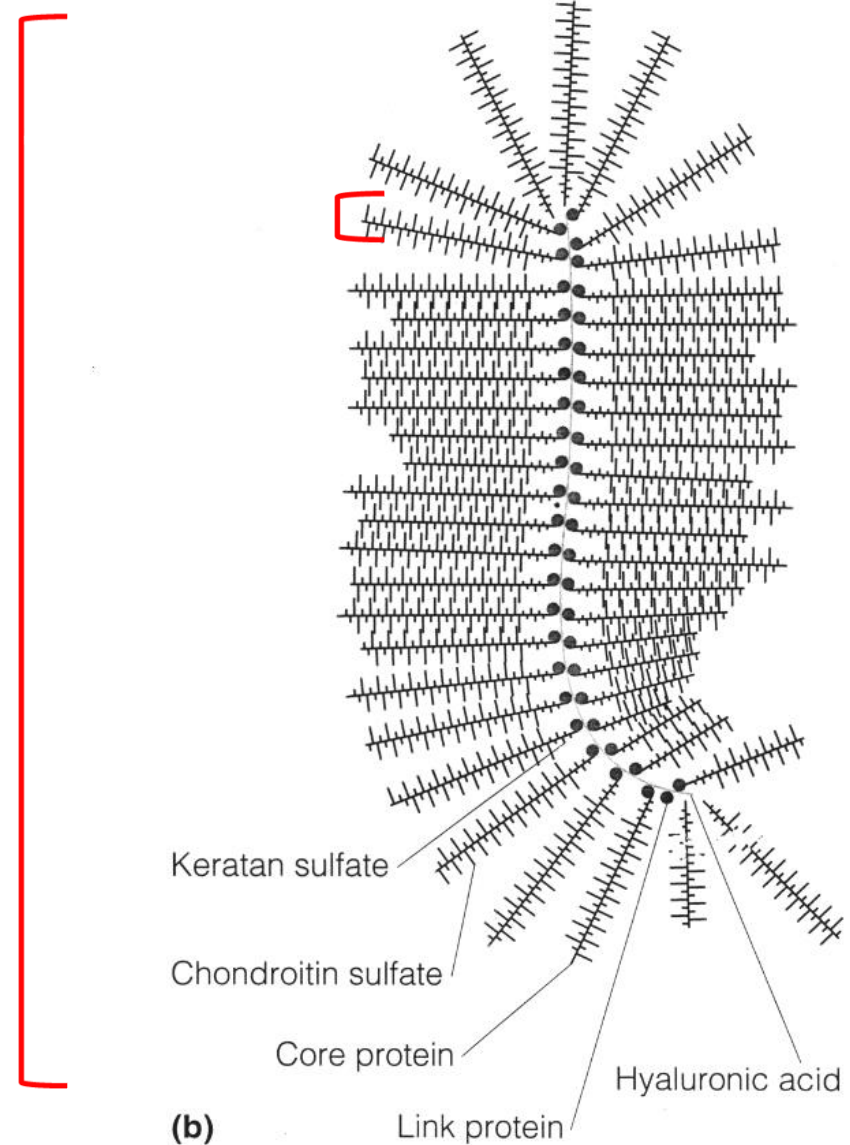
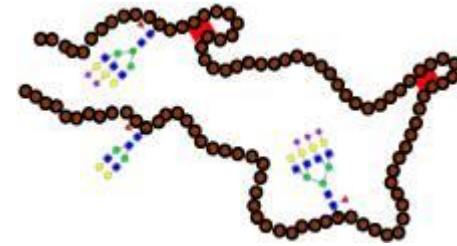


Figure 9.25b Proteoglycan structure in bovine cartilage



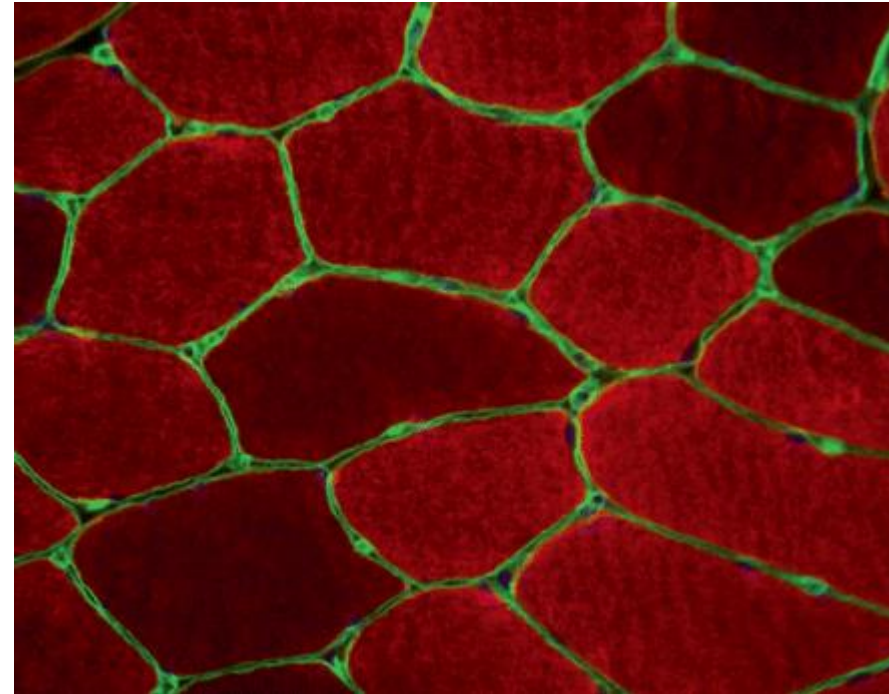
ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – STRUKTURÁLNÍ GLYKOPROTEINY

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



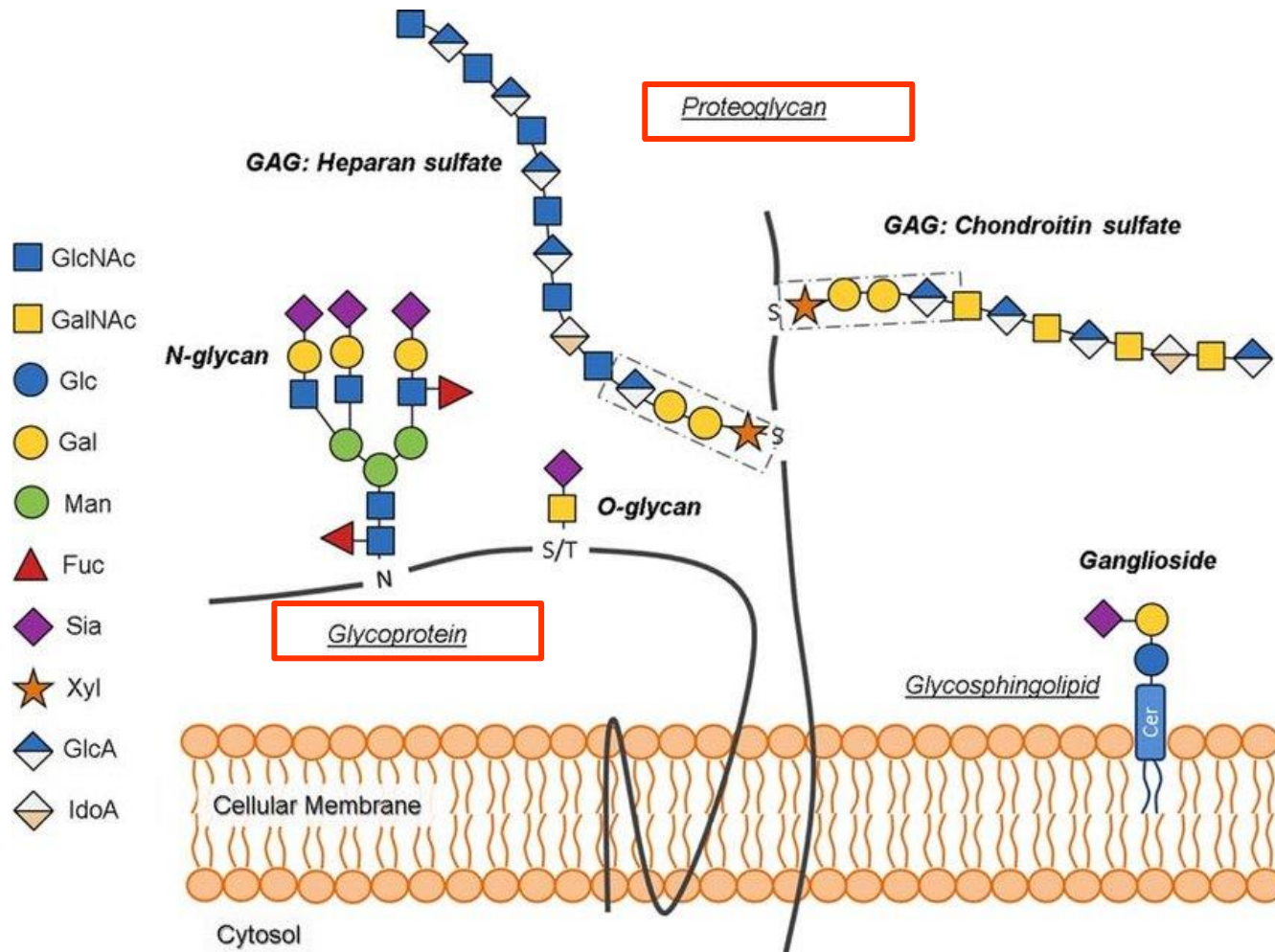
Příklady:

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

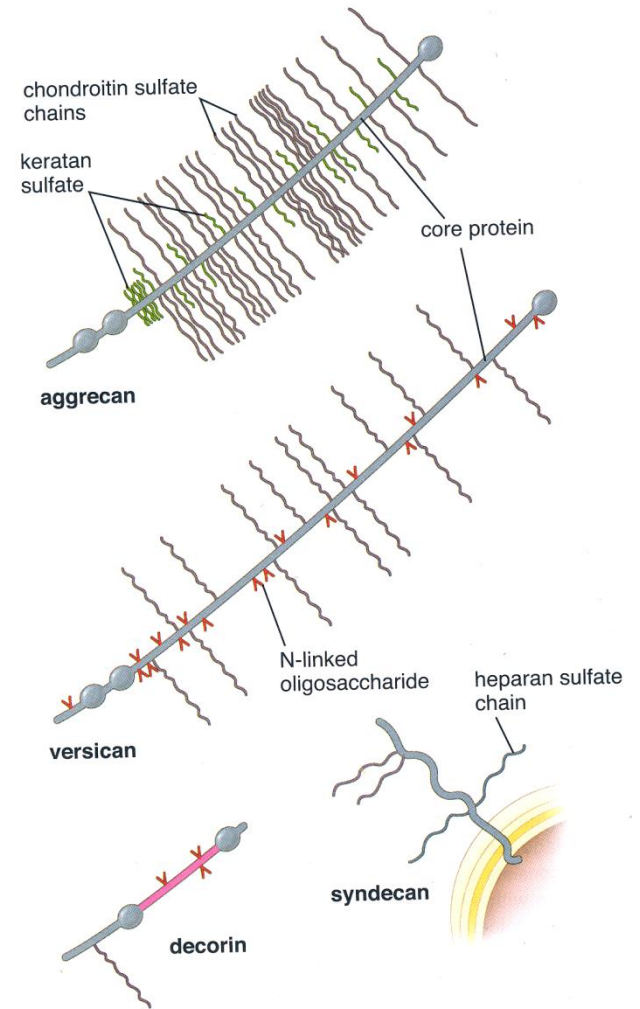
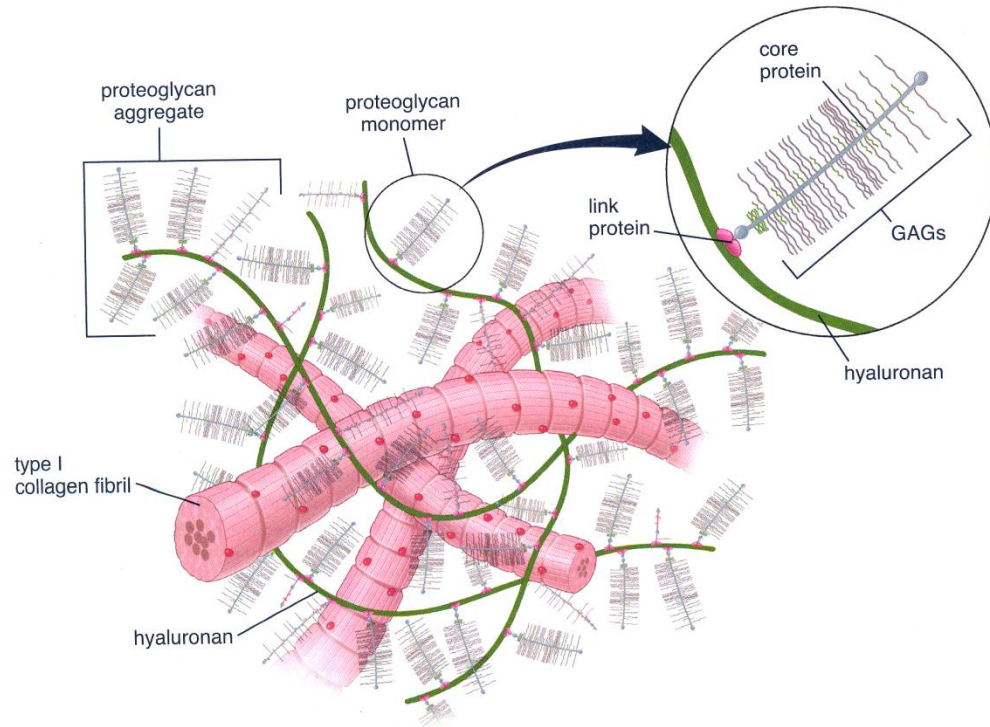


ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – STRUKTURÁLNÍ GLYKOPROTEINY

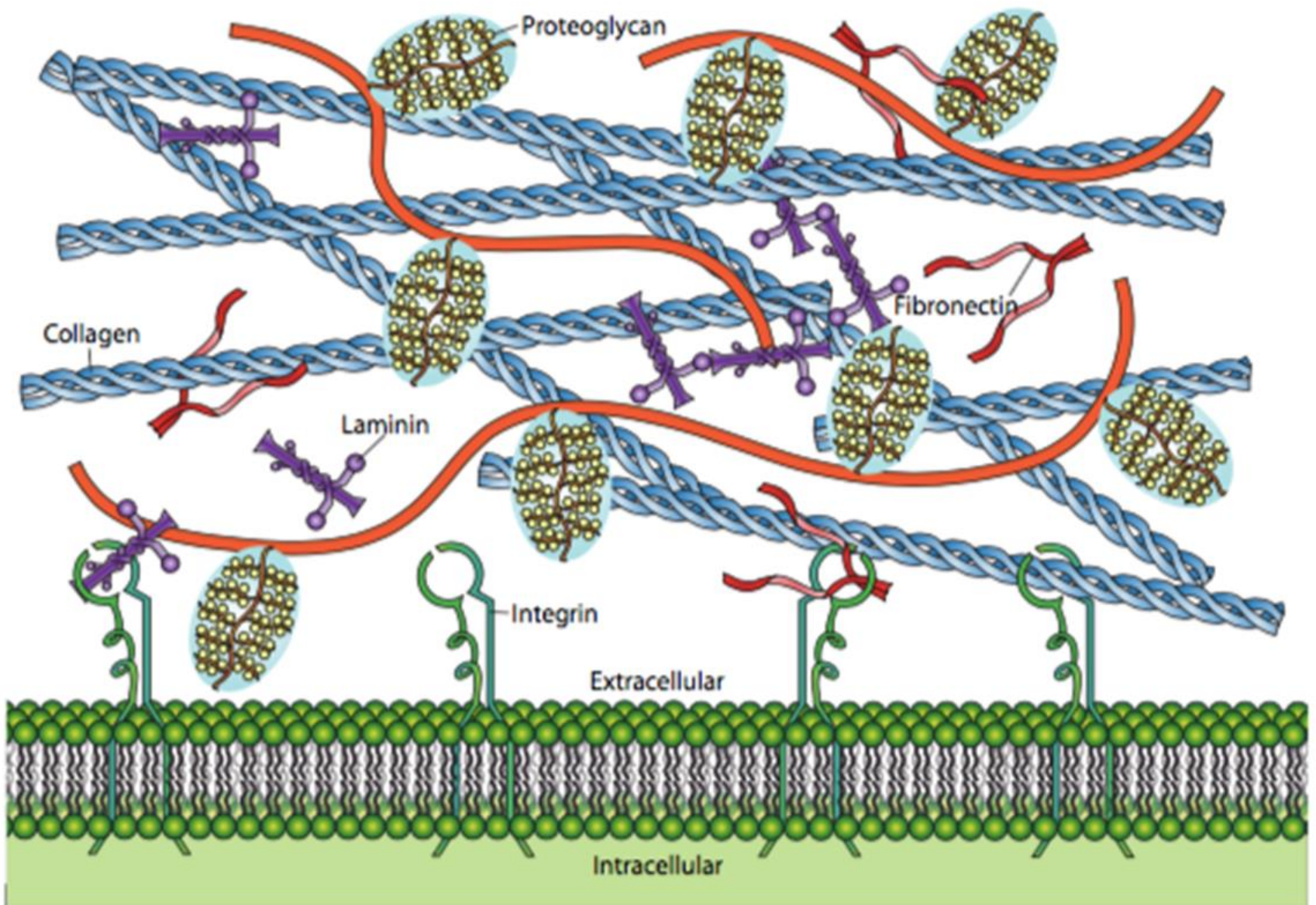
Glykoproteiny vs. proteoglykany



ECM – SHRNUŤÍ



ECM – SHRNUŤÍ



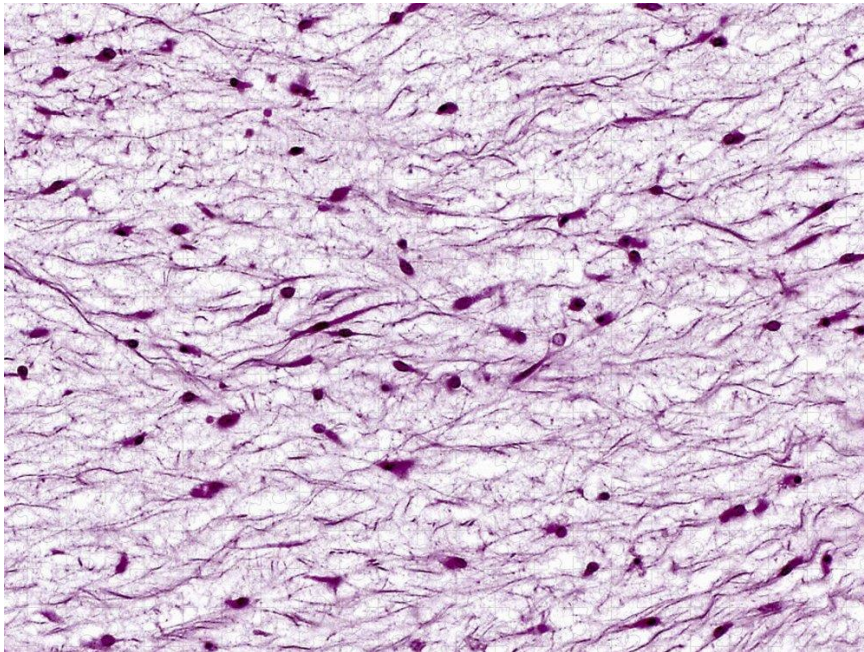
HISTOLOGICKÁ KLASIFIKACE VAZIVA

Embryonální:

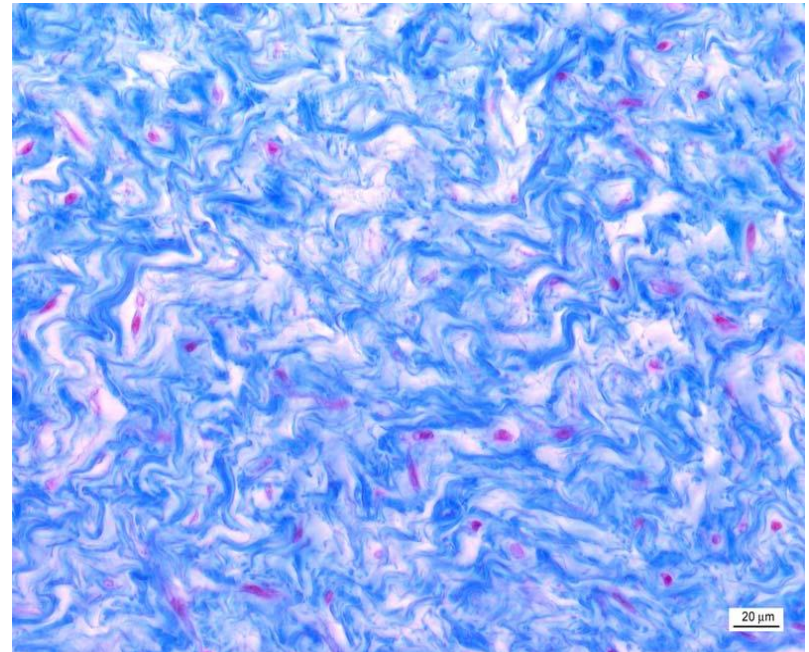
- **Embryonální mesenchym** a **rosolovité vazivo** (Whartonův rosol) **pupečníku**

Postnatální:

- **Řídké kolagenní vazivo** (areolární, intersticiální)
- **Husté kolagenní uspořádané** a **neuspořádané vazivo**
- **Elastické vazivo**
- **Retikulární vazivo**
- **Tukové vazivo**

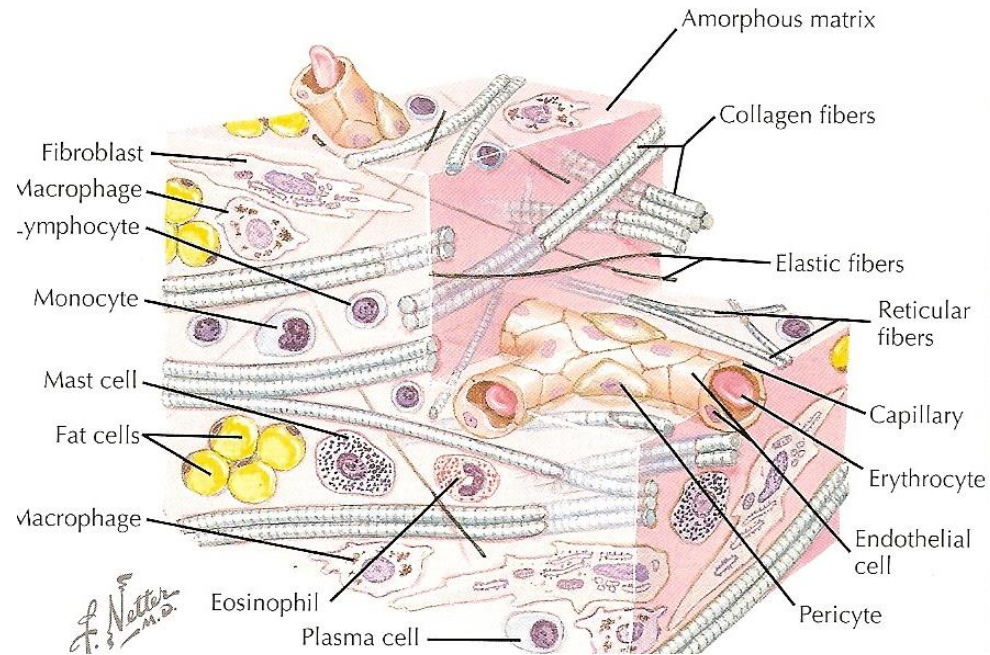


Embryonální mezenchym

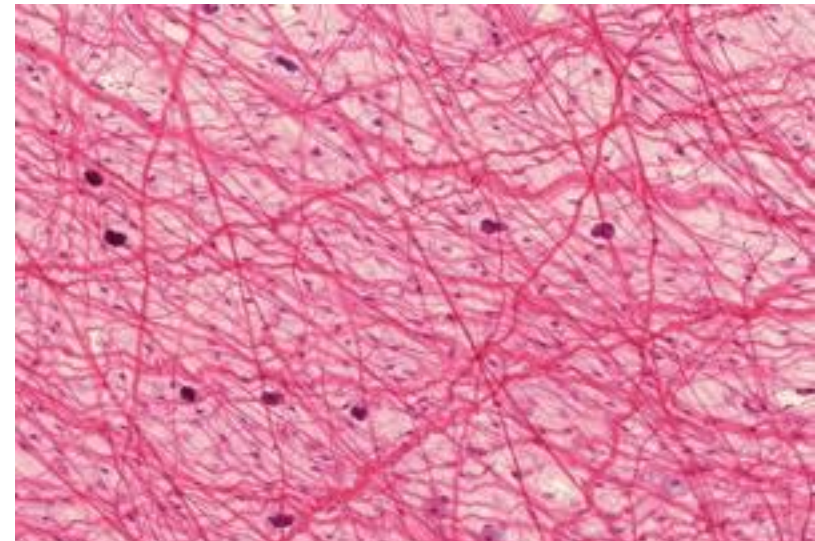


Whartonův rosol

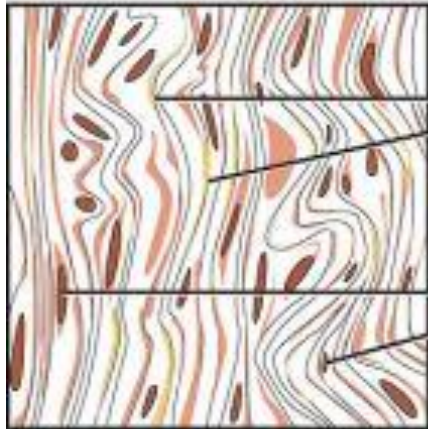
ŘÍDKÉ KOLAGENNÍ VAZIVO



- **Nejběžnější typ vaziva**
- **Bohatá vaskularizace a inervace**
- Stěna dutých orgánů, intersticiium, slizniční a podslizniční vazivo
- Trvale fibroblasty, makrofágy (histiocyty), případně jednotlivé adipocyty
- Další přechodné buňky (leukocyty)
- Kolagenní a elastická vlákna
- Převládá amorfnní hmota



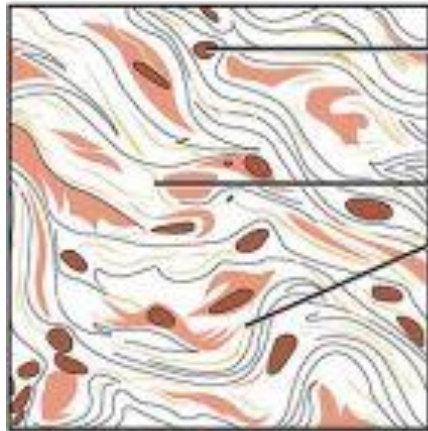
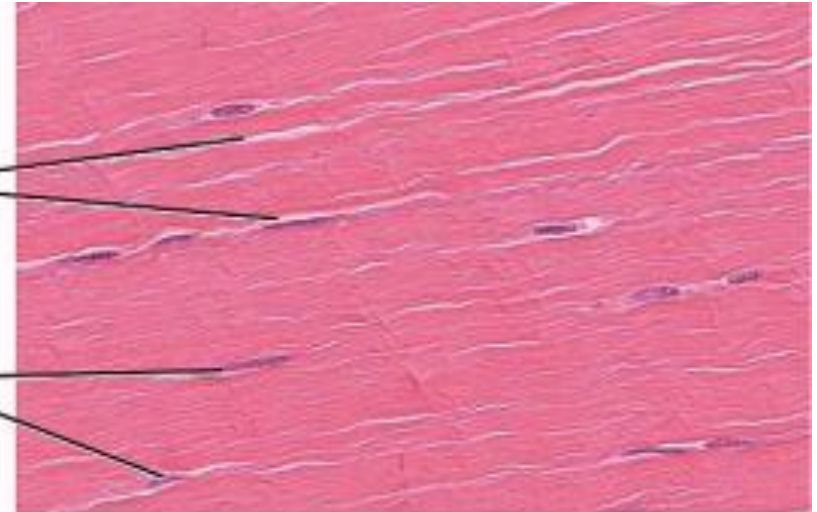
HUSTÉ KOLAGENNÍ VAZIVO



Kolagenní
vlákna

Jádra
fibroblastů

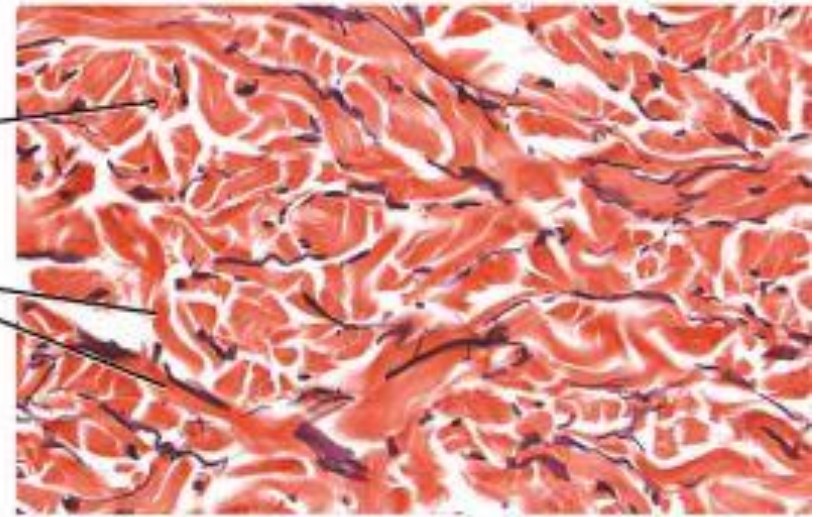
Uspořádané



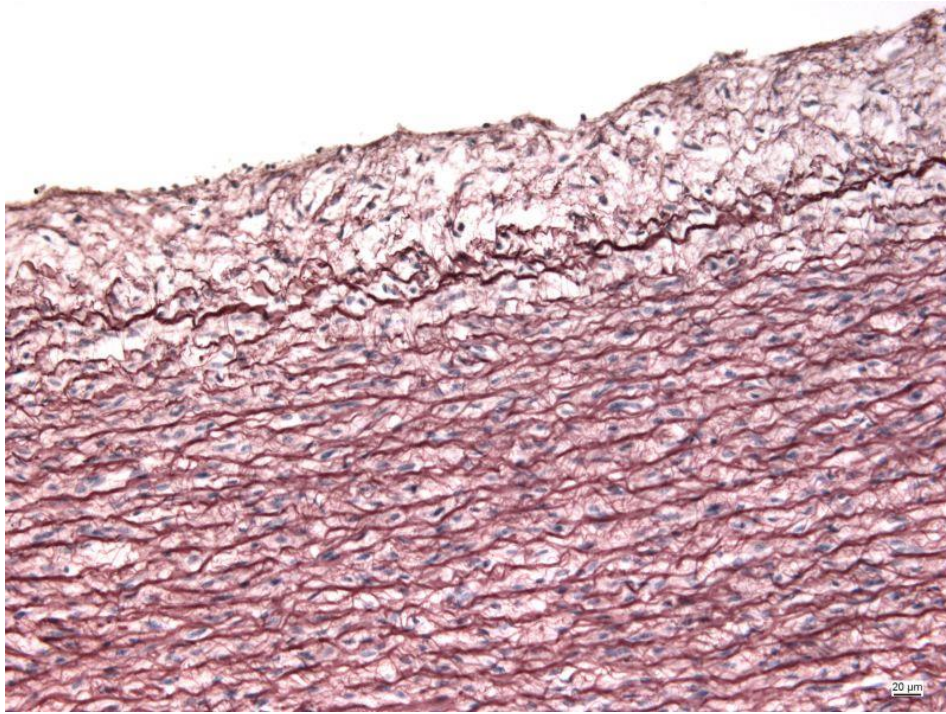
Jádra
fibroblastů

Svazky
kolagenních
vláken

Neuspořádané



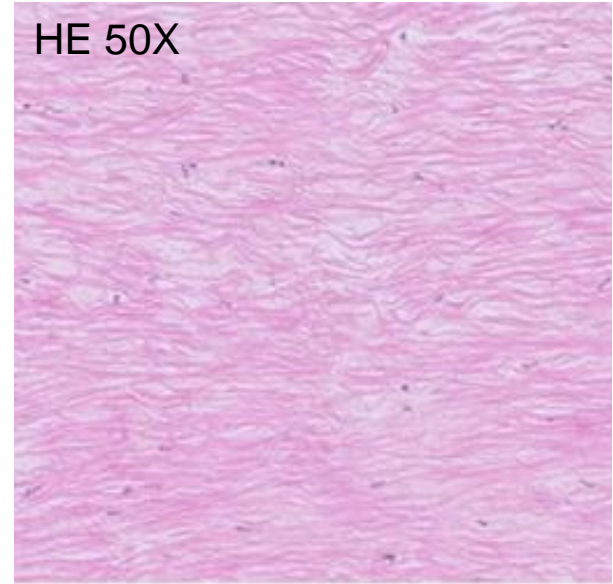
ELASTICKÉ VAZIVO



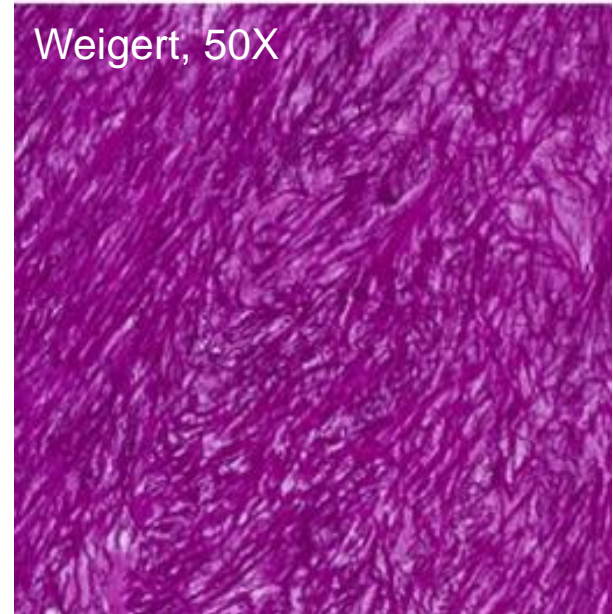
Elastické membrány v aortě

Lig. flava

HE 50X



Weigert, 50X



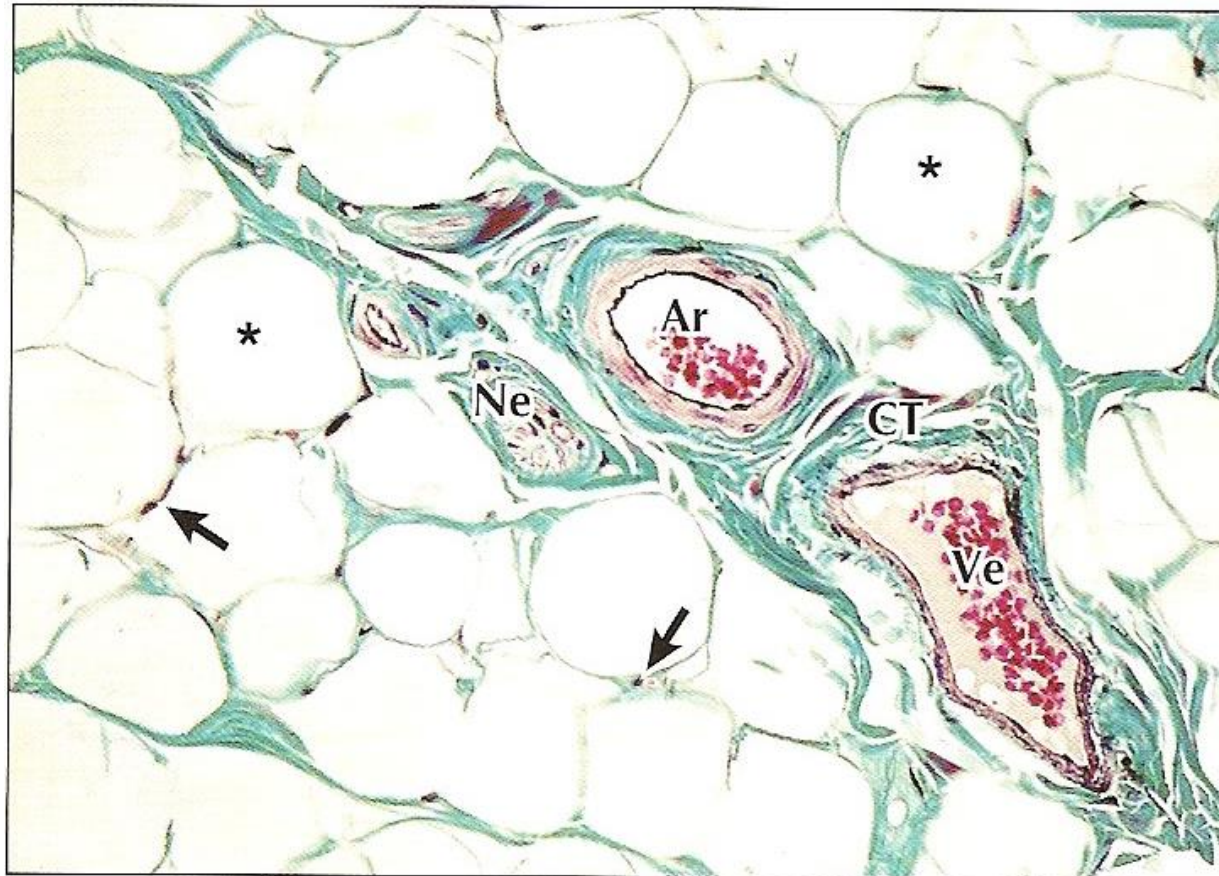
RETIKULÁRNÍ VAZIVO

Niche pro imunitní buňky



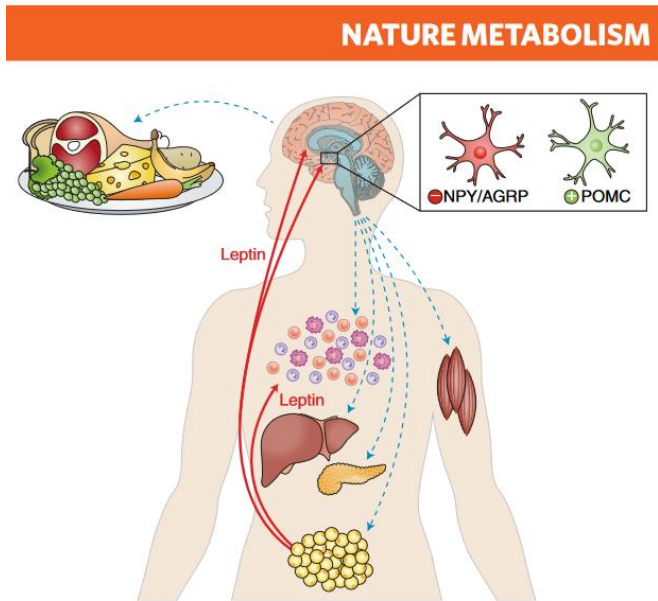
TUKOVÉ VAZIVO

- **bílá a hnědá tuková tkáň**
- adipocyty, fibroblasty, retikulární, kolagenní a elastická vlákna
- vaskularizace

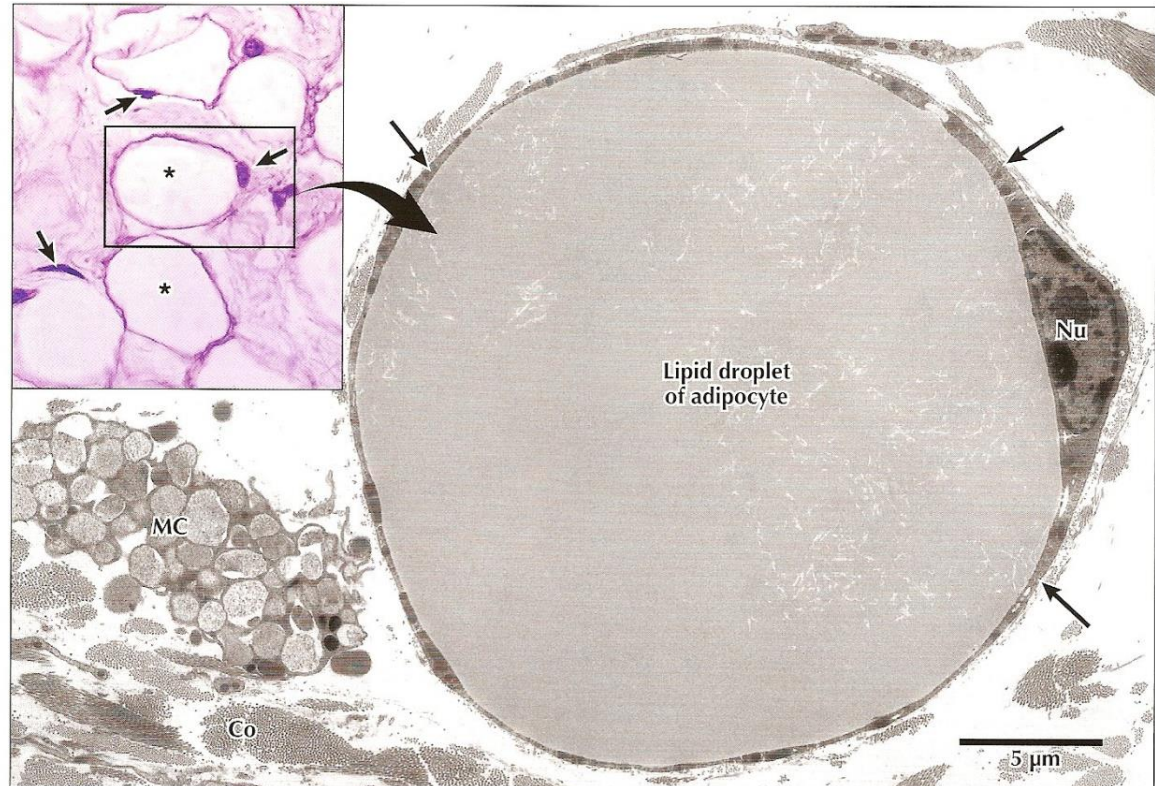


TUKOVÉ VAZIVO – BÍLÁ TUKOVÁ TKÁŇ

- aktivní novotvorba adipocytů do věku cca dvou let
- schopnost hypertrofie
- bohatá vaskularizace
- jediná tuková kapénka
- dynamická produkce hormonů - **leptiny** (adipokininy)

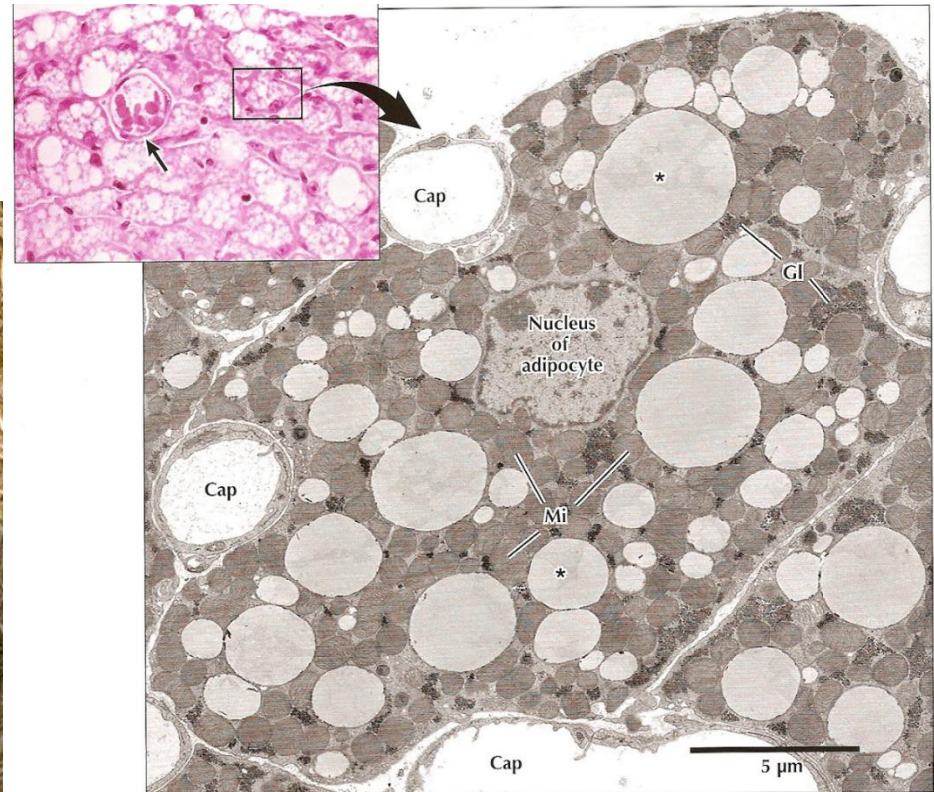
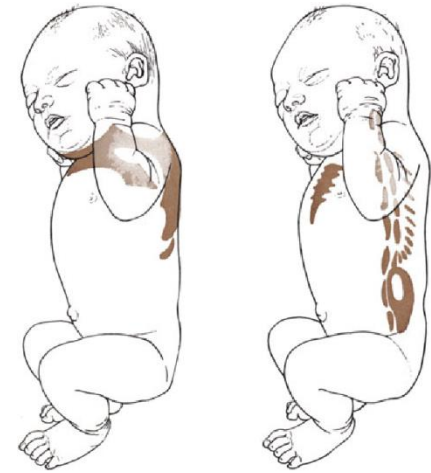


10.1038/s42255-019-0095-y



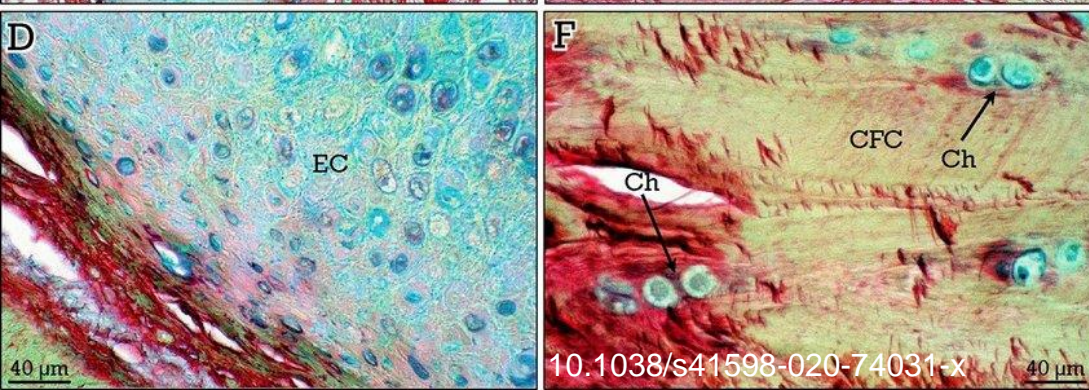
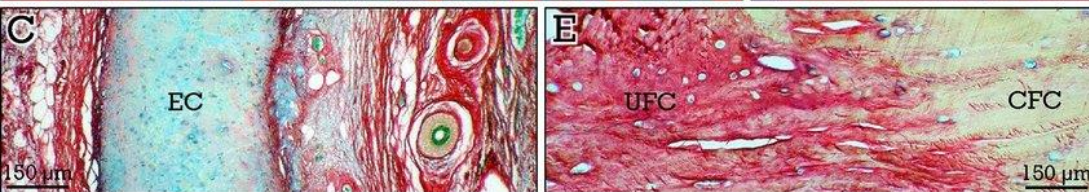
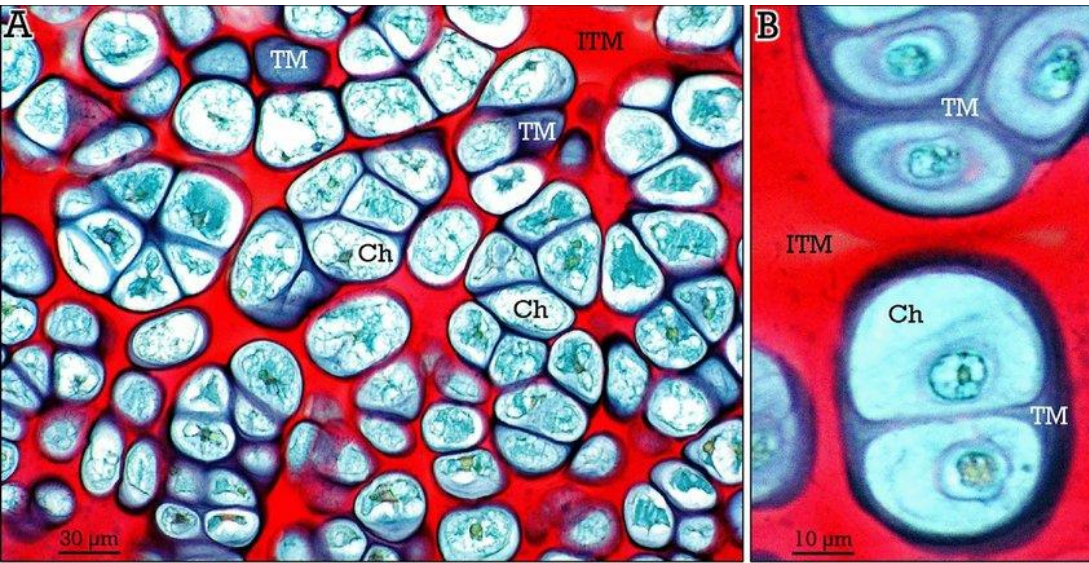
TUKOVÉ VAZIVO – HNĚDÁ TUKOVÁ TKÁŇ

