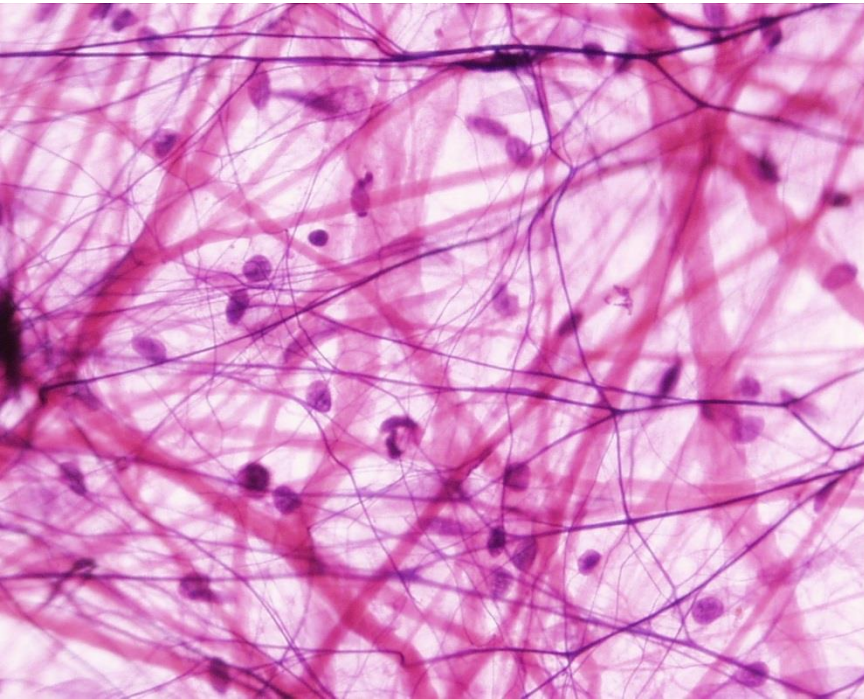
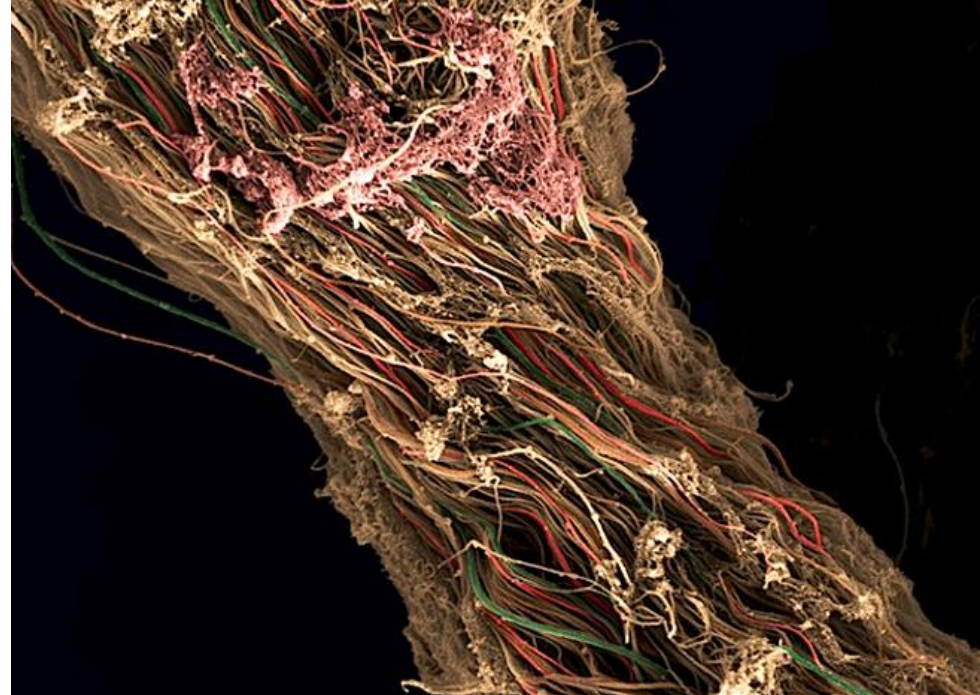


Pojivové tkáně 2024



VAZIVO

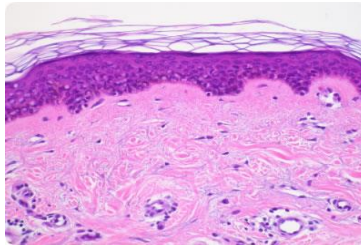
Petr Vaňhara

pvanhara@med.muni.cz

SOUČASNÁ KLASIFIKACE ZÁKLADNÍCH TYPŮ TKÁNÍ

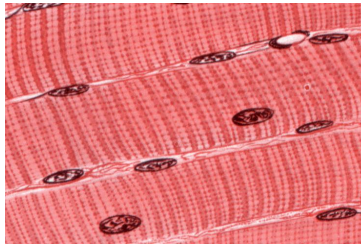
Na základě **morfologických** a **funkčních** znaků

Epitelová



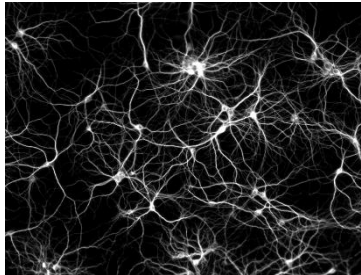
Kontinuální, avaskulární vrstvy buněk s různou funkcí, **orientovaných do volného prostoru**, se specifickými mezibuněčnými spoji a minimem mezibuněčného prostoru a ECM
Deriváty všech tří zárodečných listů

Svalová



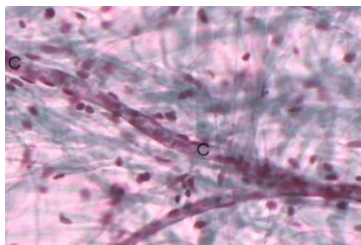
Obsahují myofibrily → **schopnost kontrakce**
Derivát mezodermu - KS, myokard, mezenchymu - HS