- vyvíjející se fetus a děti do cca 1 roku
- rychlý zdroj energie a tepla
- mezilopatkový prostor
- malé buňky s početnými lipidovými kapénkami



VAZIVO - PŘEHLED

Kolagenní	Stavba	Poznámka
Řídké kolagenní vazivo	Větší množství základní amorfnní hmoty, spíše méně kolagenních vláken s náhodným uspořádáním	Bohatá vaskularizace, inervace, klíčové tkáňové mikroprostředí
Husté neuspořádané kolagenní vazivo	Málo základní hmoty a buněk, hodně kolagenních vláken s náhodným uspořádáním	Mechanicky odolné vazivové obaly orgánů, skléra
Husté uspořádané kolagenní vazivo	Těsně uspořádané kolagenní svazky, fibrocyty mezi nimi	Šlachy, vazy, odolnost v tahu
Embryonální		
Mezenchym	Nediferencované buňky rozptýlené v základní hmotě, málo vláken	Progenitory různých buněčných typů
Whartonův rosol	Viskózní amorfnní hmota, kolagenní vlákna, rozptýlené fibrocyty	Pupečník
Specializované vazivo		
Retikulární	Síť z kolagenu typu III, retikulární buňky	Hematopoetické a lymfatické orgány
Elastické	Elastická vlákna a membrány	Pružná podpora elastických arterií a aorty, lig. flava, dýchací cesty a plíce
Tukové	Adipocyty, bohatá vaskularizace, MSCs	Energie - ATP/teplo
Chrupavka	Chondroblasty, chondrocyty	Mechanická podpora
Kost	Osteoblasty, osteocyty, osteoklasty	Mechanická podpora, metabolismus Ca a PO_4^{3-}
Krev	Samostatná přednáška během tohoto semestru	



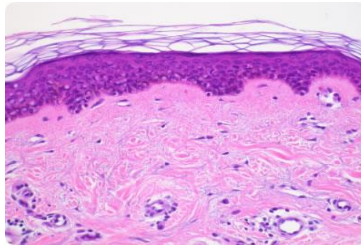
POJIVOVÉ TKÁŇĚ II 2024

CHRUPAVKA A KOST

SOUČASNÁ KLASIFIKACE ZÁKLADNÍCH TYPŮ TKÁNÍ

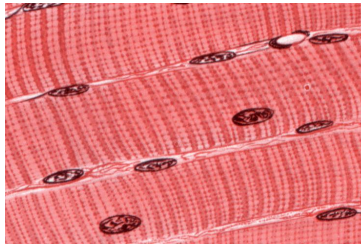
Na základě **morfologických** a **funkčních** znaků

Epitelová



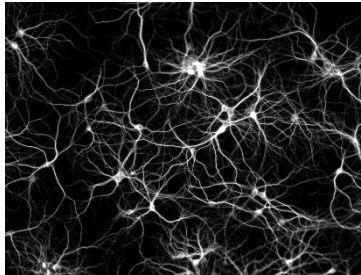
Kontinuální, avaskulární vrstvy buněk s různou funkcí, orientovaných do volného prostoru, se specifickými mezibuněčnými spoji a minimem mezibuněčného prostoru a ECM
Deriváty všech tří zárodečných listů

Svalová



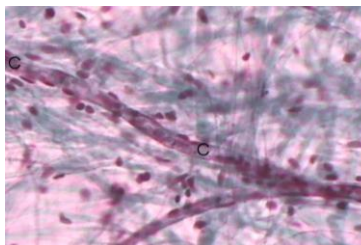
Obsahují myofibrily → schopnost kontrakce
Derivát mezodermu - KS, myokard, mezenchymu - HS

Nervová



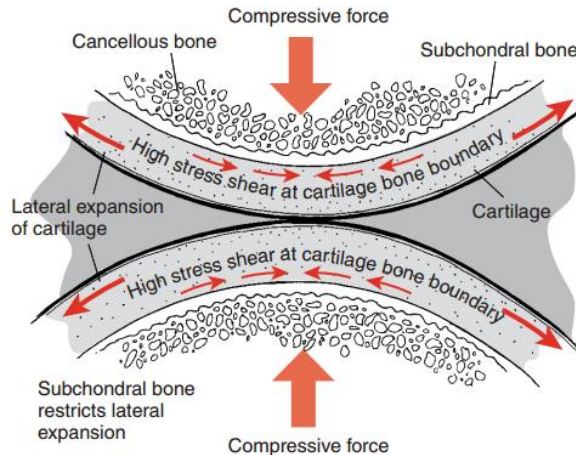
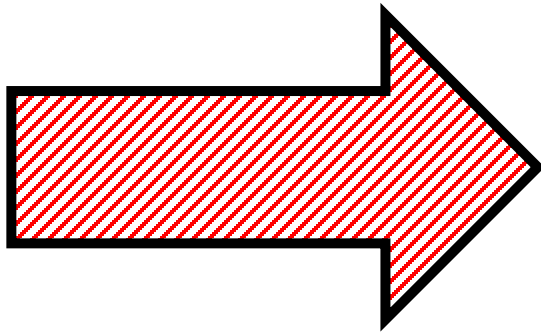
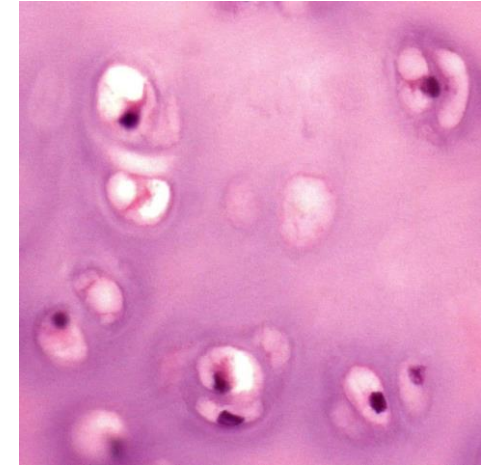
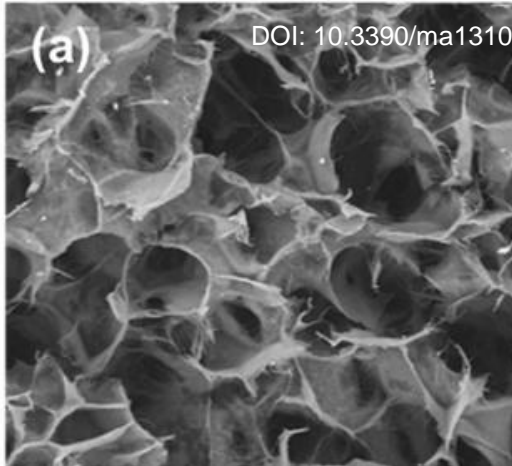
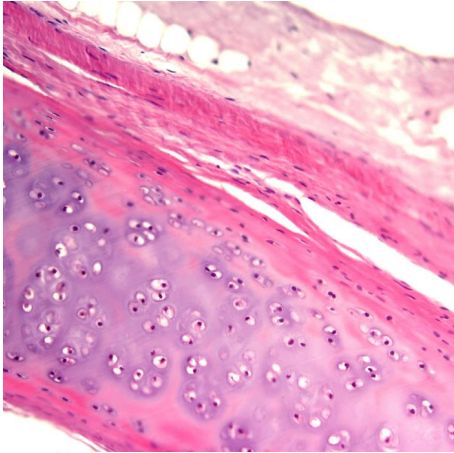
Neurony a neuroglie
Příjem a přenos elektrického vzruchu
Derivát ektodermu

Pojivová



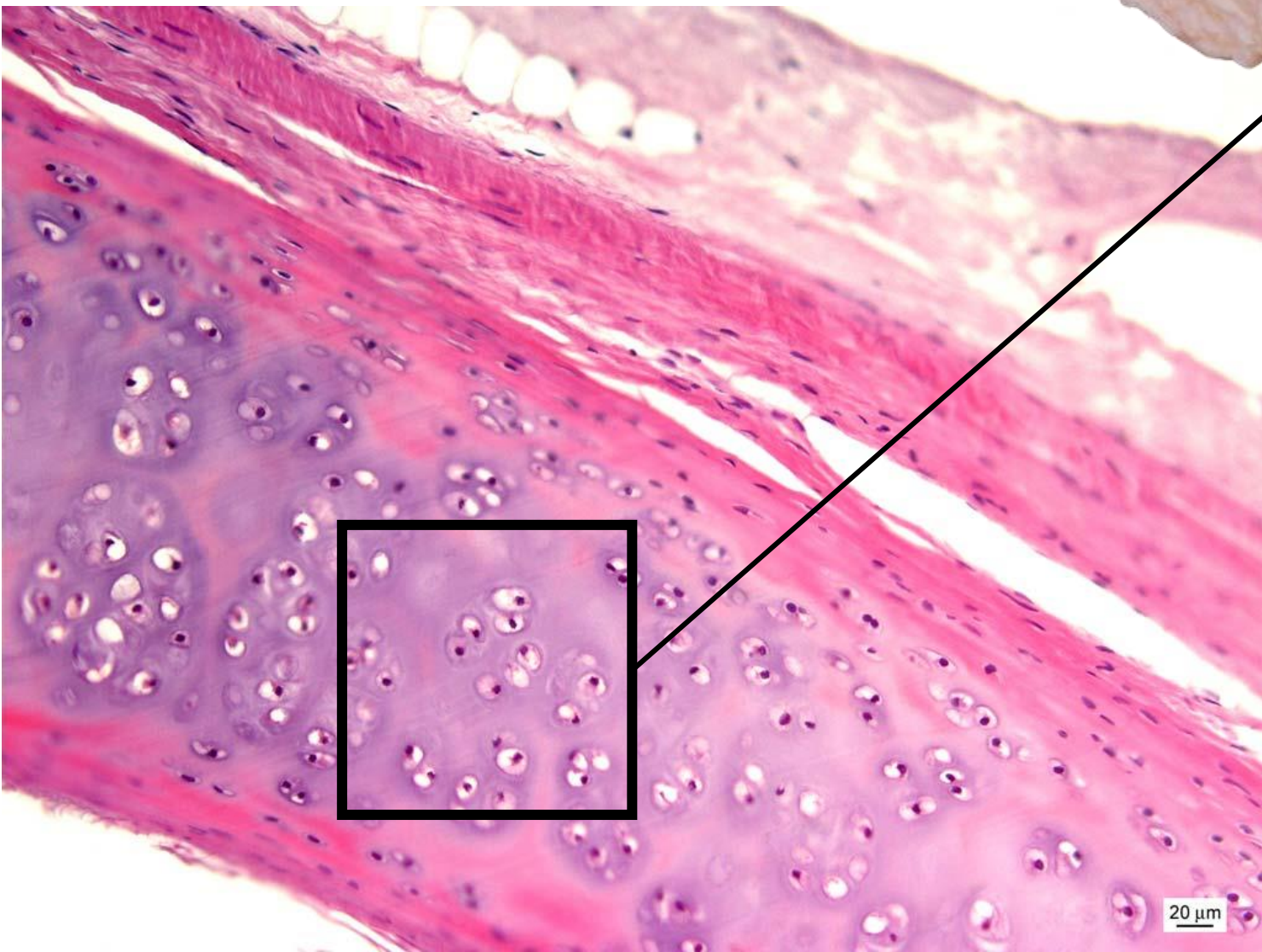
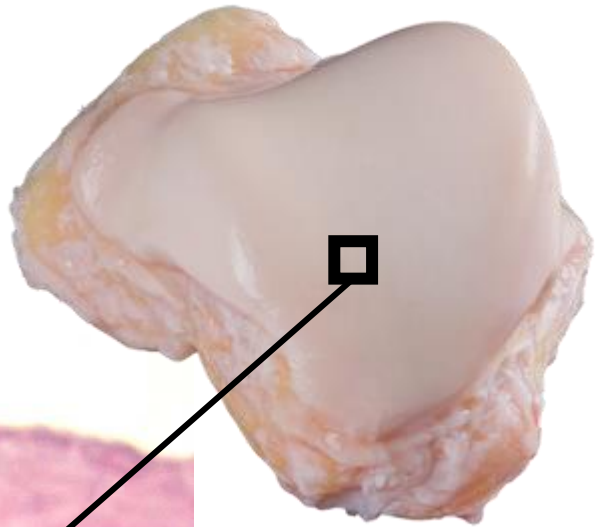
Dominantní přítomnost extracelulární matrix
Vazivo, chrupavka, kost, tuková tkáň
Derivát zejména mezenchymu

Tkáň = ECM + Buňky



Fyzikálně-chemické vlastnosti

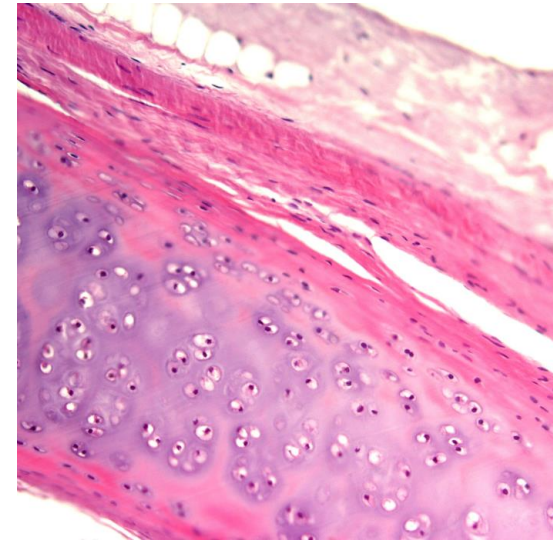
CHRUPAVKA



20 μm

- specializovaná **pojivová tkáň se souvislou ECM**
- pružná, mechanicky odolná
- **avaskulární**
- **bez inervace**
- podpora měkkých tkání (trachea, larynx)
- součást skeletu (kostální chrupavky)
- kloubní spojení
- nezbytná pro růst kostí (růstové ploténky)

- **Buňky – chondroblasty a chondrocyty**
 - Růst chrupavky
 - Produkce ECM
- **Perichondrium – pojivová tkáň kolem chrupavky**
 - Výživa a apoziční růst chrupavky
- **ECM – voda, proteoglykany a kolagenní fibrily**
 - Konzistence
 - Tlaková elasticita



Hyalinní

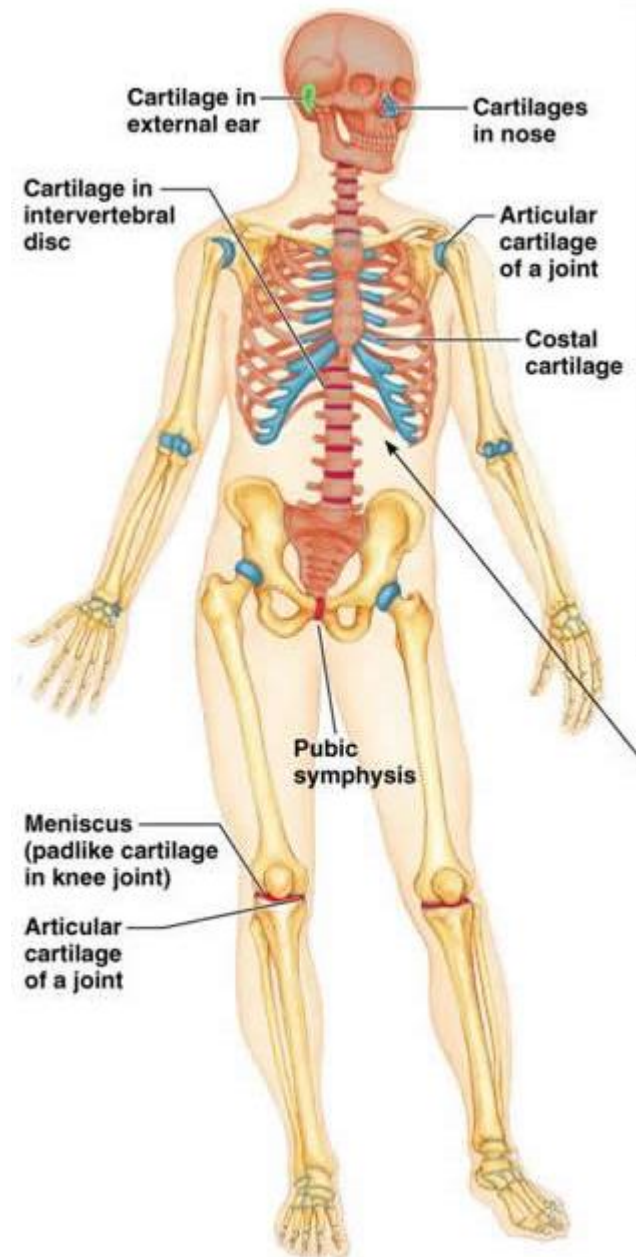
- Nos
- Kloubní povrchy
- Žební chrupavky
- Larynx
- Trachea a bronchy

Elastická

- Auricula
- Epiglottis
- Eustachova trubice

Vazivová

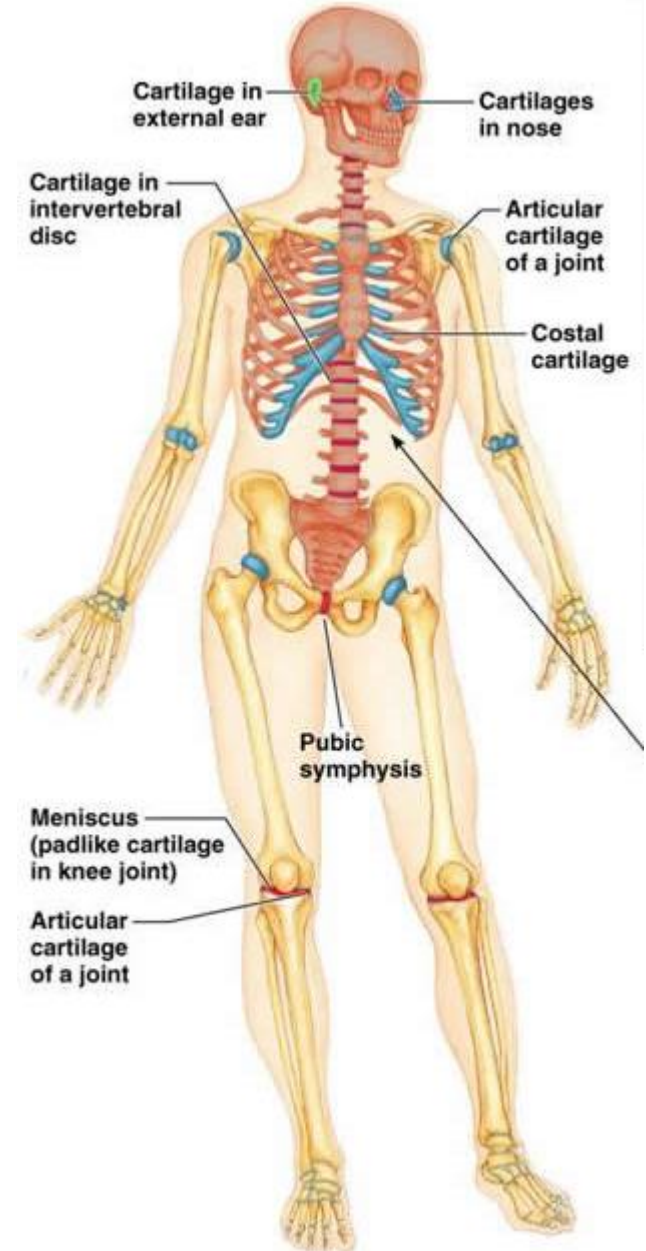
- Meziobratlové ploténky
- Symfýza *os pubis*
- Meniskus



HYALINNÍ CHRUPAVKA

Hyalinní

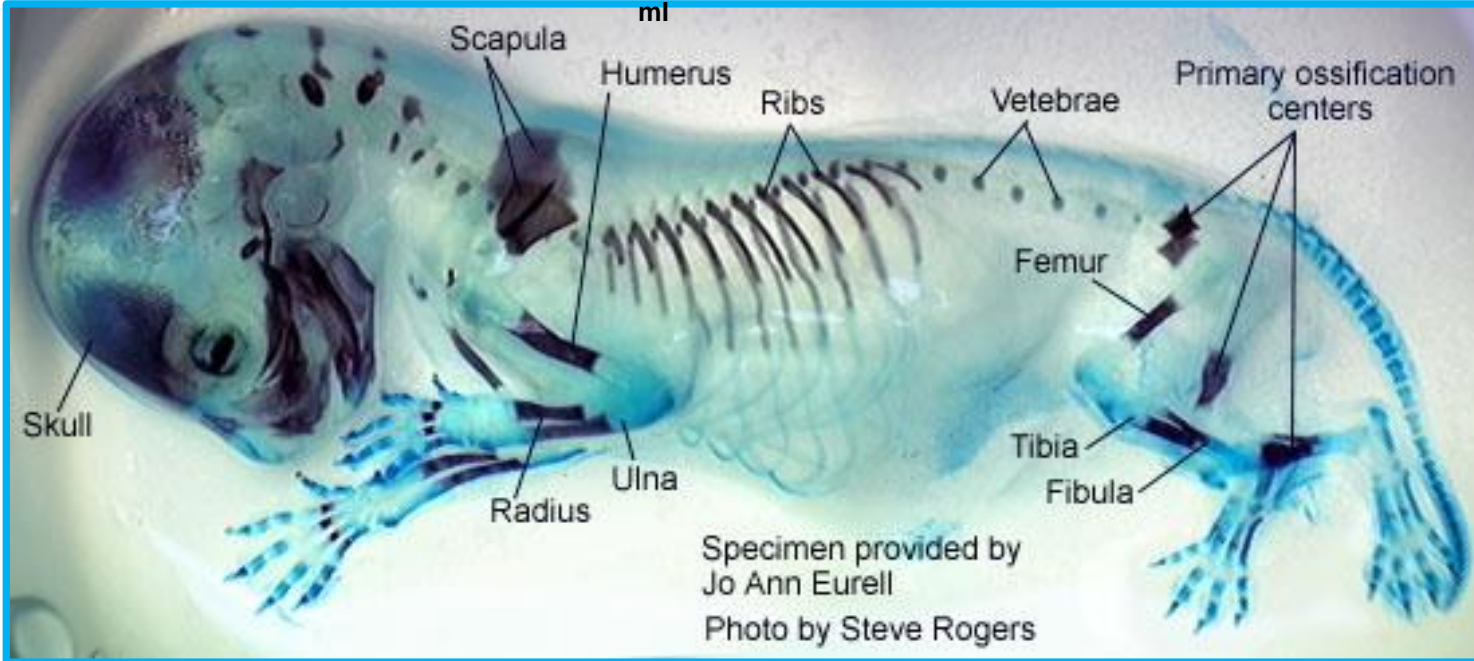
- Nos
- Kloubní povrchy
- Žeberní chrupavky
- Larynx
- Trachea a bronchy



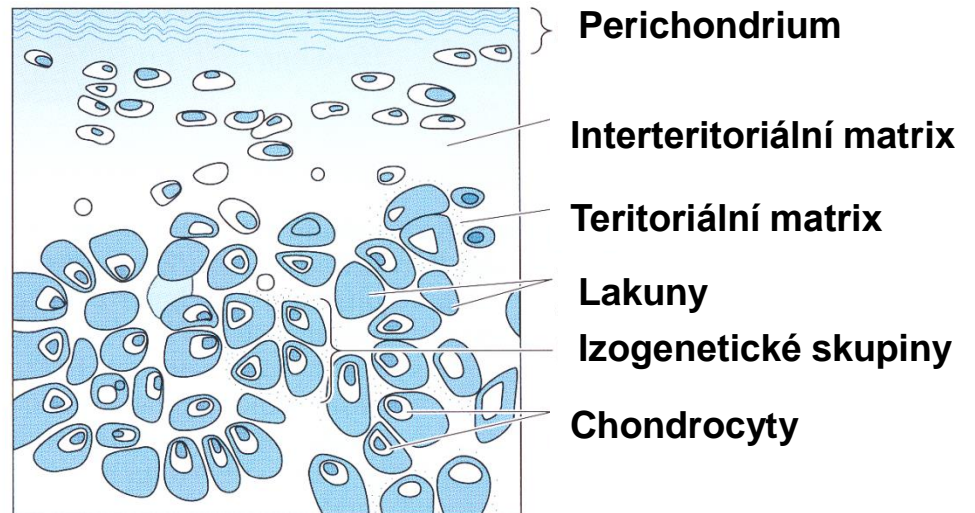
HYALINNÍ CHRUPAVKA

Alcian Blue&Alizarin Red

<http://chickscope.beckman.uiuc.edu/explore/embryology/day14/dev2.html>

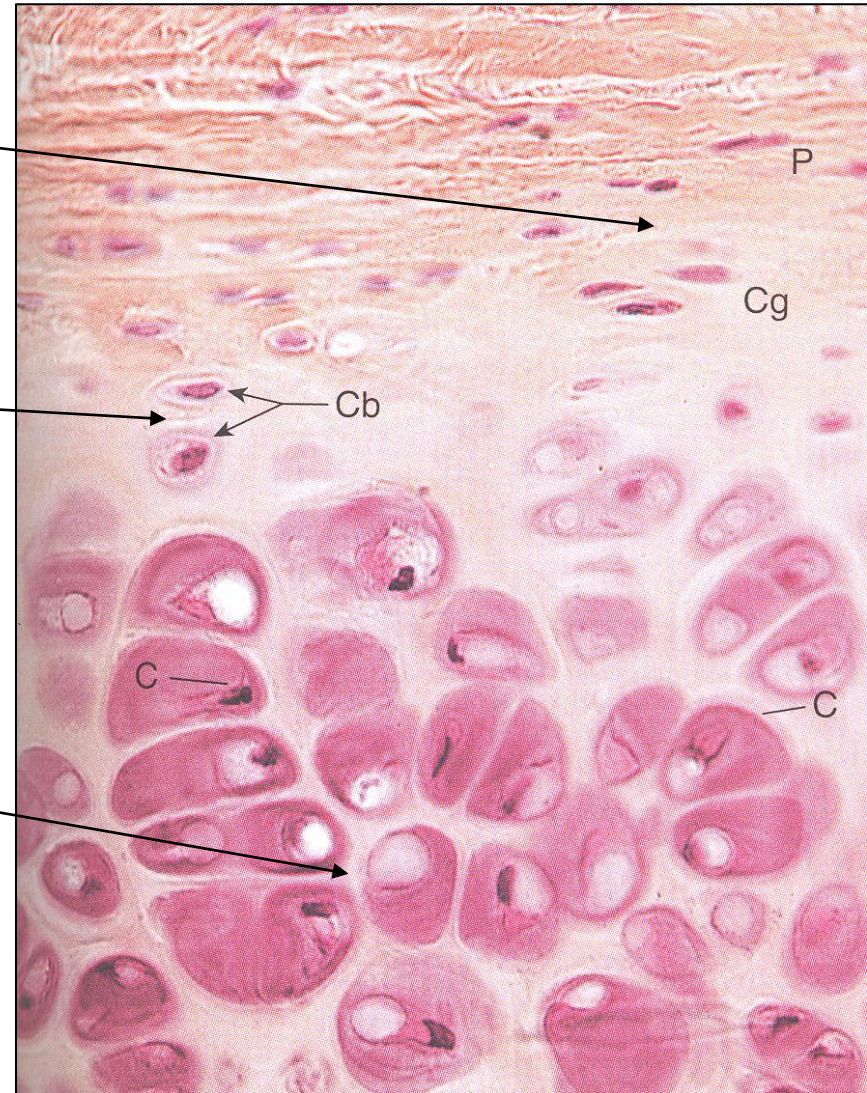


- nejběžnější
- dočasný embryonální skelet
- epifyzální růstové ploténky
- klouby, trachea, larynx, atd.
- isogenetické skupiny

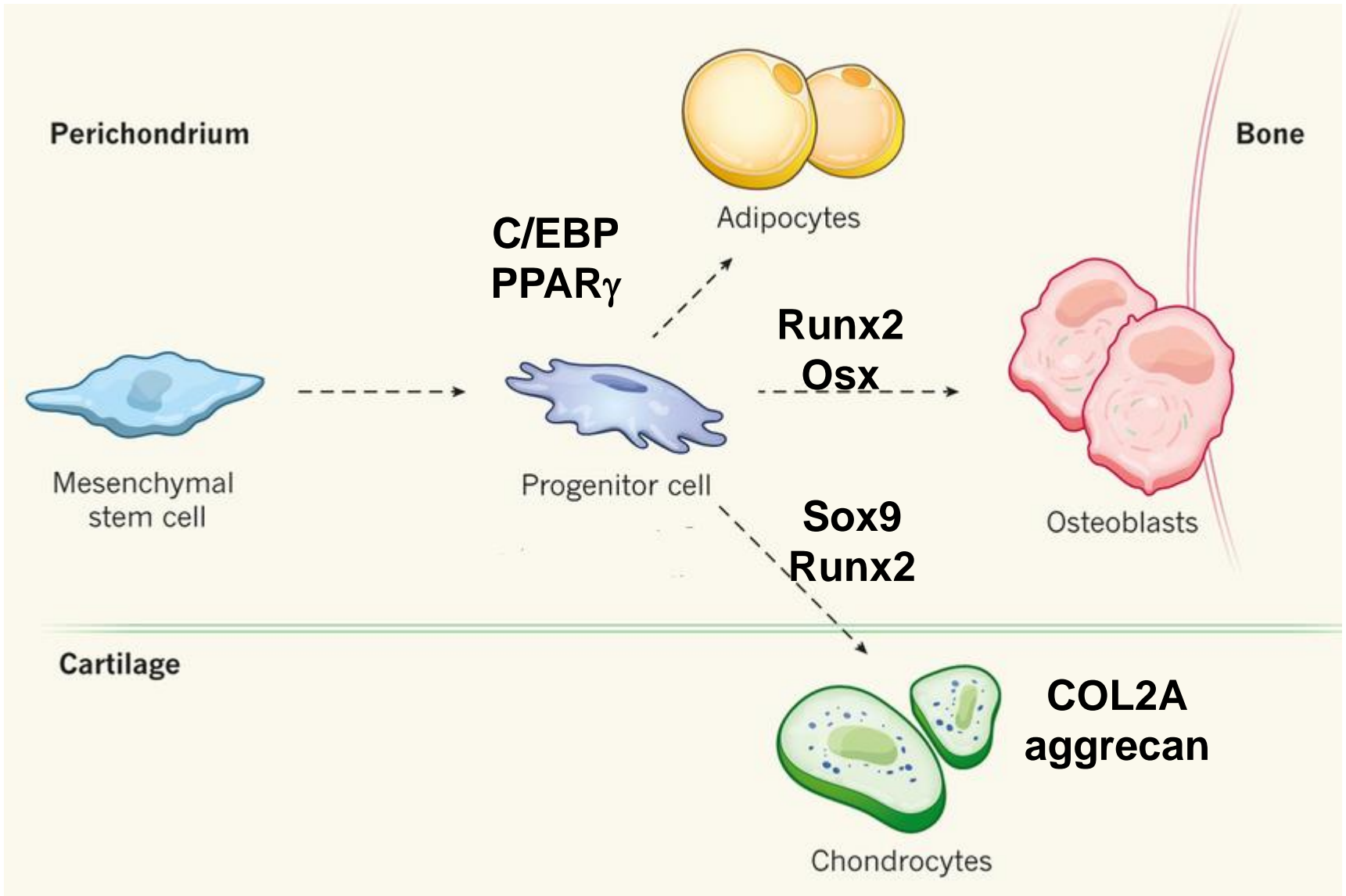


■ CHONDROBLASTY A CHONDROCYTY

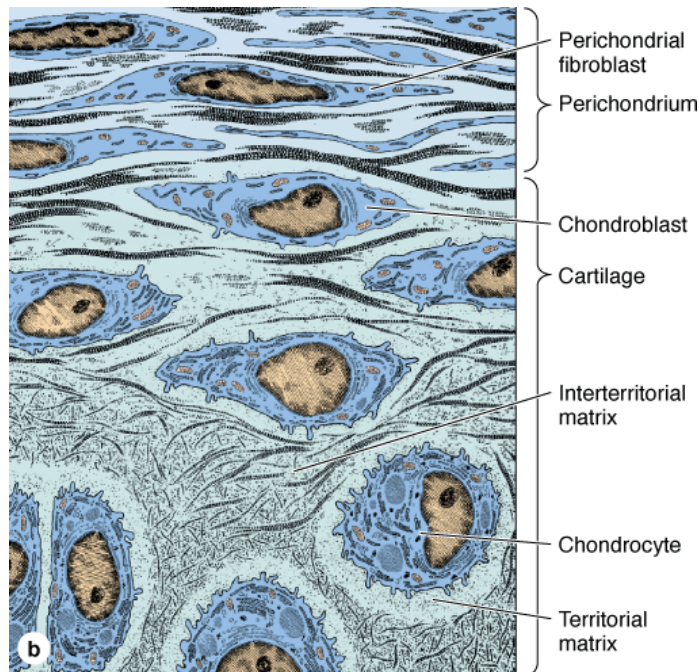
- chondrogenní buňky
- v perichondriu
- původ z mesenchymu
- vřetenovité, úzké
- chondroblasty
- bazofilní
- typická ultrastruktura proteosynteticky aktivních buněk
- produkce extracelulární matrix
- chondrocyty
- obklopené matrix
- chondrony, lakuny



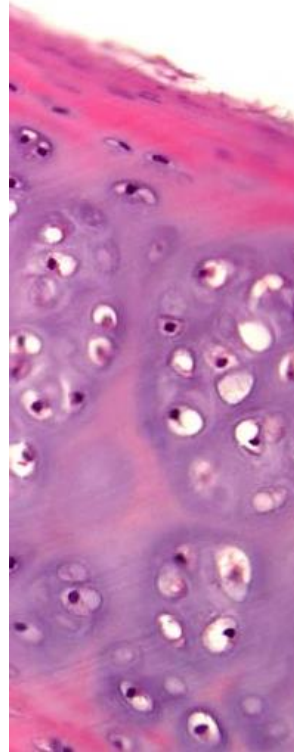
DIFERENCIACE CHONDROCYTŮ



RŮST HYALINNÍ CHRUPAVKY



Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

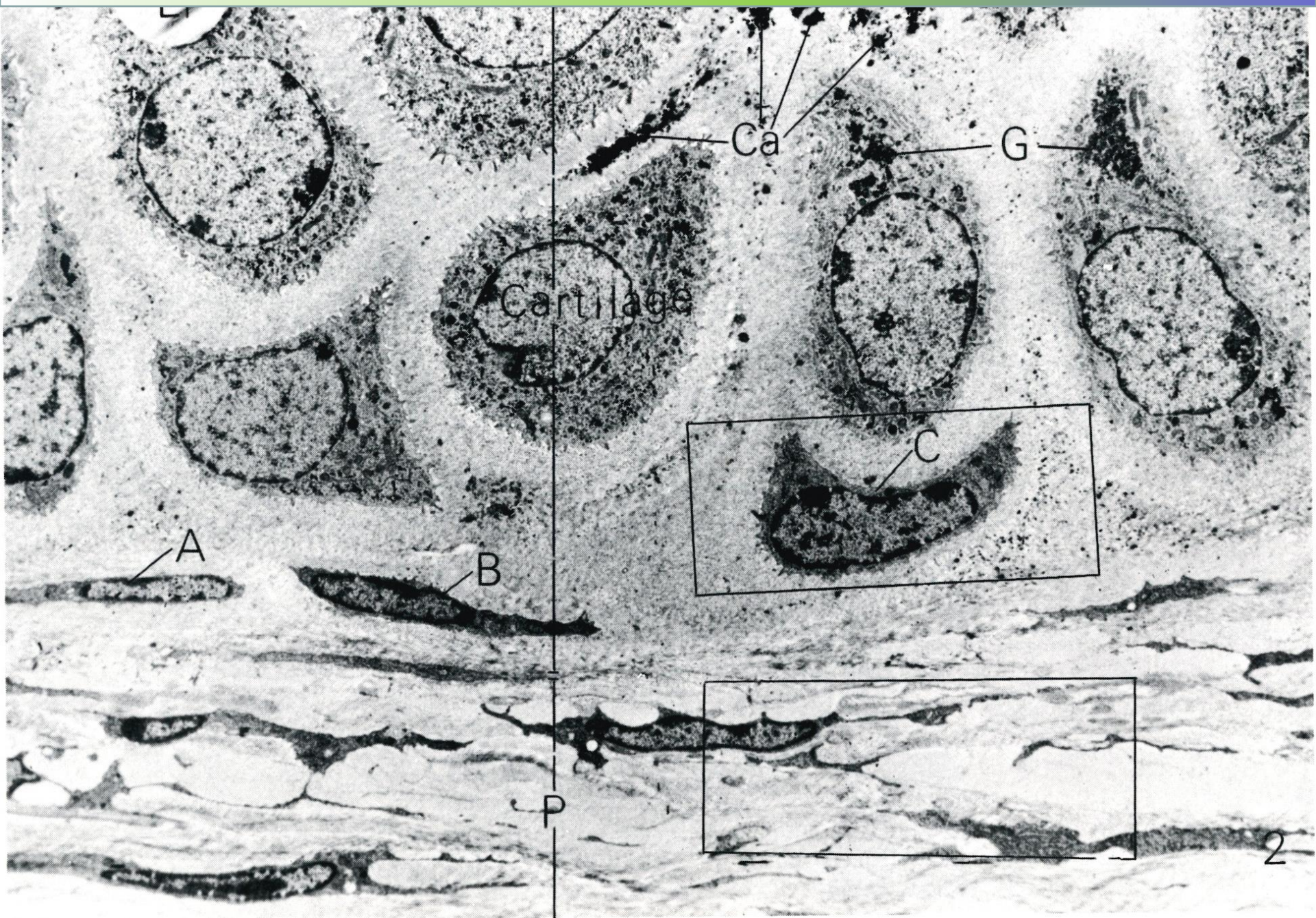


- chondrifikační centra
- diferenciace chondroblastů
- kartogenin

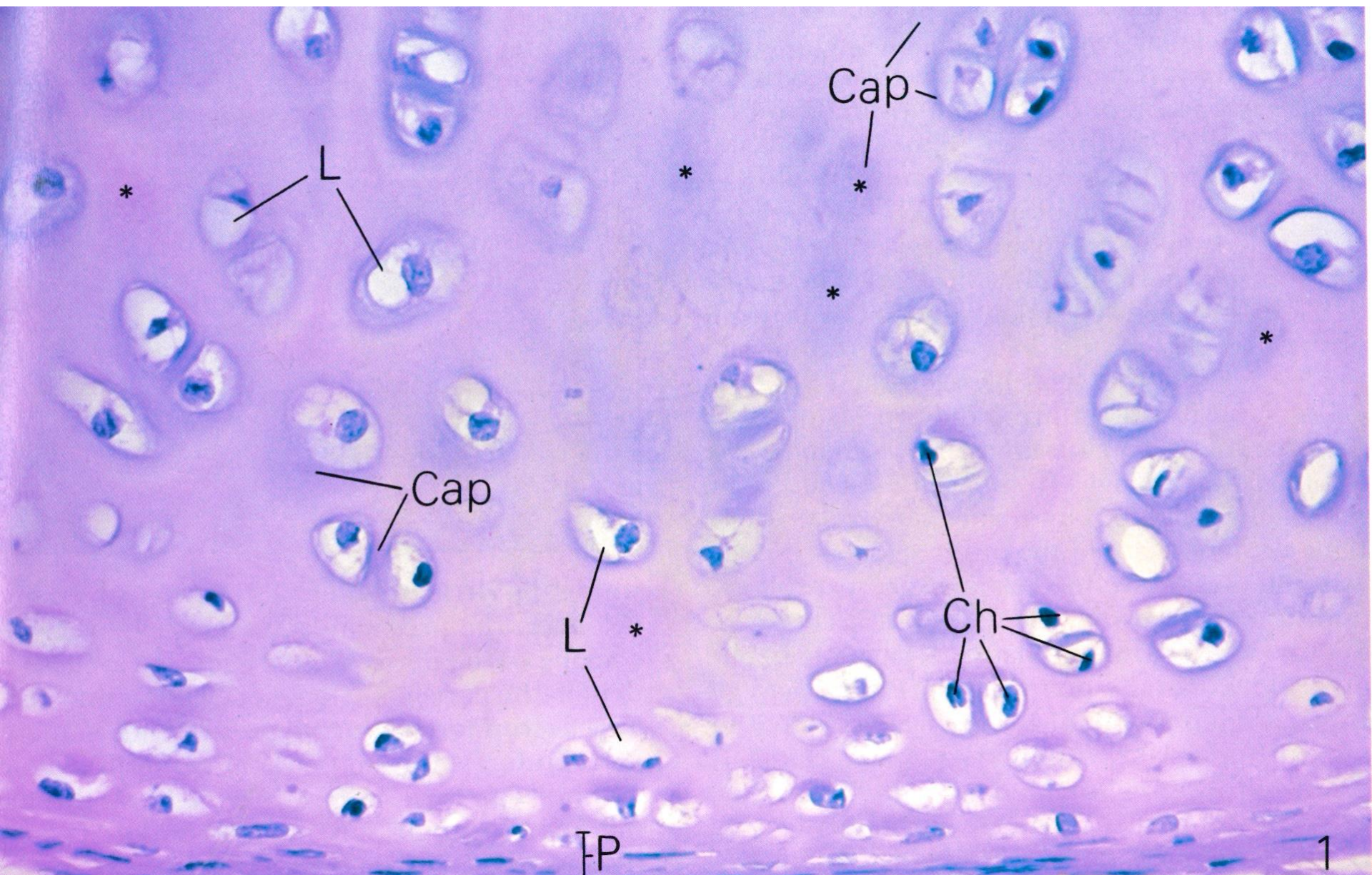
- apoziční růst
- z perichondria
- diferenciací chondroblastů z chondroprogenitorových buněk

- intersticiální proliferace
- dělení chondrocytů
- isogenetické skupiny

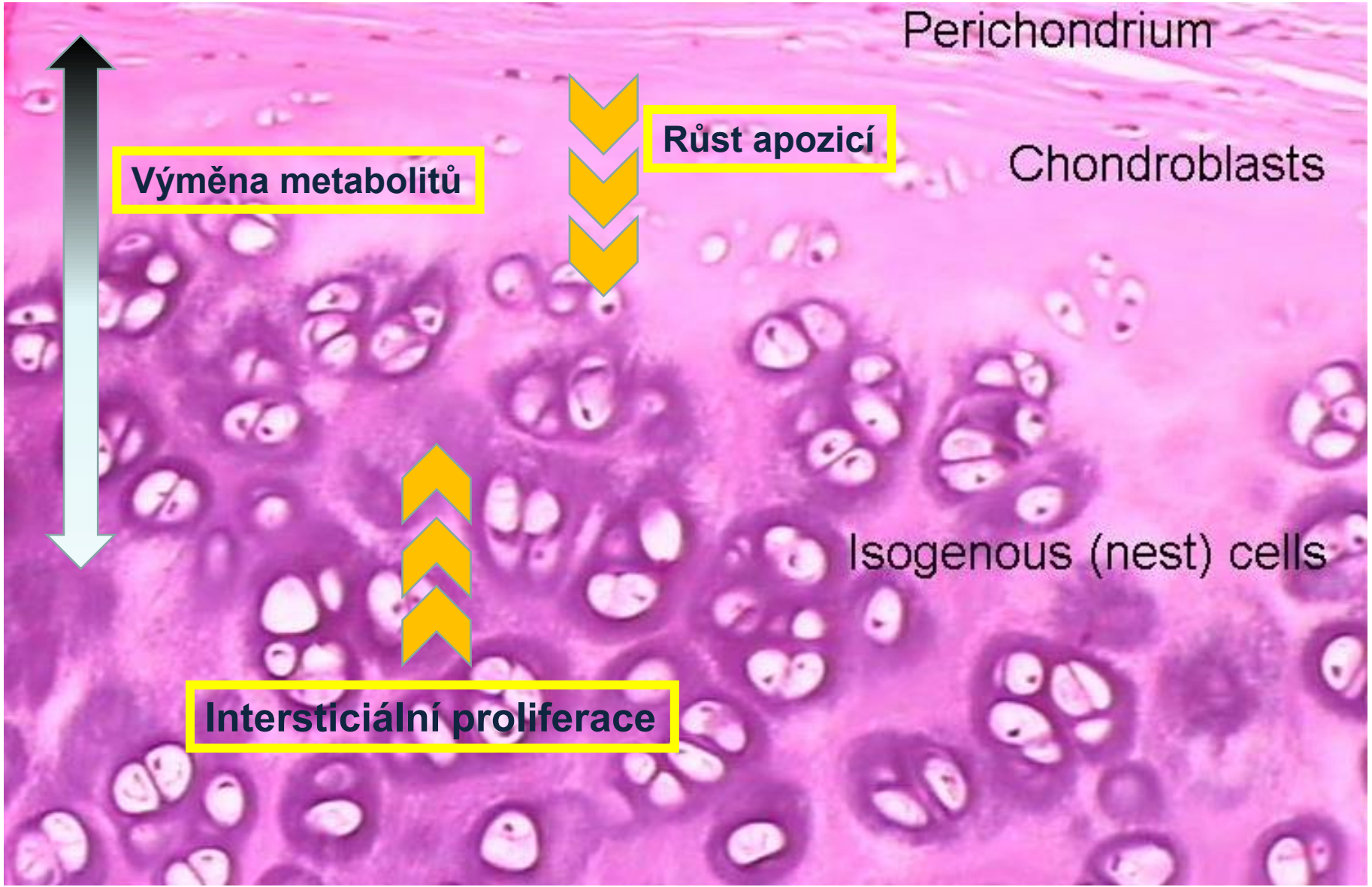
RŮST HYALINNÍ CHRUPAVKY



RŮST HYALINNÍ CHRUPAVKY



RŮST HYALINNÍ CHRUPAVKY



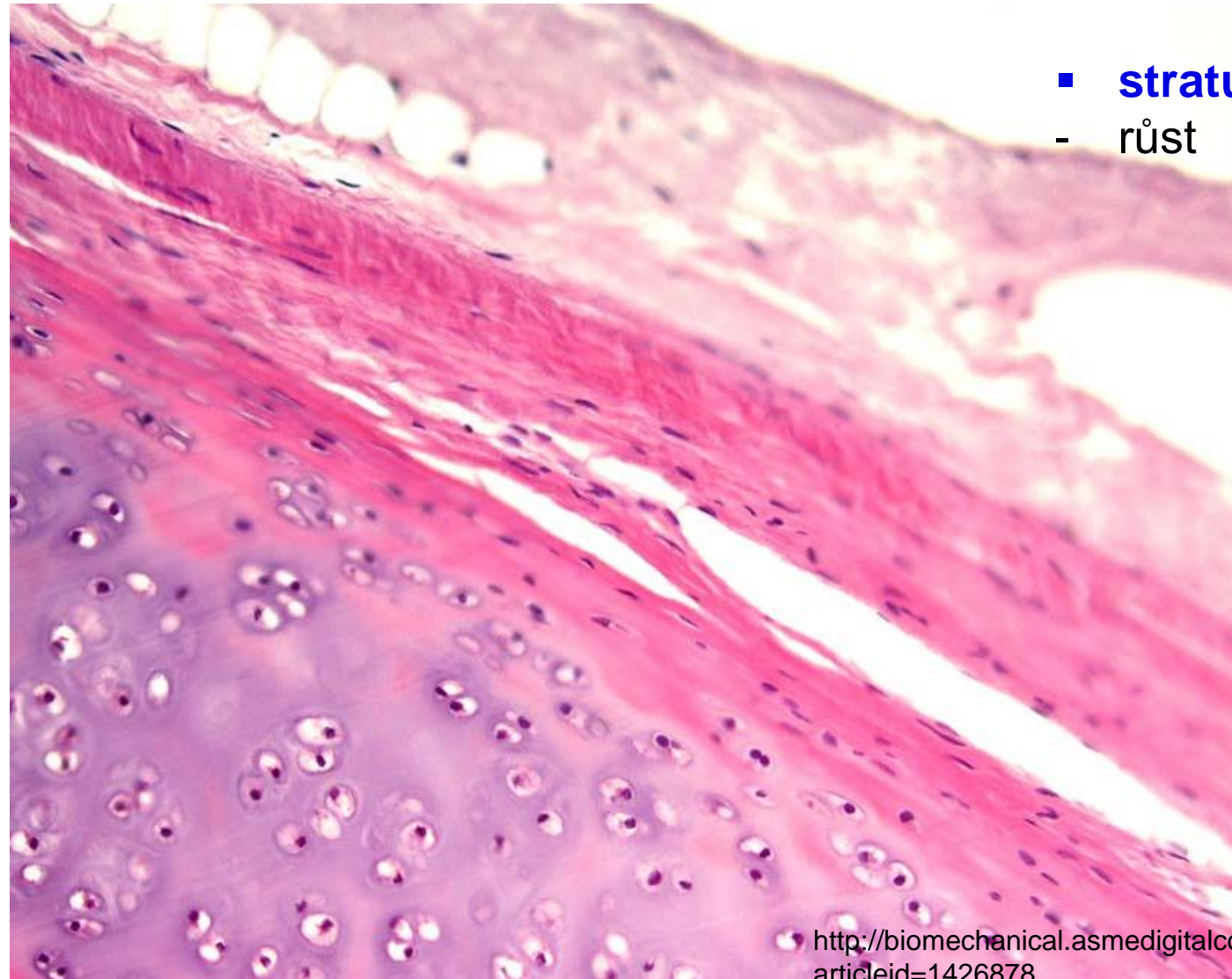
PERICHONDRIUM

- **stratum fibrosum**

- biomechanika

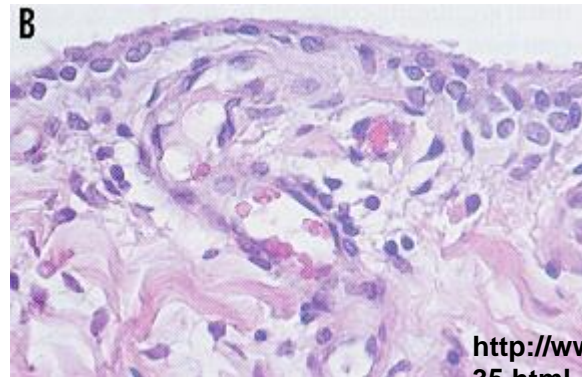
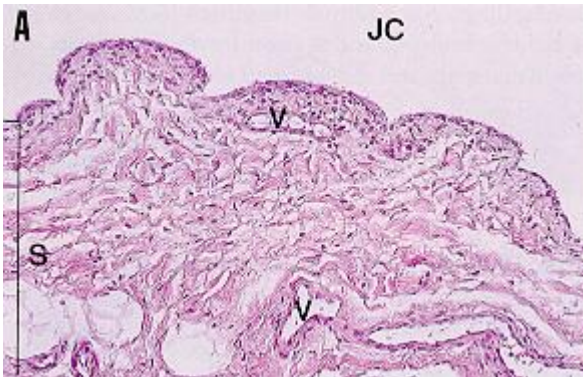
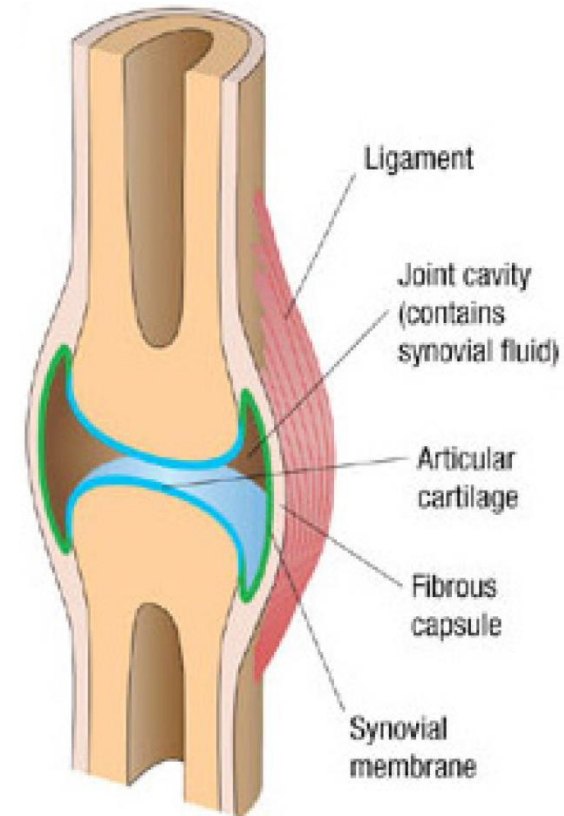
- **stratum chondrogenicum**

- rüst



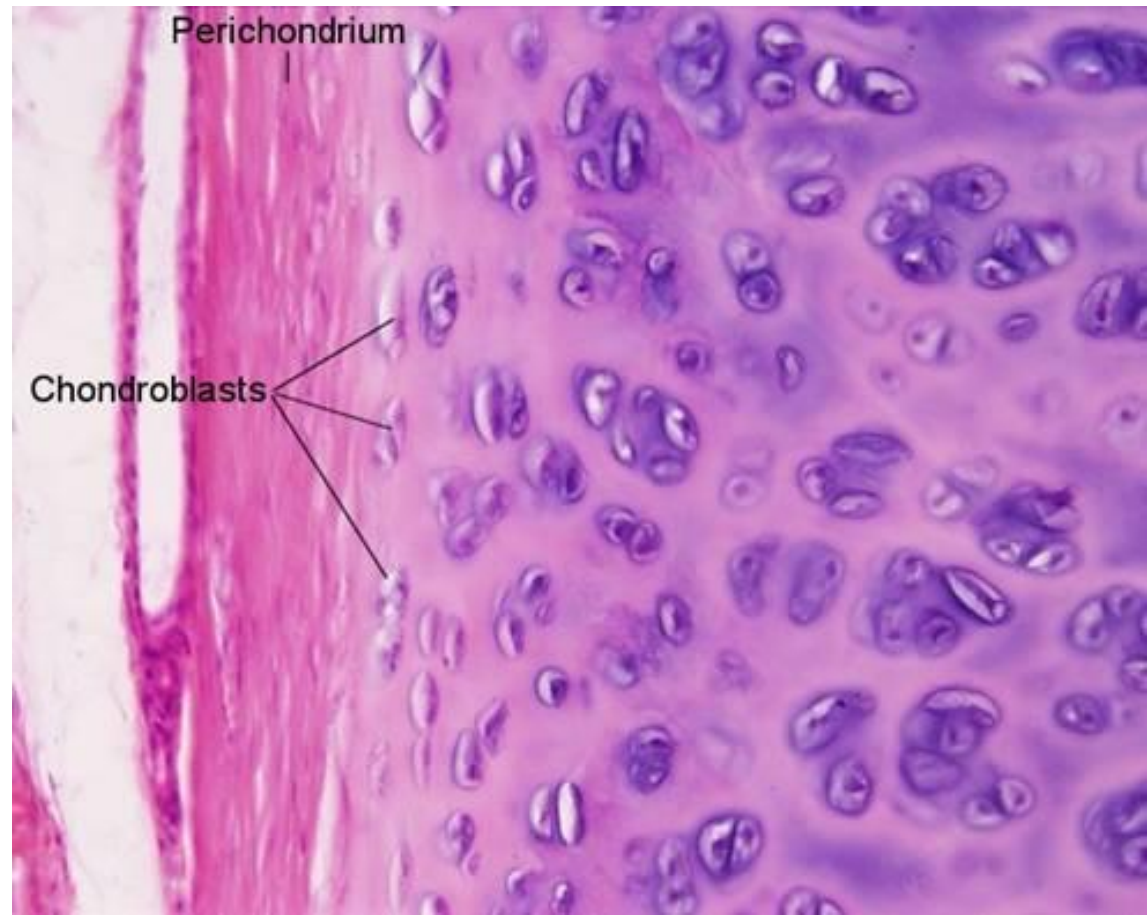
SYNOVIUM

- *membrana fibrosa*
- husté kolagenní vazivo
- *membrana synovialis*
- intima, subintima
- záhyby do kloubní dutiny
- početní krevní a lymfatické kapiláry, nervy
- nesouvislé vrstvy buněk (synovialocyty)
- bazální membrána a mezibuněčné spoje chybí → nejedná se o epitel ale mesenchymální pojivo
- synoviální tekutina bohatá na hyaluronany
- *bursae synoviales, vaginae tendineum*

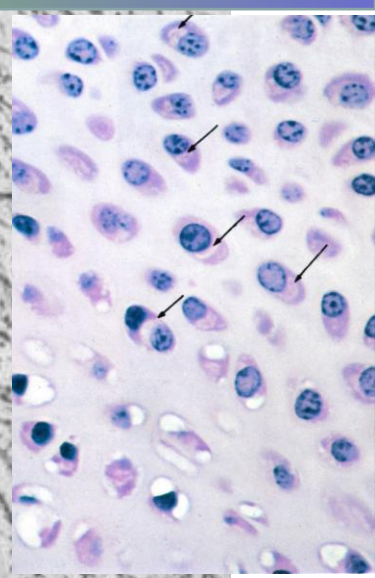
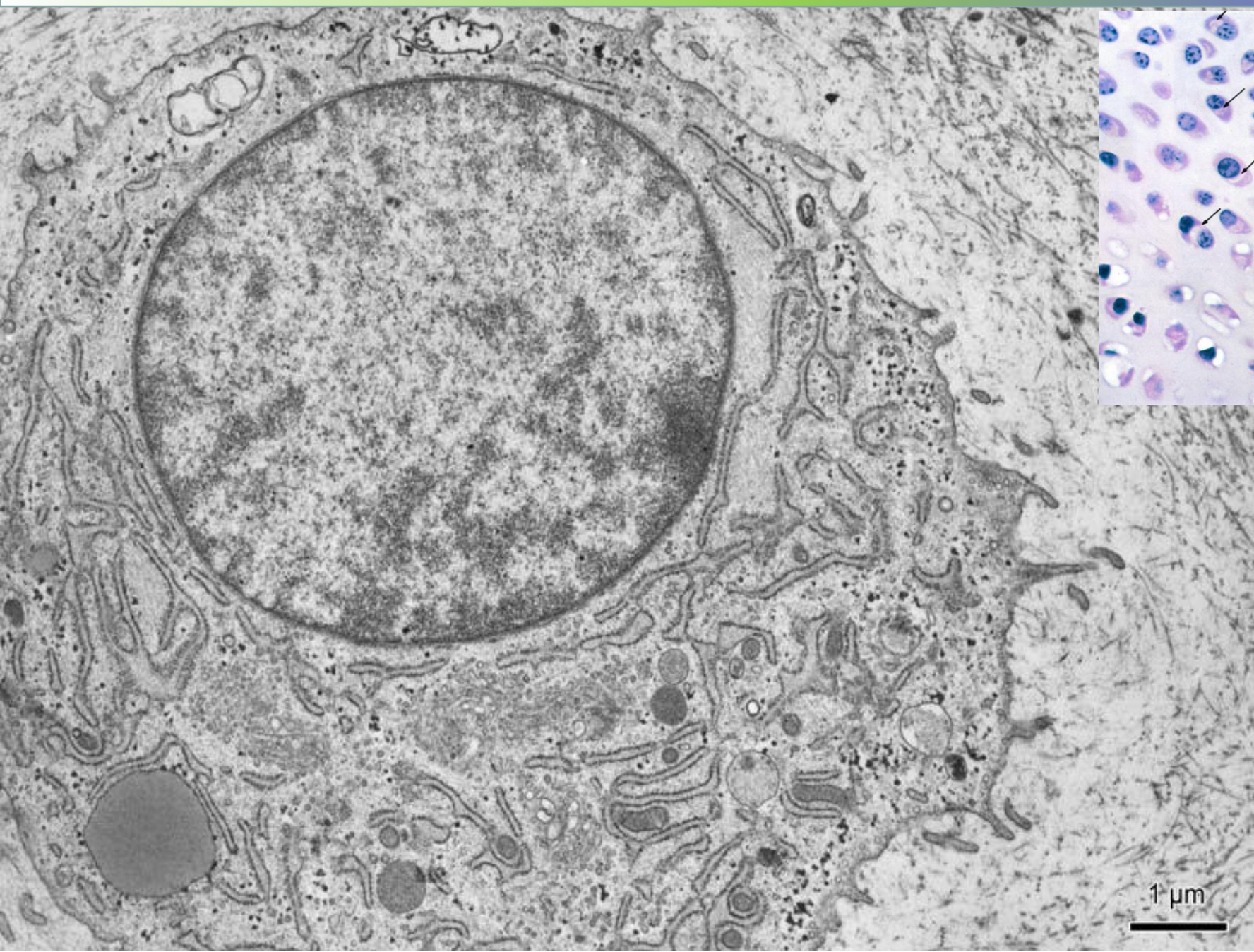


ULTRAŠTRUKTURA CHONDROCYTŮ

- oválné → kulaté buňky, 10-30 μ m
- bohatá organelová výbava, zejména RER, GA
- glykogenová granula (anaerobní metabolismus)
- občas lipidové kapénky

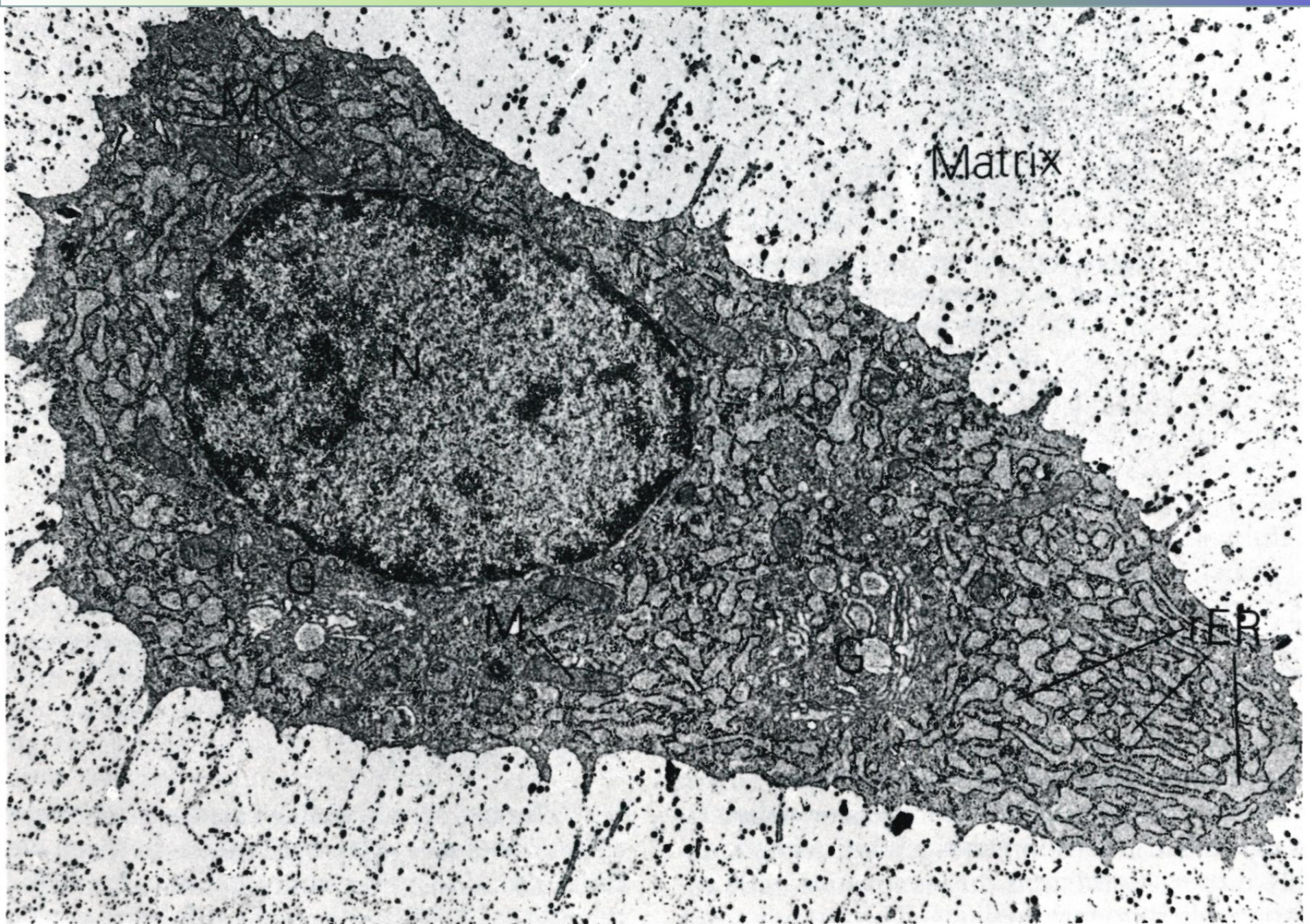


ULTRAŠTRUKTURA CHONDROCYTŮ

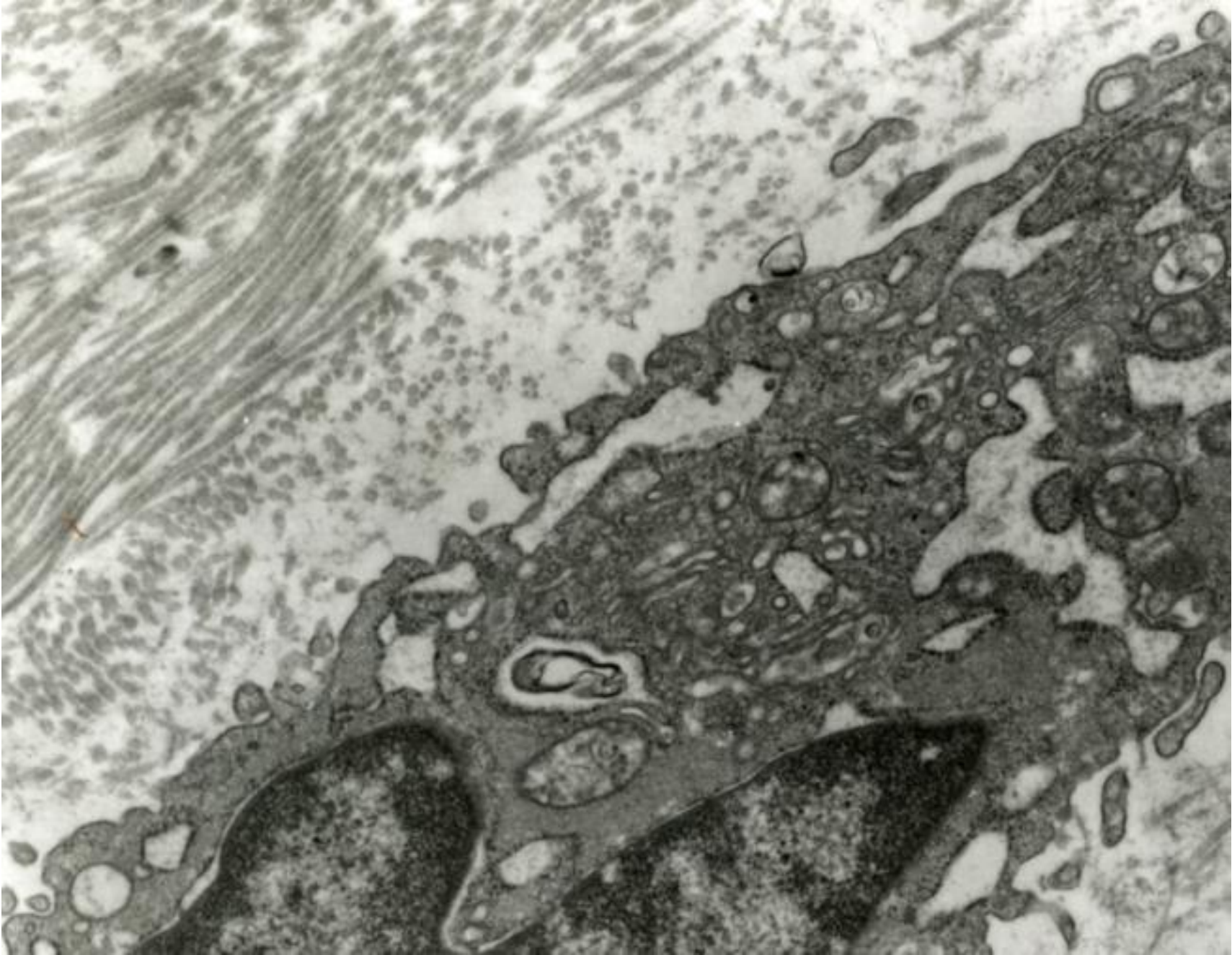


1 μm

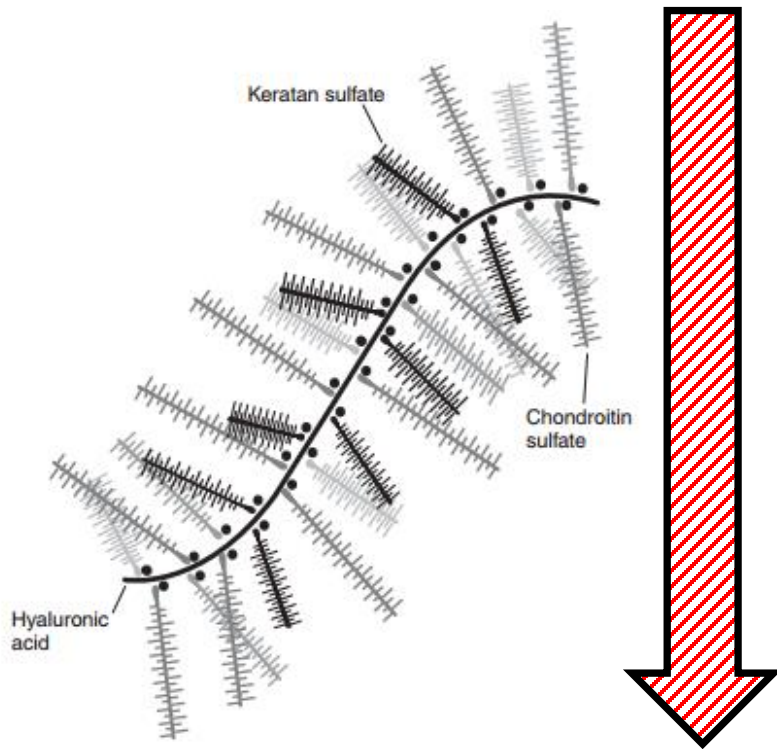
ULTRAŠTRUKTURA CHONDROCYTŮ



ULTRAŠTRUKTURA CHONDROCYTŮ



EXTRACELULÁRNÍ MATRIX CHRUPAVKY

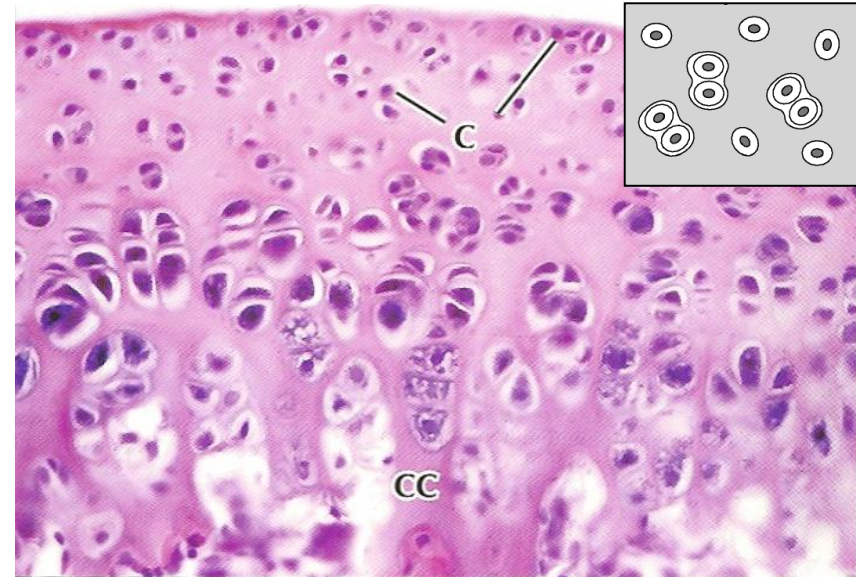


1. glykosaminoglykany
2. proteoglykany
3. vlákna
4. voda

biomechanické vlastnosti

EXTRACELULÁRNÍ MATRIX CHRUPAVKY

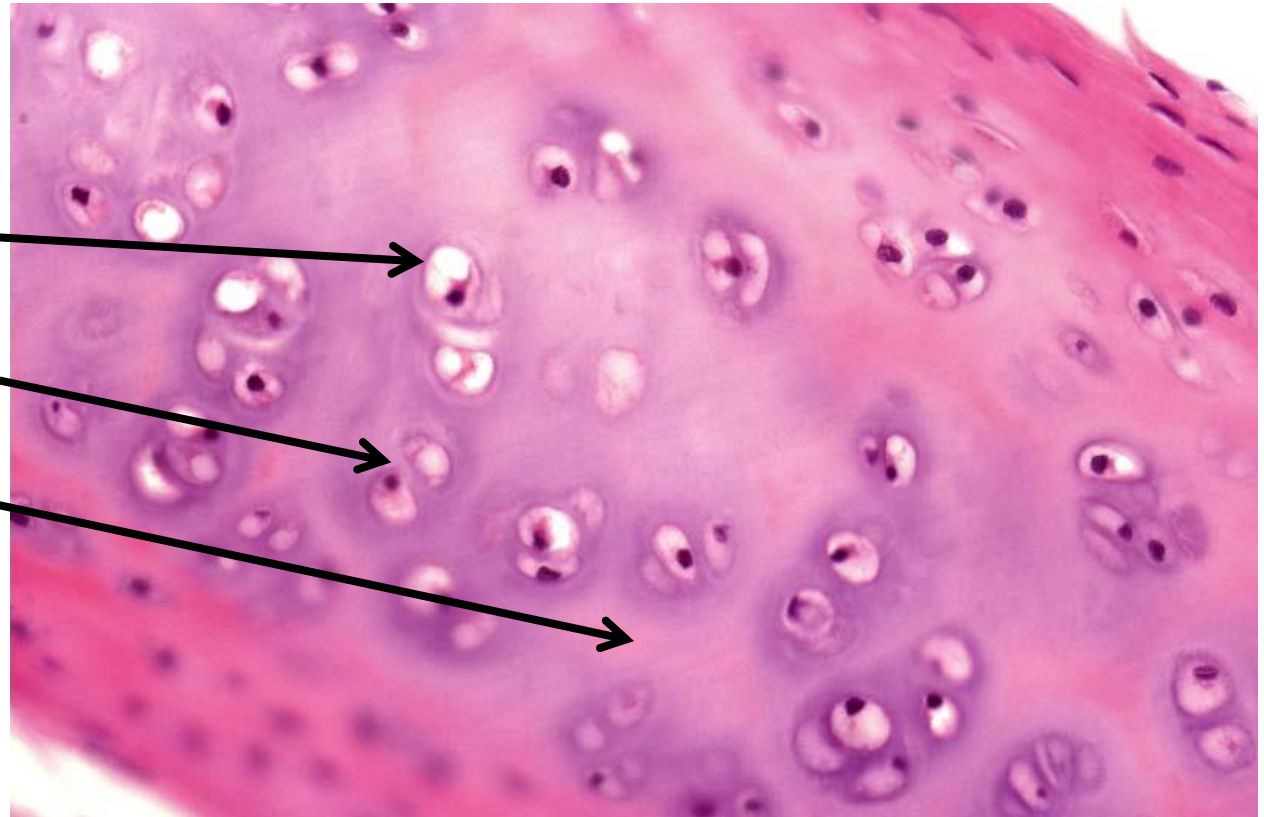
- **pericelulární kapsula**
 - cca $5\mu\text{m}$
 - složení podobné bazální membráně
- **teritoriální matrix**
 - cca $50\mu\text{m}$ široká oblast kolem lakuny
 - vysoký obsah glykosaminoglykanů (chondroitinsulfát) → bazofilní
- **interteritoriální matrix**
 - bohatá na kolagen II



pericelulární

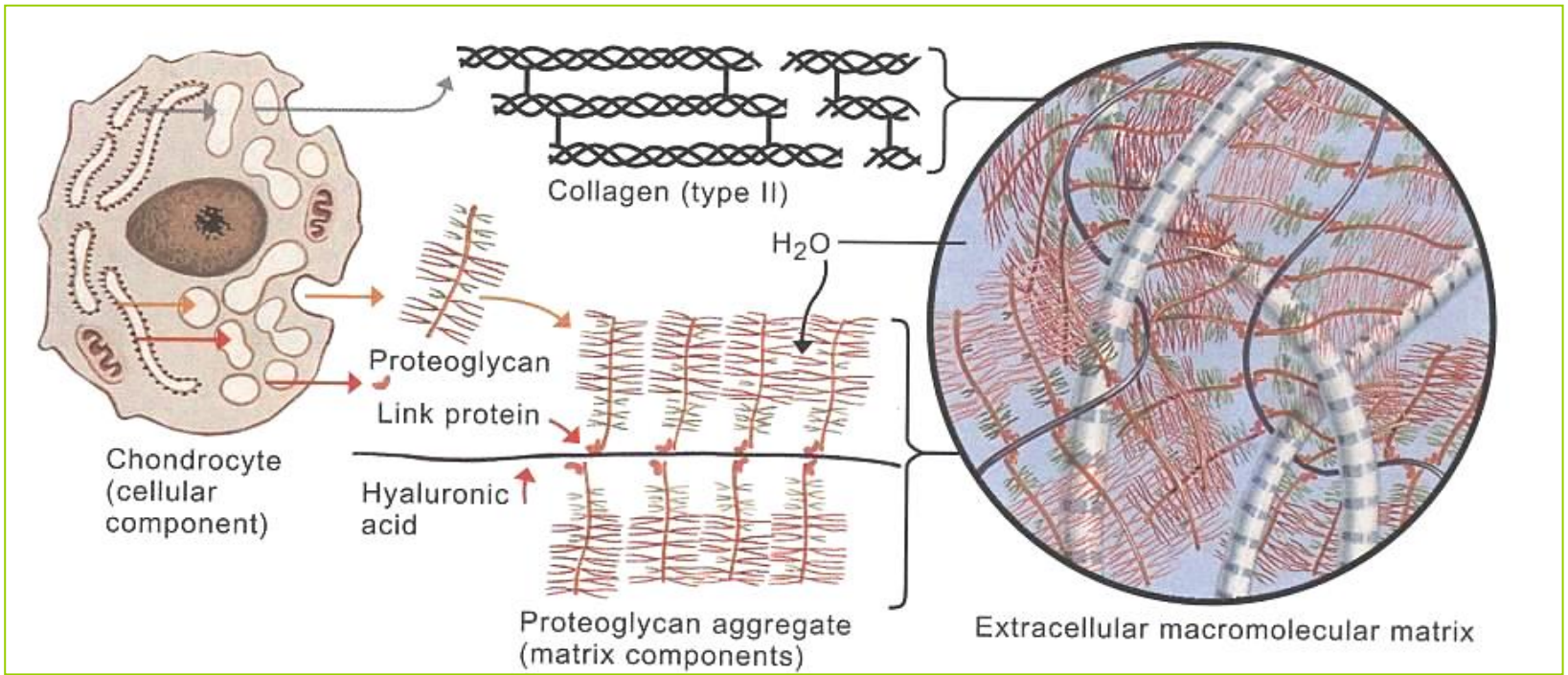
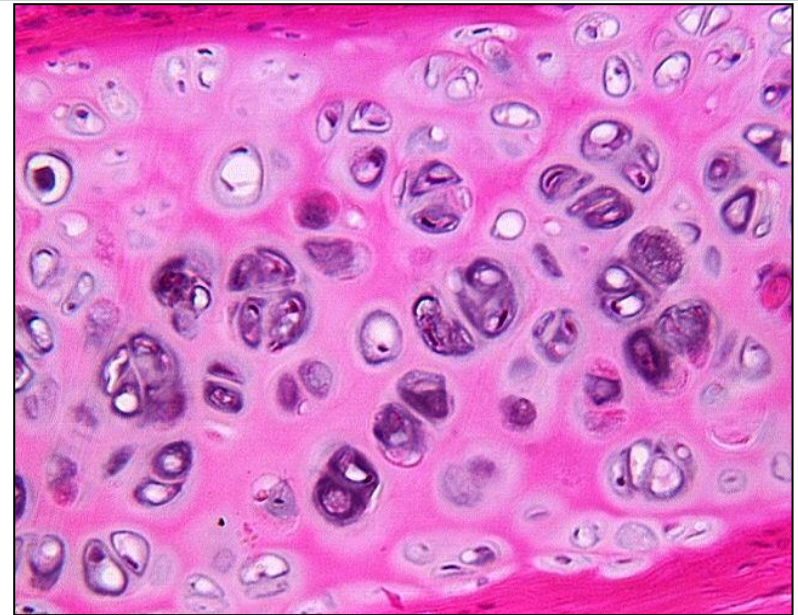
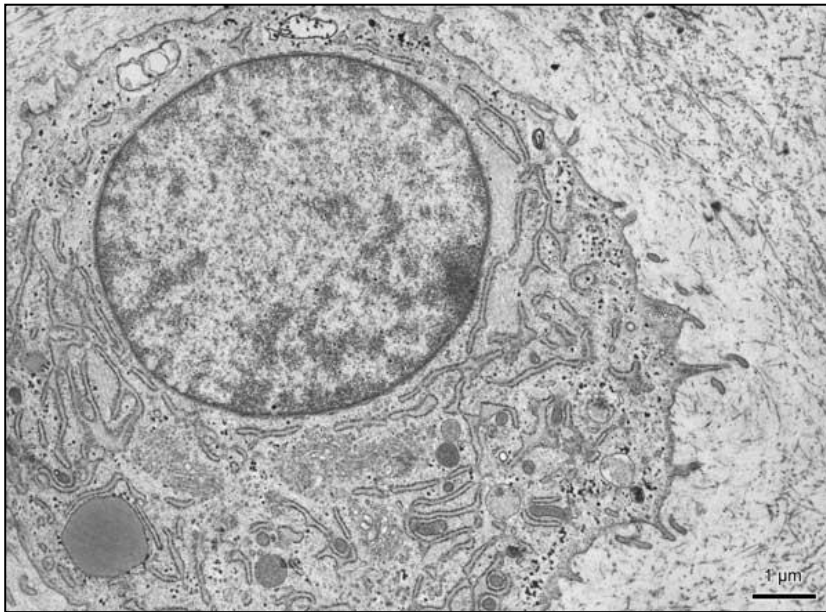
teritoriální

interteritoriální



**přenos biochemických a
biomechanických signálů**

EXTRACELULÁRNÍ MATRIX CHRUPAVKY

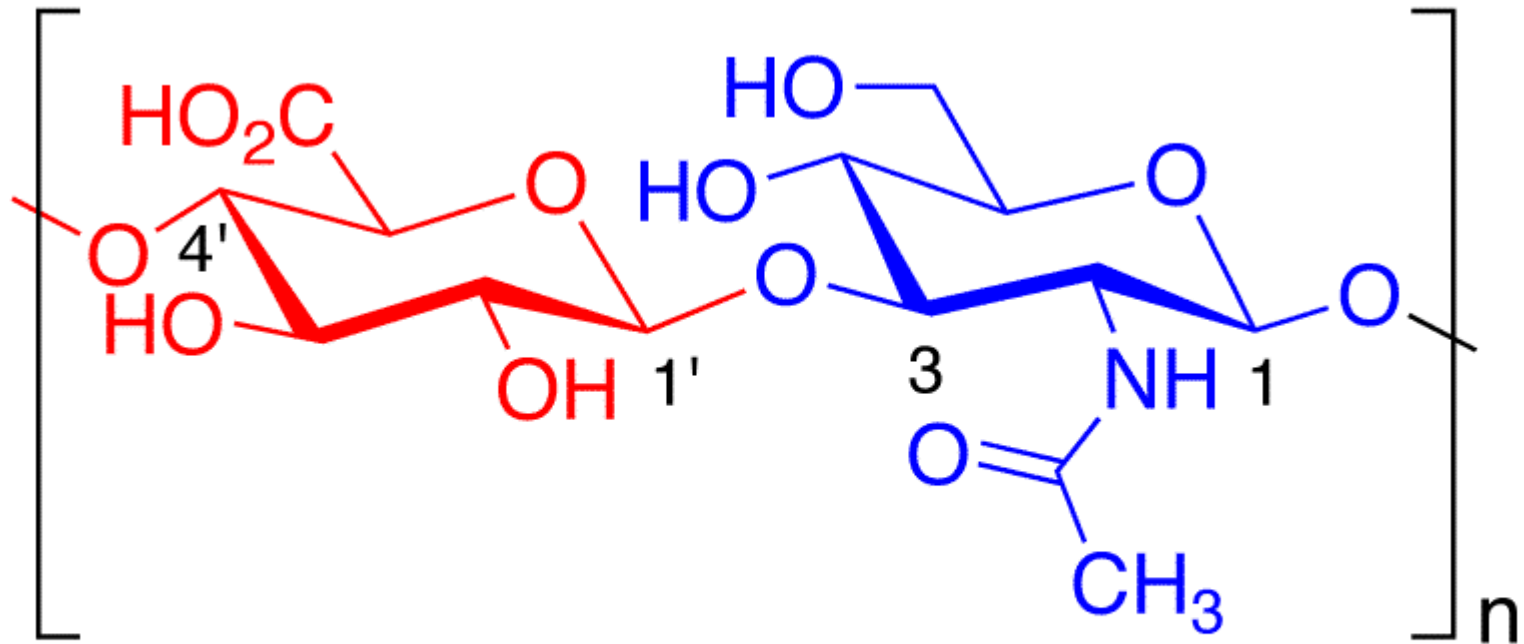


GLYKOSAMINOGLYKANY

- lineární nevětvené polysacharidy tvořené opakující se disacharidovou jednotkou:
 1. *N*-acetylgalactosamin (GalNAc) nebo *N*-acetylglucosamin (GlcNAc)
 2. uroňová kyselina - glukuronát (GlcA) nebo iduronát.



hyaluronová kyselina



Glucuronic Acid N-Acetyl-D-glucosamine

Glykosaminoglykan

Výskyt

Kyselina hyaluronová

Pupečník, **synoviální tekutina**, sklivcová tekutina, **chrupavka**

Chondroitinsulfát

Chrupavka, kost, rohovka, kůže, notochord, aorta

Dermatansulfát

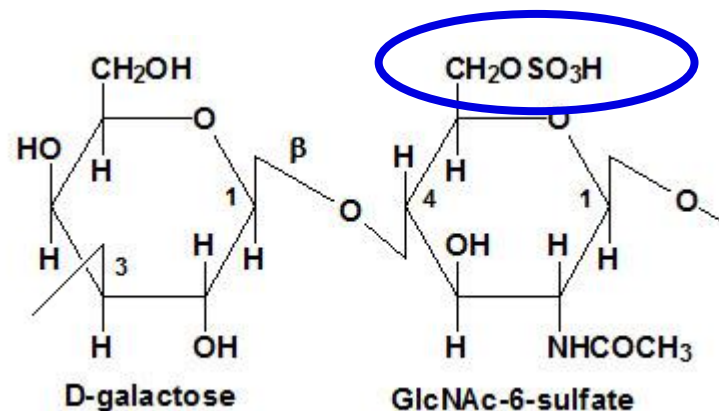
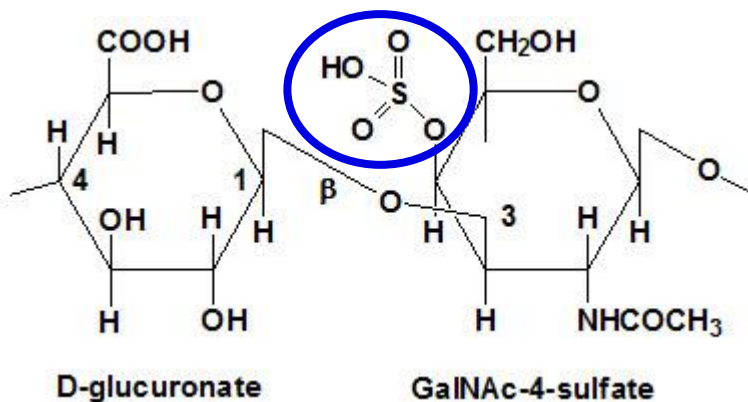
Kůže, šlachy, aorta (adventicie)

Heparansulfát

Aorta, plíce, játra, bazální laminy

Keratansulfát

Rohovka, **chrupavka**, meziobratlová ploténka (nucleus pulposus, anulus fibrosus)



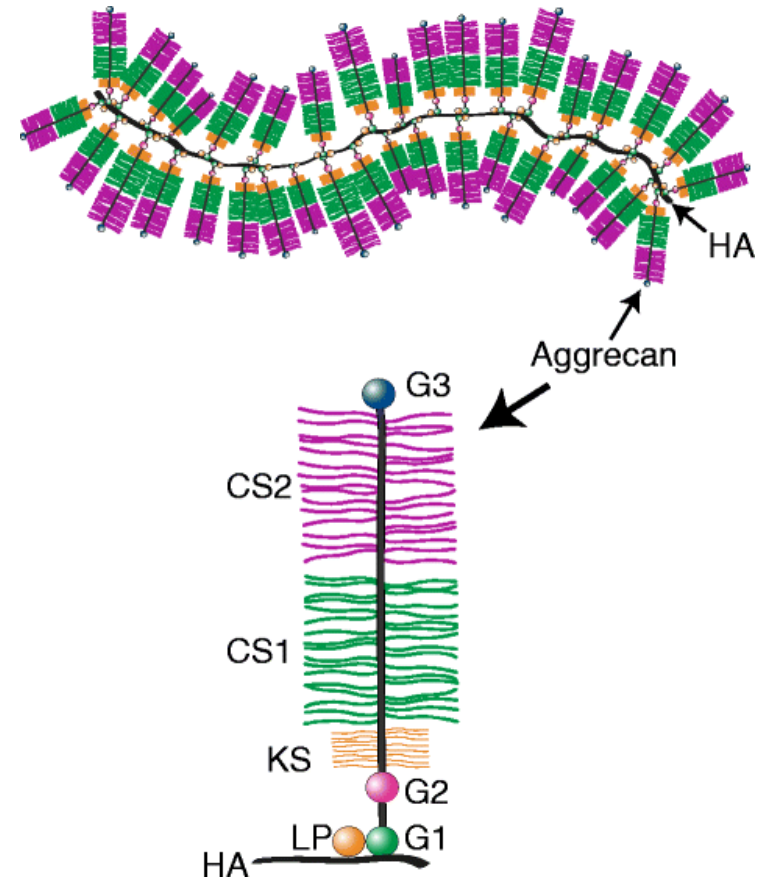
PROTEOGLYKANY A GLYKOPROTEINY CHRUPAVKY

aggrekan

- protein + převažující lineární sacharidová složka
- proteoglykanové agregáty
- 100-200 molekul aggrekanu spolu kys. hyaluronovou tvoří 3-4 μ m velké shluky
- vysoká schopnost vázat vodu
- objem závislý na stupni hydratace

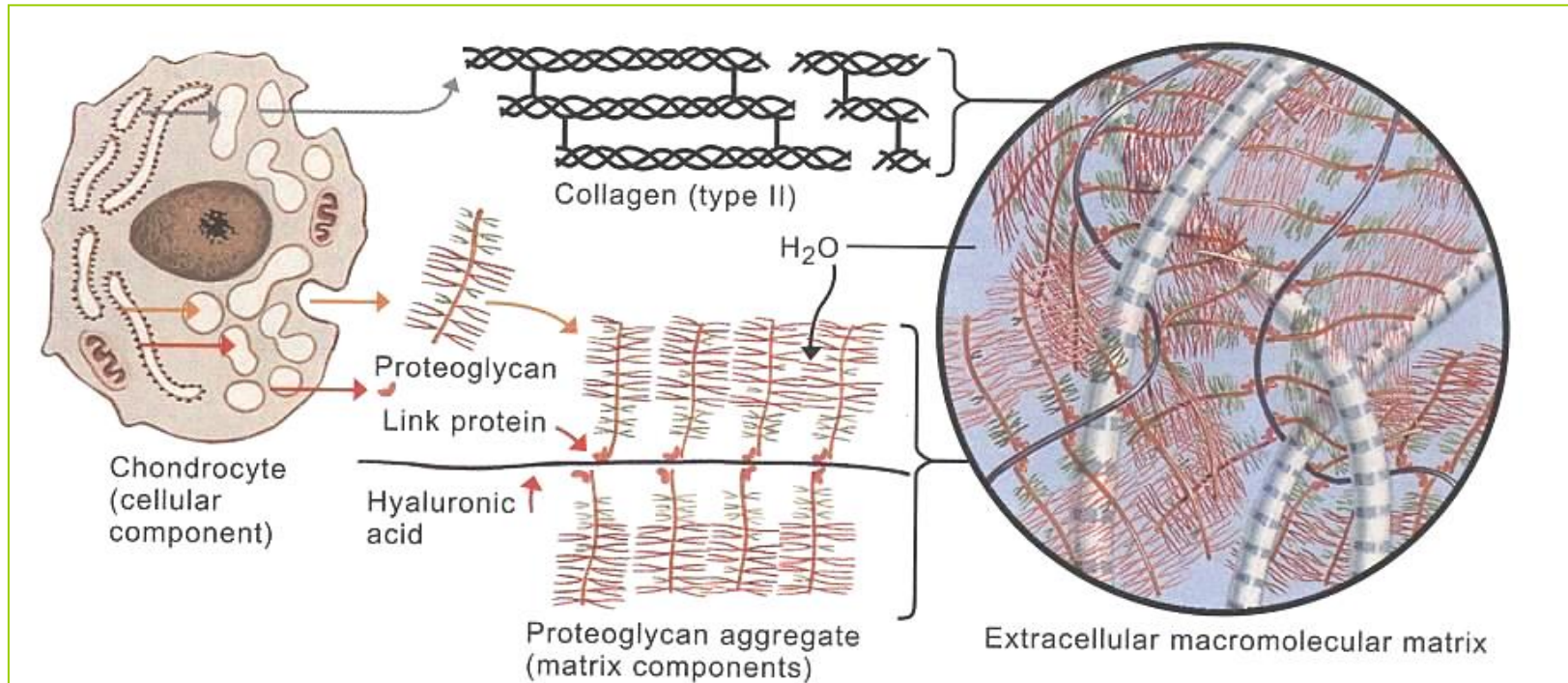
chondronektin

- vazba chondrocytů na kolagen II

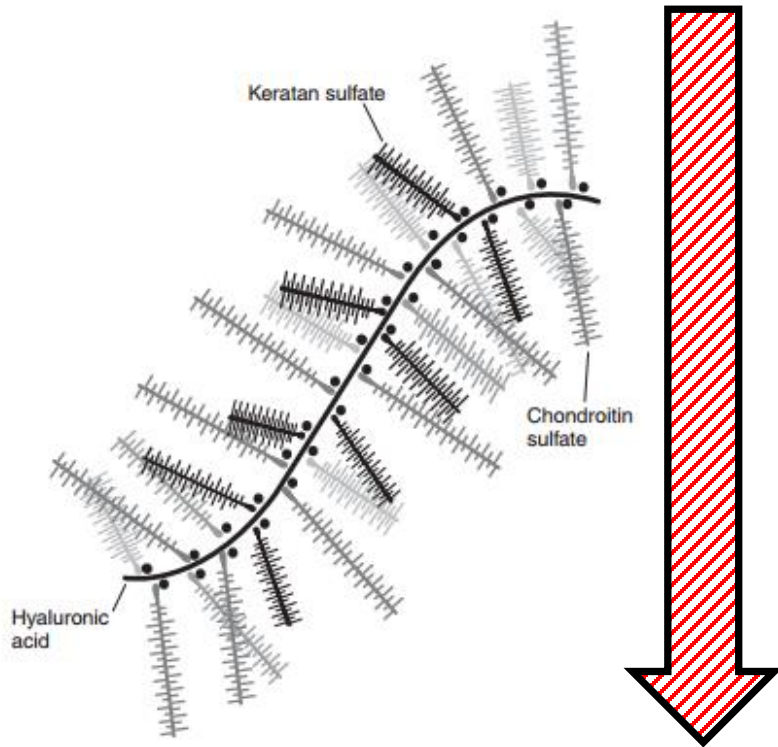


kolagen

- **kolagen typu II** + kolageny IX/XI
- tenké fibrily (15-20 nm → bez žíhání)
- spojeny s perichondriem
- stejný index lomu jako amorfni ECM → není vidět