Nervová



Neurony a neuroglie
Příjem a přenos **elektrického vzruchu**
Derivát ektodermu

Pojivová

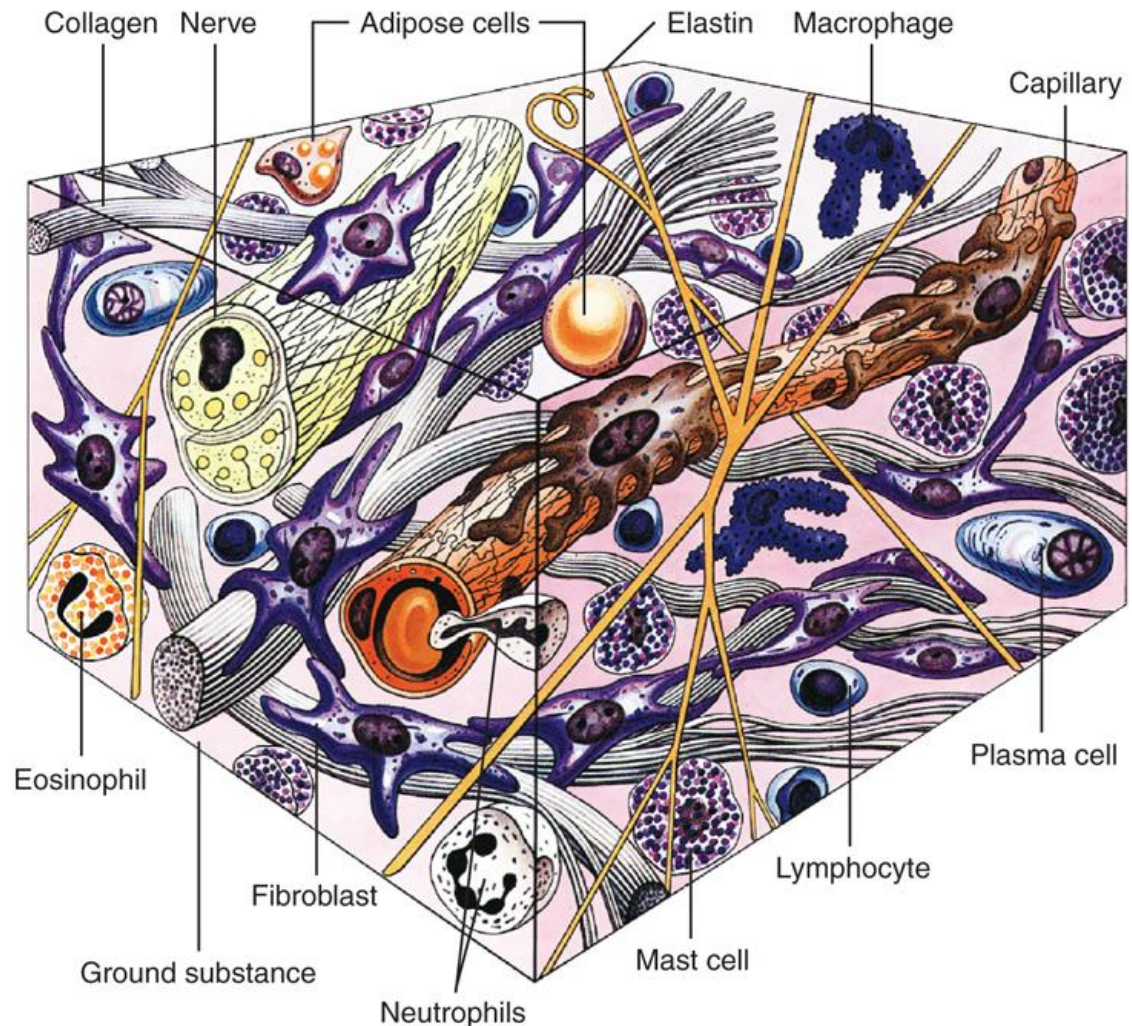


Dominantní přítomnost **extracelulární matrix**
Vazivo, chrupavka, kost, tuková tkáň
Derivát zejména mezenchymu

POJIVOVÁ TKÁŇ A JEJÍ FUNKCE

Funkce je 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 látek
- homeostáza a regenerace
- molekulární interakce



OBECNÉ SLOŽENÍ POJIVOVÉ TKÁNĚ

Všechny pojivové tkáně 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)

Embryonální pojivová tkáň

- Mezenchym
- Rosolovitá pojivová tkáň (Whartonův rosol, v dospělosti má podobnou morfologii zubní pulpa, stroma duhovky)

Pojivová tkáň v dospělém organismu

- Areolární (řídké, intersticiální) vazivo
- Husté kolagenní neuspořádané vazivo

} Vlastní pojivová tkáň

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

} Specializovaná pojivová tkáň

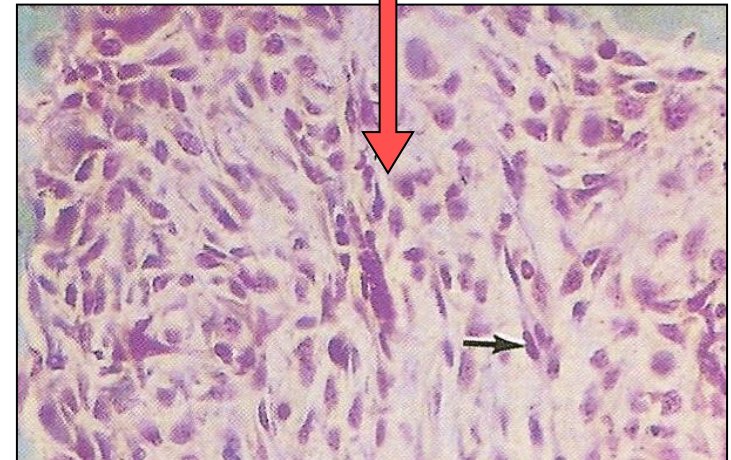
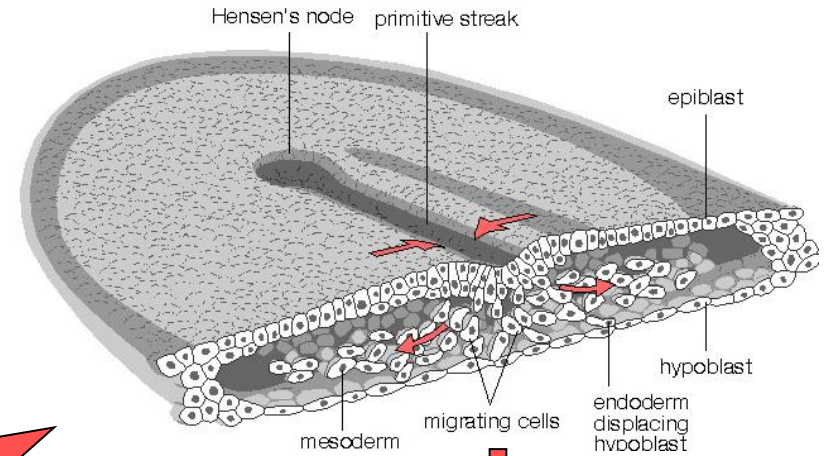
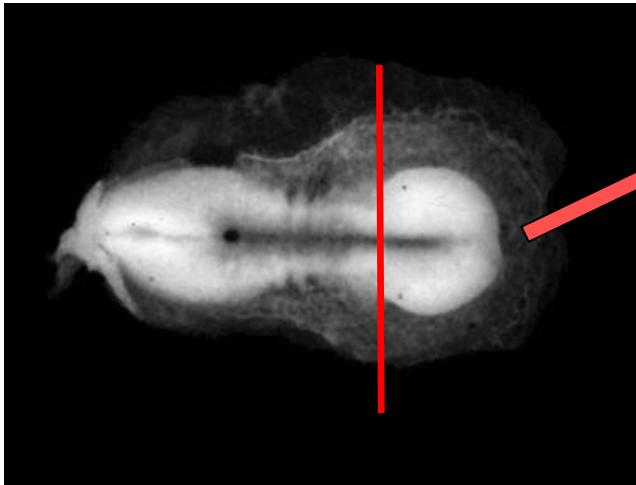
- Krev a hematopoetická tkáň
- Lymfatická tkáň