Specificky uspořádané komponenty ECM

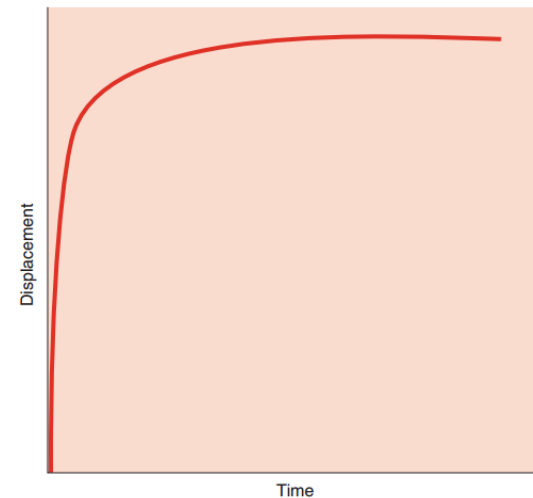
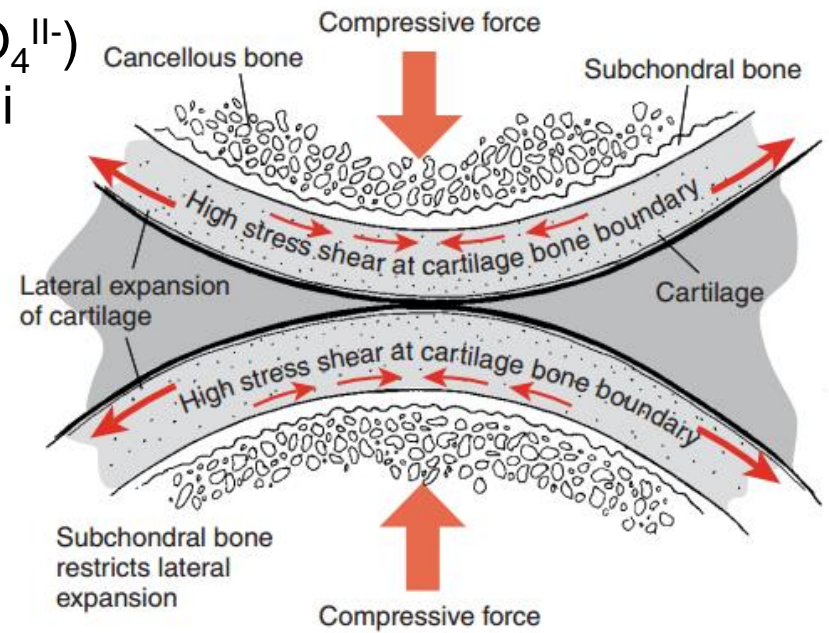
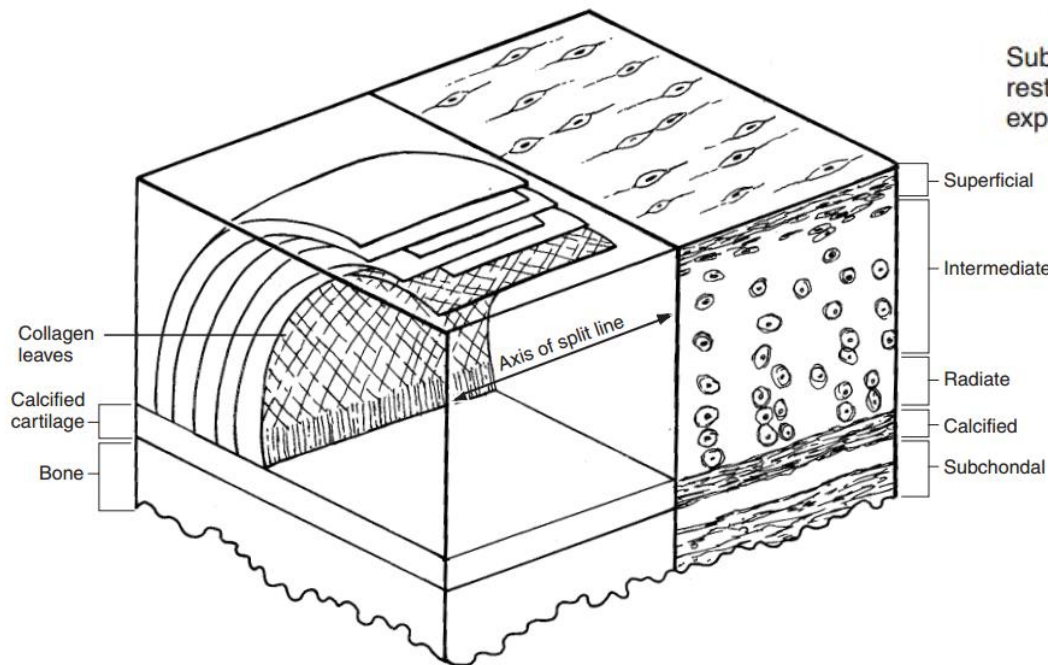


1. glykosaminoglykany
2. proteoglykany
3. kolagenní (elastická) vlákna
4. voda

podmiňují biomechanické vlastnosti

ARCHITEKTURA ECM

- tlaková elasticita
- proteoglykany – polyanionty (COO^- , SO_4^{II-})
- expanze omezená kolagenními fibrilami
- repulze



ARCHITEKTURA ECM

- bifázický model chrupavky
- **podmíněný složením ECM**
- proteoglykany, kolagen, elastin a buňky tvoří solidní, nestlačitelnou, ale elastickou fázi (20%)
- intersticiální tekutina která volně protéká matrix – fluidní fáze (80%)
- při tlakové zátěži tekutina protéká chrupavkovou matrix do ustanovení rovnováhy
- při dekompresi – expanze matrix
- význam i pro výživu chrupavky

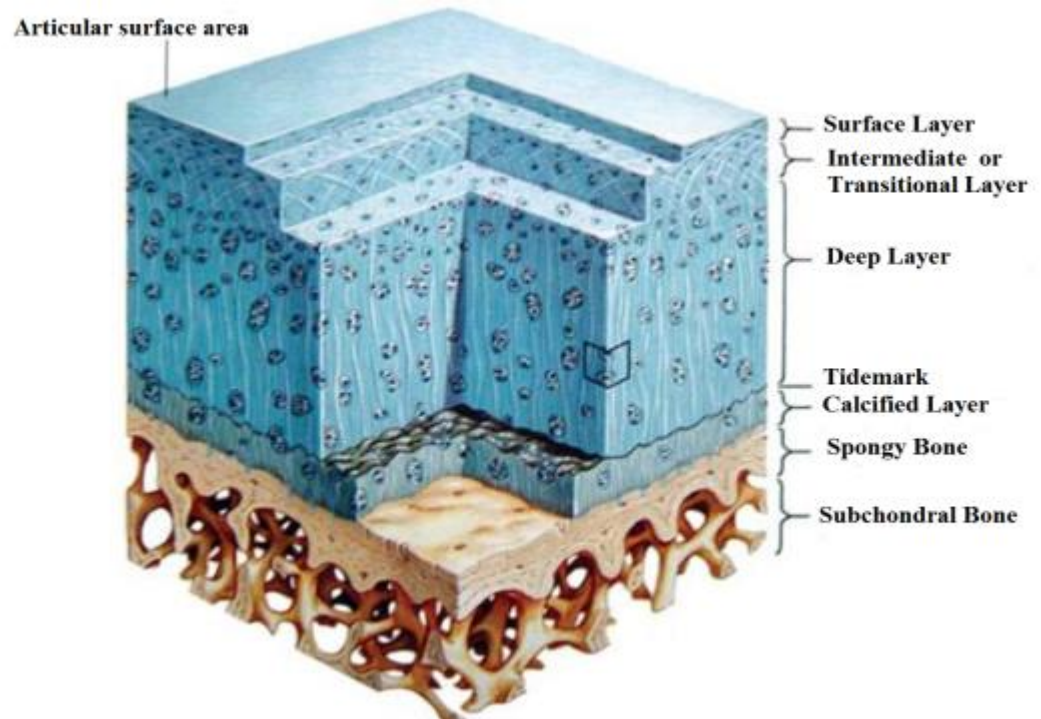
I. tangenciální (superficiální) zóna

II. přechodná zóna

III. radiální zóna

mineralizovaná chrupavka

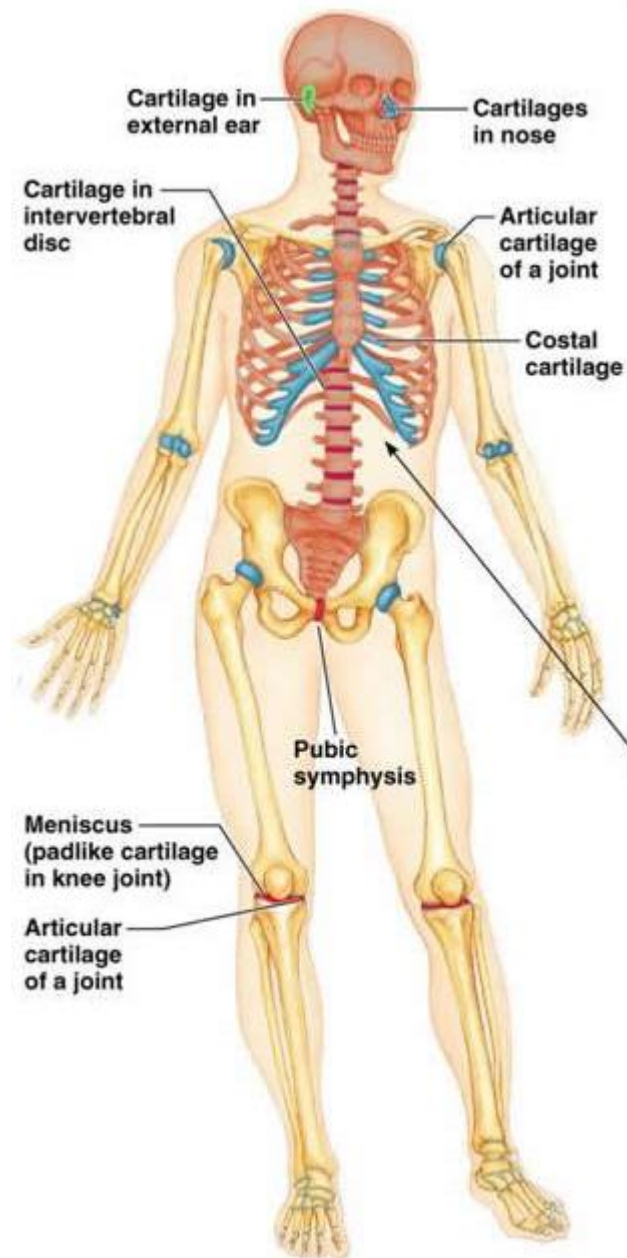
subchondrální kost



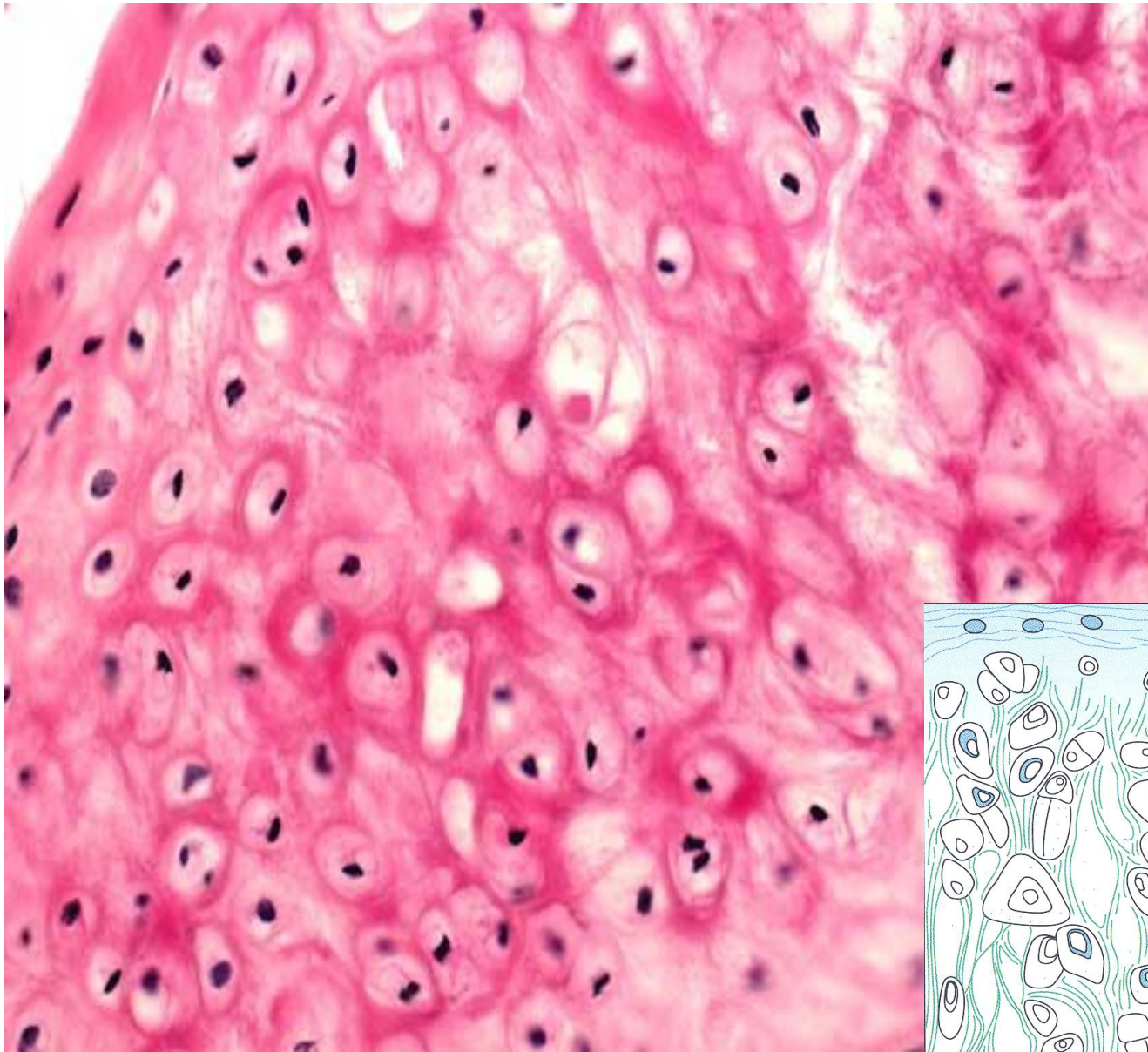
ELASTICKÁ CHRUPAVKA

Elastická

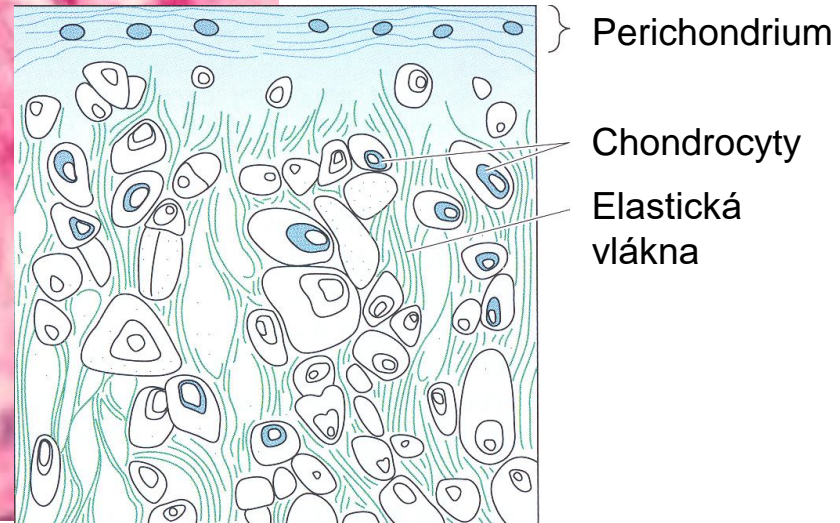
- Auricula
- Epiglottis
- Eustachova trubice



ELASTICKÁ CHRUPAVKA

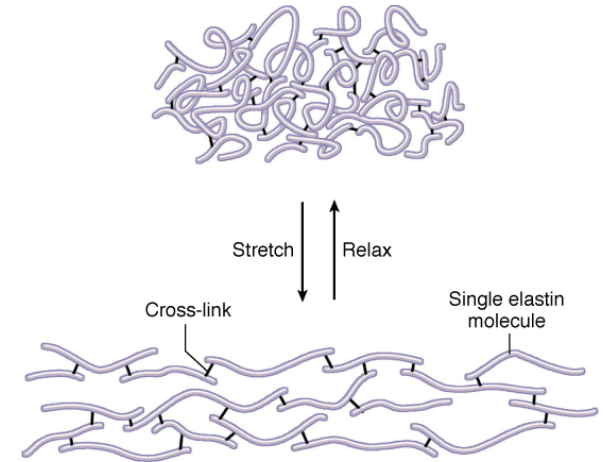


- acidofilní elastická vlákna v matrix
- izogenetické skupiny nejsou vytvořeny
- auricula, meatus, larynx, epiglottis

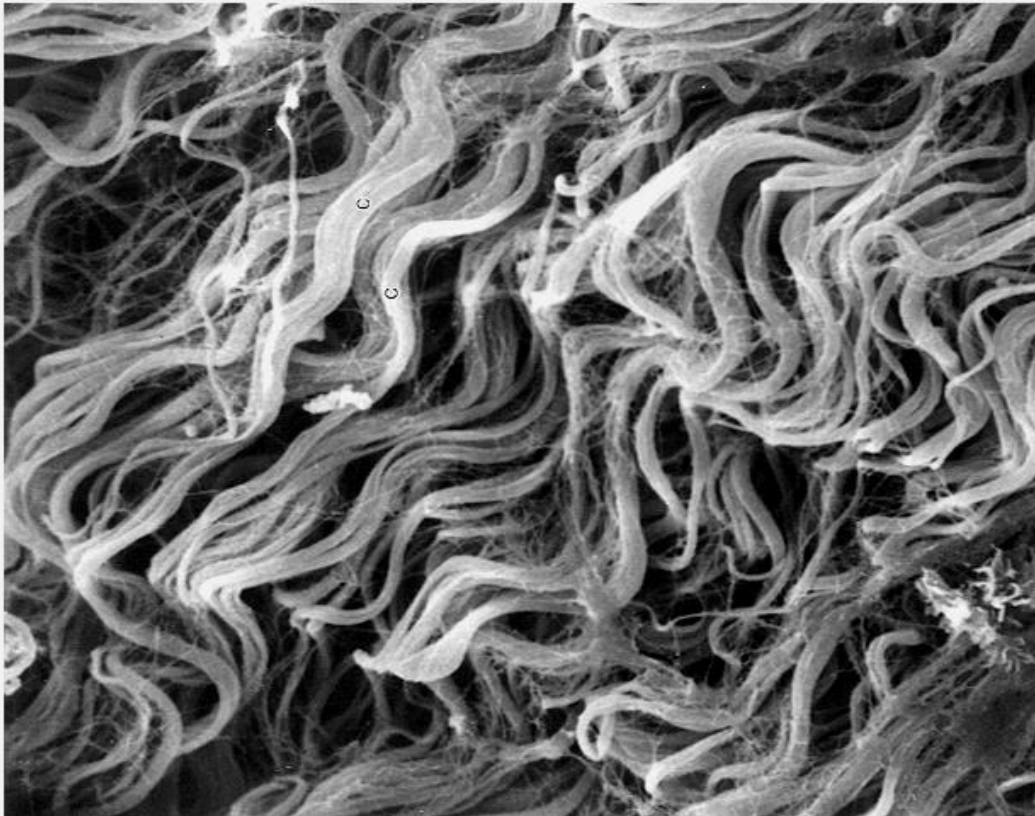


ELASTICKÁ VLÁKNA

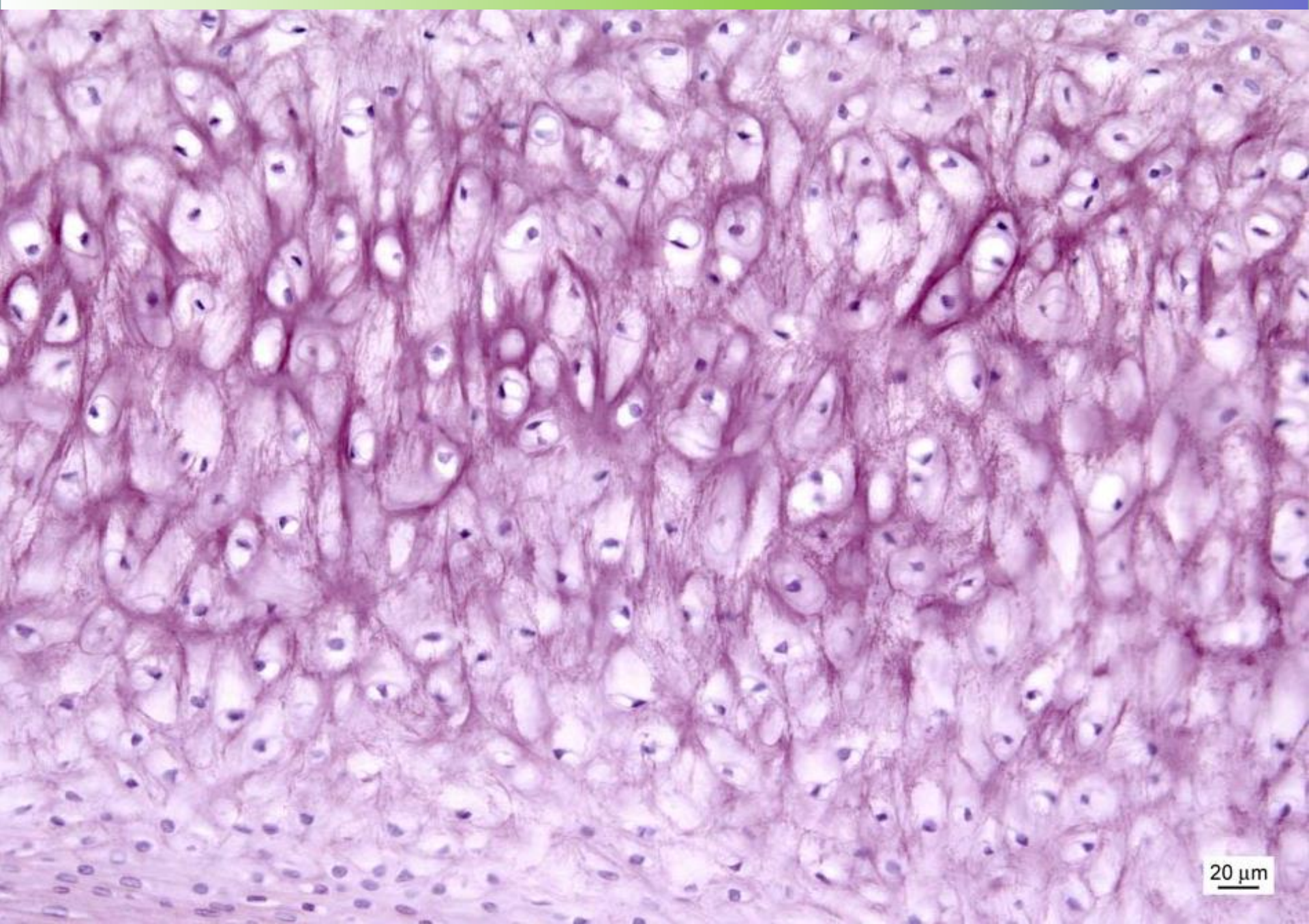
- méně početná než vlákna kolagenní
- polymer – tropoelastin
- desmosin, isodesmozin
- minimální tahová pevnost, při přetažení ztráta pružnosti
- redukuje hysterizi vaziva = díky své pružnosti usnadňují návrat vaziva do původního stavu po mechanické změně



Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas*, 12th Edition: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

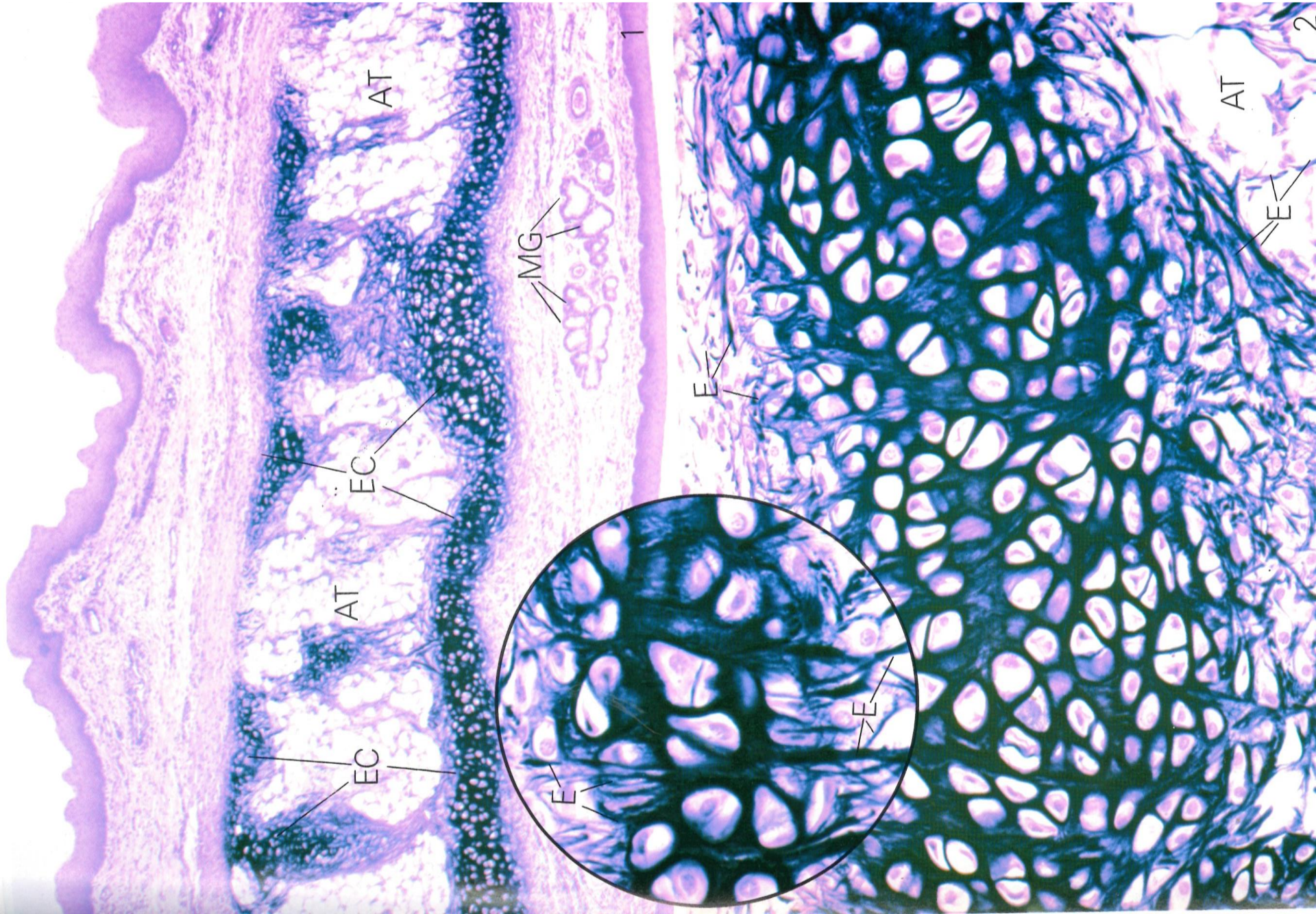


ELASTICKÁ CHRUPAVKA



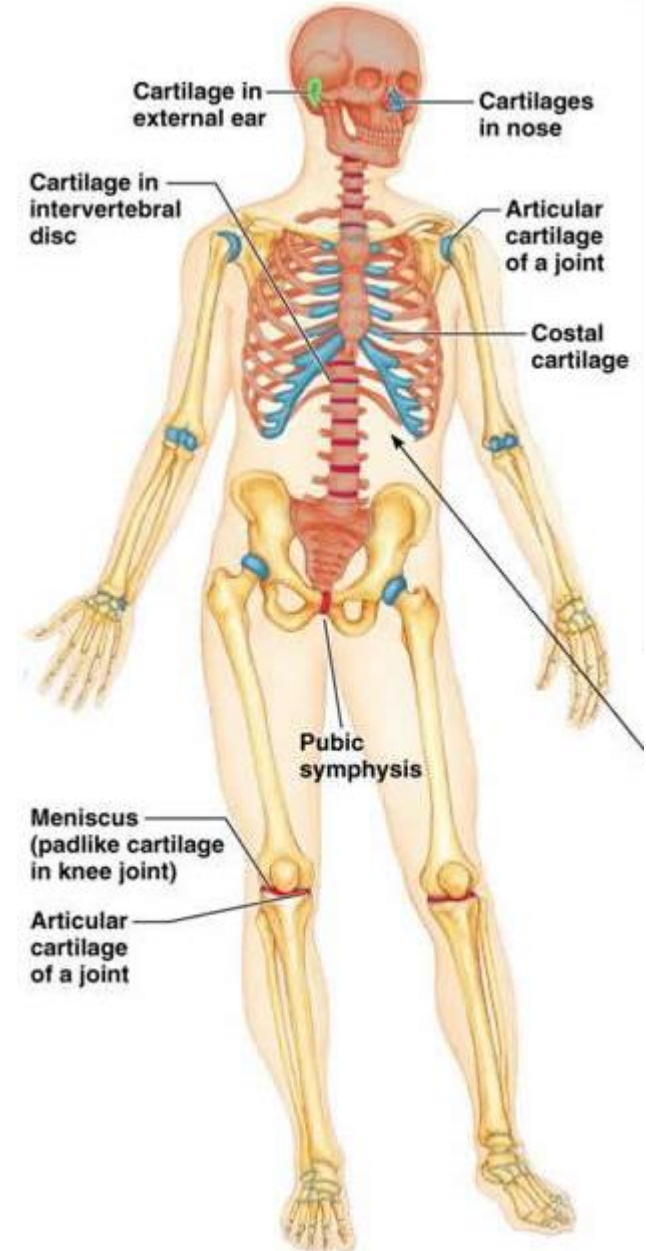
20 μ m

ELASTICKÁ CHRUPAVKA



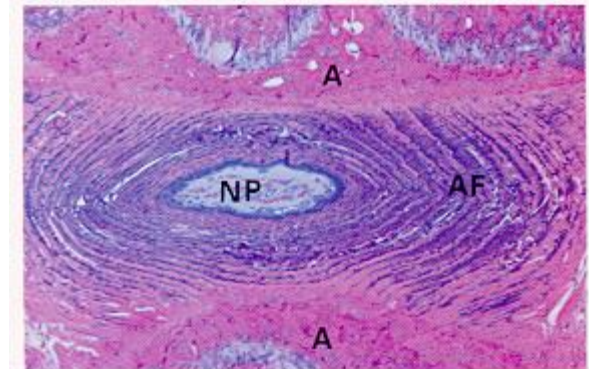
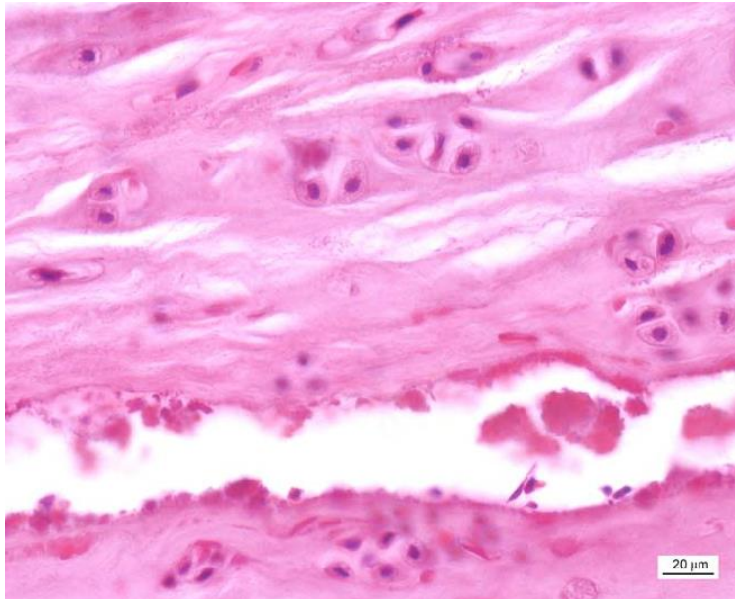
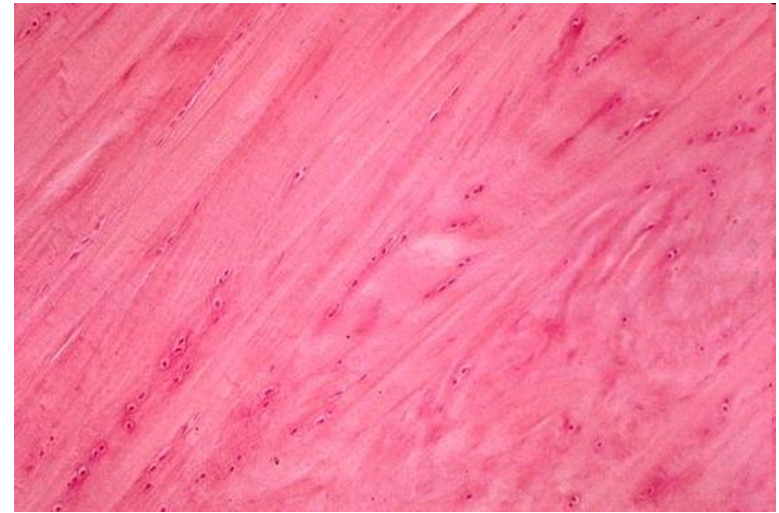
Vazivová

- Meziobratlové ploténky
- Symfýza *os pubis*
- Meniskus

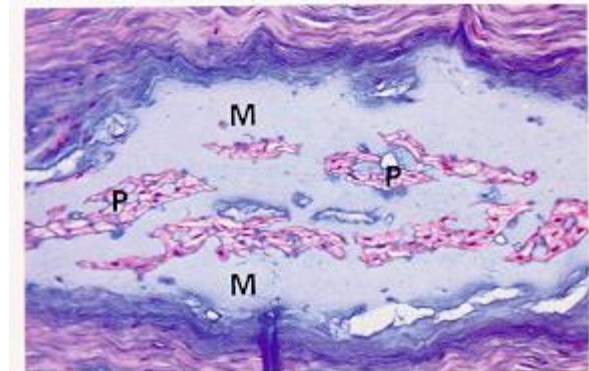


VAZIVOVÁ CHRUPAVKA

- dominantní vláknitá složka – kolagen I a II
- mechanická odolnost
- minimum amorfní ECM – vlákna jsou viditelná
- podobná hustému kolagennímu vazivu
- meziobratlové ploténky, symphysis pubis, meniscus

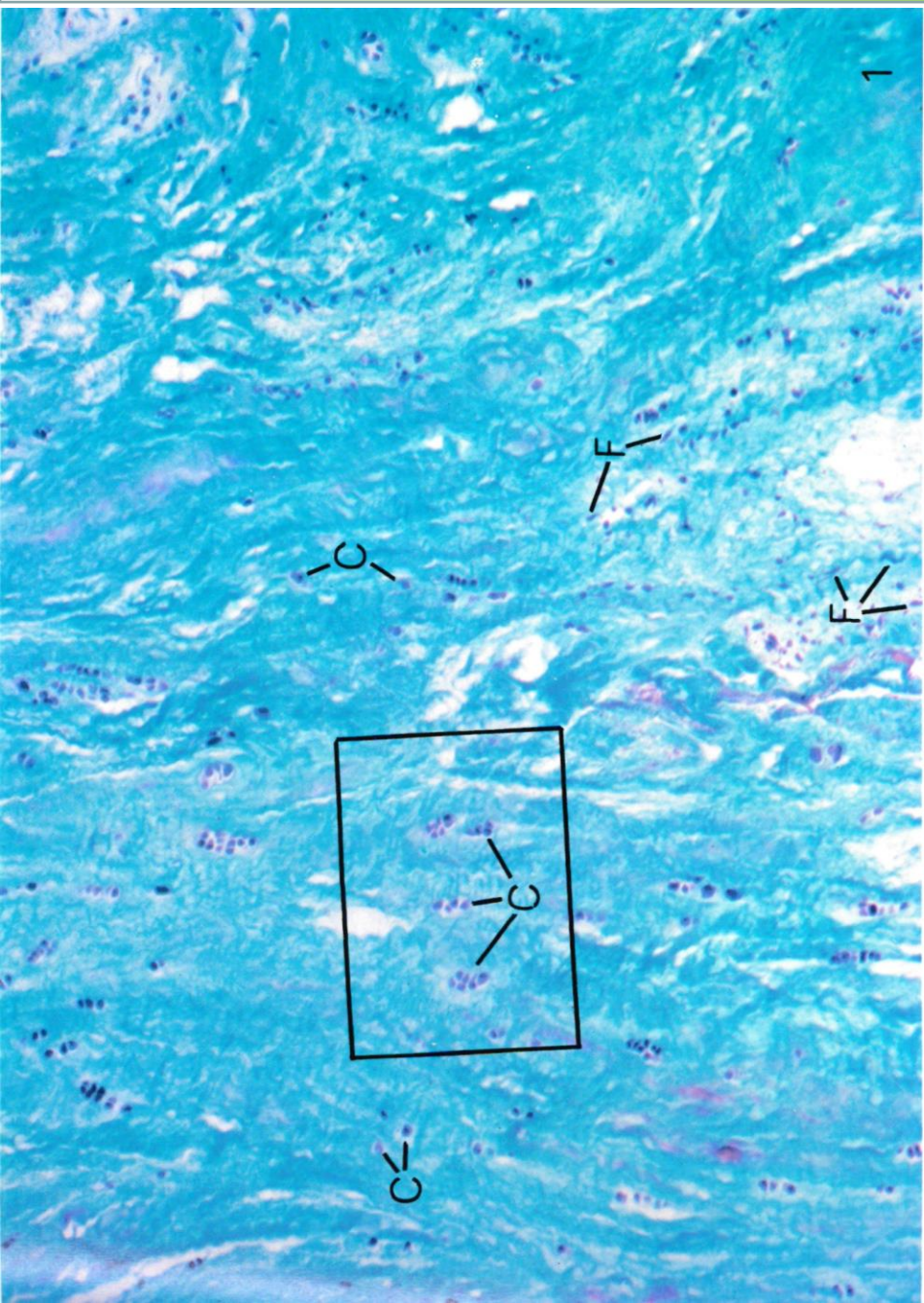


(a)

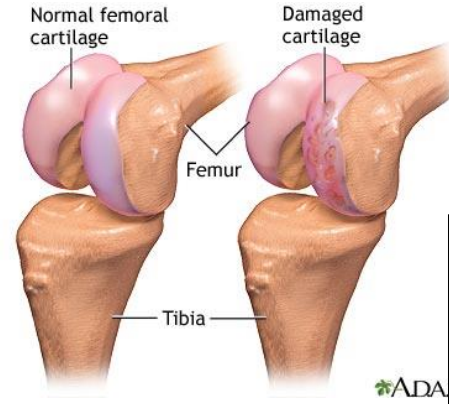


(b)

VAZIVOVÁ CHRUPAVKA



- Chrupavka – bez inervace, bez vaskularizace – spontánně prakticky neregeneruje
- Chondrocyty nemigrují do místa poranění
- Eroze chrupavky v důsledku dalších degenerativních změn



Cíl:

- kloubní pohyblivost
- obnova biochemických a biofyzikálních parameterů chrupavky
- autologní transplantace
- MSCs a chondrocyty na biokompatibilních scafoldech (stále jen experimentálně)

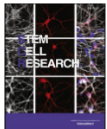
Stem Cell Research 44 (2020) 101738



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Stem Cell Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scr



Human mesenchymal stem cell therapy for cartilage repair: Review on isolation, expansion, and constructs

Alan T.L. Lam*, Shaul Reuveny, Steve Kah-Weng Oh

Bioprocessing Technology Institute, A*STAR (Agency for Science, Technology and Research), Singapore 138668, Singapore



SHRNUTÍ

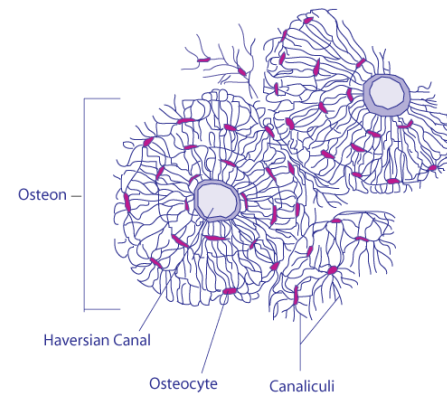
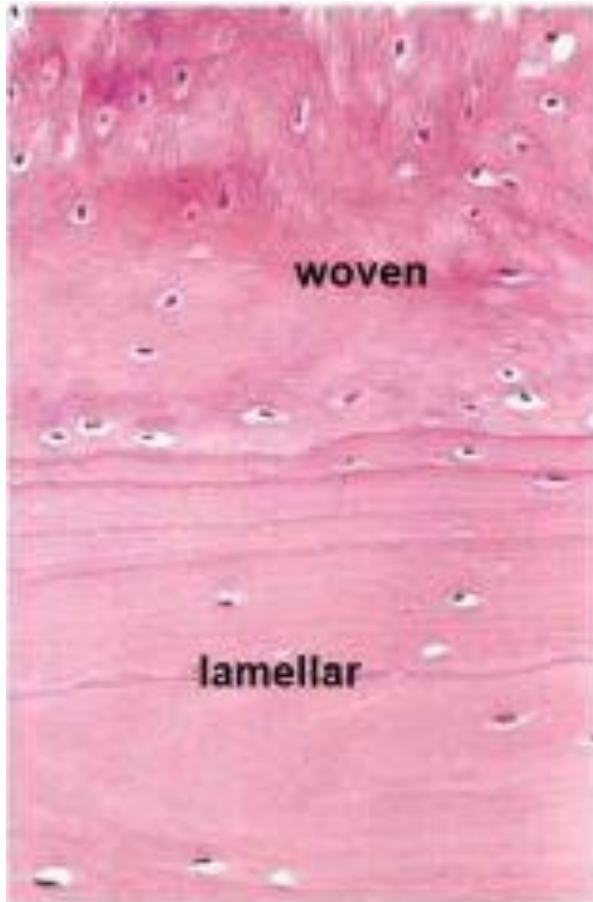
	HYALINNÍ	ELASTICKÁ	VAZIVOVÁ
Složení ECM	Col II, aggrecan	Col II, elastin, aggrecan	Col II + Col I
Buňky	Chondrocyty/blasty	Chondrocyty/blasty	Chondrocyty/blasty, fibroblasty
Uspořádání	Izogenetické skupiny	Jednotlivě, občas ve shlucích	Jednotlivě nebo podélně vmezeřené mezi kolagenní vlákna
Typické perichondrium	Ano (kromě kloubů) a epifýz)	Ano	Ne
Příklad výskytu	Velké chrupavky laryngu, trachea a DCD, klouby, epifýzy, fetální skelet	Aurikula, meatus, Eustachova trubice, epiglottis, malé chrupavky laryngu	IVD, meniskus, symfýzy

KOST

20 μ m

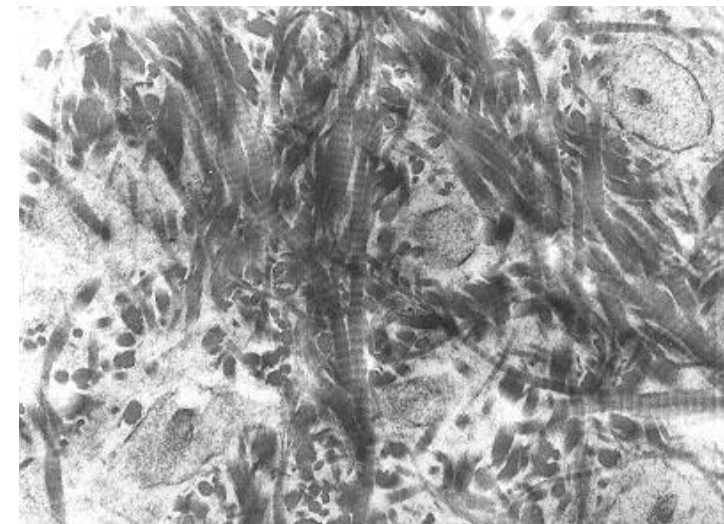
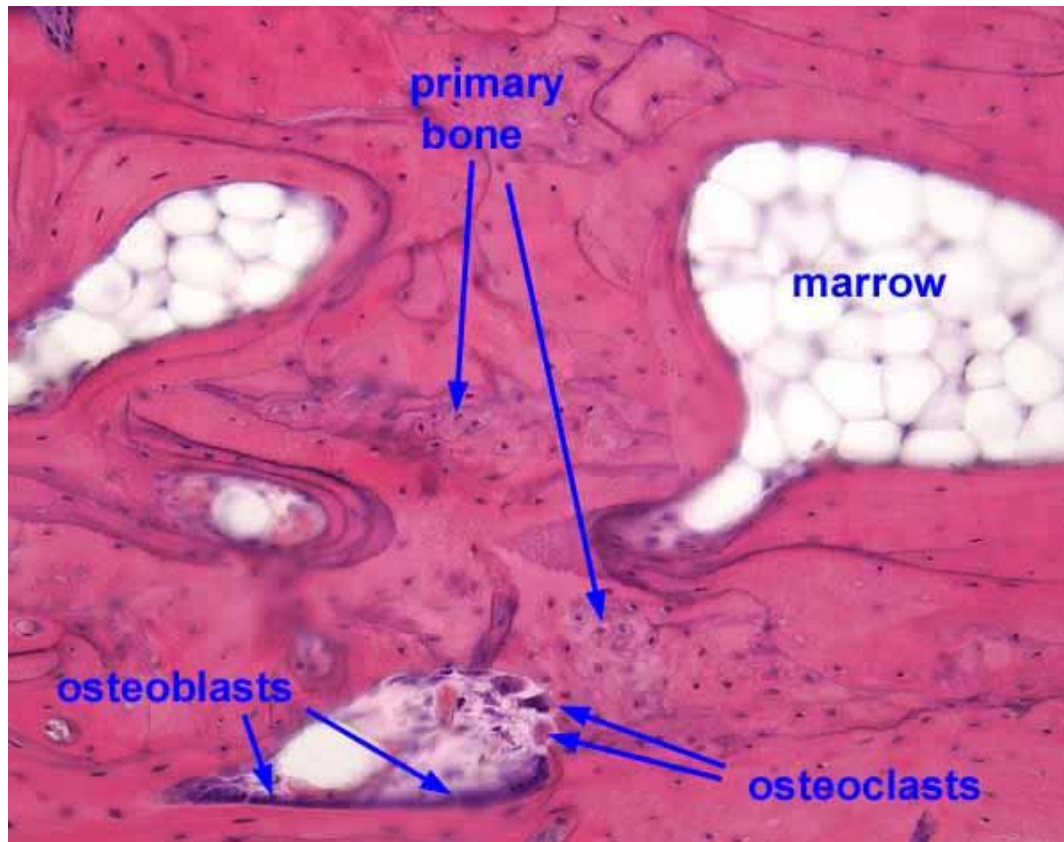
HISTOLOGICKÁ KLASIFIKACE KOSTÍ

- **Primární** (nezralá, vláknitá)
- **Sekundární** (zralá, lamelózní)
 - Lamely – kolagenní vlákna uspořádána do koncentrických vrstev (3-7 μ m) obklopující kanálek s cévami = Haversův systém (osteon)



STAVBA PRIMÁRNÍ (VLÁKNITÉ) KOSTI

- Dočasná, vzniká při růstu a regeneraci kostí; kolagenní fibrily plst'ovitě uspořádané
- Nahrazuje ji později sekundární kost
- Přetrvává pouze v některých oblastech - ploché švy lebky, výčnělky kostí (*tuberositas ossium*)



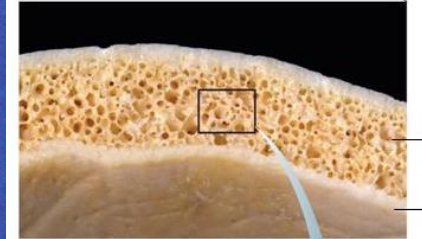
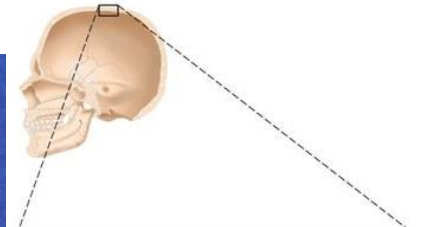
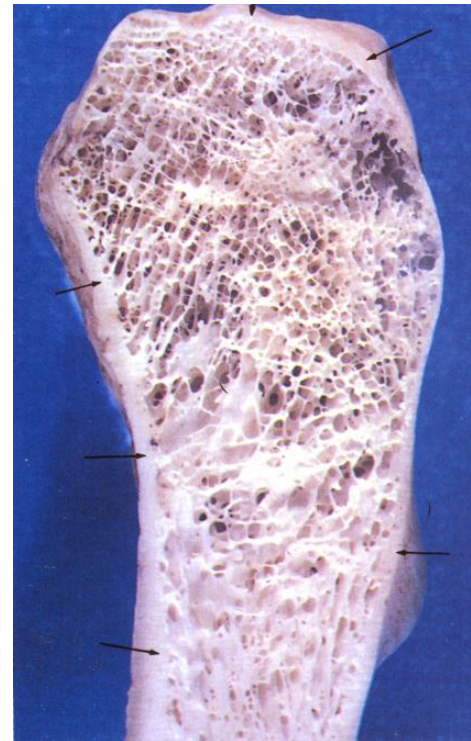
STAVBA SEKUNDÁRNÍ (LAMELÓZNÍ) KOSTI

Spongiózní kost

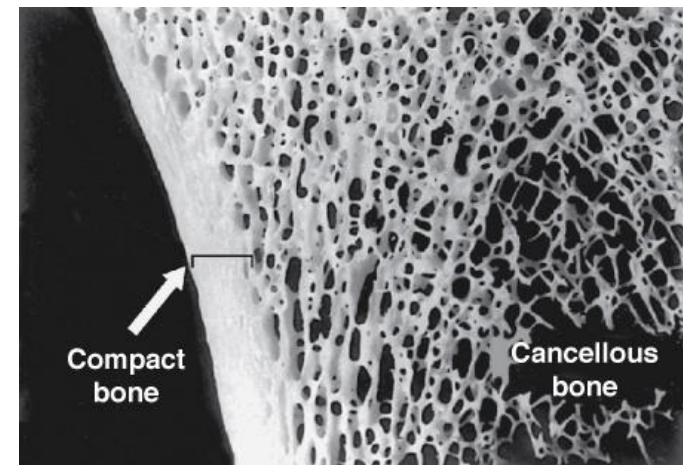
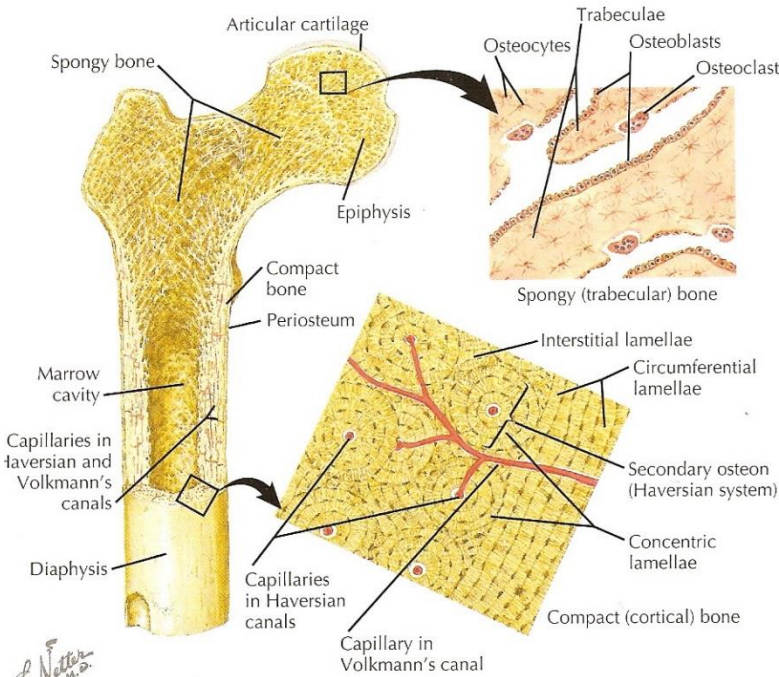
- Lamely tvoří trámce, se strukturou podobnou kompaktní kosti
- Konce kostí (epifýzy), krátké kosti, střední vrstva plochých kostí lebky (*diploe*)

Kompaktní kost

- Zevní a vnitřní plášťové lamely, typické Haversovy kanálky
- Volkmannovy kanálky
- Intersticiální kanálky

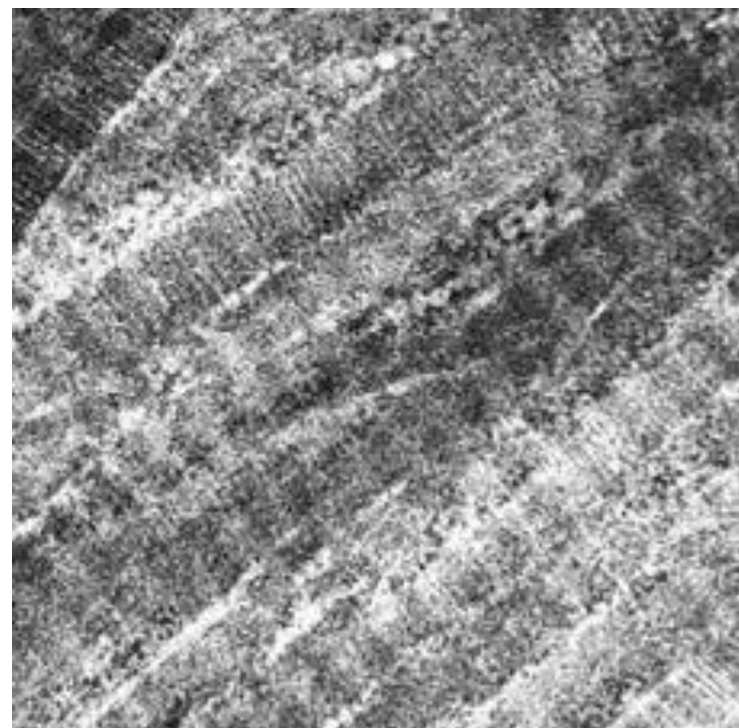
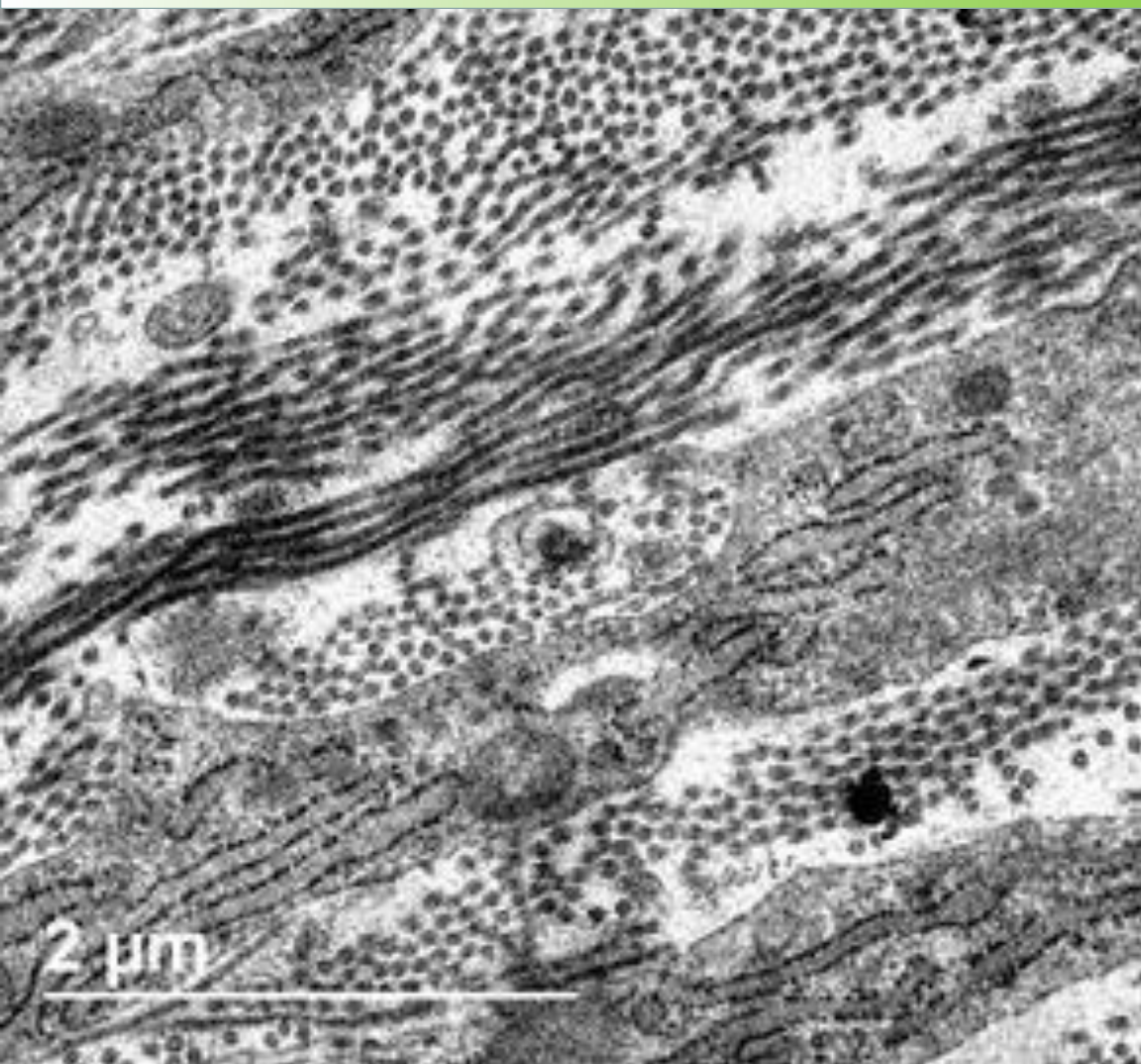


▼ Structure of bone.



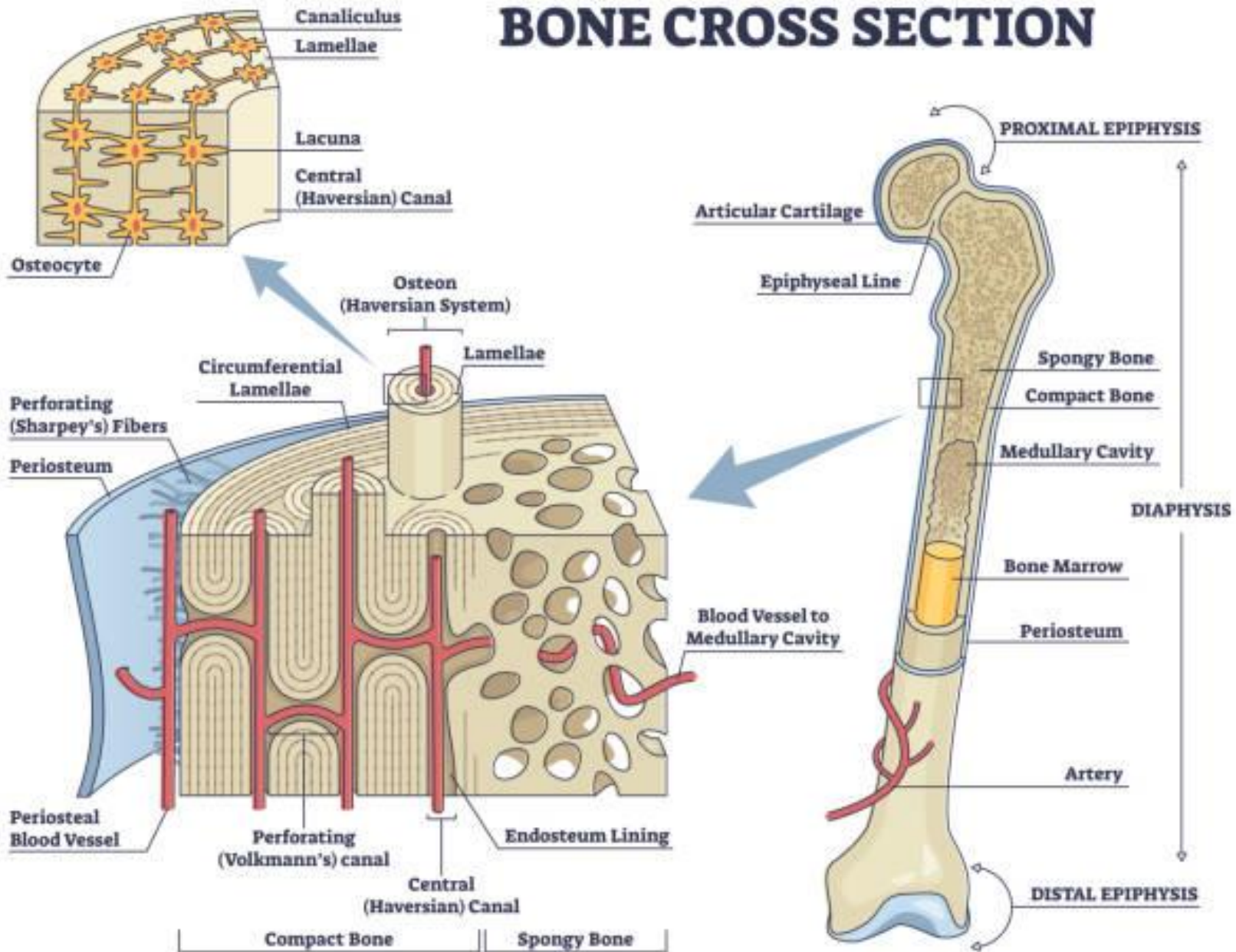
F. Netter M.D.

STAVBA SEKUNDÁRNÍ (LAMELÓZNÍ) KOSTI

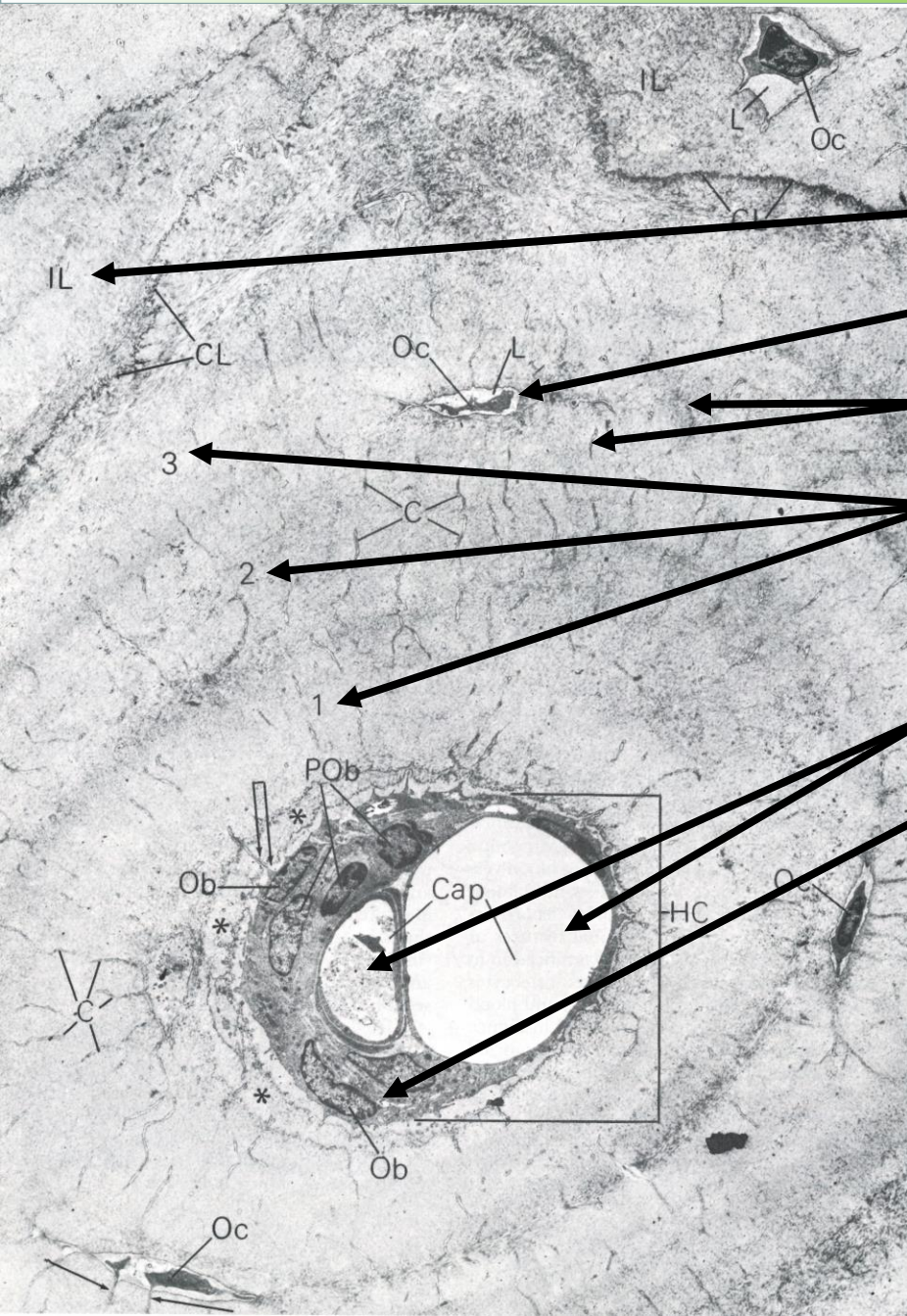


STAVBA SEKUNDÁRNÍ (LAMELÓZNÍ) KOSTI

BONE CROSS SECTION



STAVBA SEKUNDÁRNÍ (LAMELÓZNÍ) KOSTI



Intersticiální lamela

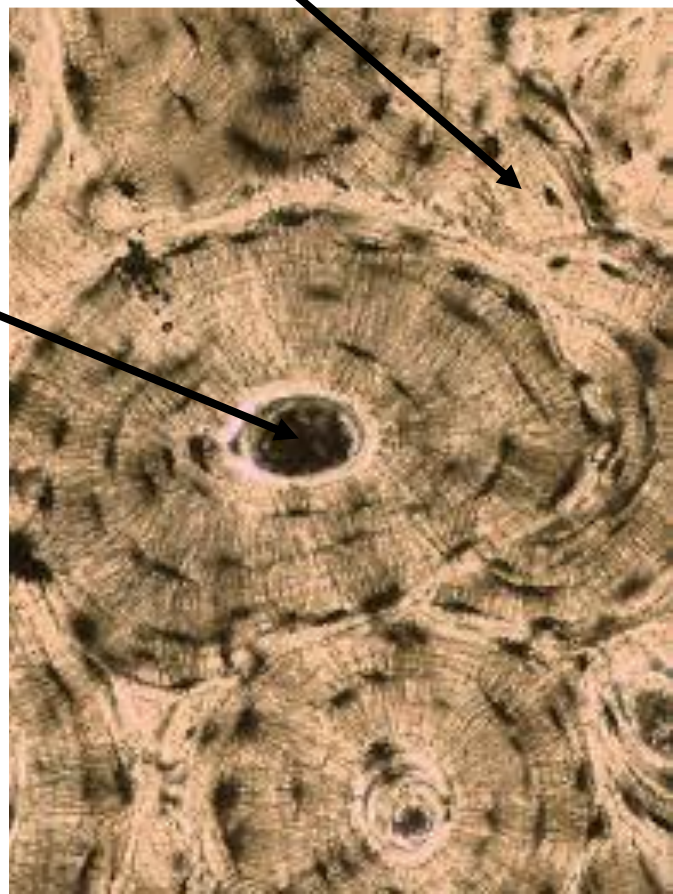
Osteocyt v lakuně

Canaliculi ossium

Lamely

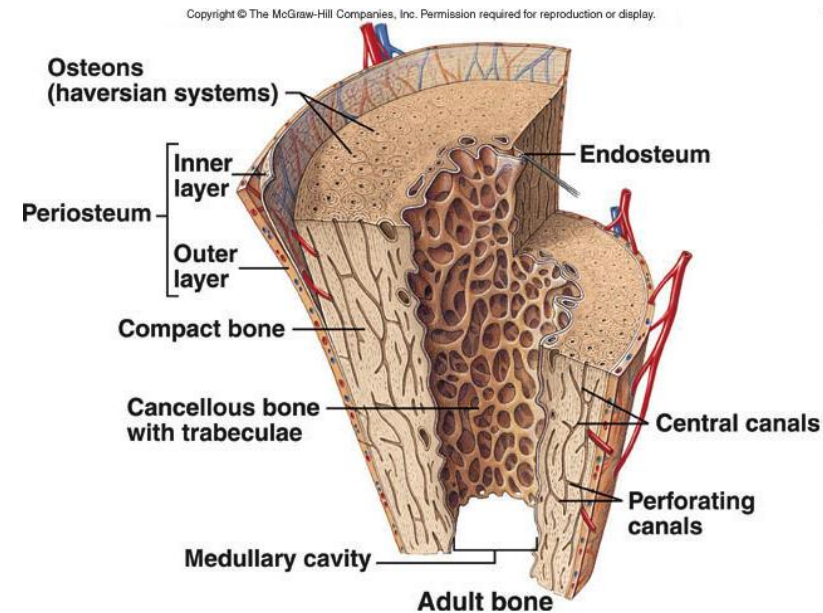
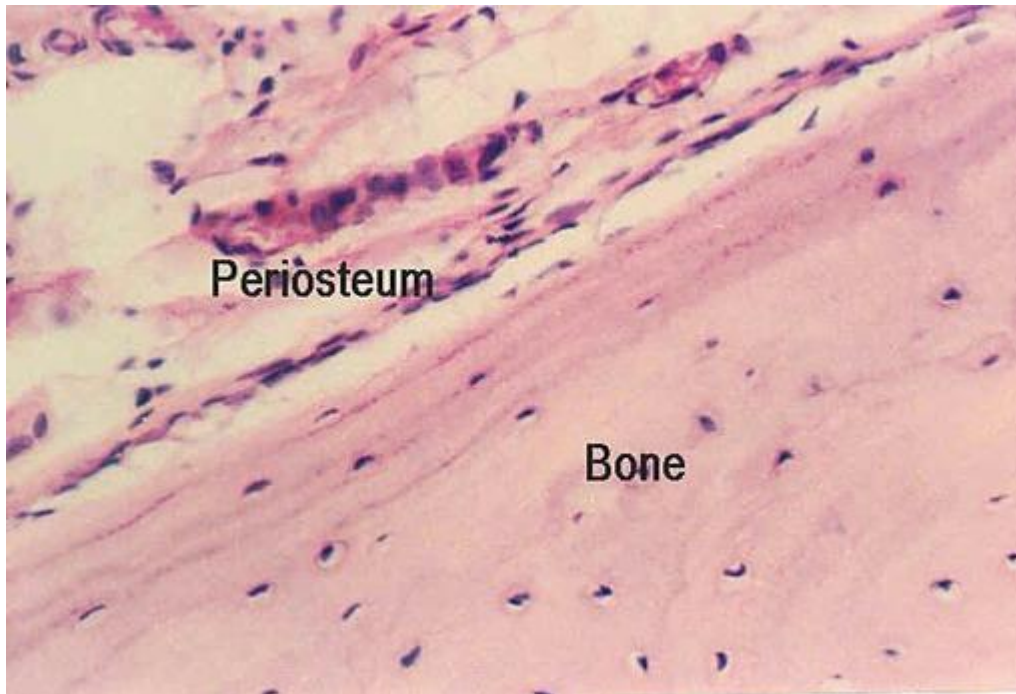
Kapilára

Osteoblasty

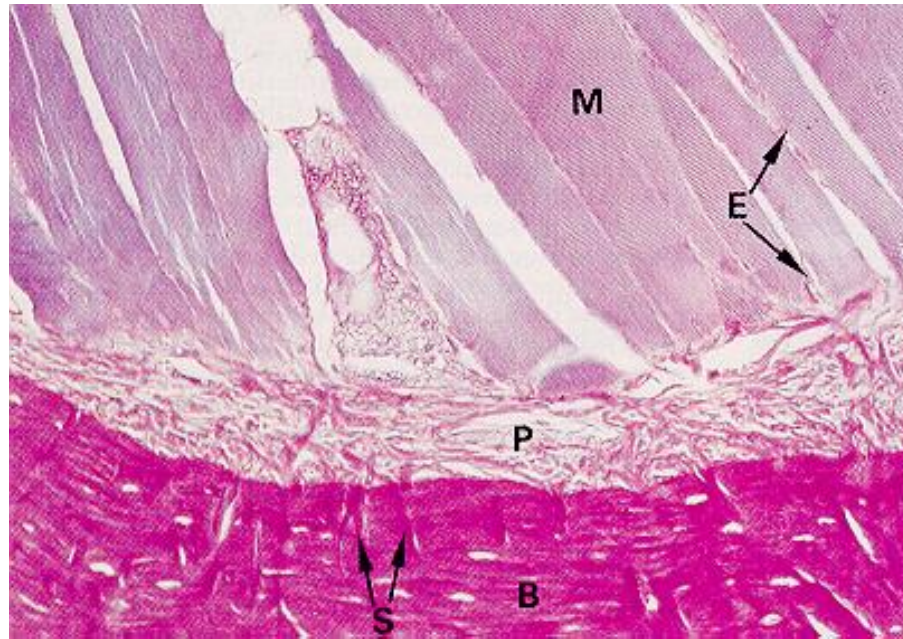


VNĚJŠÍ KOSTNÍ POVRCH

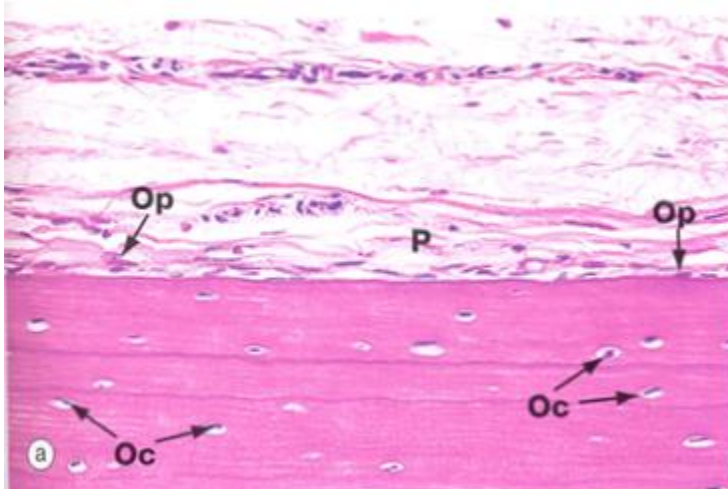
- **Synoviální kloub** – hyalinní chrupavka
- **Periost** – obal z husté pojivové tkáně
 - Vnitřní vrstva buněk (osteoblasty), vnější – husté kolagenní vazivo
 - Fibrilární složka je dominantní u metabolicky neaktivní kosti
 - Kolagenní vlákna periostu paralelně s povrchem kosti
- **Sharpeyova vlákna** fixují periost k vlastní kosti



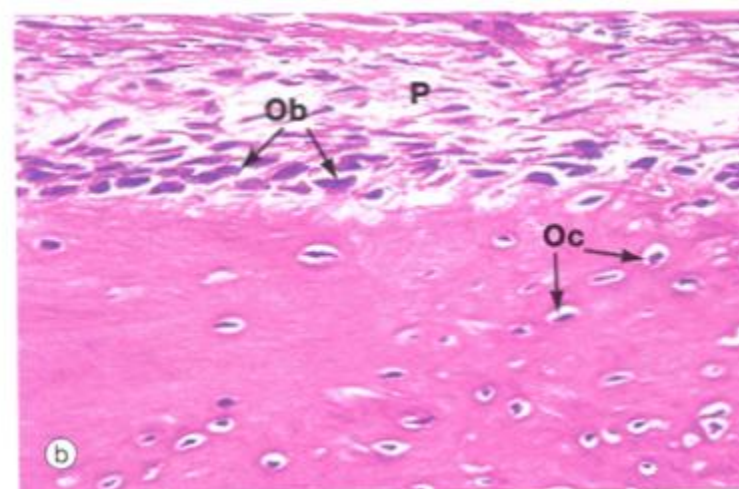
VNĚJŠÍ KOSTNÍ POVRCH - PERIOST



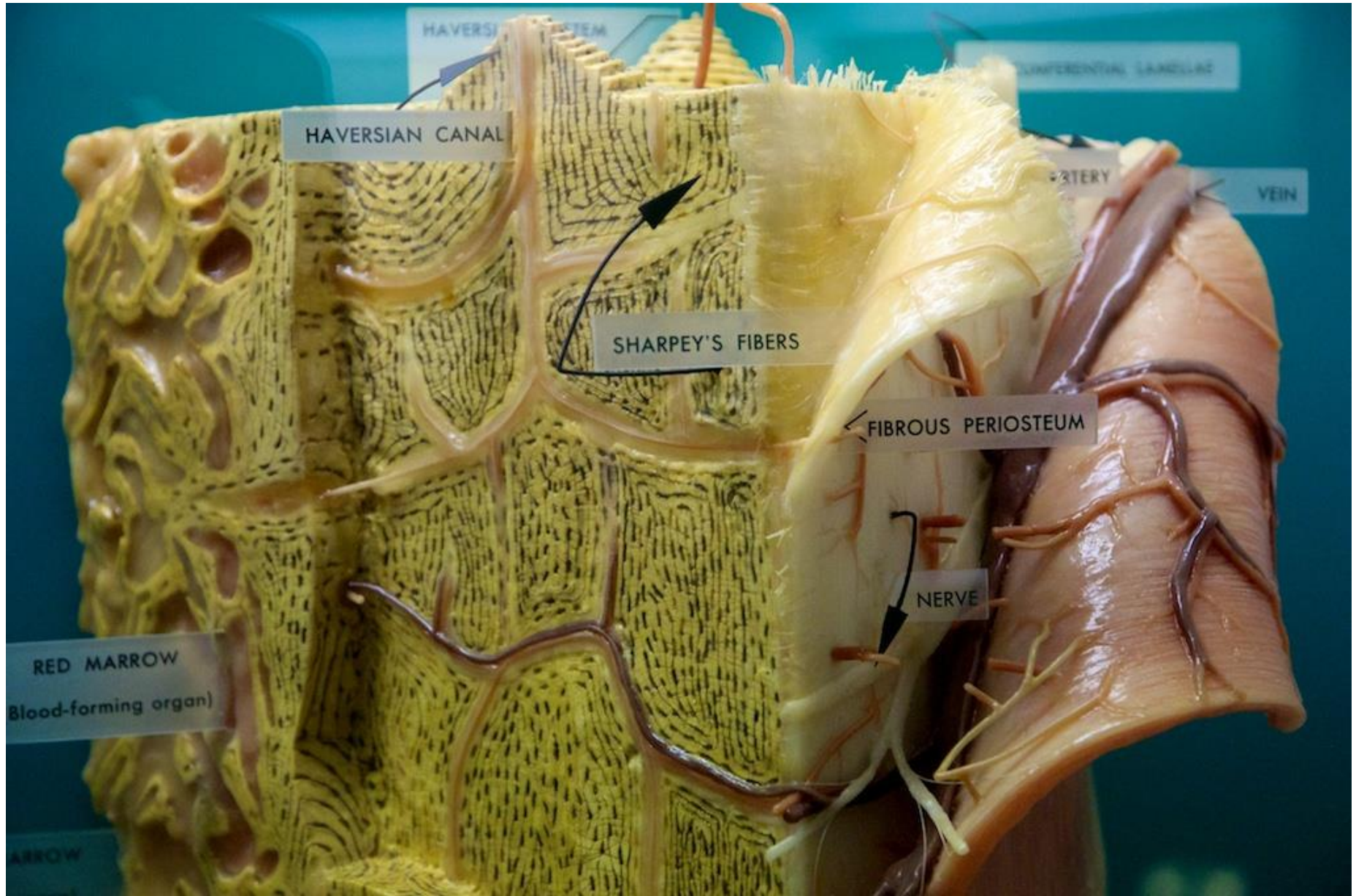
Neaktivní



Aktivní

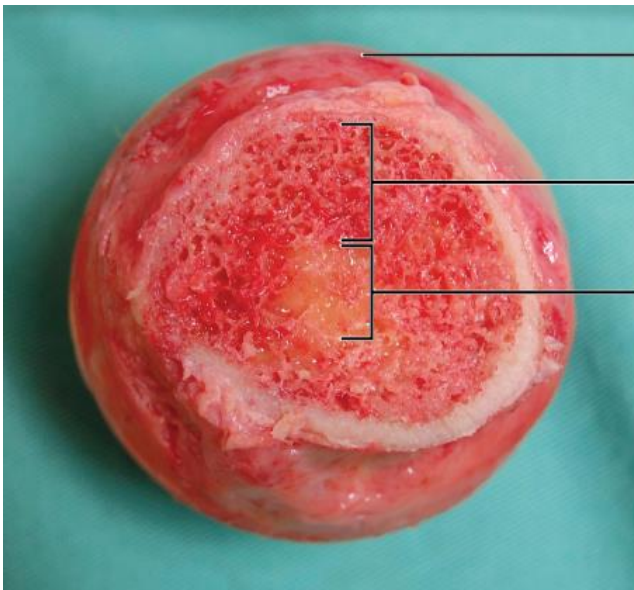
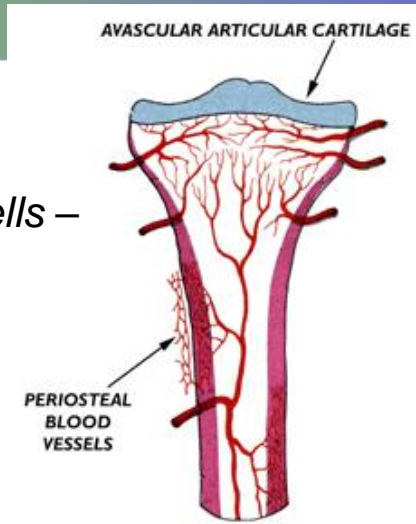


PERIOST

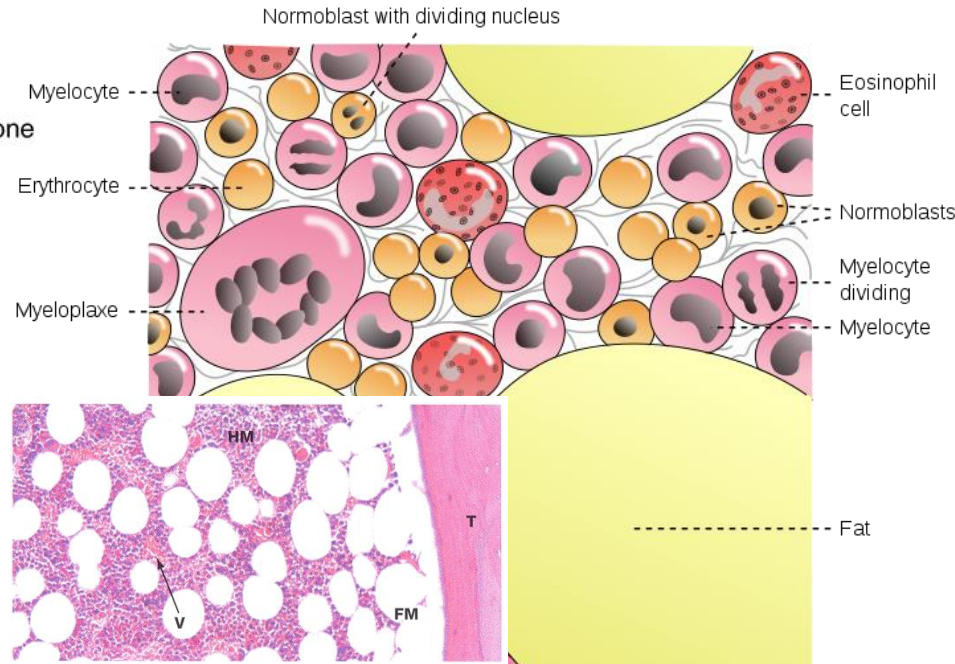


VNITŘNÍ KOSTNÍ POVRCH

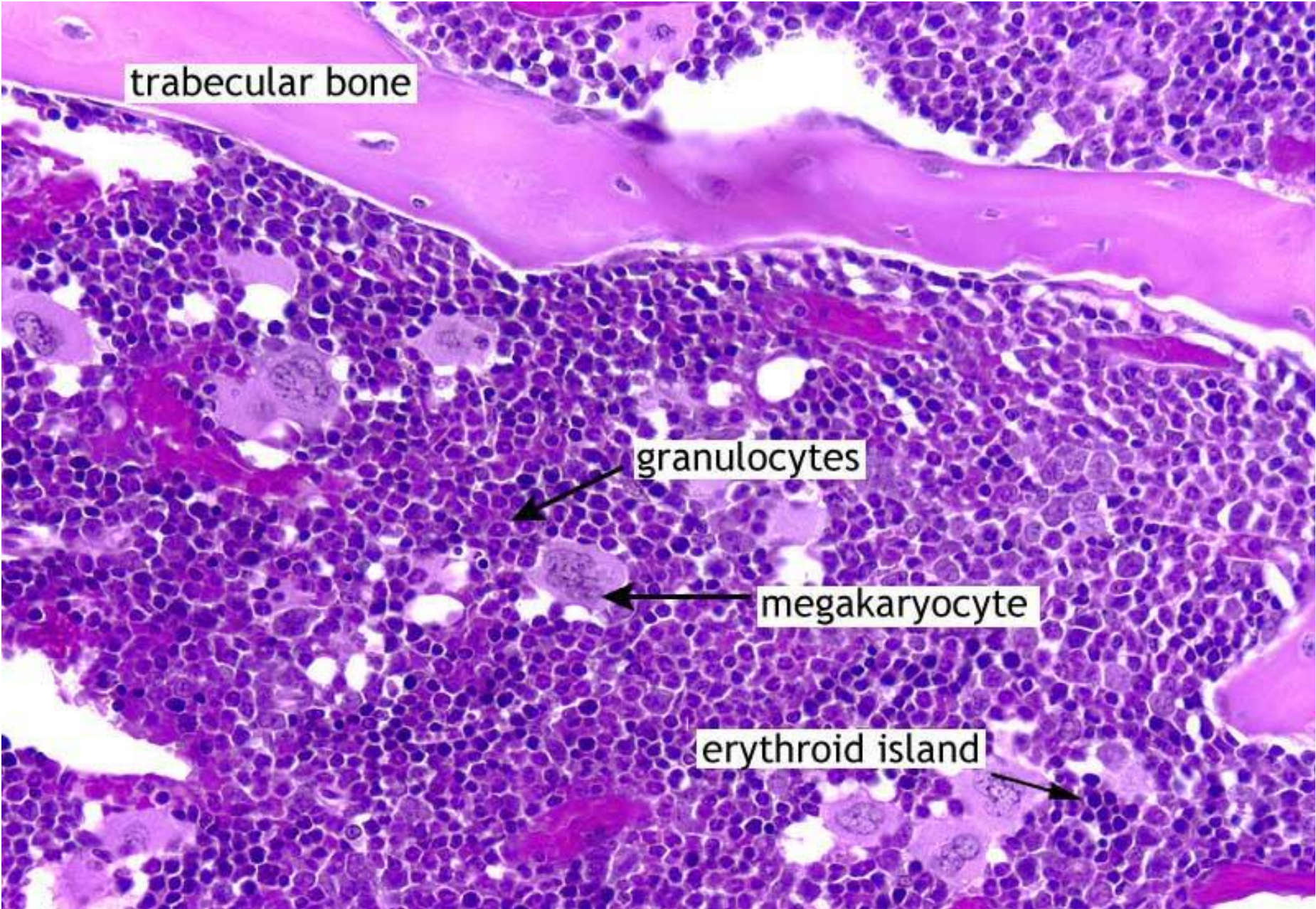
- Dřeňová dutina
- Endost – často jediná vrstva plochých nebo kubických buněk tzv. *lining cells* – prekuzory osteoblastů
- Červená, žlutá nebo šedá kostní dřeň
- Bohatá vaskularizace



Outer surface of bone
Red marrow
Yellow marrow

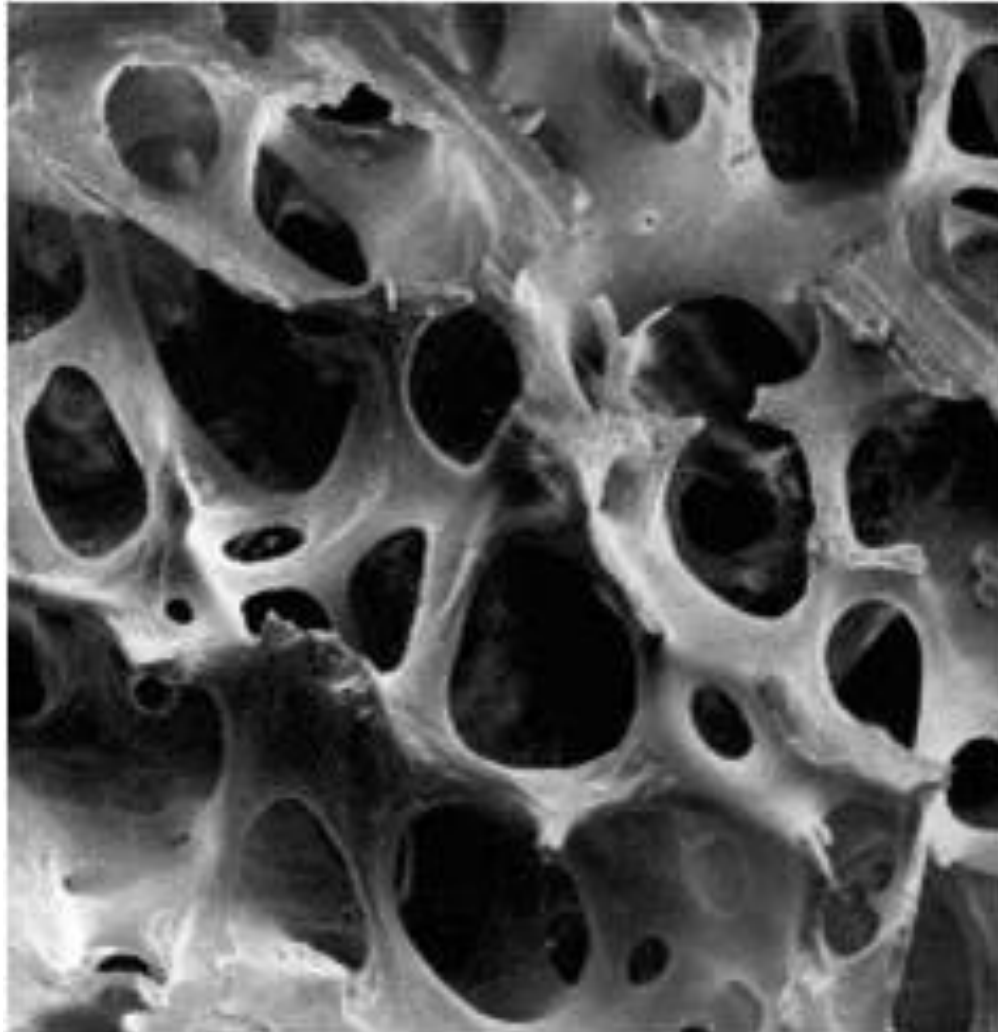


VNITŘNÍ KOSTNÍ POVRCH JE VÝZNAMNOU NICHE

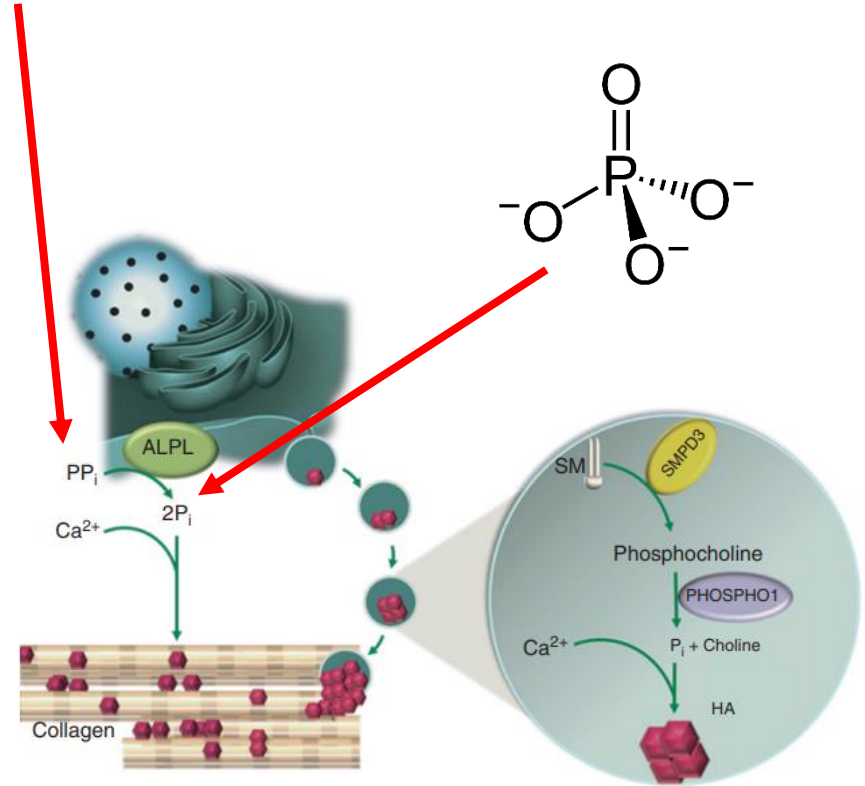
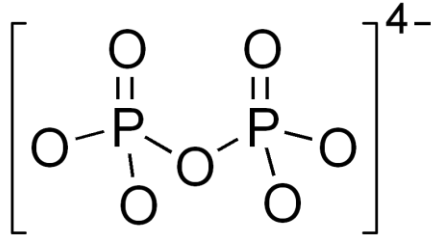
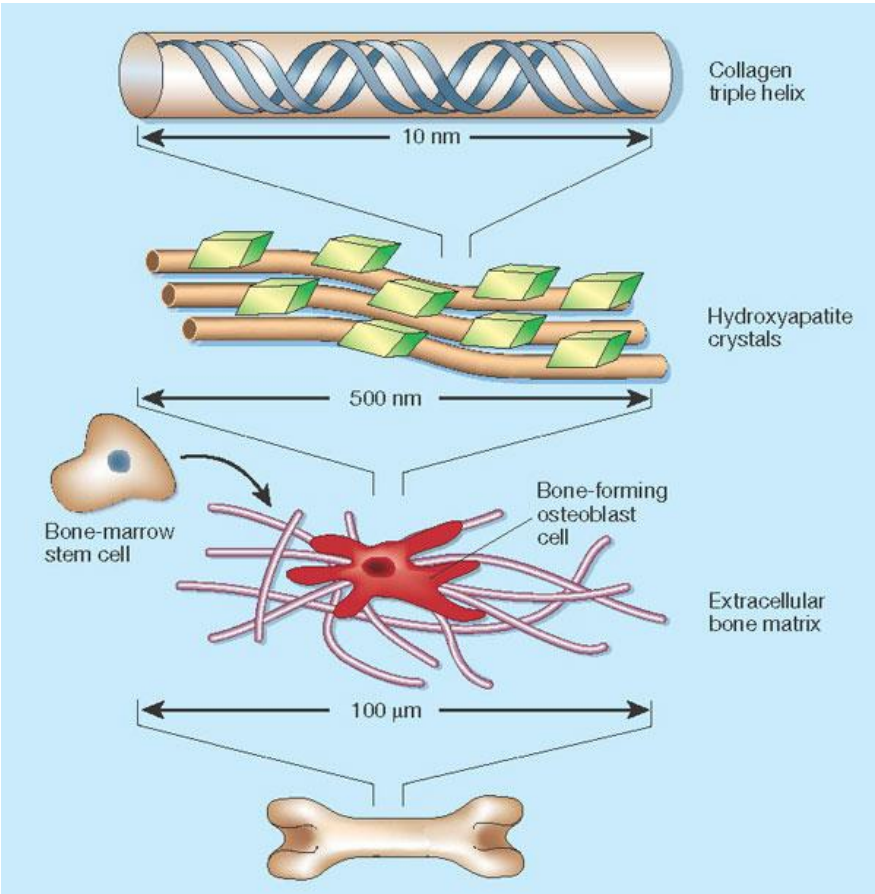