} Trofická pojivová tkáň (tělní tekutiny)

EMBRYONÁLNÍ MEZENCHYM

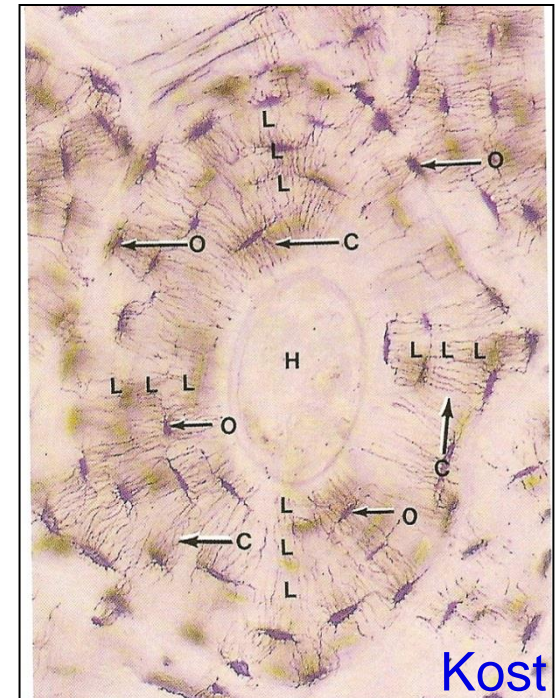
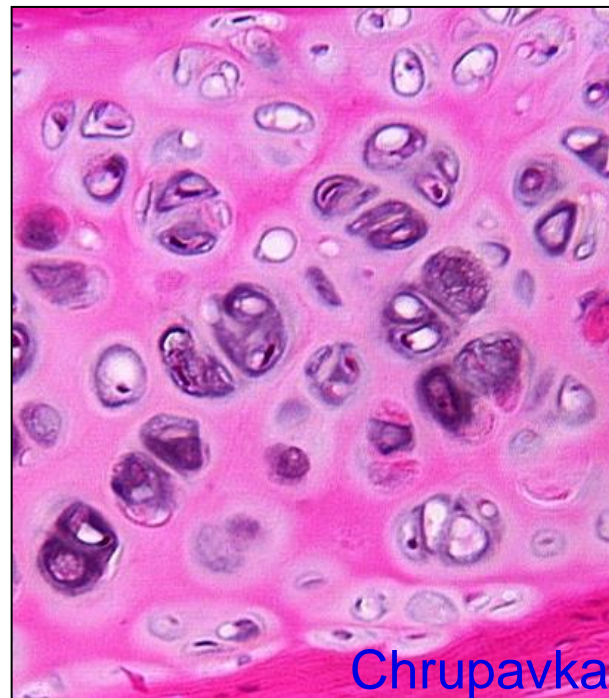
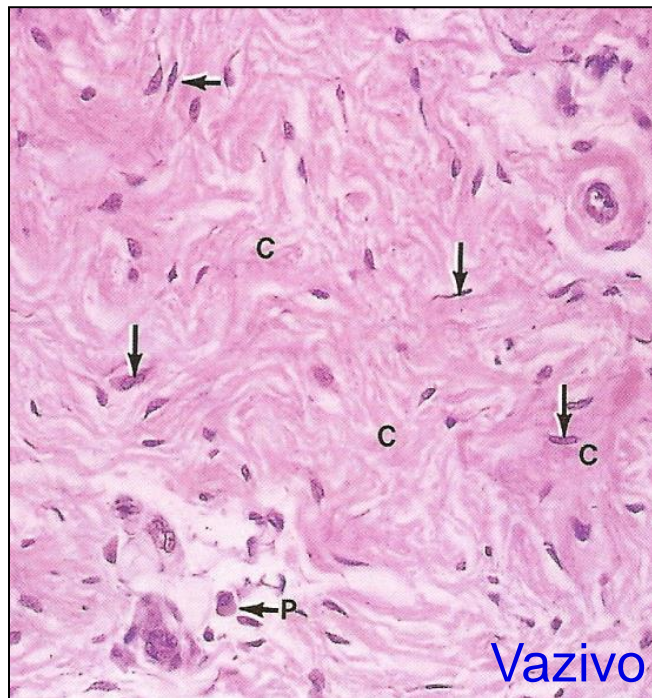
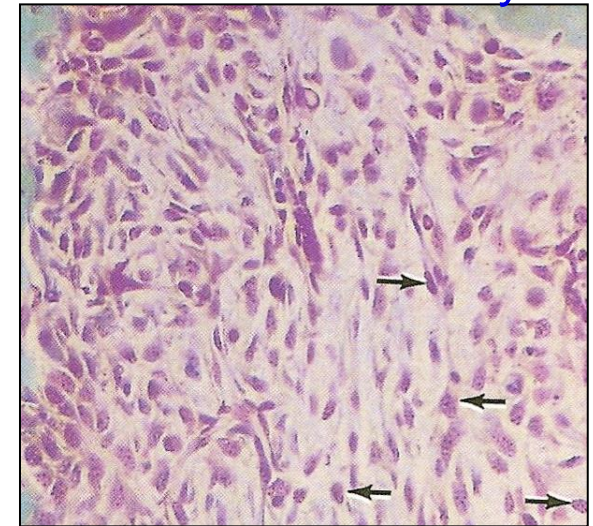
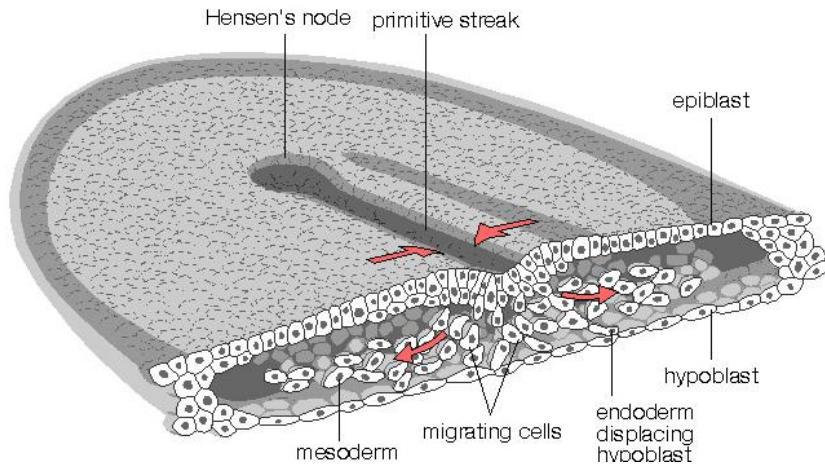
- řídká houbovitá tkáň mezi zárodečnými listy
- mezoderm; kraniofaciální mezenchym z buněk neurální lišty
- prostorová síť hvězdicovitých nebo vřetenovitých buněk
- rosolovitá základní amorfní hmota