SLOŽENÍ KOSTNÍ MATRIX

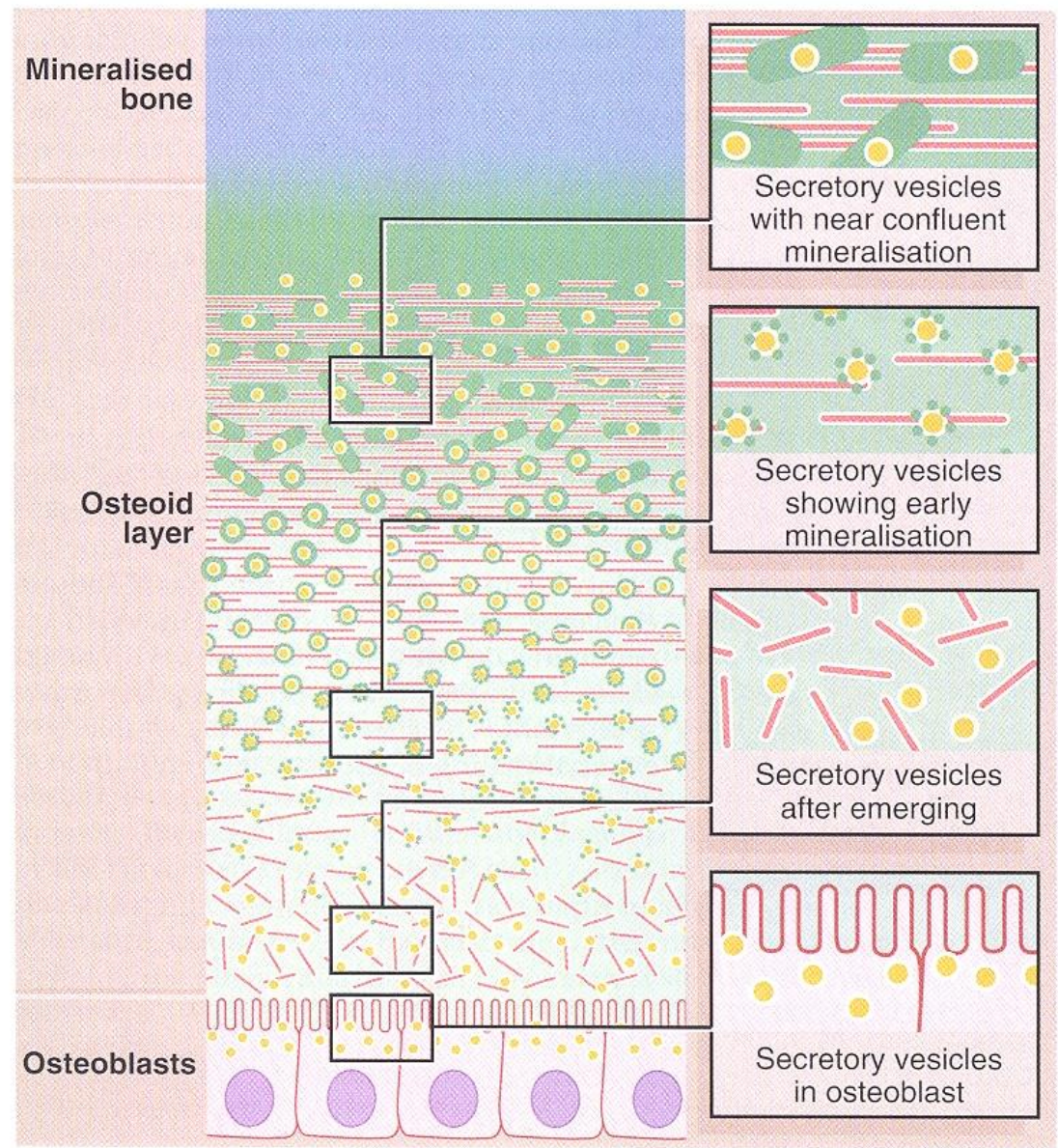
- 60% minerální složka, 24% organická složka (**osteoid**) 12% H₂O, 4% tuk
- Ca₃(PO₄)₂ , Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (hydroxyapatit)



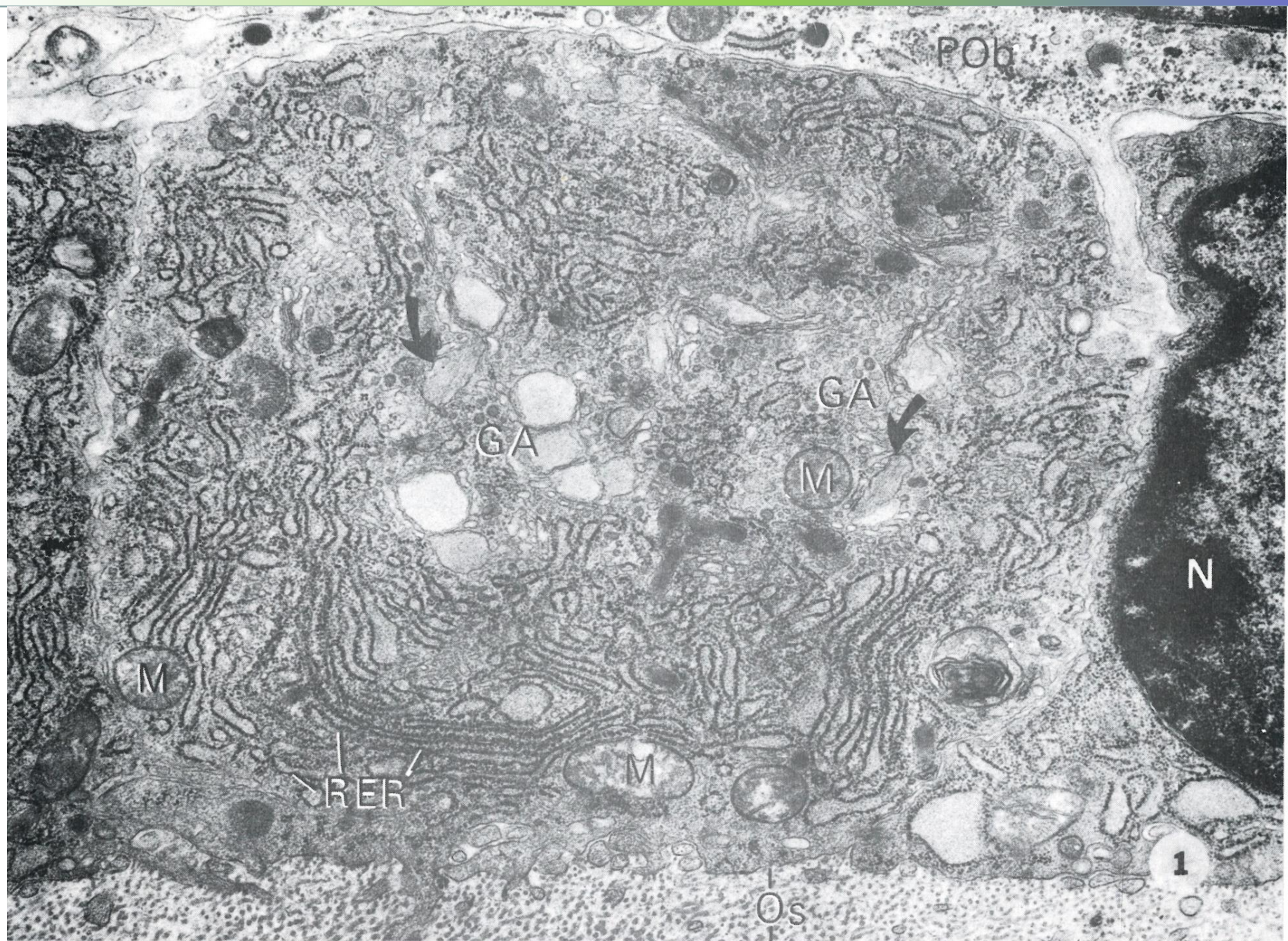
MINERALIZACE



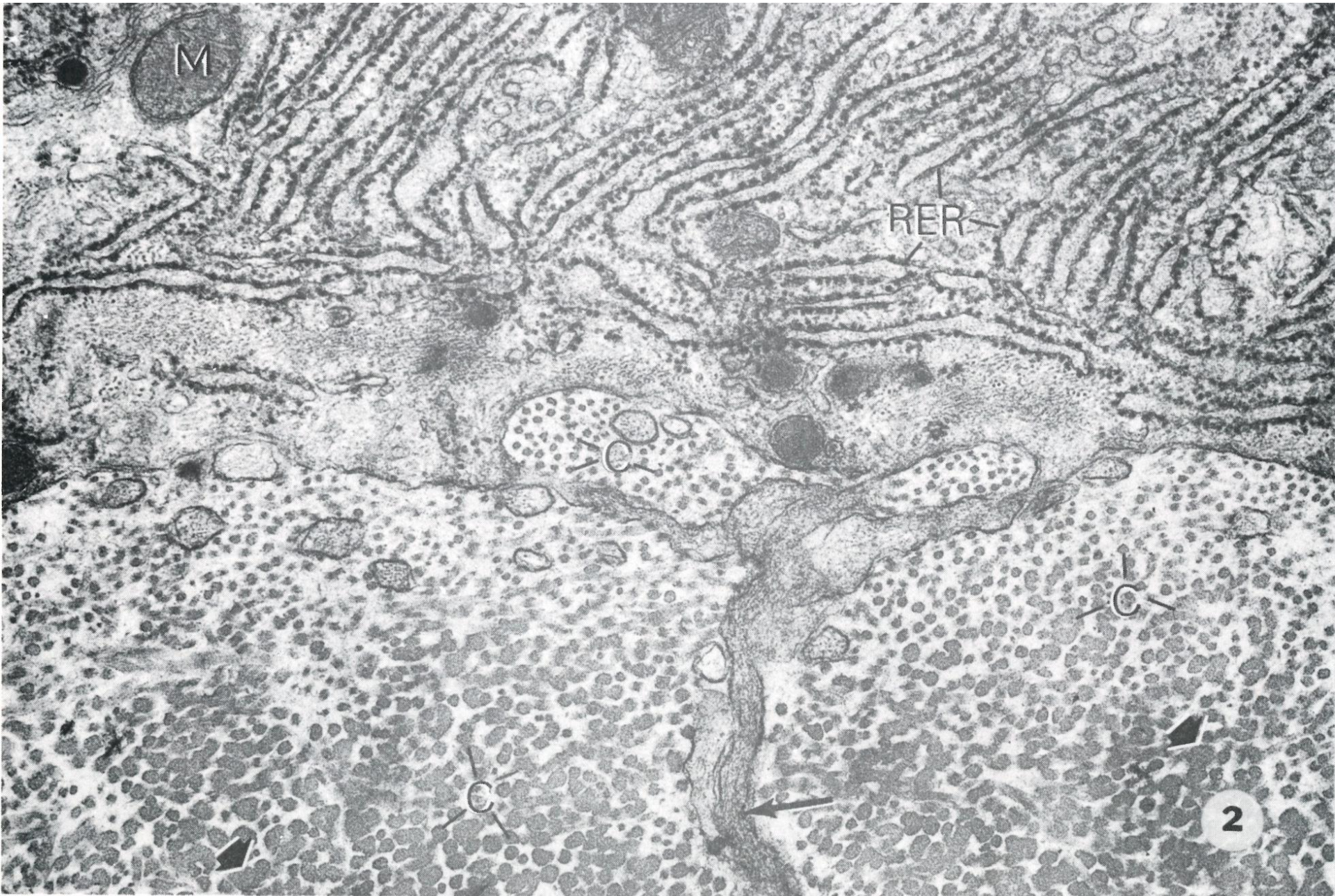
MINERALIZACE KOSTNÍ TKÁNĚ



MINERALIZACE KOSTNÍ TKÁNĚ



MINERALIZACE KOSTNÍ TKÁNĚ



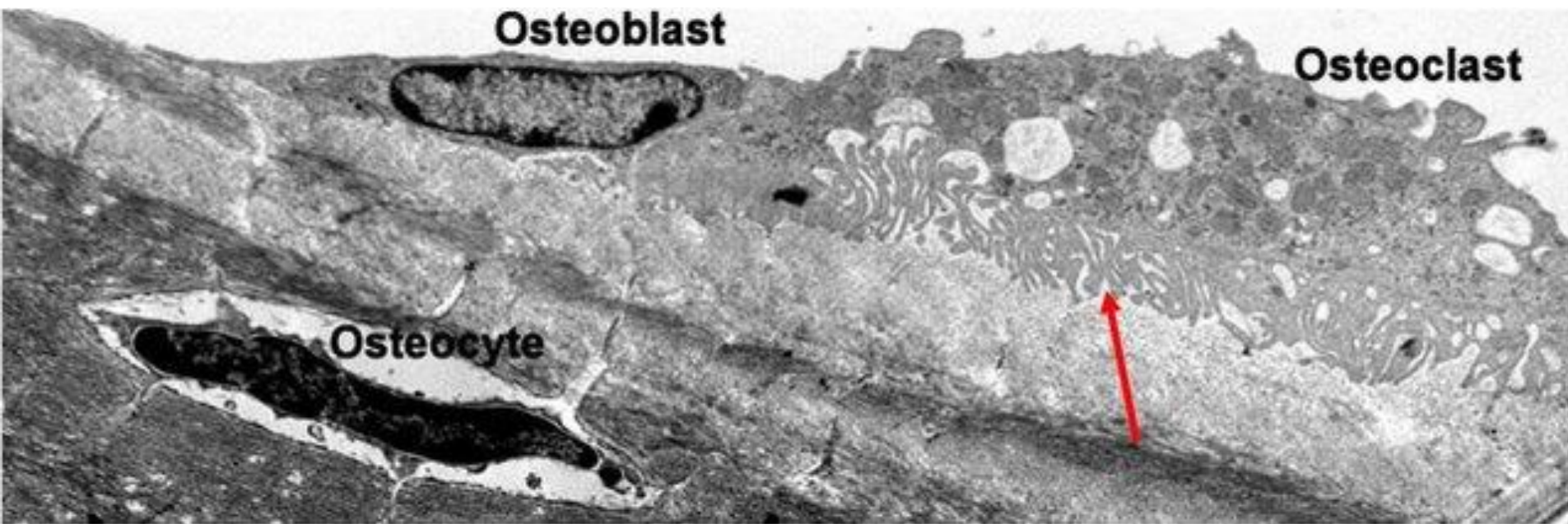
Produkce a odbourávání ECM

- kolagen (I)
- nekolagenní proteiny
- proteoglykany/glykoproteiny,
- **mineralizovaná matrix**

Architektura kostní tkáně a morfologie kostí

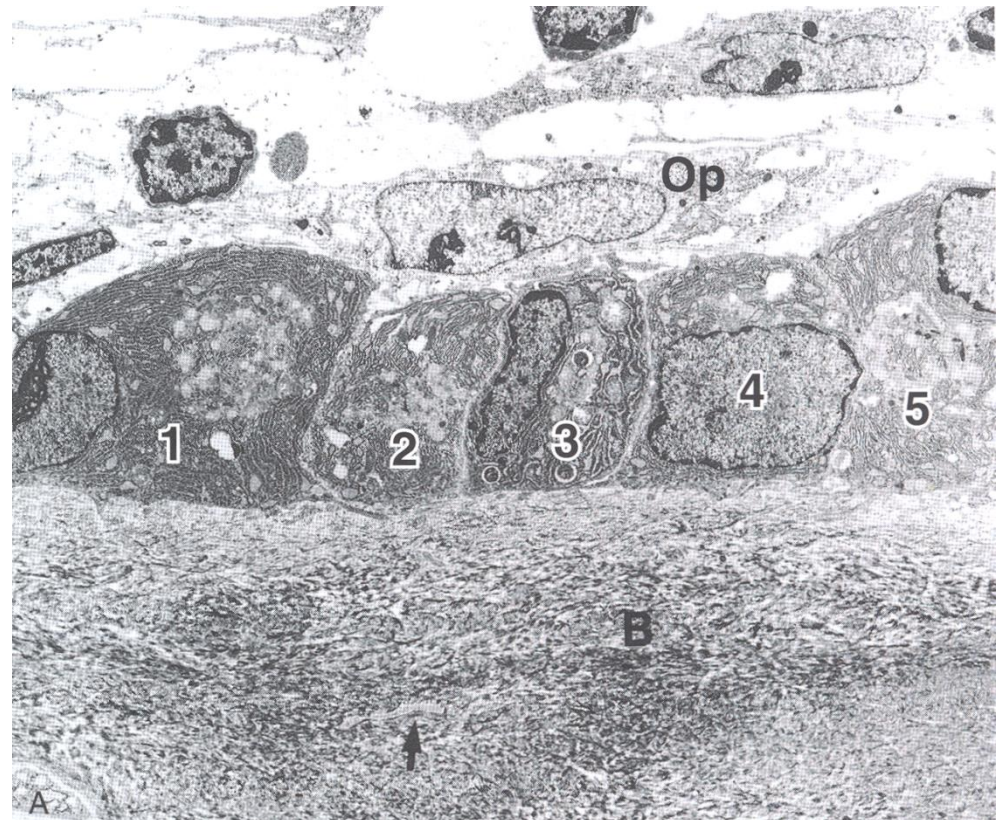
Metabolismus fosfátů a vápníků

Stavba a funkce kostní dřeně

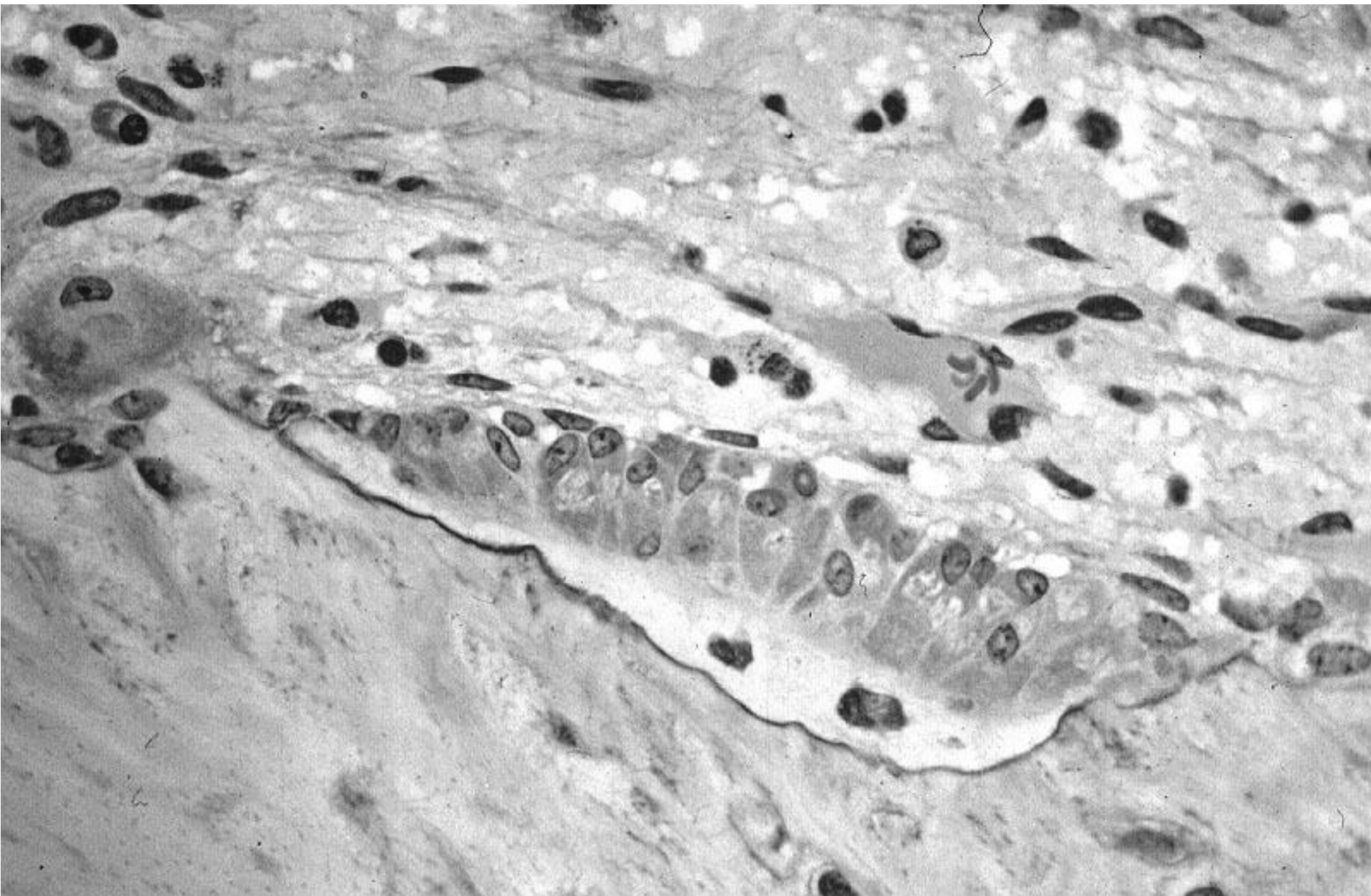


KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOPROGENITORY

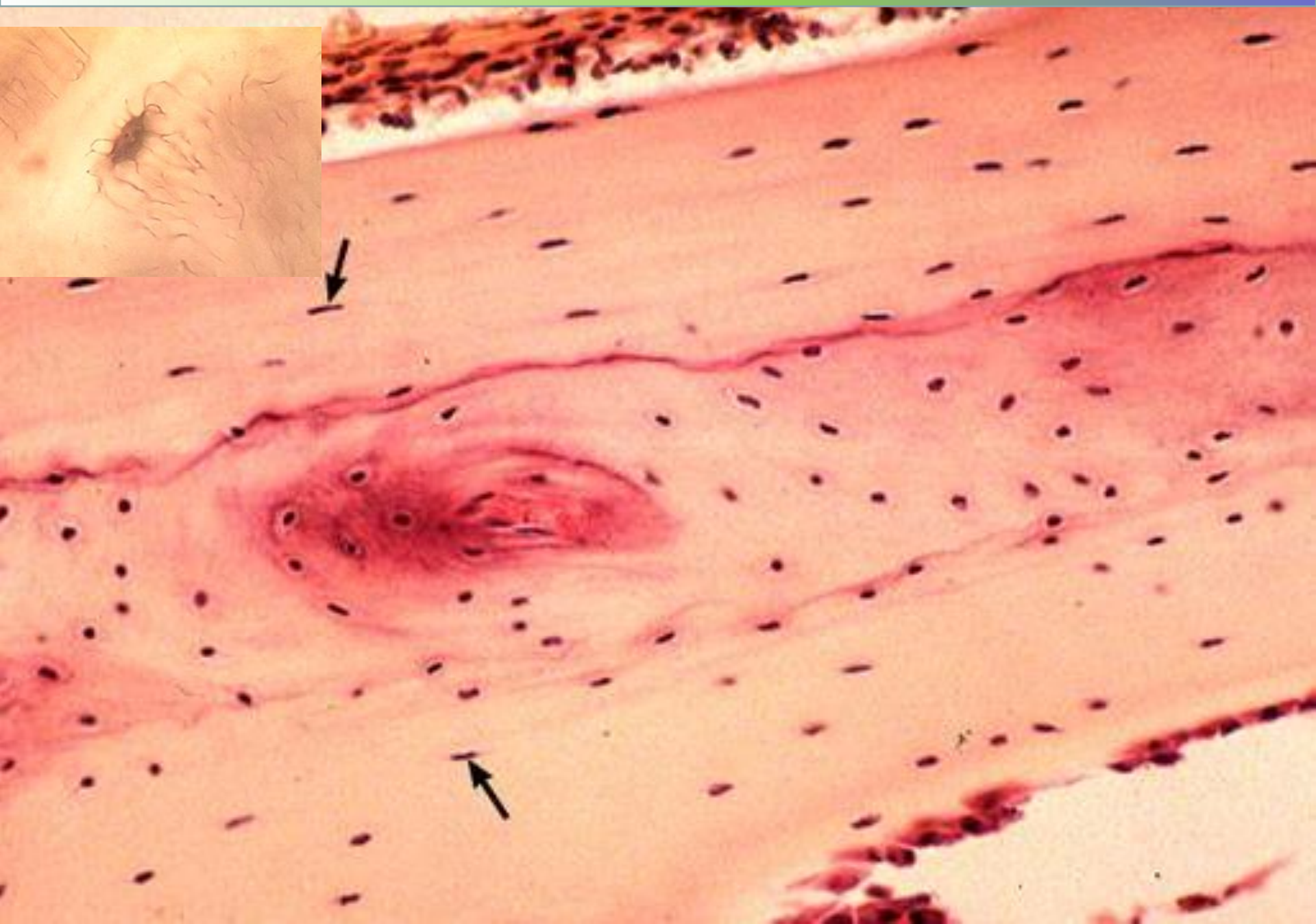
- vnitřní buněčná vrstva periostu, Havesových kanálků a endost
- **odvozeny z embryonálního mesenchymu**
- mitotické dělení a diferenciace do osteoblastů
- **za určitých zvláštních podmínek mohou diferencovat do chondroblastů**



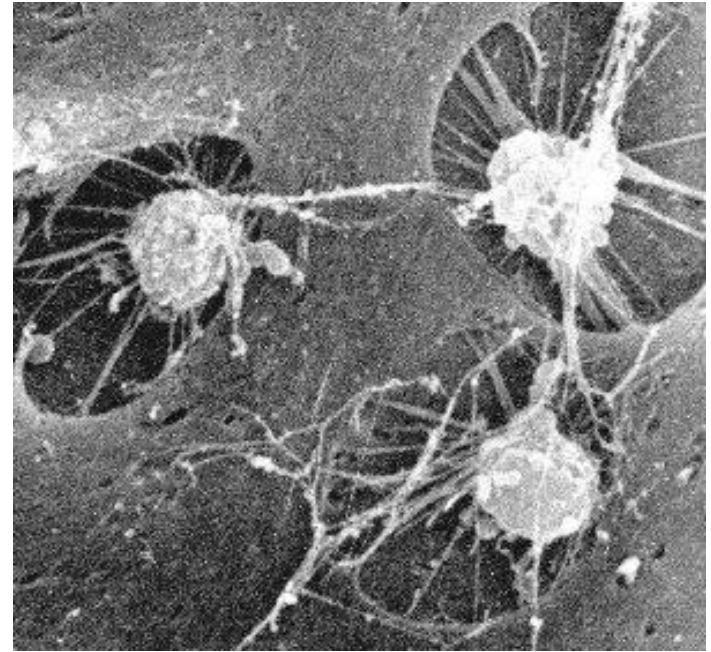
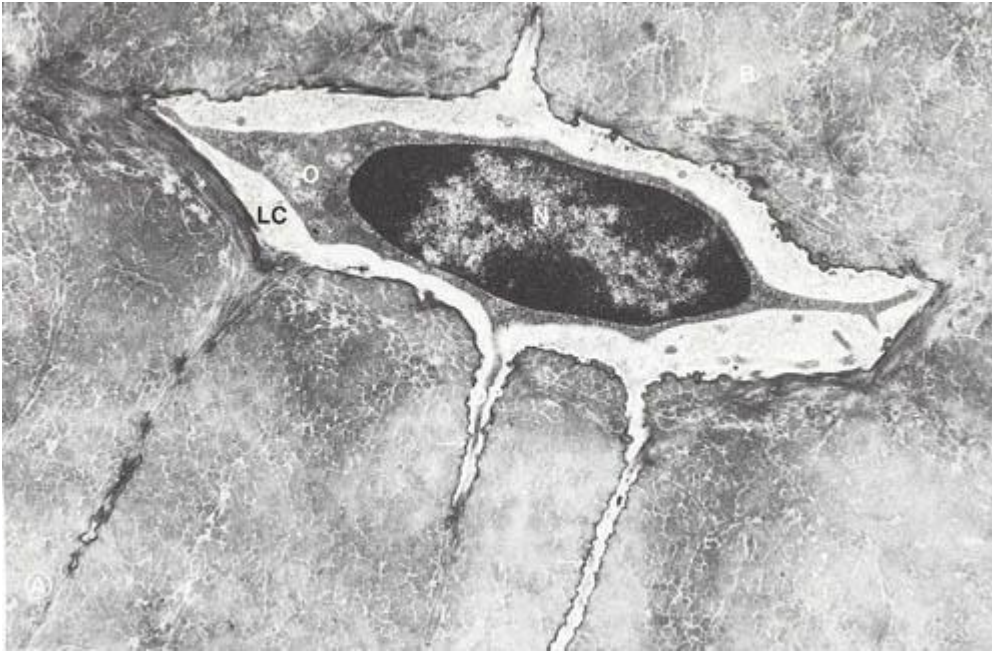
KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOBLASTY



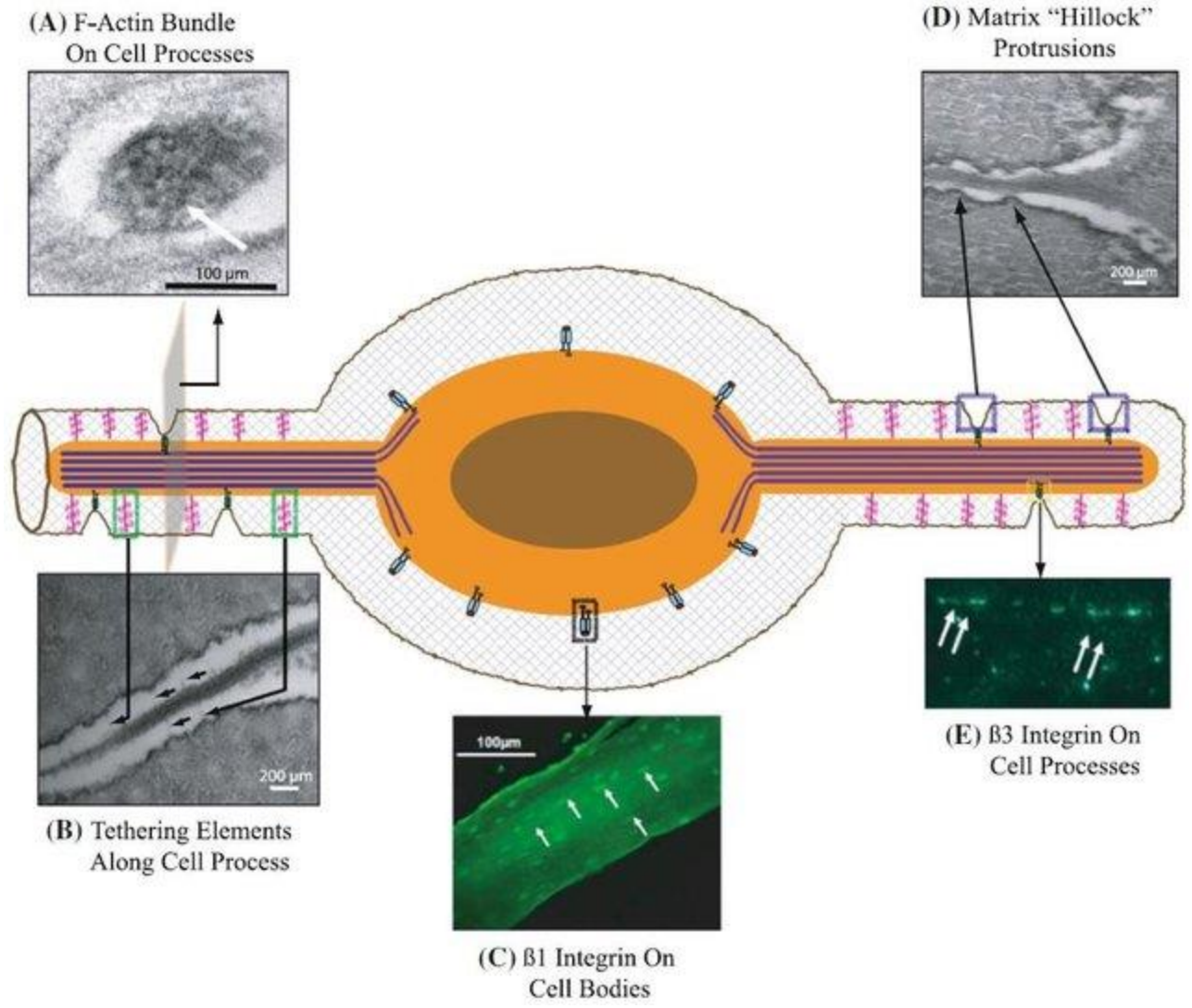
KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOCYTY



KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOCYTY

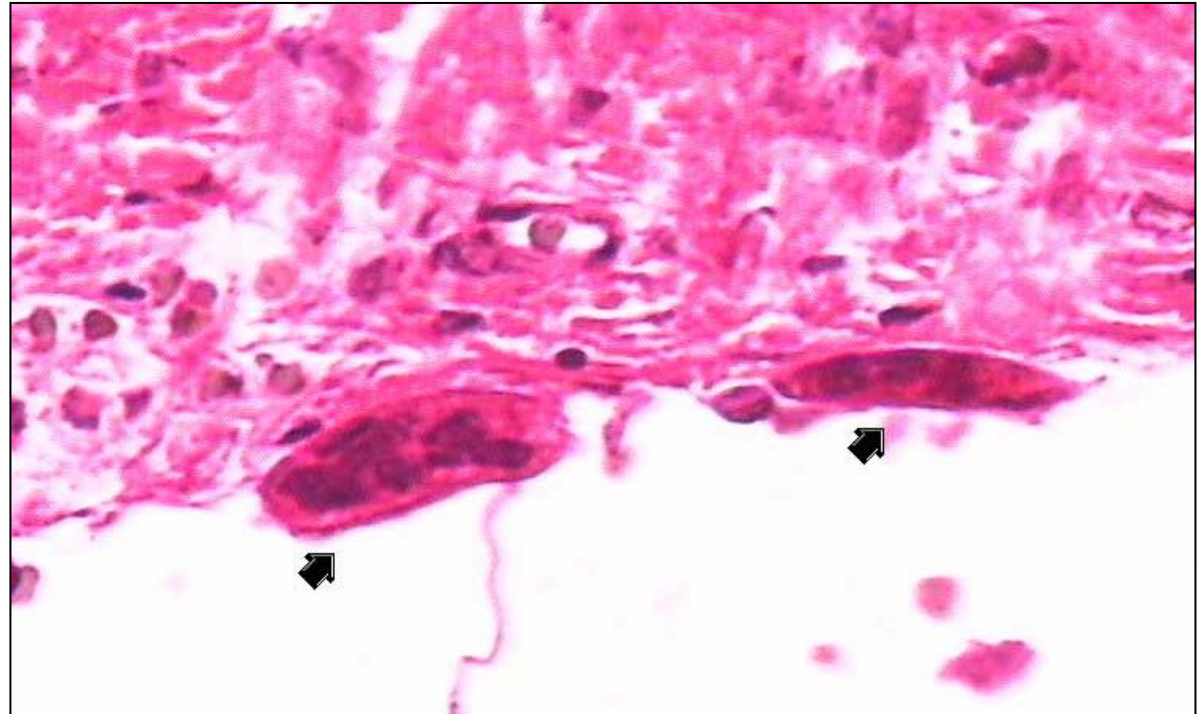
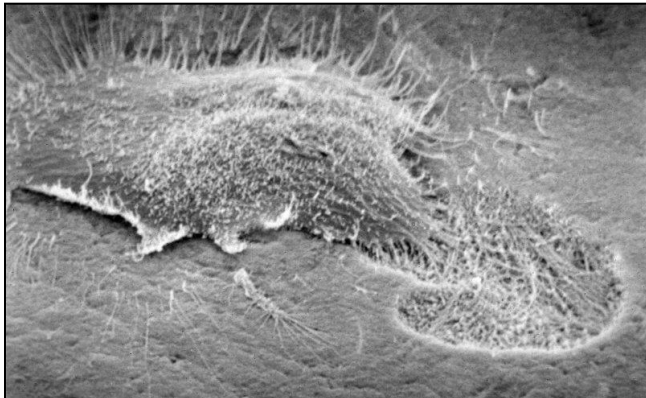
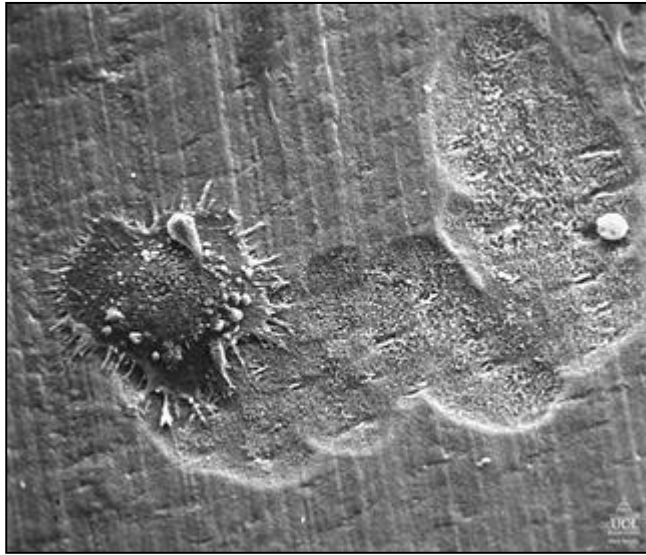


KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOCYTY



KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOKLASTY

- Vysoce specializované buňky hematopoetického původu
- Vždy na povrchu kostní hmoty
- Resorpce kostní matrix



KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOKLASTY

- Obrovské, enzymaticky aktivní buňky



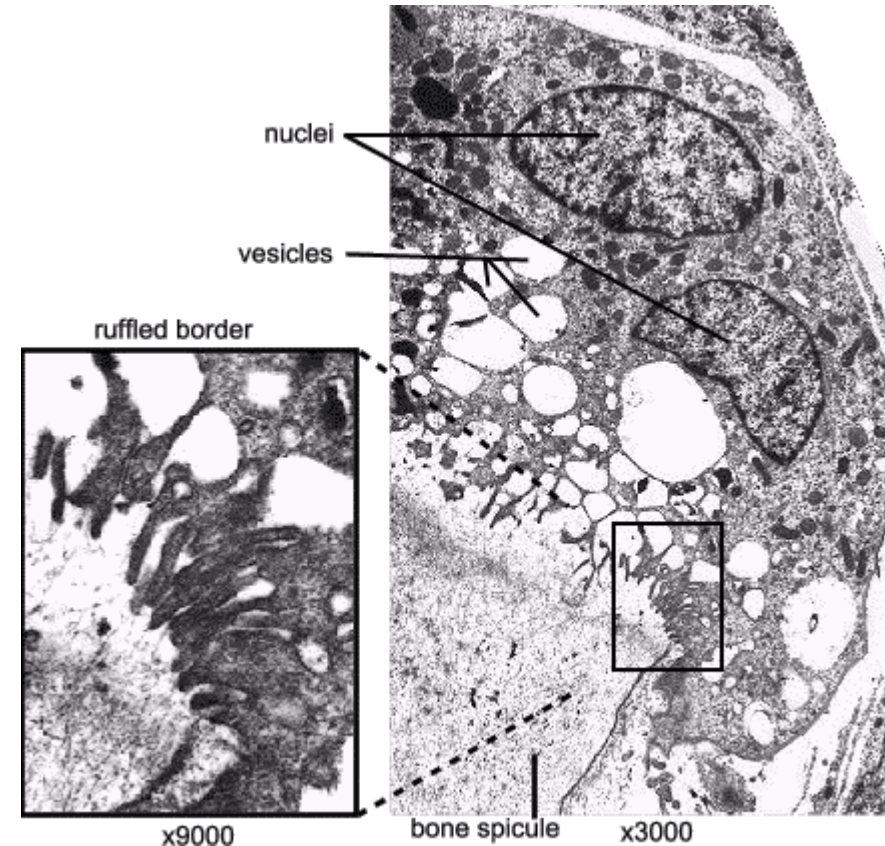
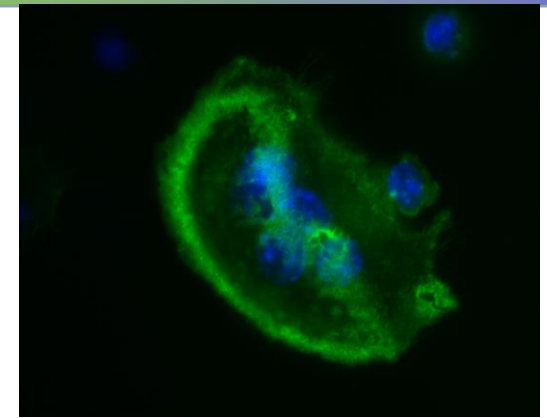
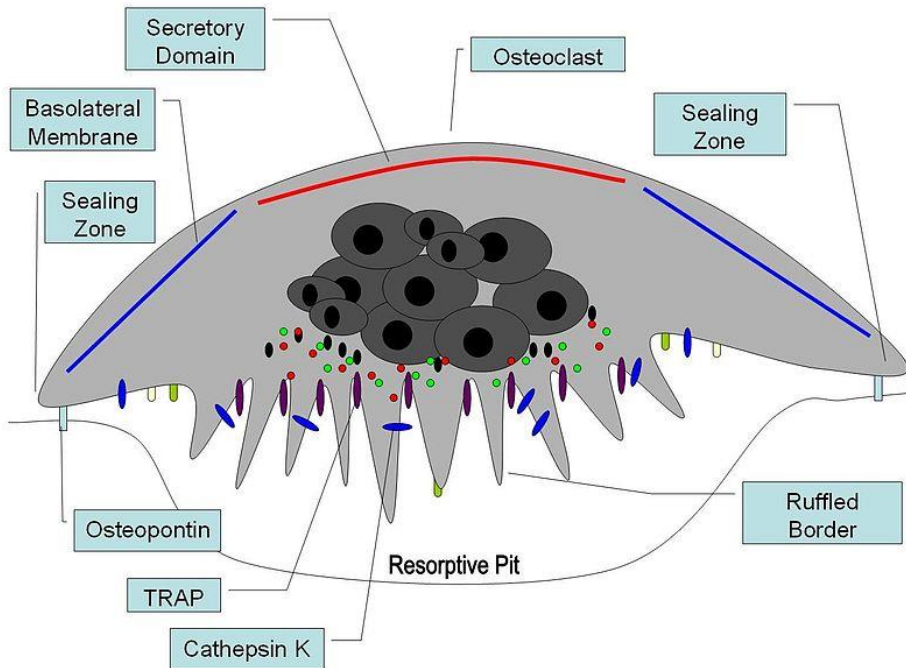
Primární prekuzory/buffy coat, CF1, wt



RAW264.7

KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOKLASTY

- Složitá cytoarchitektura
- Enzymy rozkládající organickou matrix (osteoid)
- $H^+Cl^- \rightarrow pH \sim 4-5$

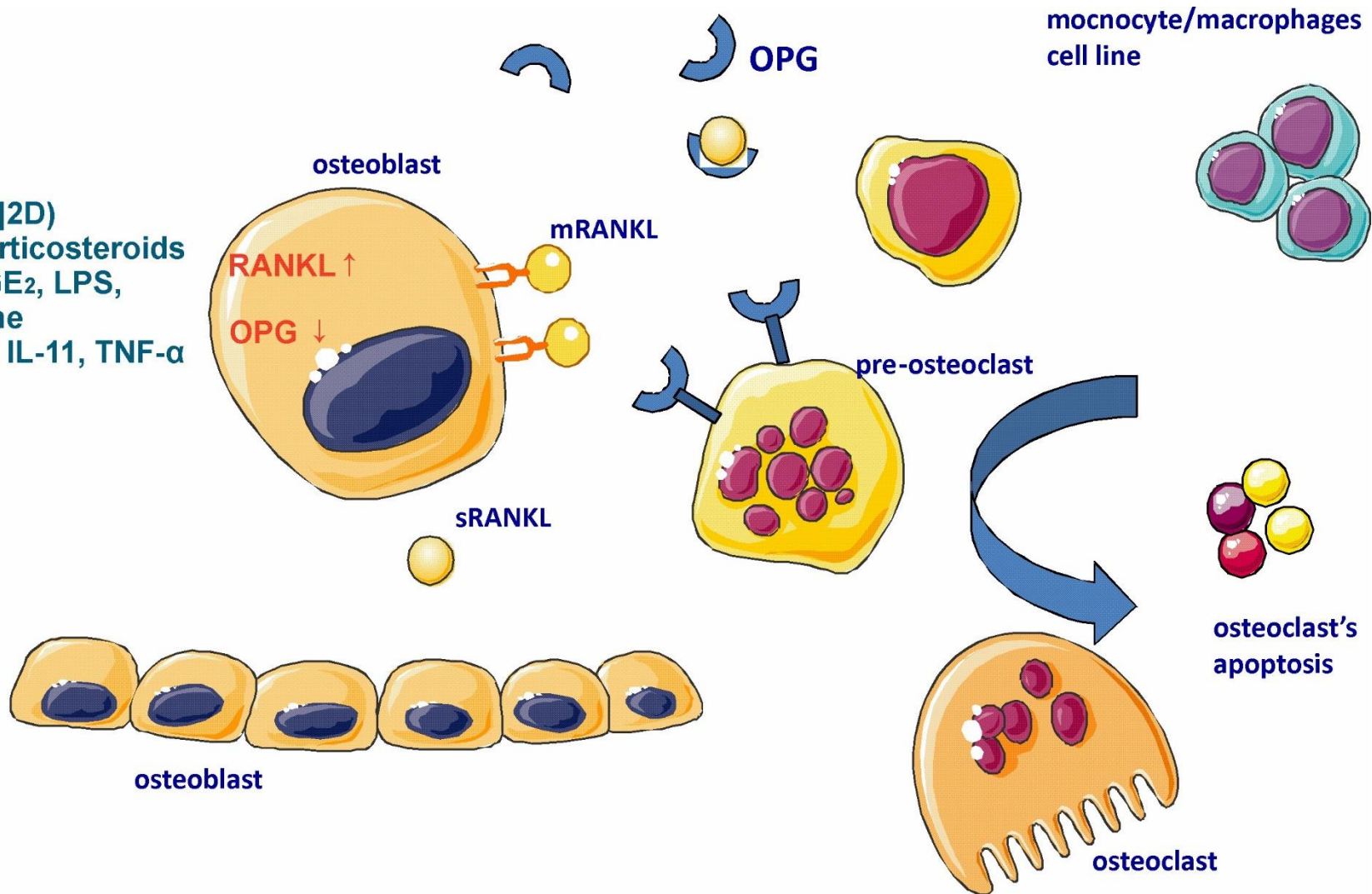


KOSTNÍ BUŇKY – OSTEOKLASTY



OSTEOKLASTY VZNIKAJÍ Z MAKROFÁGŮ

1,25[OH]₂D)
glucocorticosteroids
PTH, PGE₂, LPS,
histamine
IL-1 and IL-11, TNF-α



OSIFIKACE PRIMÁRNÍ KOSTI

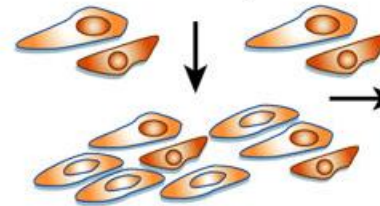
Desmogenní

- Uvnitř membránových kondenzací mesenchymu
- Zejména ploché kosti

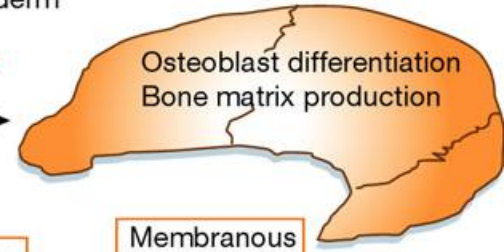
Chondrogenní

- Náhrada hyalinní chrupavky kostí

Cells from cranial neural crest,
somites and lateral plate mesoderm

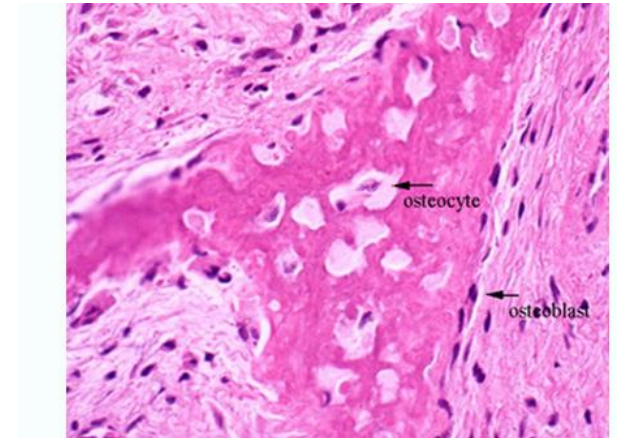
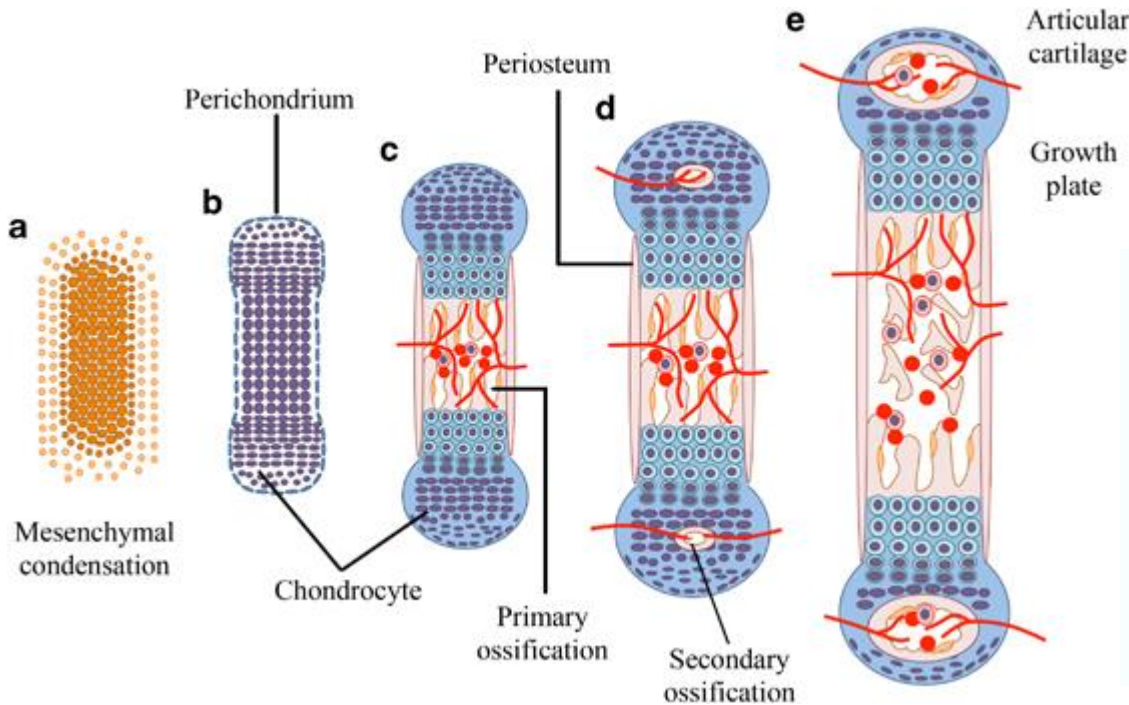