DEN 12 embryonálního vývoje



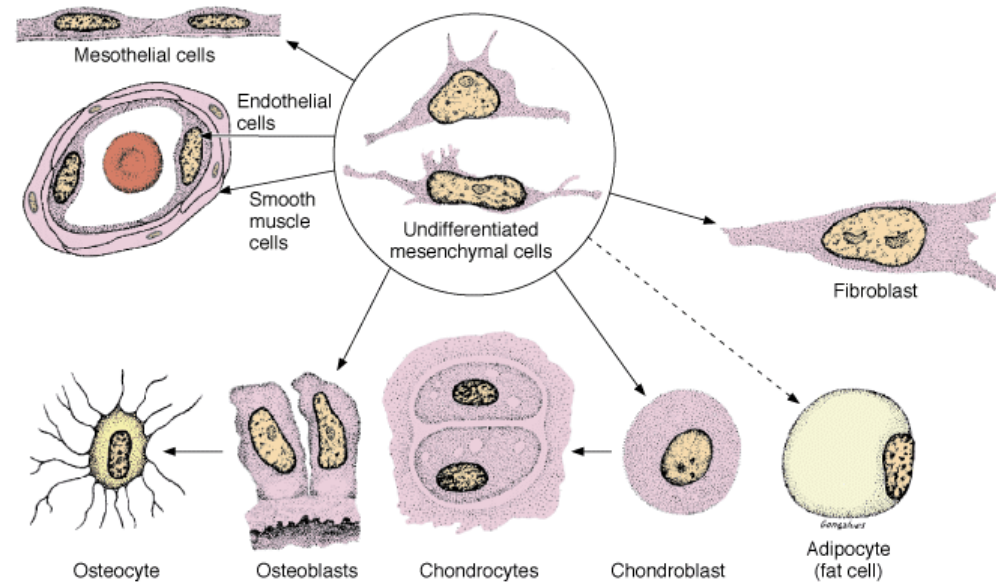
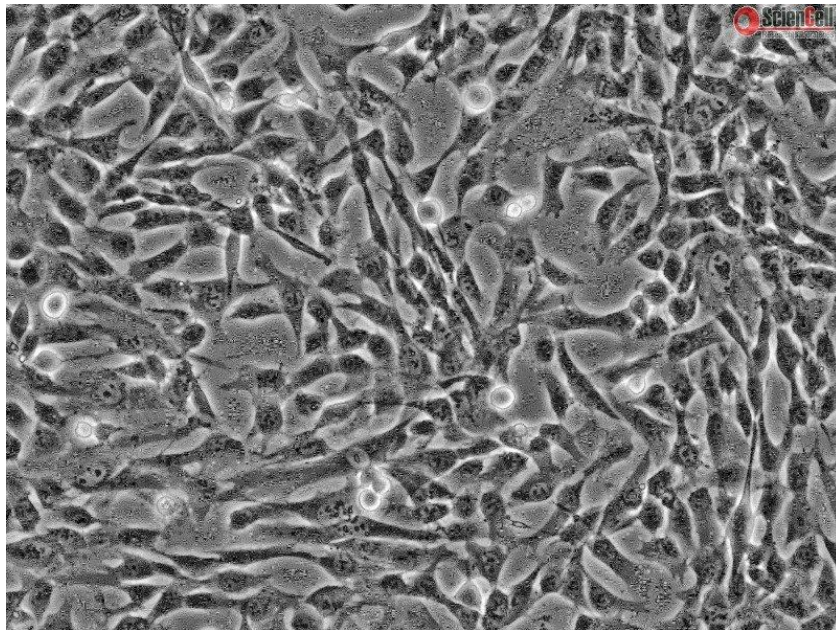
EMBRYONÁLNÍ MEZENCHYM A PŮVOD POJIVOVÉ TKÁŇĚ

Mesenchym



MEZENCHYMÁLNÍ KMENOVÉ BUŇKY

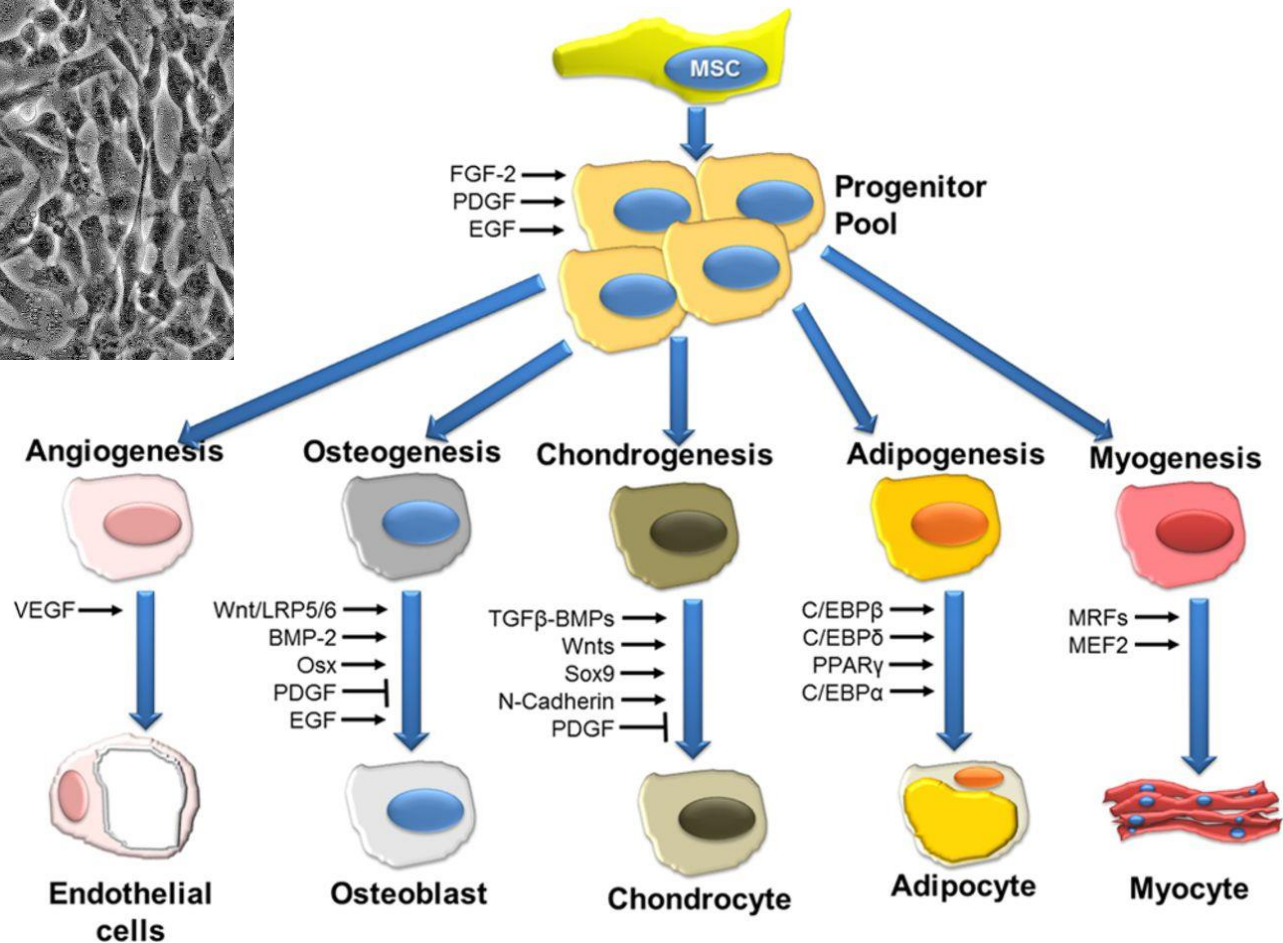
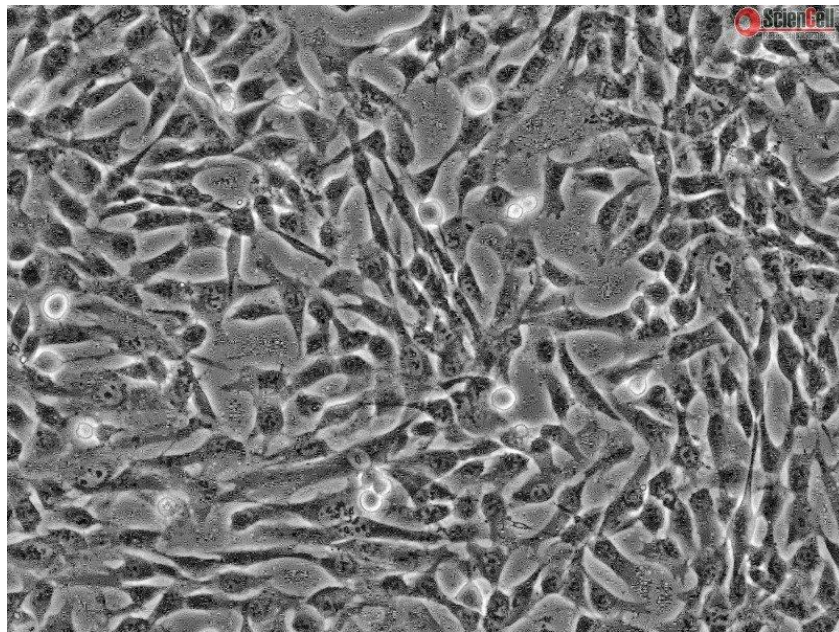
- Mezenchymální kmenové (stromální) buňky jsou zdrojem mnoha buněk přítomných v pojivech



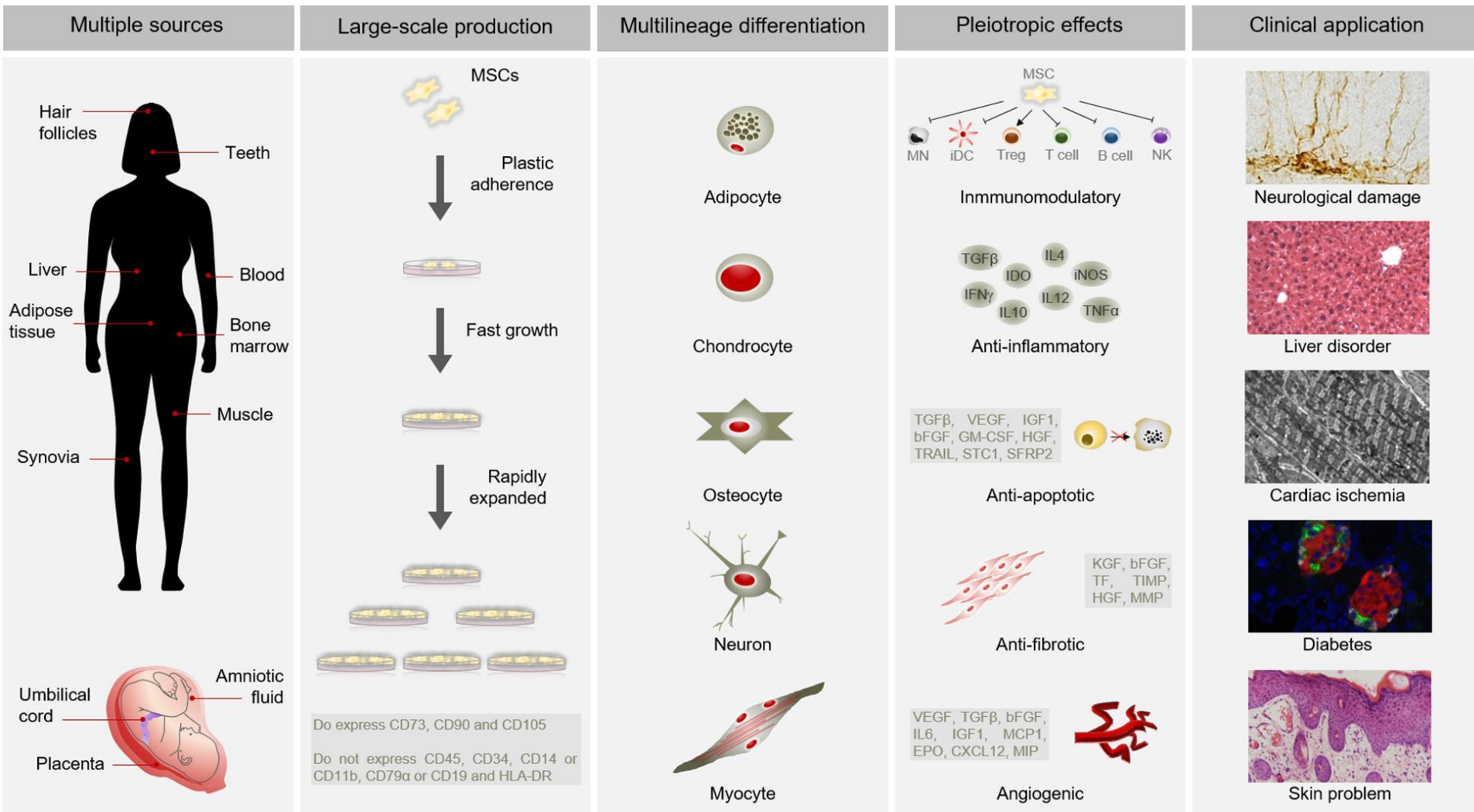
Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