Mesenchymal cell condensation

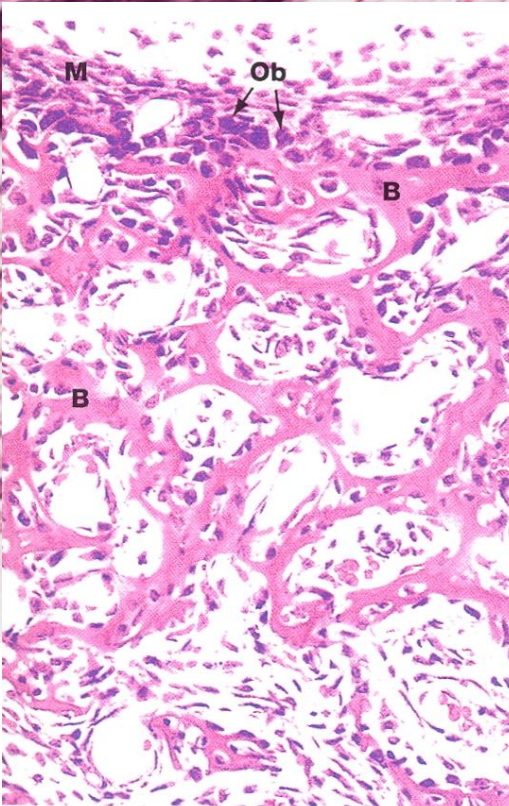
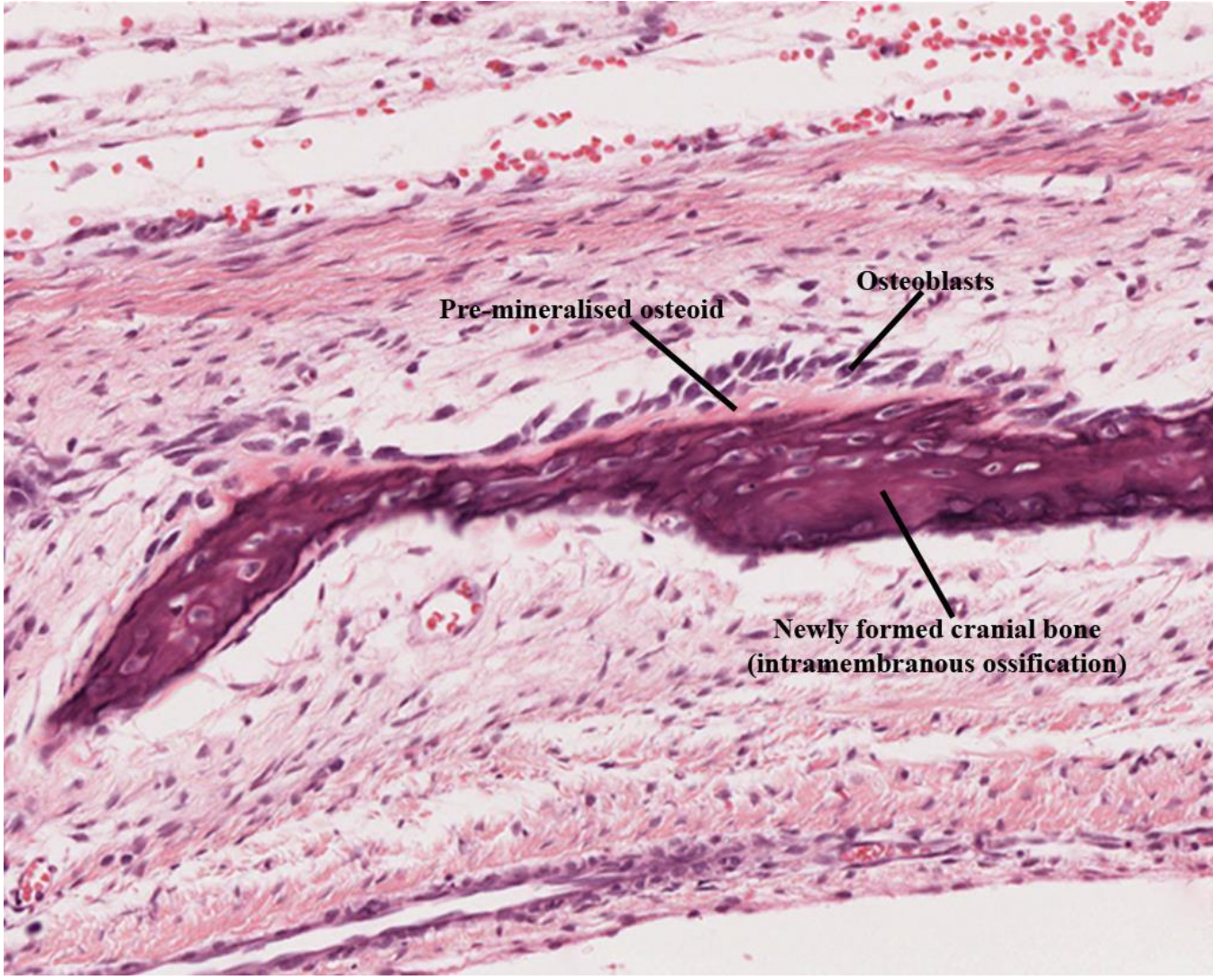


Membranous ossification

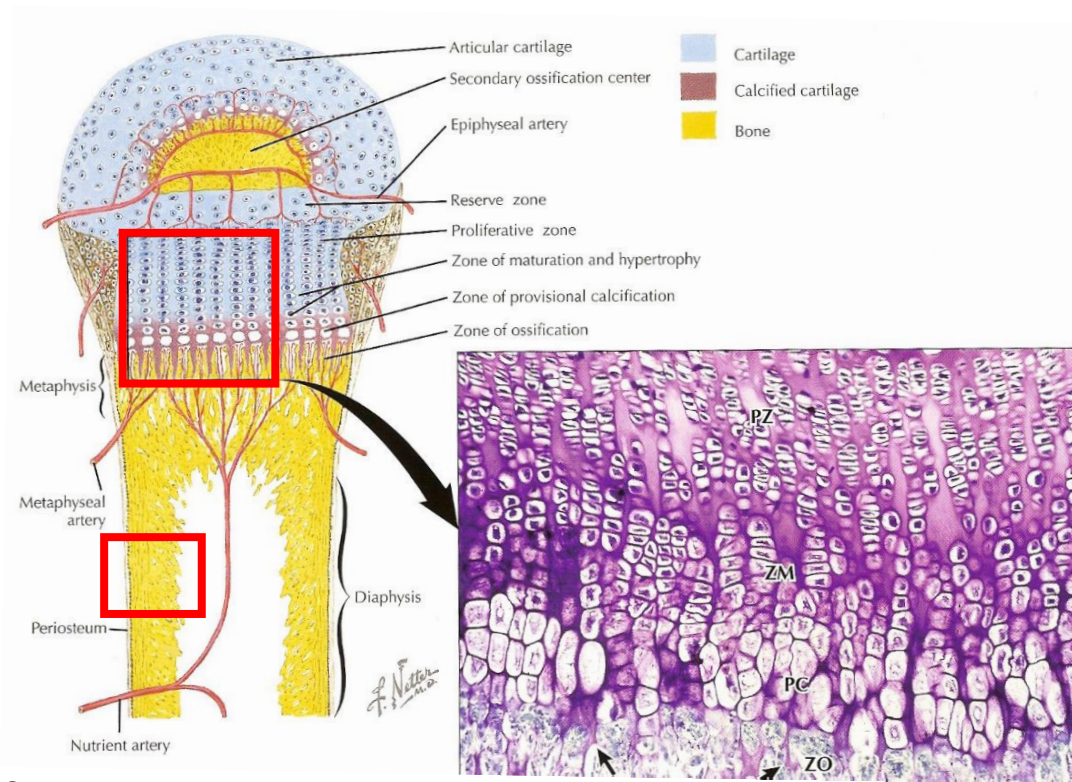
Osteoblast differentiation
Bone matrix production



DESMOGENNÍ OSIFIKACE



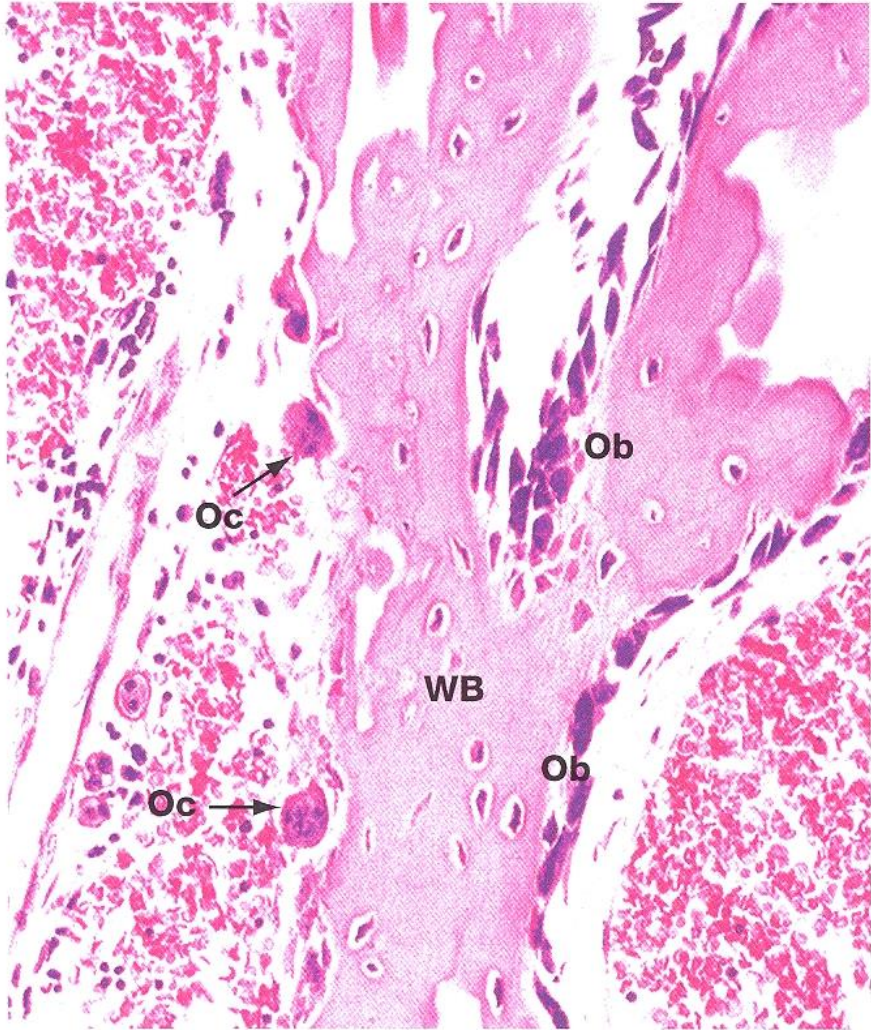
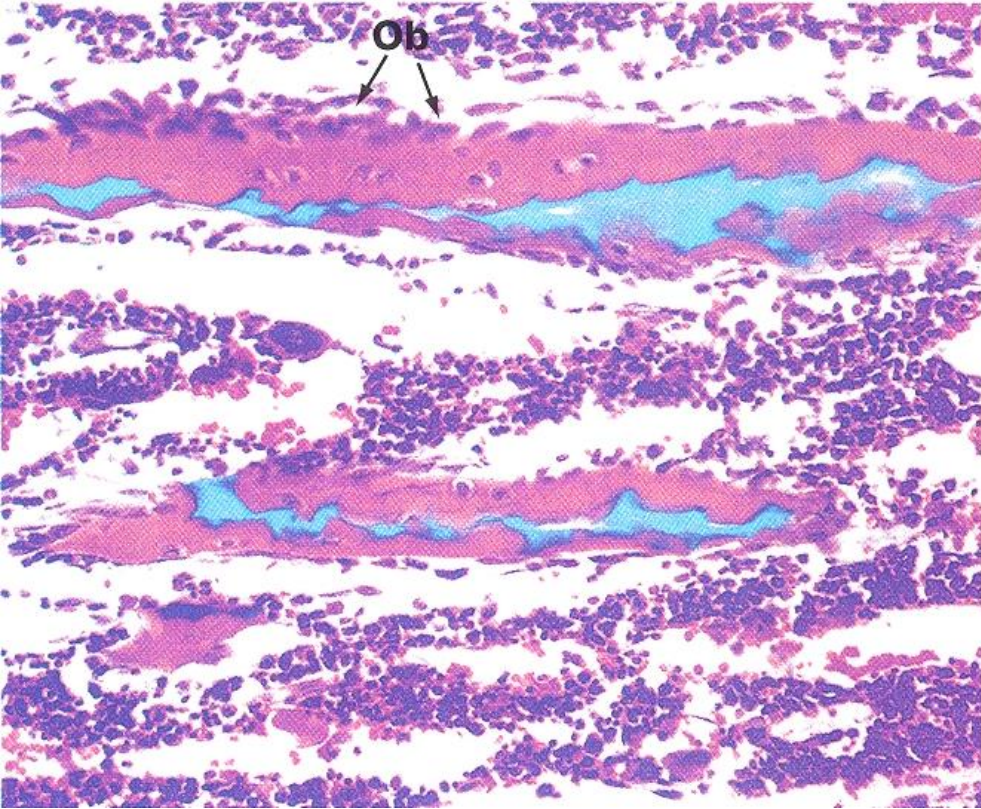
CHONDROGENNÍ OSIFIKACE



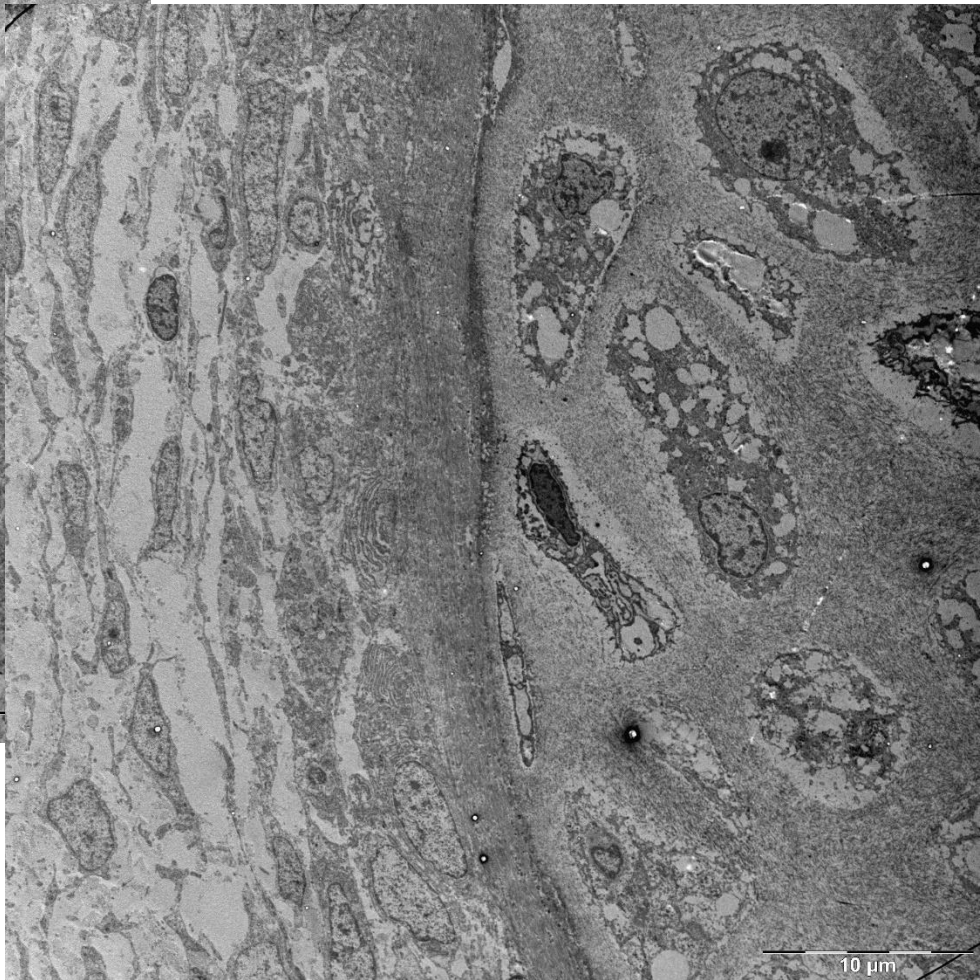
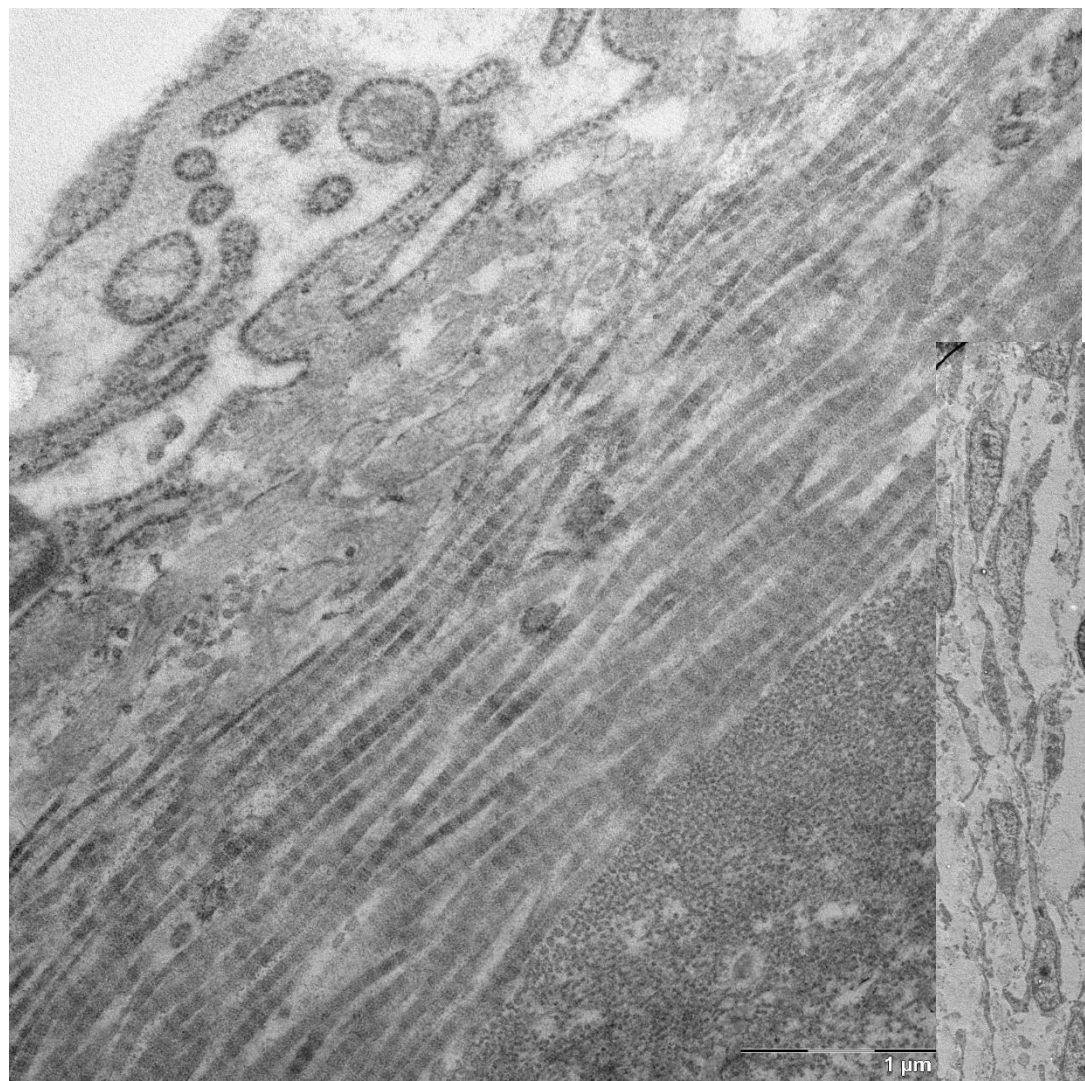
- Chrupavčitý model
- Periostální kostní límec
- Proliferace a hypertrofie chondroblastů
- Kalcifikace
- Vznik primární dřeňové dutiny
- Tvorba periostálního pupenu
- Osifikace

1. Rezervní zóna
2. Zóna proliferace
3. Zóna hypertrofické chrupavky
4. Zóna kalcifikace
5. Linie eroze
6. Zóna osifikace

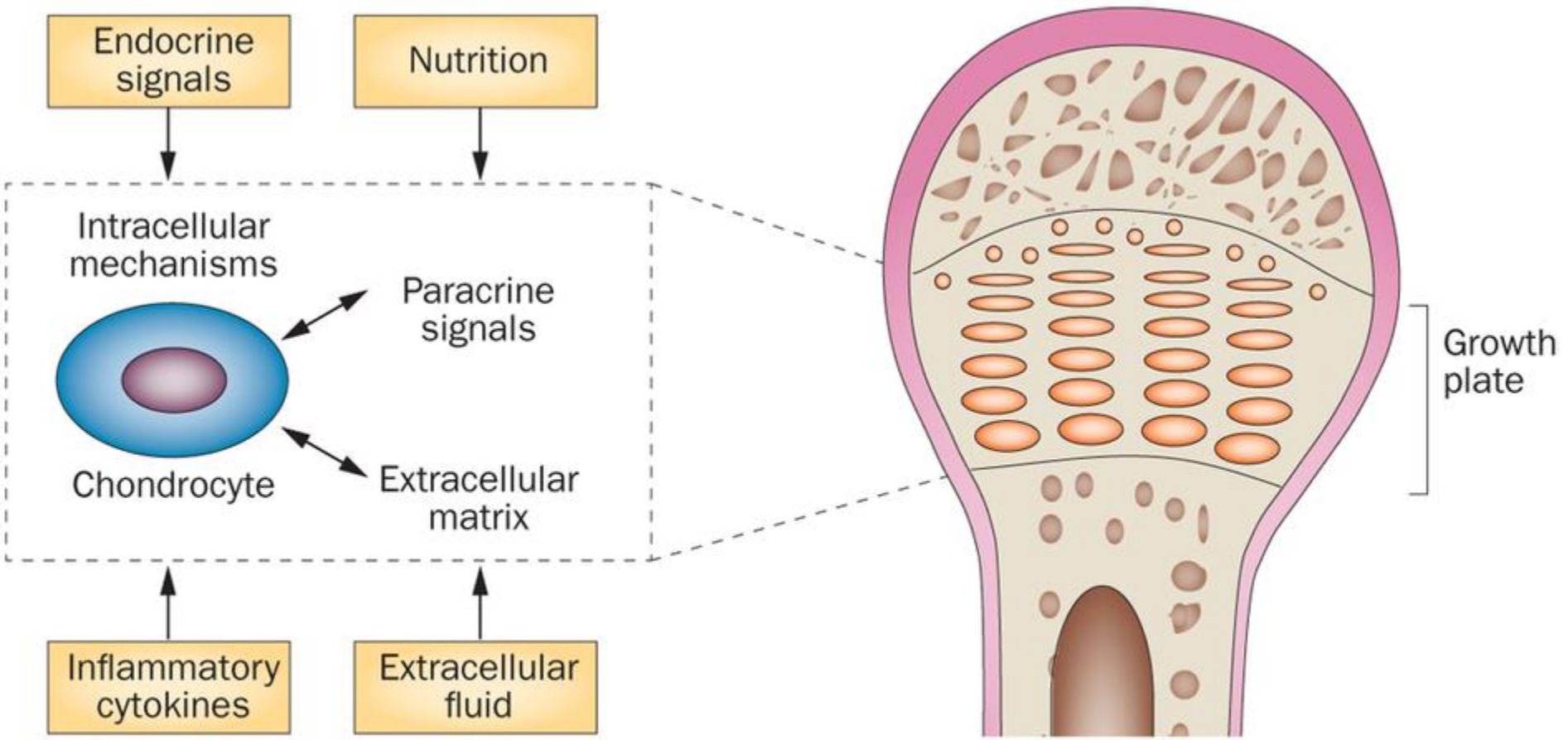
CHONDROGENNÍ OSIFIKACE



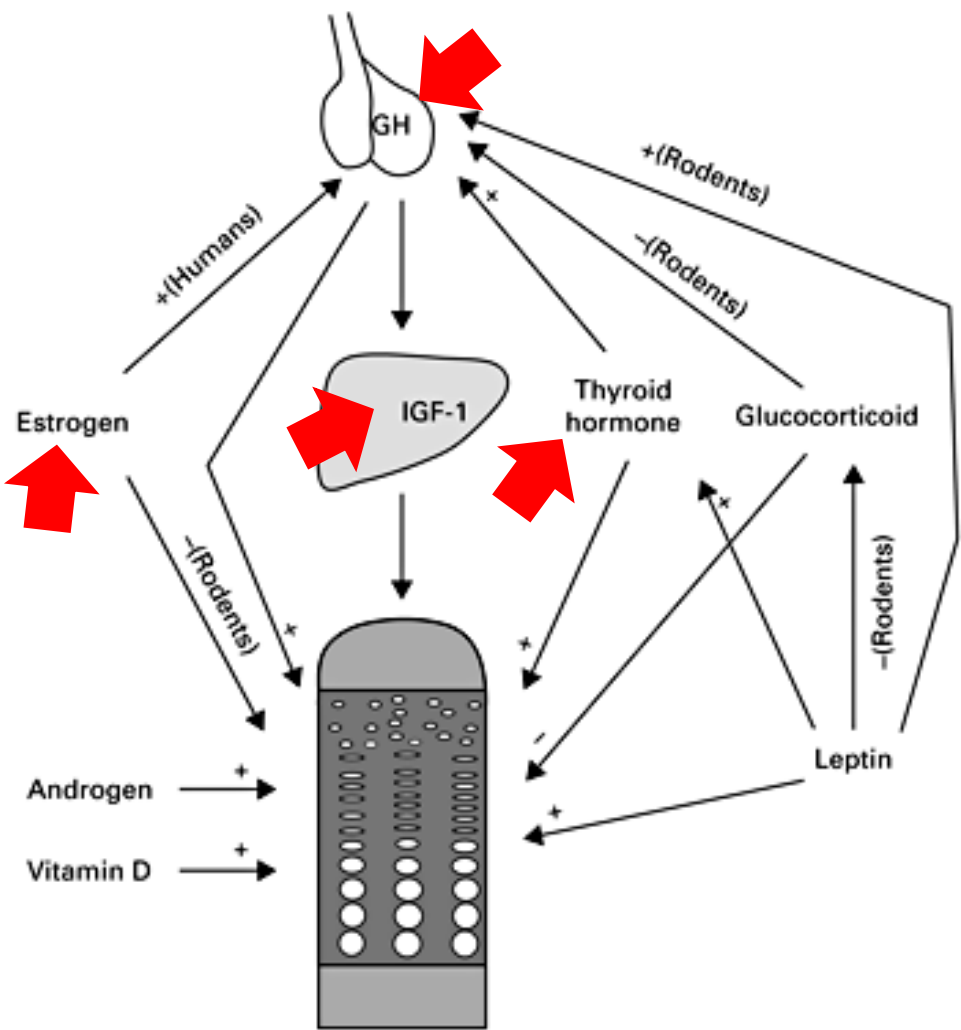
CHONDROGENNÍ OSIFIKACE – PERIOSTÁLNÍ MANŽETA



Růstový hormon

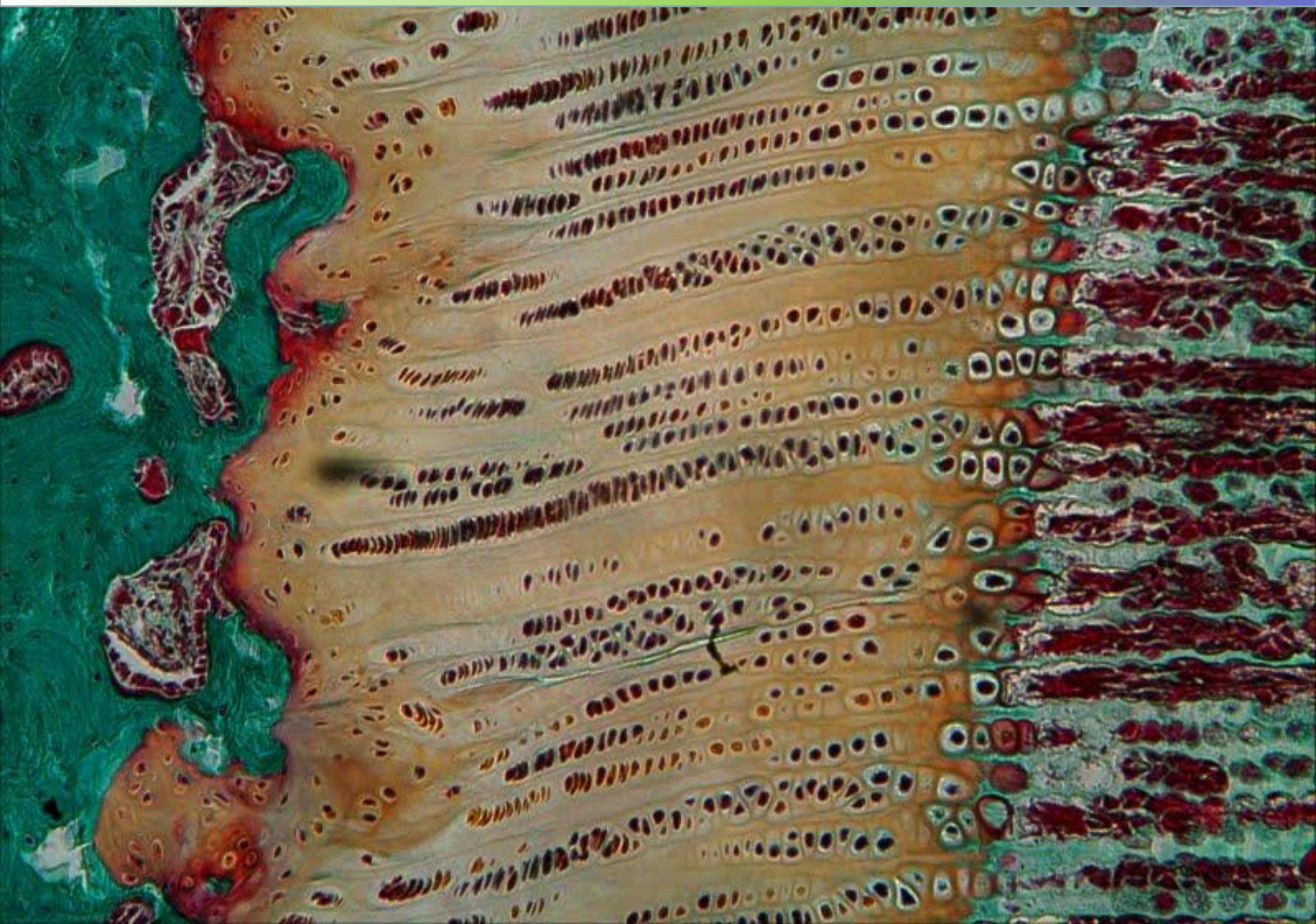


CHONDROGENNÍ OSIFIKACE – RŮSTOVÁ PLOTÉNKA

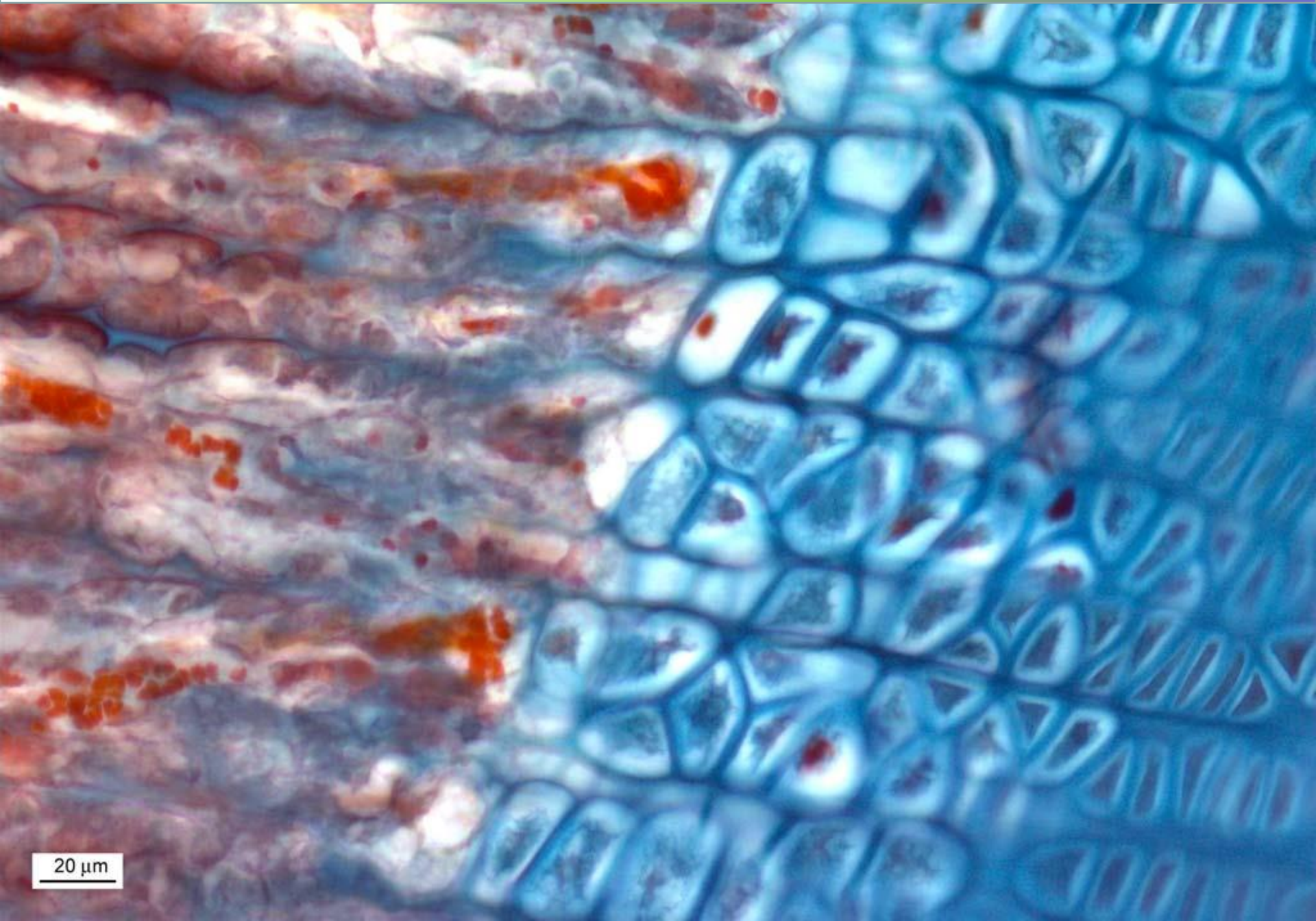


- Local effects on the growth plate
- GH**
 - Proliferation of resting zone chondrocytes
 - Stimulates local IGF-1 expression
- IGF-1**
 - Increases proliferation of resting and proliferative chondrocytes
 - Increases hypertrophic cell size
- Glucocorticoid
 - Inhibits chondrocyte proliferation
 - Delays growth plate senescence
 - Induces chondrocyte apoptosis
- Thyroid hormone**
 - Permissive for proliferation and differentiation
- Estrogen**
 - Inhibits proliferation in the proliferative zone
 - Accelerates growth plate senescence
- Androgen
 - Stimulates proliferation, matrix production
 - Increases IGF-1 expression
- Vitamin D
 - Permissive for normal differentiation and apoptosis of hypertrophic chondrocytes
- Leptin
 - Stimulates proliferation and differentiation

CHONDROGENNÍ OSIFIKACE – RŮSTOVÁ PLOTÉNKA

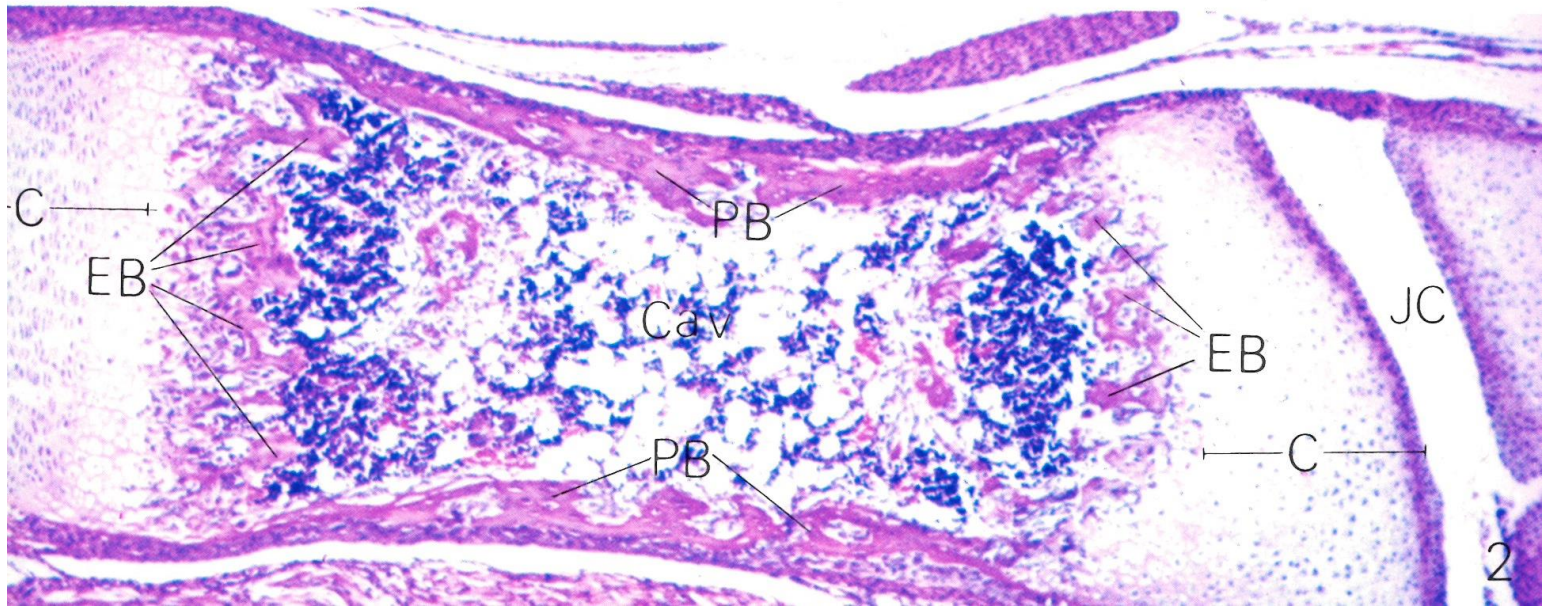
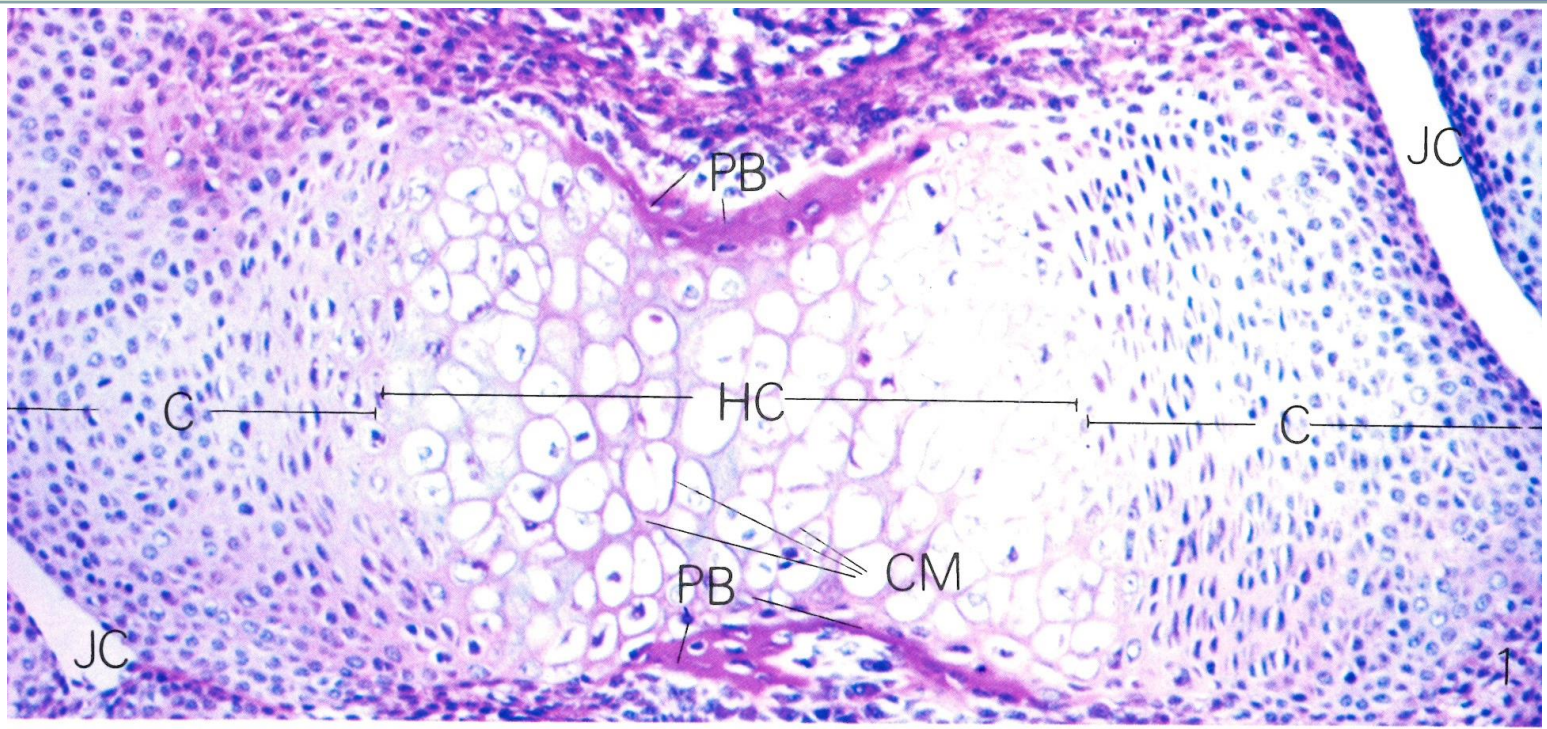


CHONDROGENNÍ OSIFIKACE – RŮSTOVÁ PLOTÉNKA

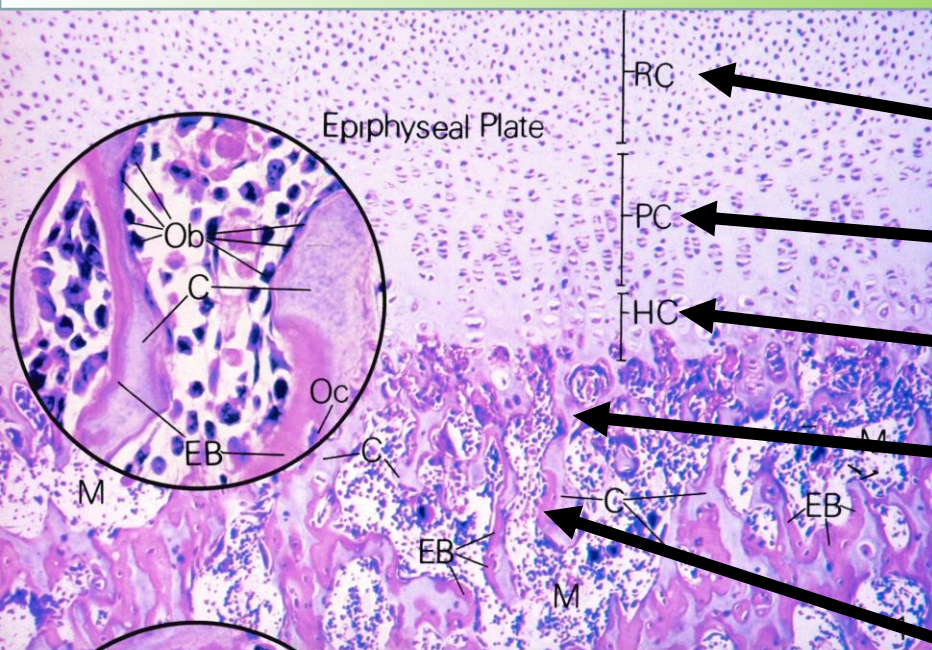


20 μm

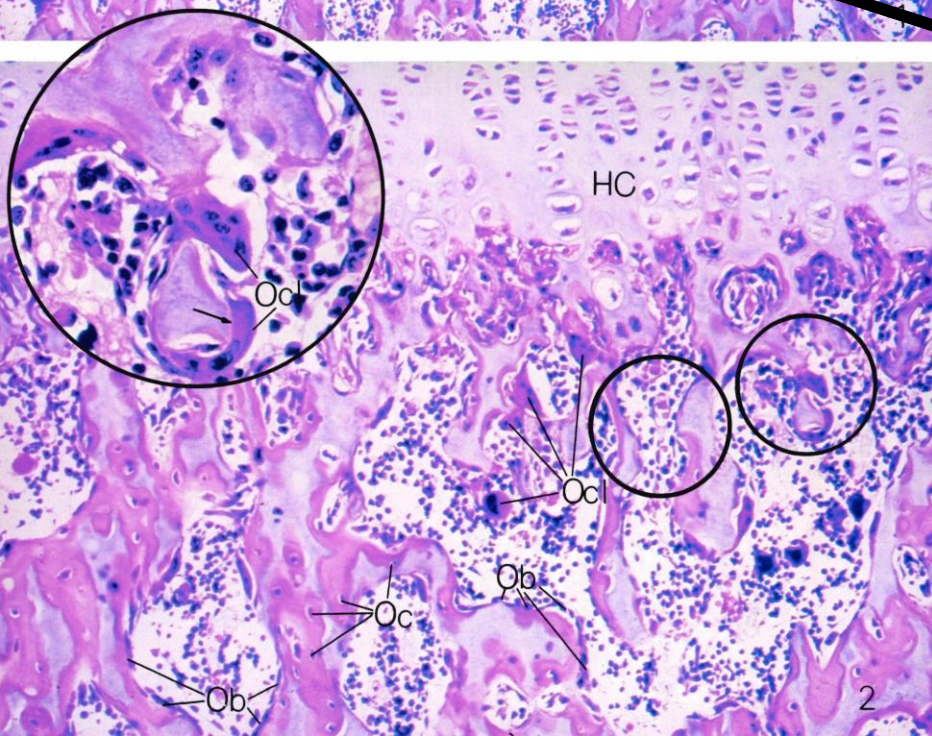
CHONDROGENNÍ OSIFIKACE – RŮSTOVÁ PLOTÉNKA