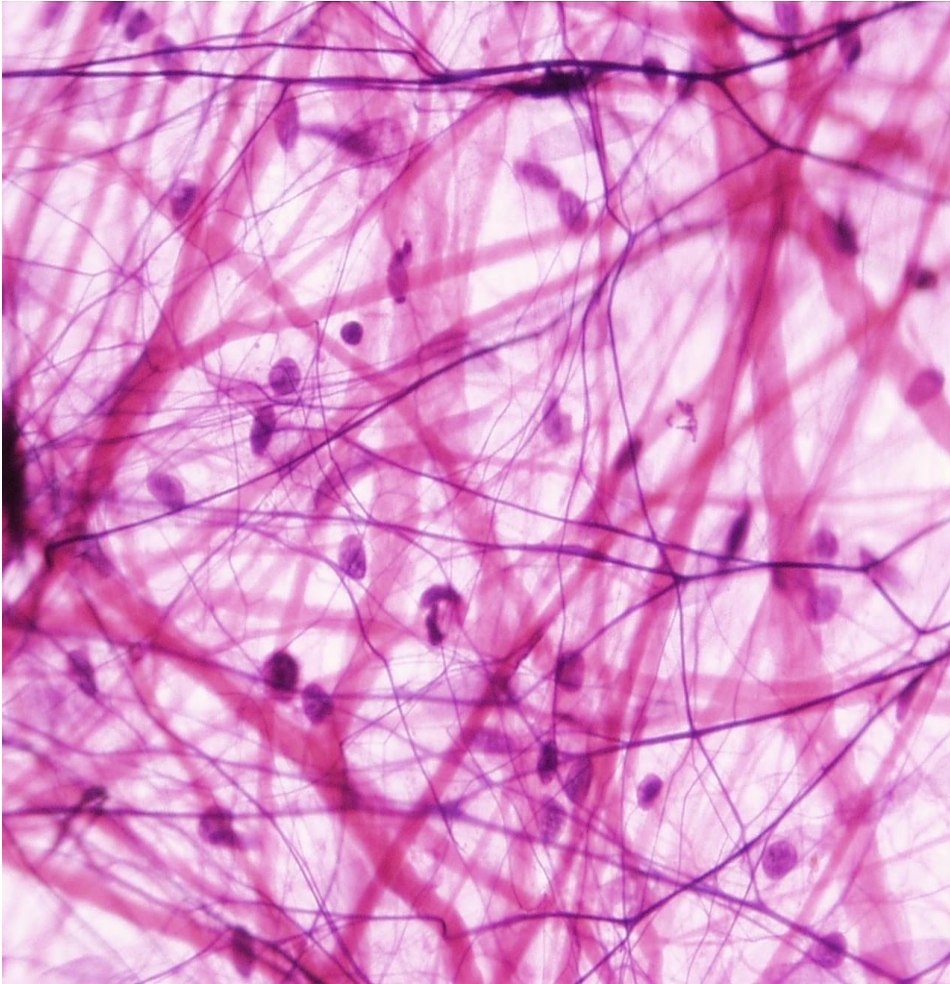
MEZENCHYMÁLNÍ KMENOVÉ BUŇKY

- Mezenchymální kmenové buňky mají význam pro tkáňové inženýrství



APLIKACE MSCs





1. **Vazivo**
2. Chrupavka
3. Kost

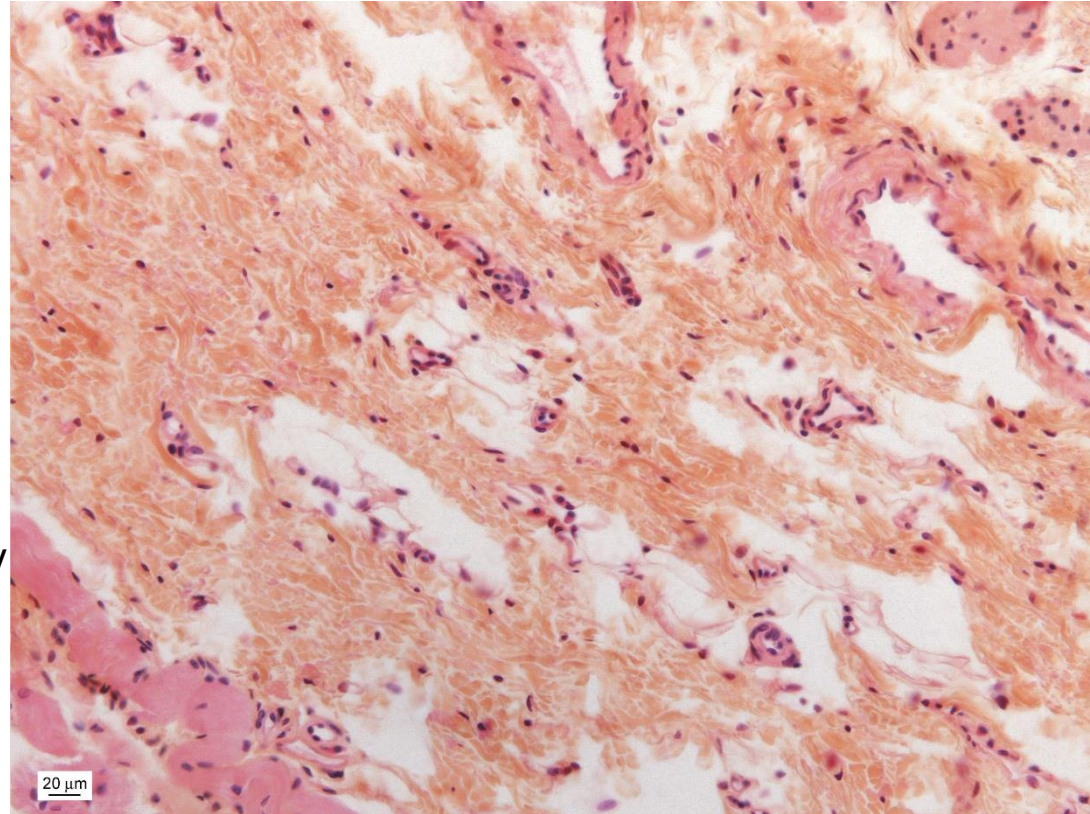
Buňky

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
- ...

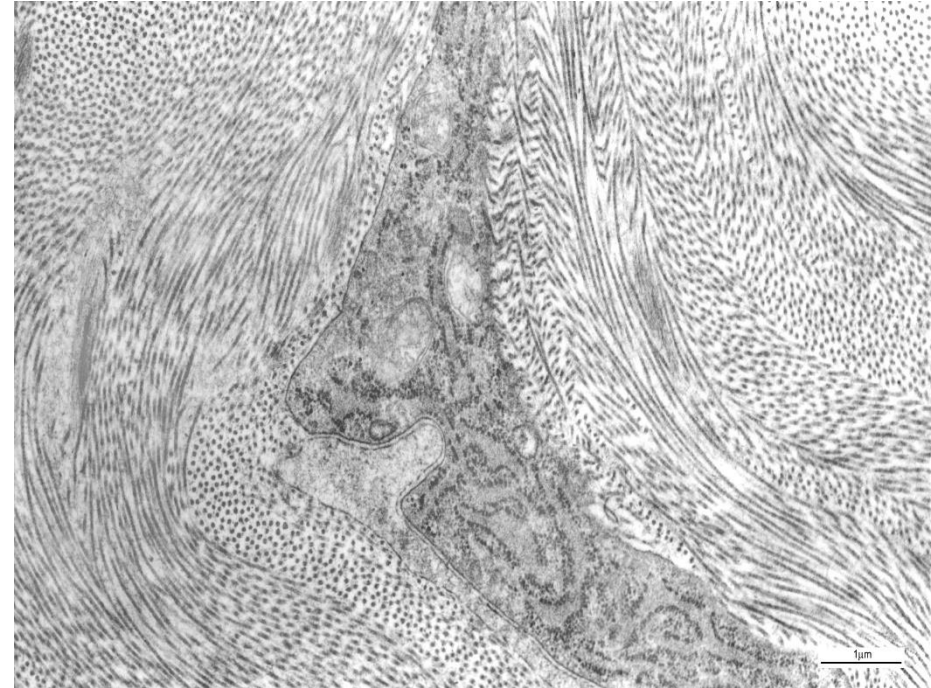


+

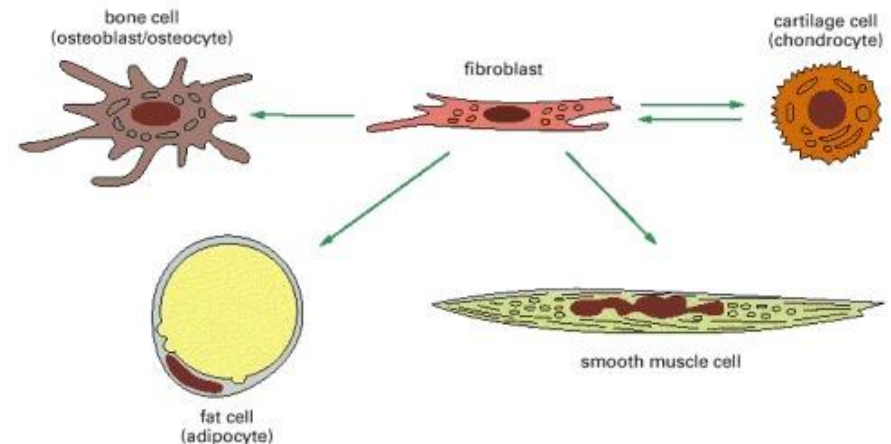
Extracelulární matrix

- Vlákniťá (fibrilární) složka
- Základní amorfní hmota

FIBROBLAST

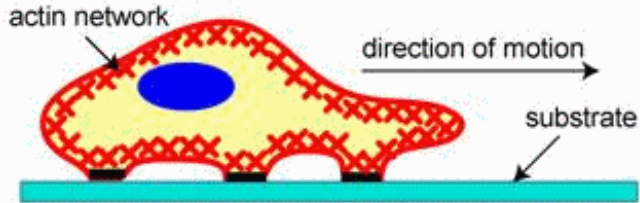


- Základní buňka vaziva
- Produkce ECM – dominantní ER
- Migrace
- Různé tkáně obsahují fibroblasty s různými biologickými vlastnostmi
- (Trans)diferenciace
- Myofibroblasty