CHONDROGENNÍ OSIFIKACE – RŮSTOVÁ PLOTÉNKA



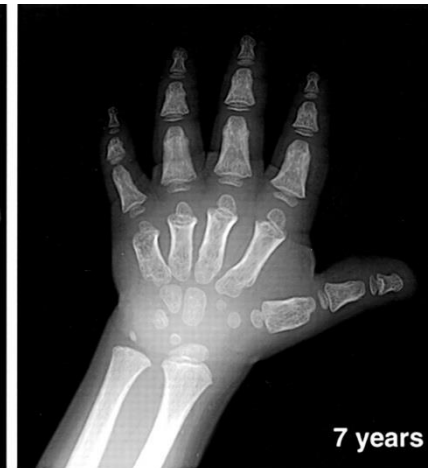
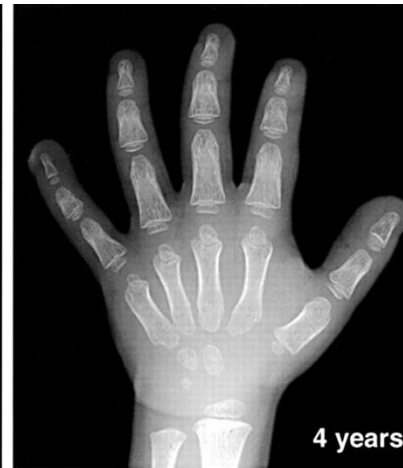
1. Rezervní zóna
2. Zóna proliferace
3. Zóna hypertrofické chrupavky
4. Zóna kalcifikace (světle fialová)
5. Linie eroze
6. Zóna osifikace (tmavě fialová)



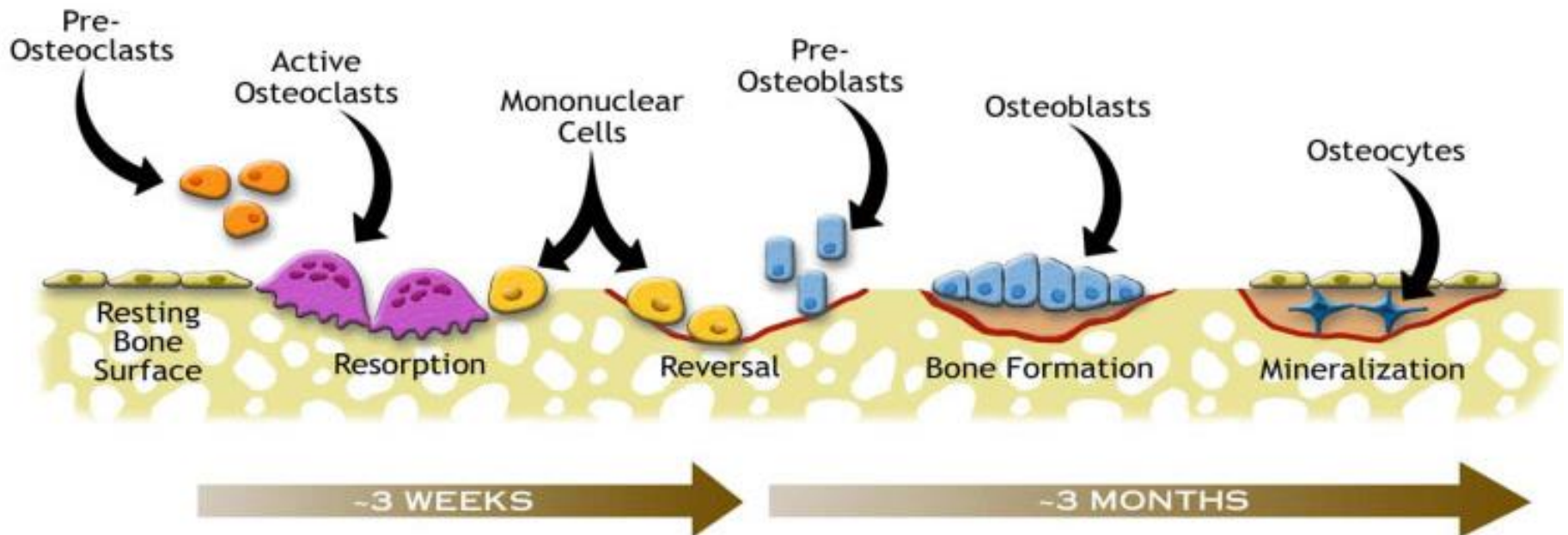
Osifikace v růstové ploténce je trojrozměrný fenomén

KOSTNÍ VĚK

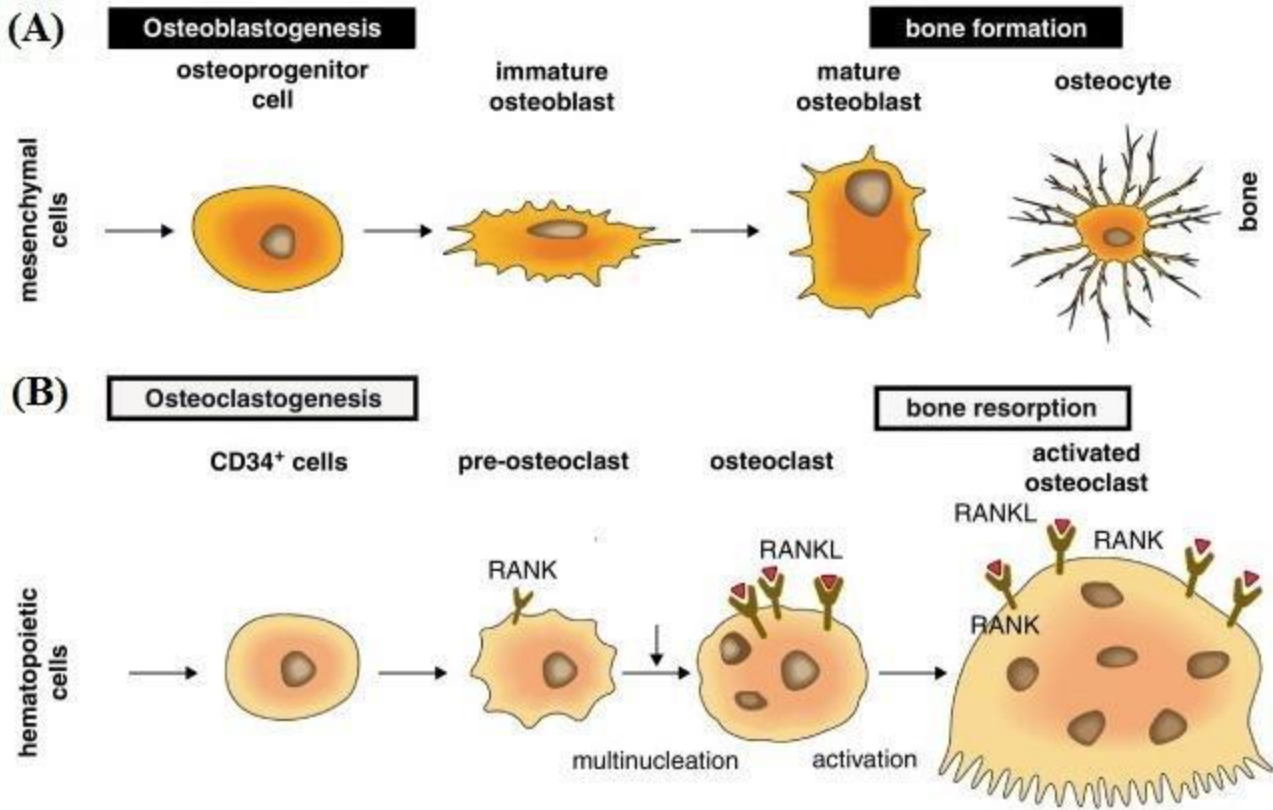
- vztah mezi biologickým věkem jedince a stupněm osifikace jeho kostí
- osifikační jádra, rozsah osifikace, šířka epifyzárních štěrbin
- pediatrie (endokrinologie, výživa, metabolické poruchy)
- sportovní lékařství
- forenzní lékařství

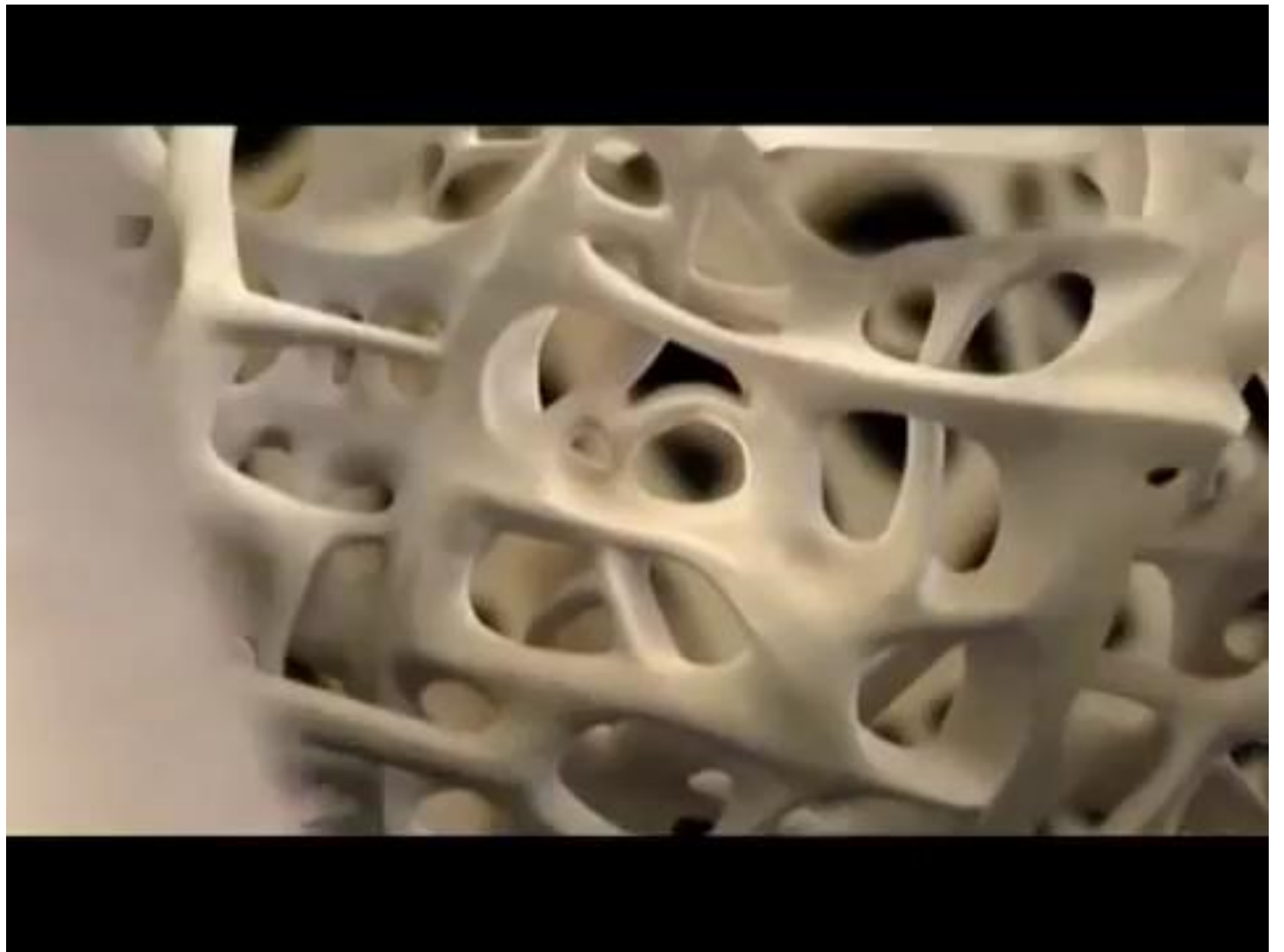


Remodelace primární nebo stávající sekundární kosti

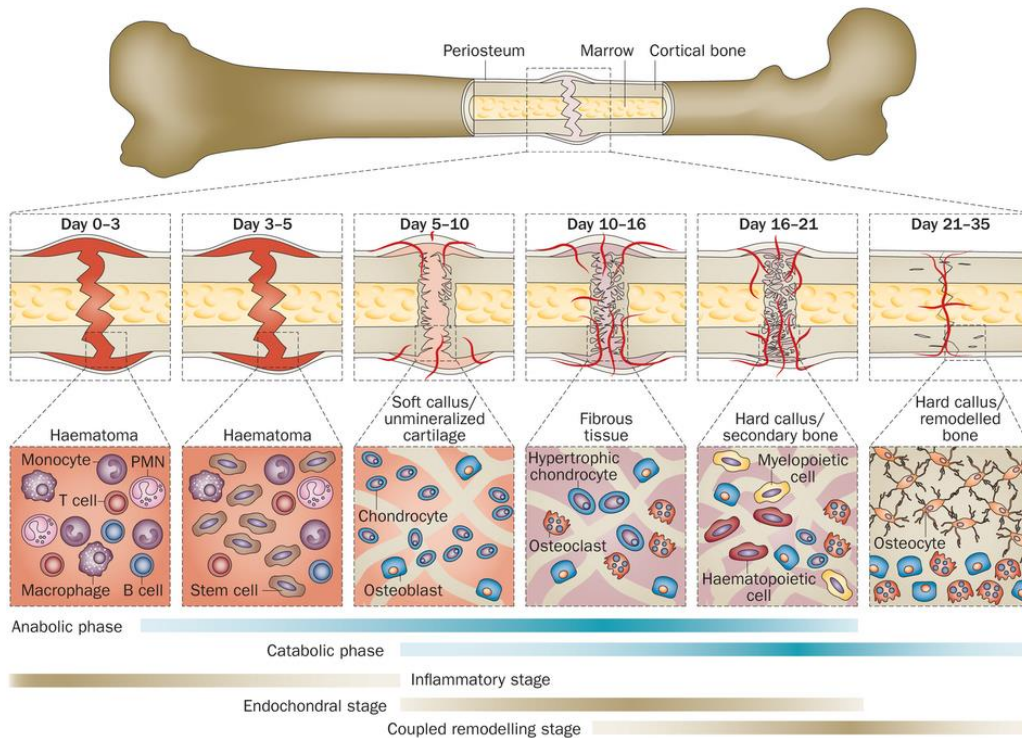


OSIFIKACE SEKUNDÁRNÍ KOSTI – REMODELACE





HOJENÍ ZLOMENIN



Reaktivní fáze

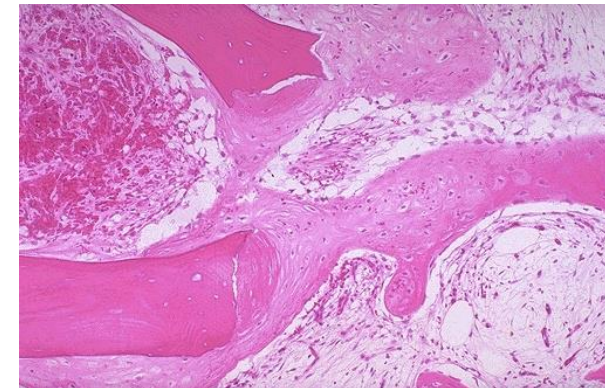
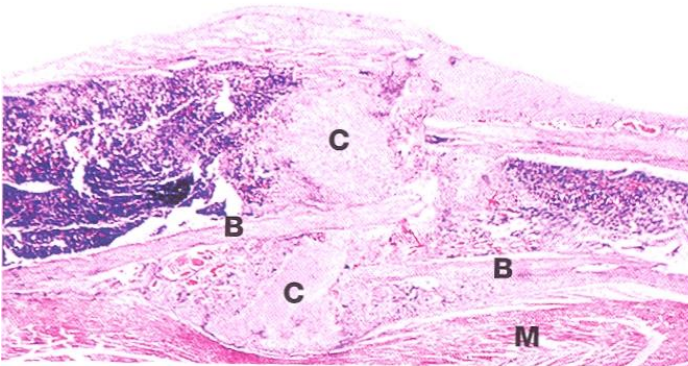
- Hematom, zánětlivá reakce
- Granulační tkáň

Reparační fáze

- Vazivový/chrupavčitý svalek
- Depozice primární kosti

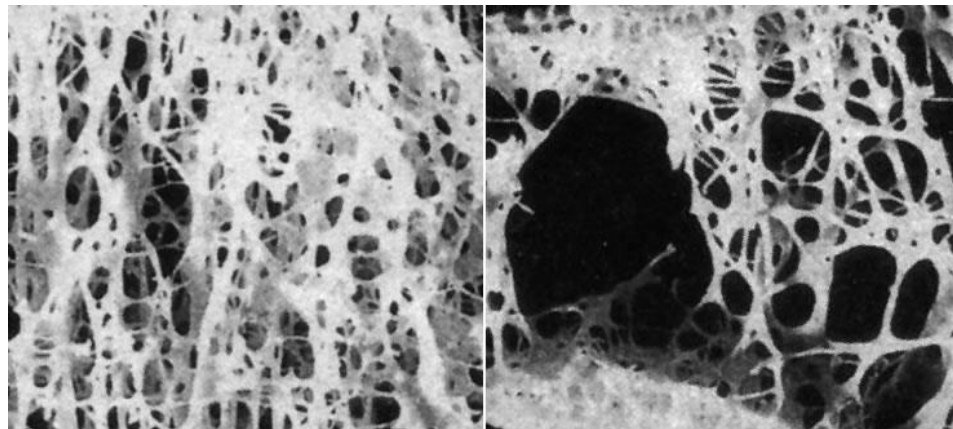
Remodelační fáze

- Remodelace kostní tkáně



NEROVNOVÁHA MEZI OSTEOSYNTÉZOU A OSTEORESORPCÍ

OSTEOPORÓZA



OSTEOPETRÓZA



REVMATOIDNÍ ARTHRITIDA



PAGETOVA CHOROBA

NORMAL BONE

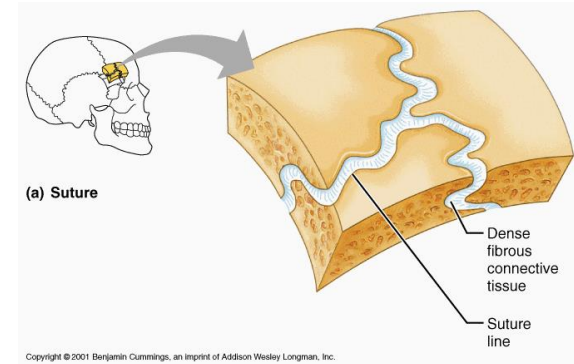
PAGET'S DISEASE



Synartrózy

Spojení vloženou tkání (chrupavka, kost nebo vazivo)

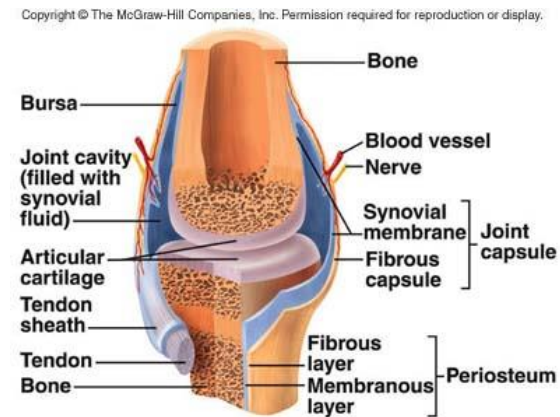
- **Synostózy** – spojení kostní tkání – os coxae, os sacrum
- **Synchondrózy** – spojení hyalinní chrupavkou – vývojové stádium osifikace synostóz
- **Symfýza** – spojení vazivovou chrupavkou – os pubis, meziobratlové ploténky
- **Syndesmózy** – husté kolagenní uspořádané vazivo – sutury lebky, spojení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



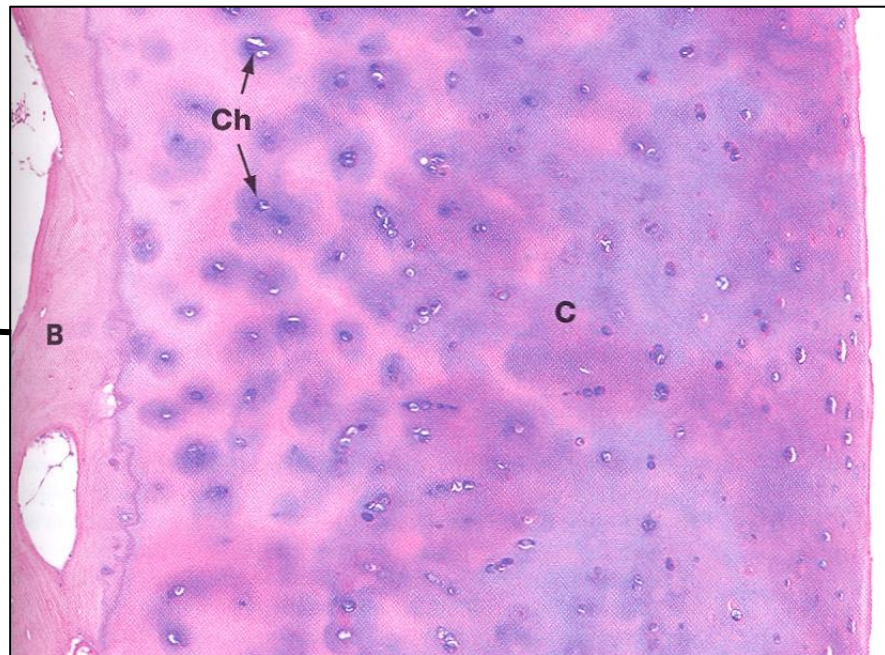
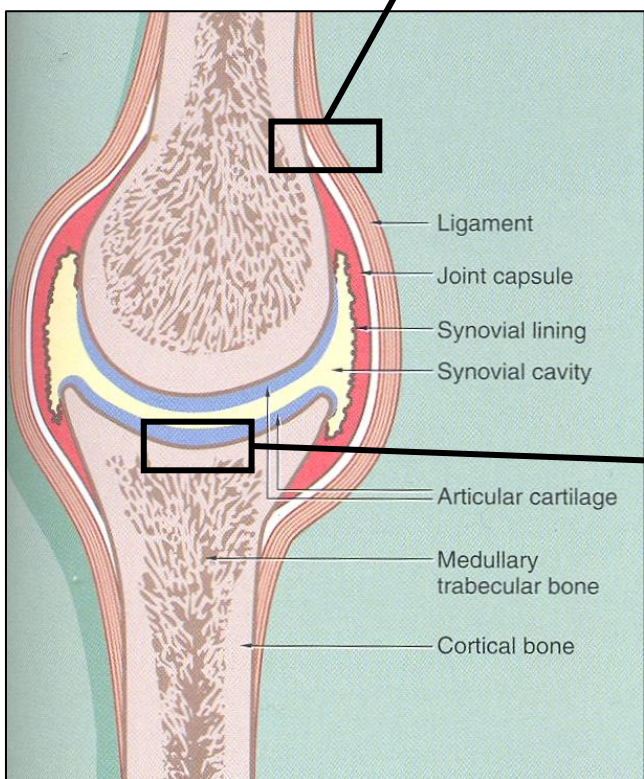
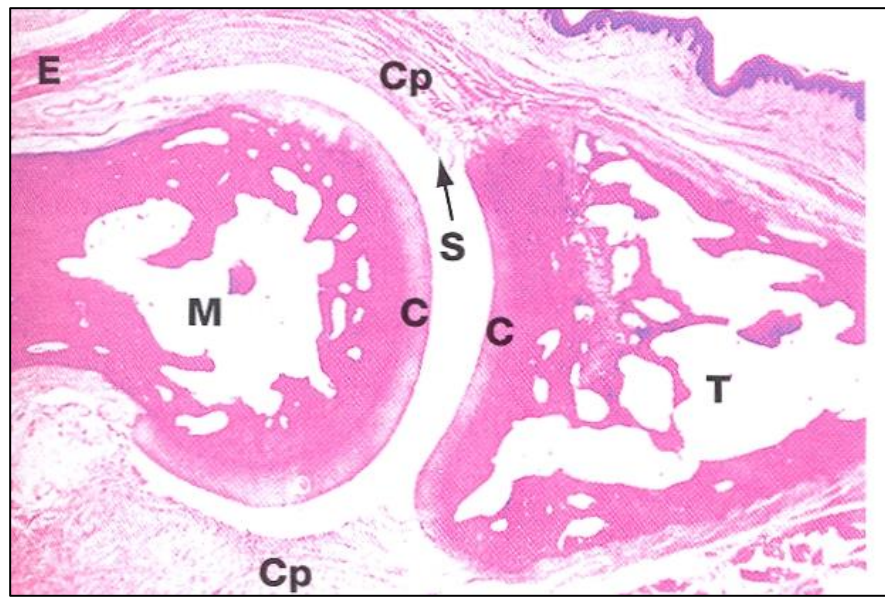
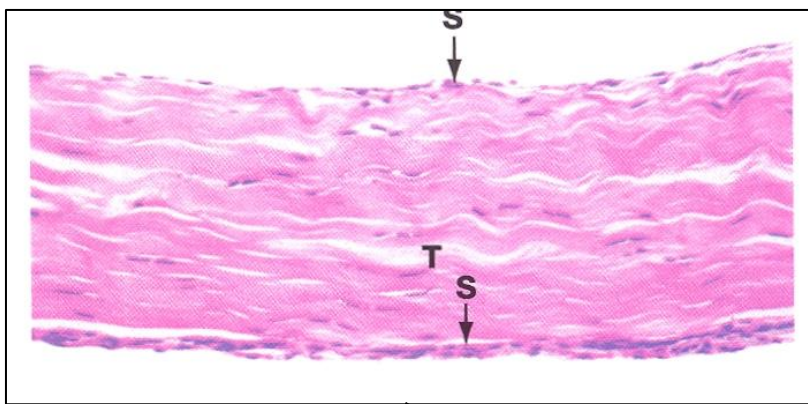
Diartrózy

Kloubní spojení

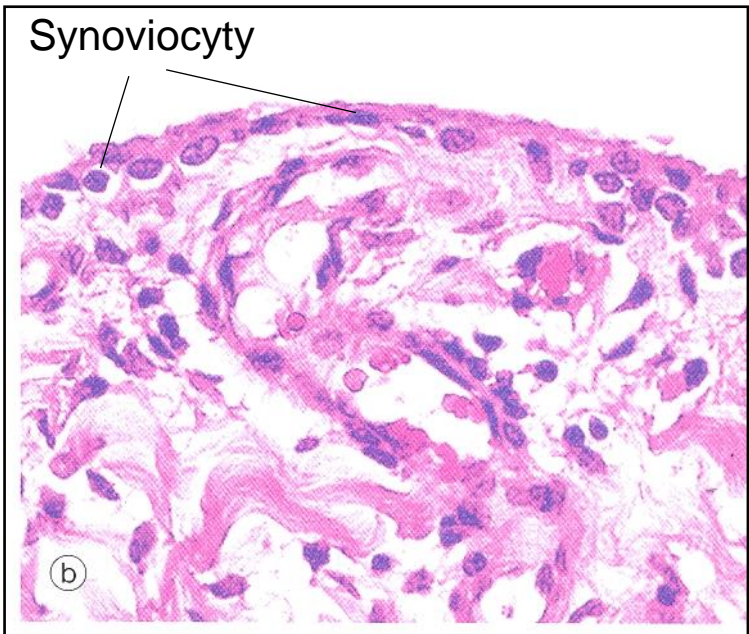
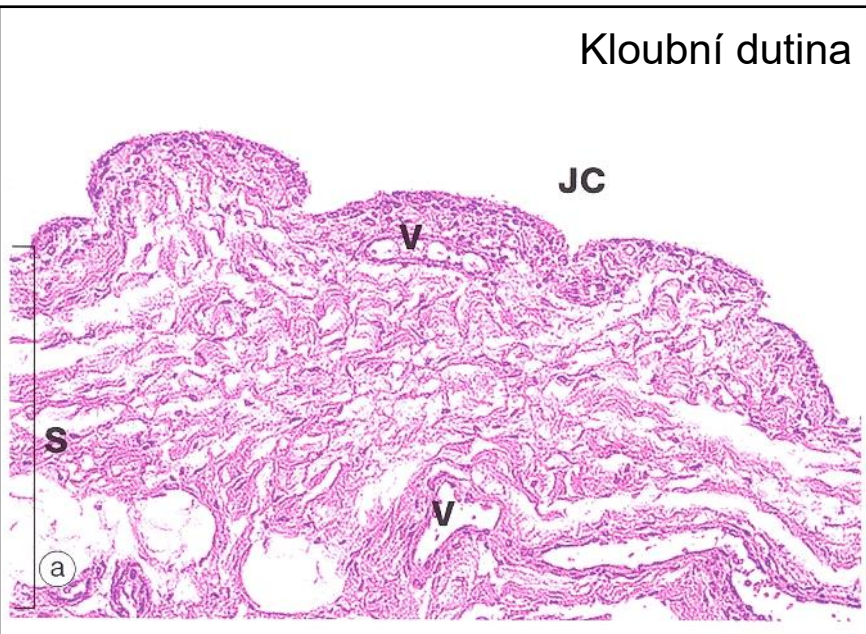
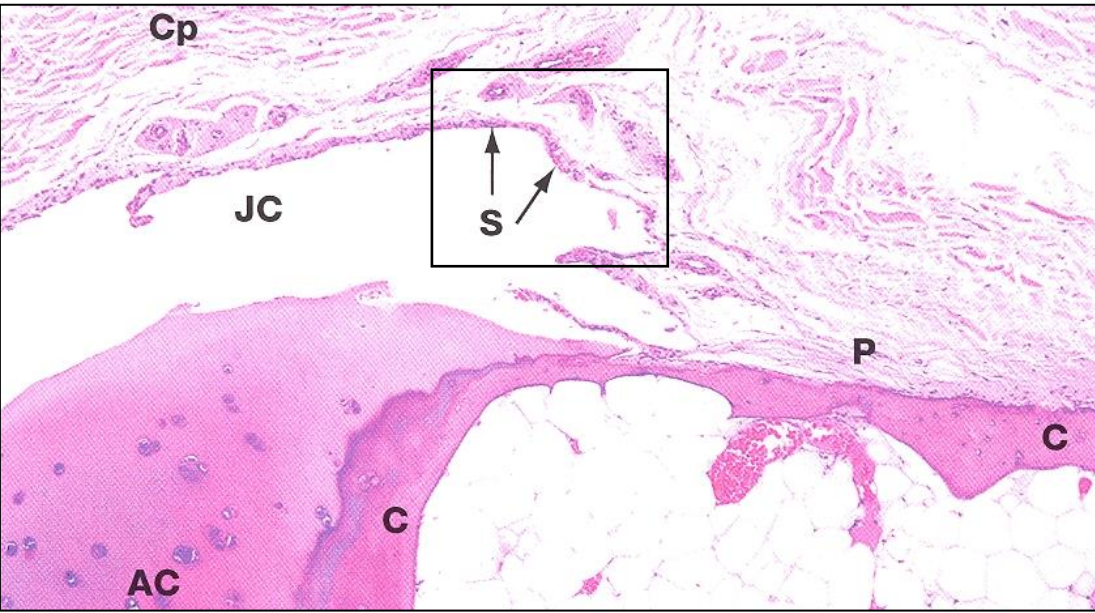
- Hyalinní chrupavka bez perichondria
- Architektura chrupavky – uspořádání vláken i chondrocytů
- Kalcifikace chrupavky v oblasti připojení ke kosti
- Kloubní pouzdro
 - *Stratum fibrosum*
 - *Stratum synoviale*
- Meniskus – vazivová chrupavka, avaskulární, bez inervace
- Kloubní vazy – husté kolagenní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



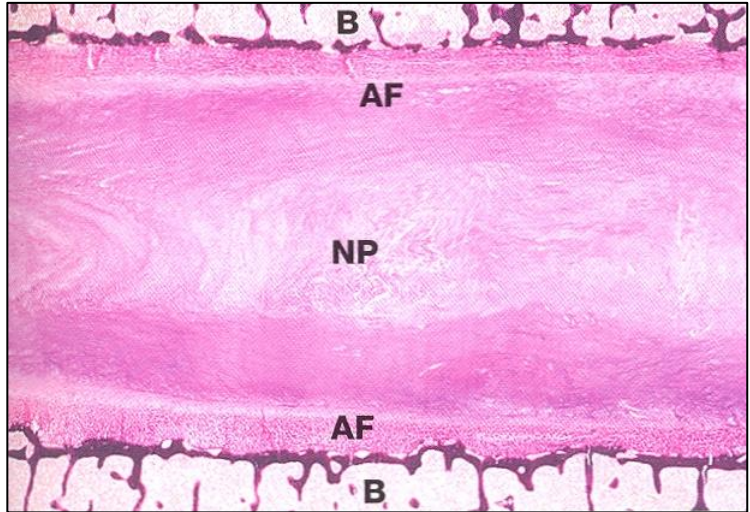
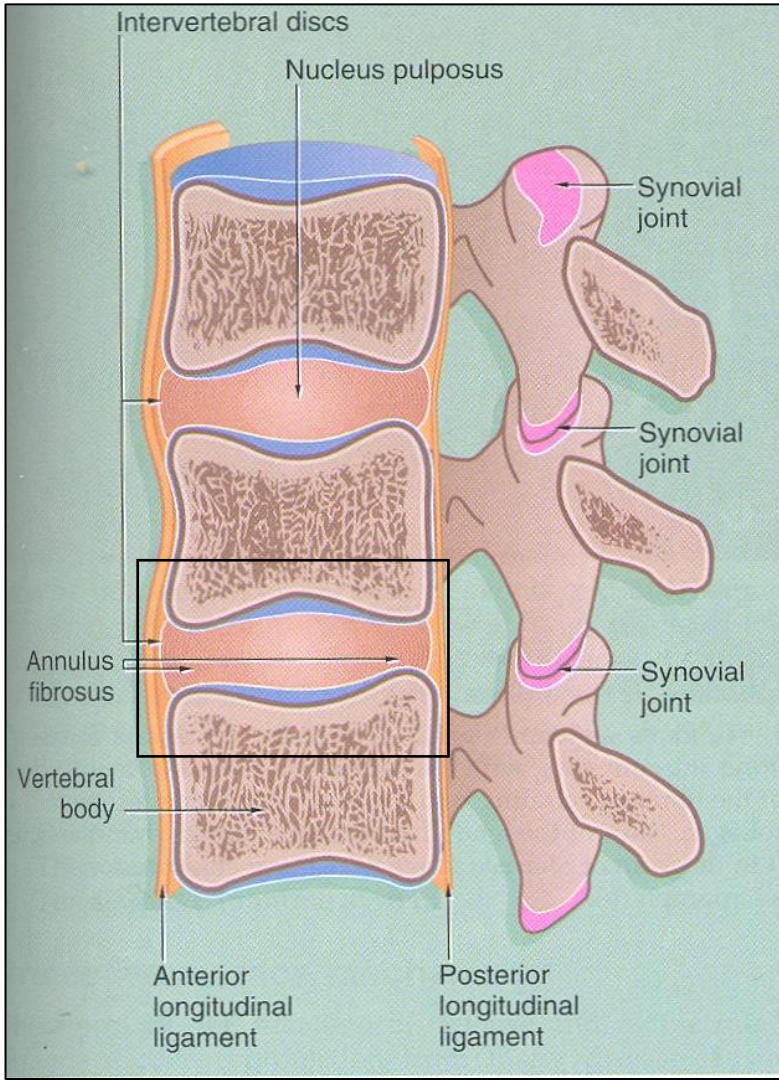
KLOUB

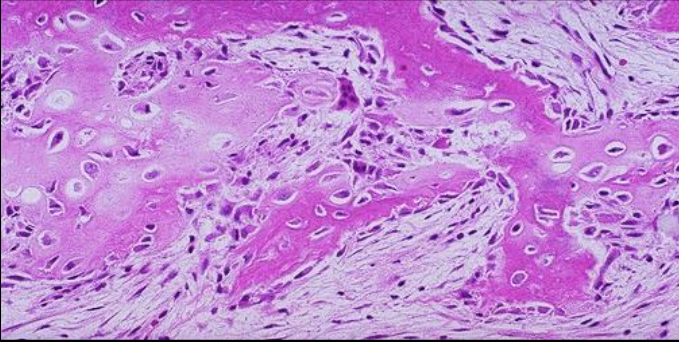




SYNOVIUM

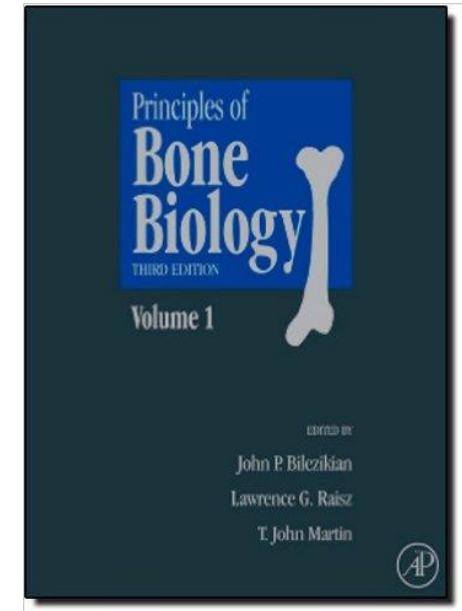
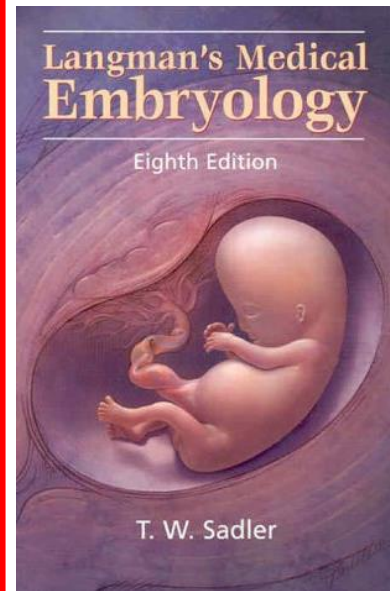
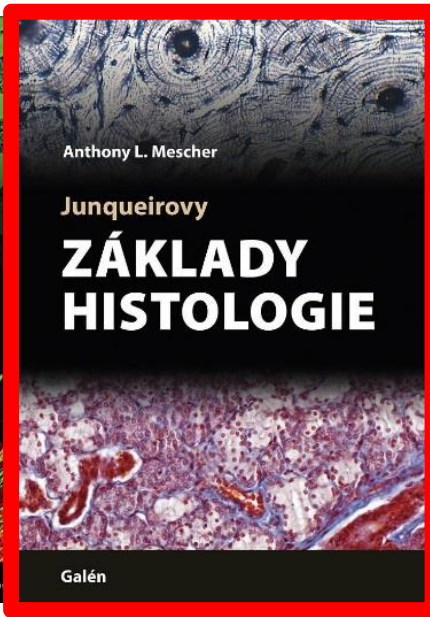
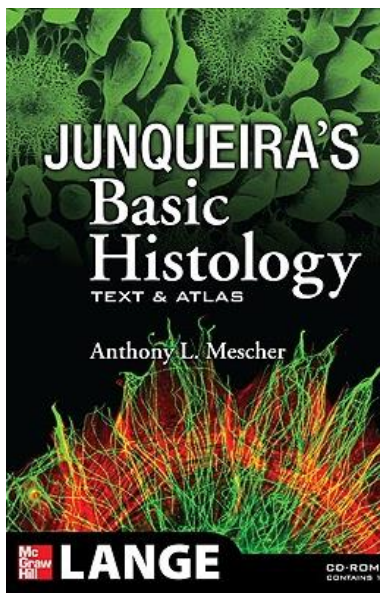
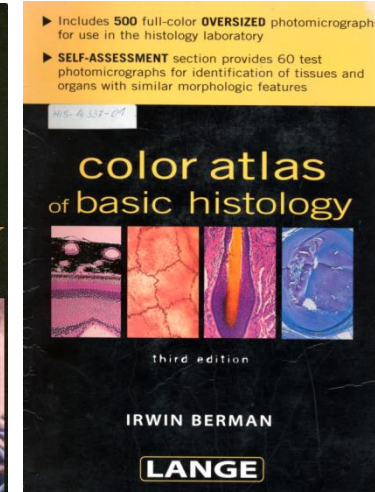
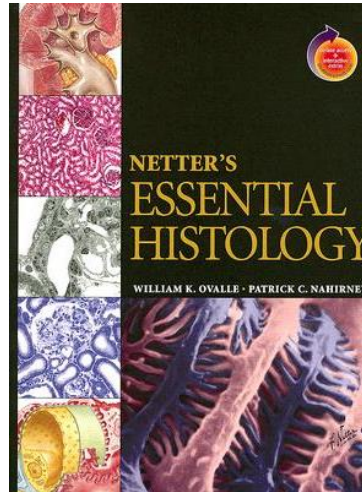
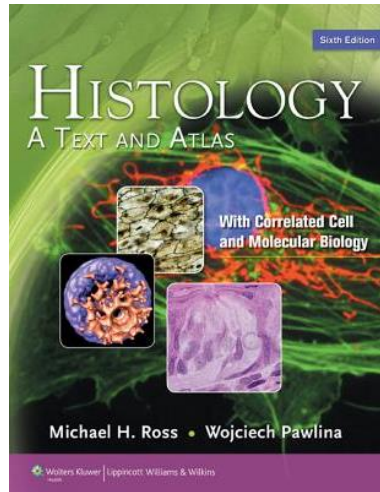
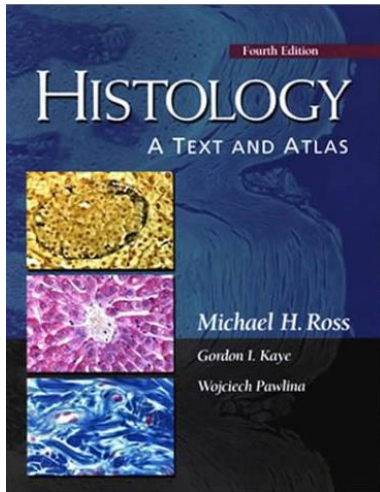


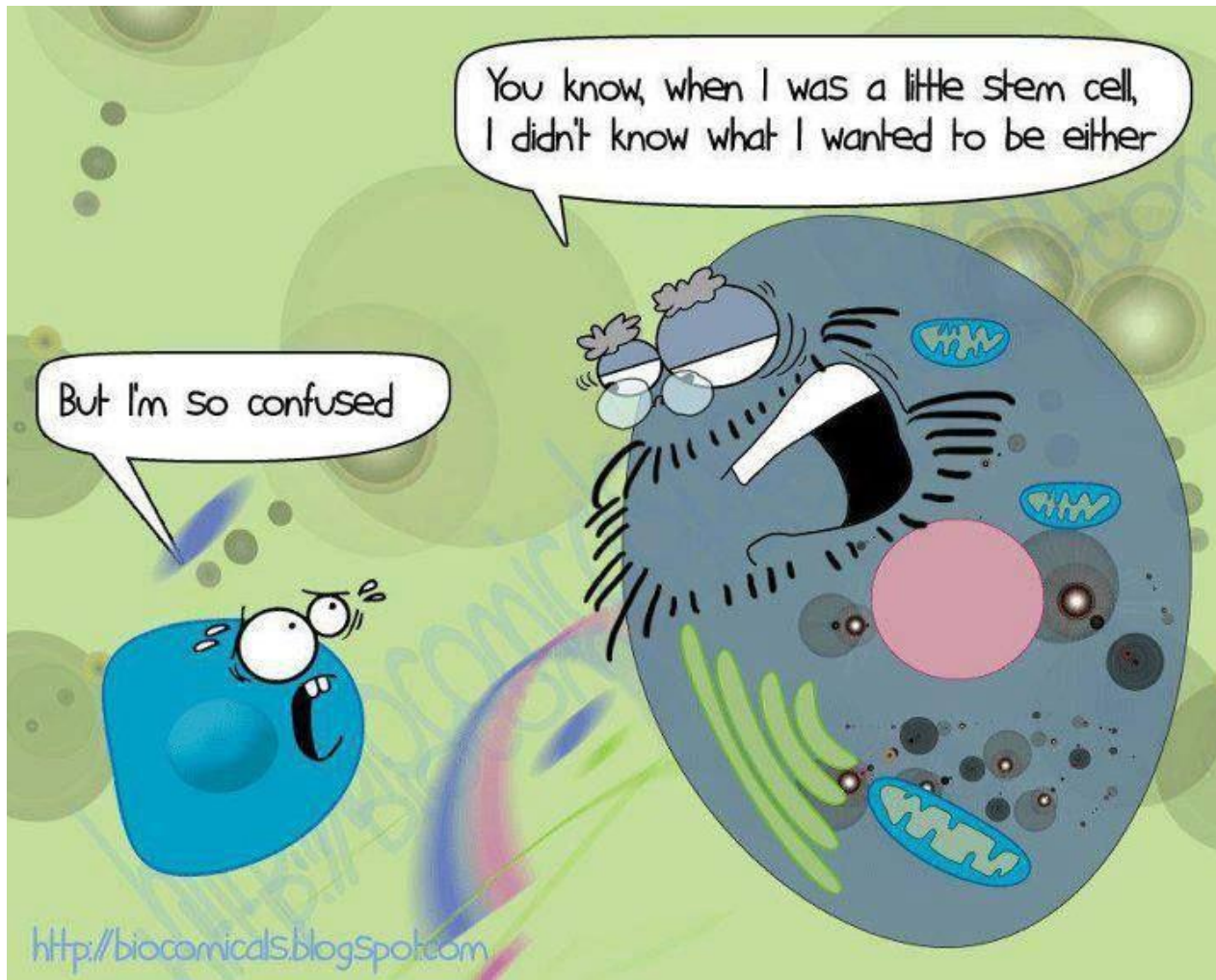
MEZIOBRATLOVÁ SPOJENÍ



VLÁKNITÁ (primární)	LAMELÁRNÍ (sekundární)	
<ul style="list-style-type: none"> • Slabě mineralizovaná • Buňky a kolagenní vlákna náhodně uspořádané 	<ul style="list-style-type: none"> • Paralelní lamely s pravidelně uspořádanými buňkami • Silně mineralizovaná 	
	SPONGIÓZNÍ	KOMPAKTNÍ
		
<ul style="list-style-type: none"> • Rostoucí kost • Tvrdý kalus 	<ul style="list-style-type: none"> • Vnitřní struktura kostí, dřevná dutina 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompaktní povrchová vrstva pod periostem

DOPORUČENÁ LITERATURA





Děkuji za pozornost