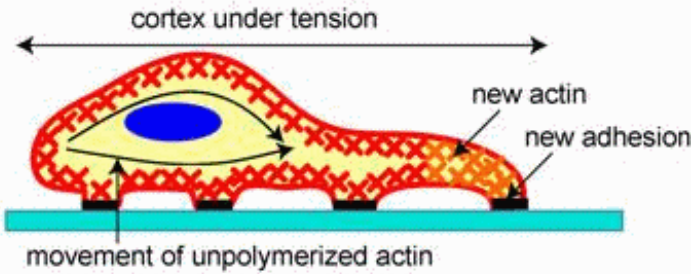


FIBROBLAST

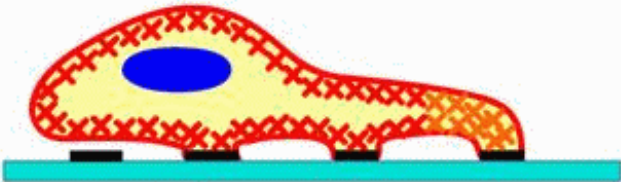
1) Protrusion of the Leading Edge



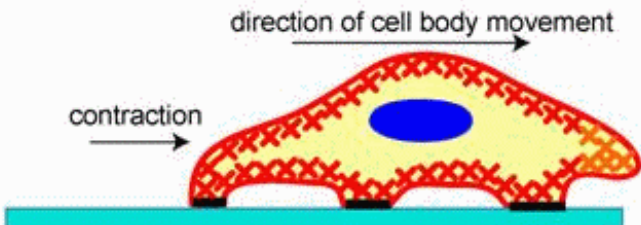
2) Adhesion at the Leading Edge



Deadhesion at the Trailing Edge



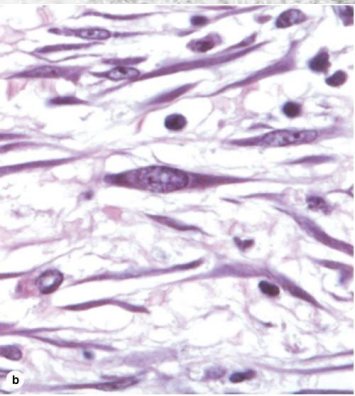
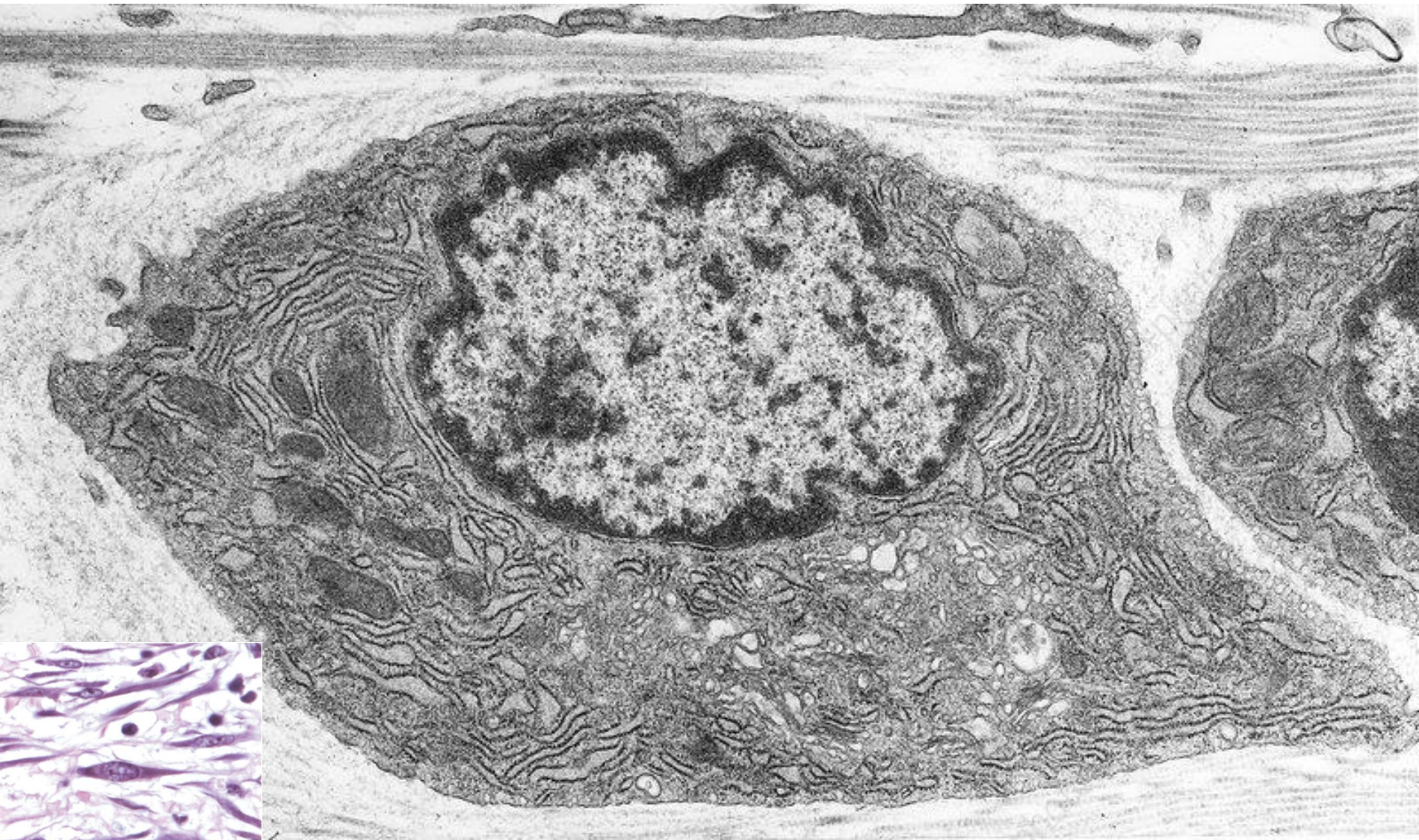
3) Movement of the Cell Body



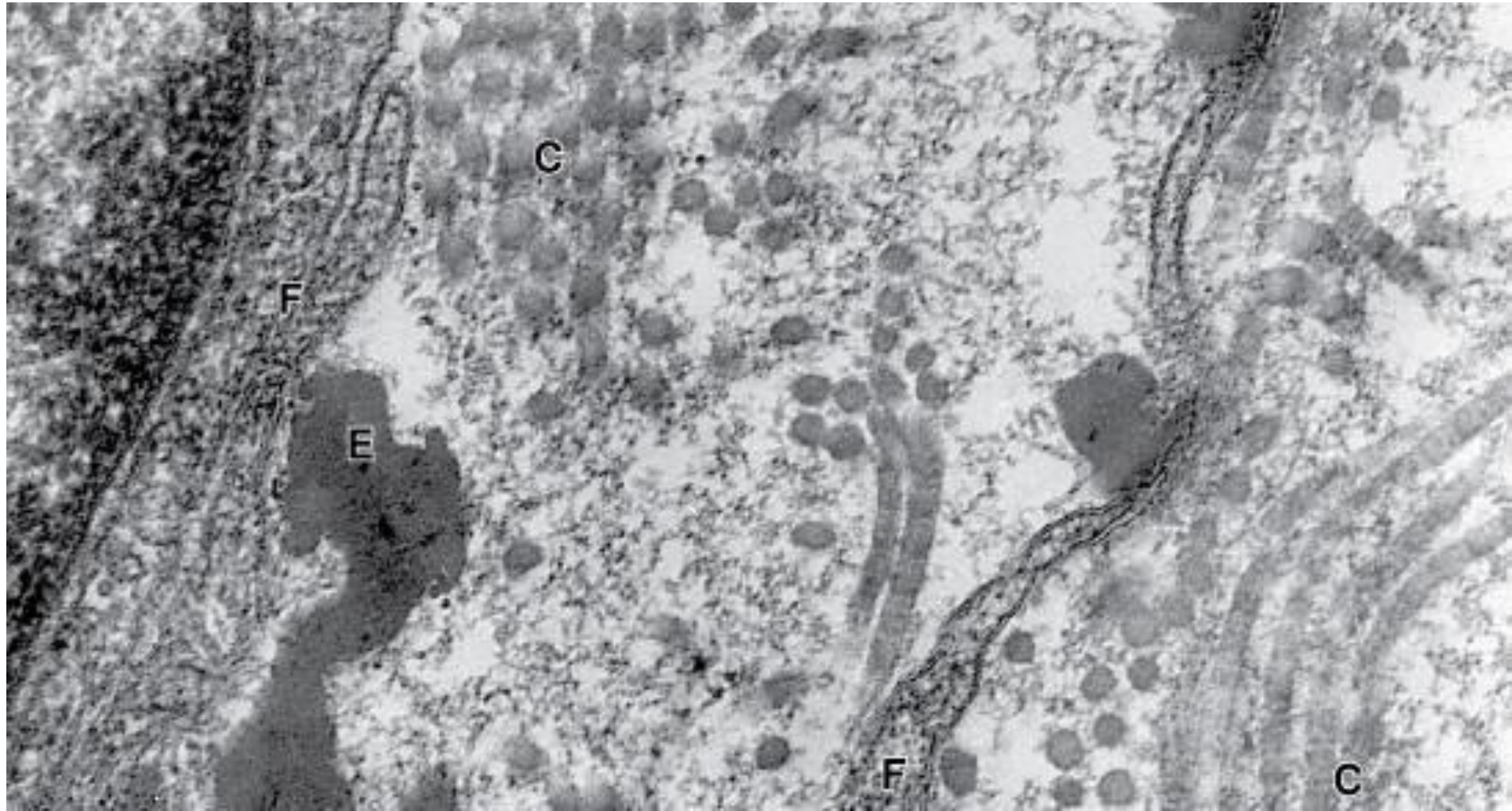
HL-60 cell

mCherry - utrophin FITC - collagen

FIBROBLAST

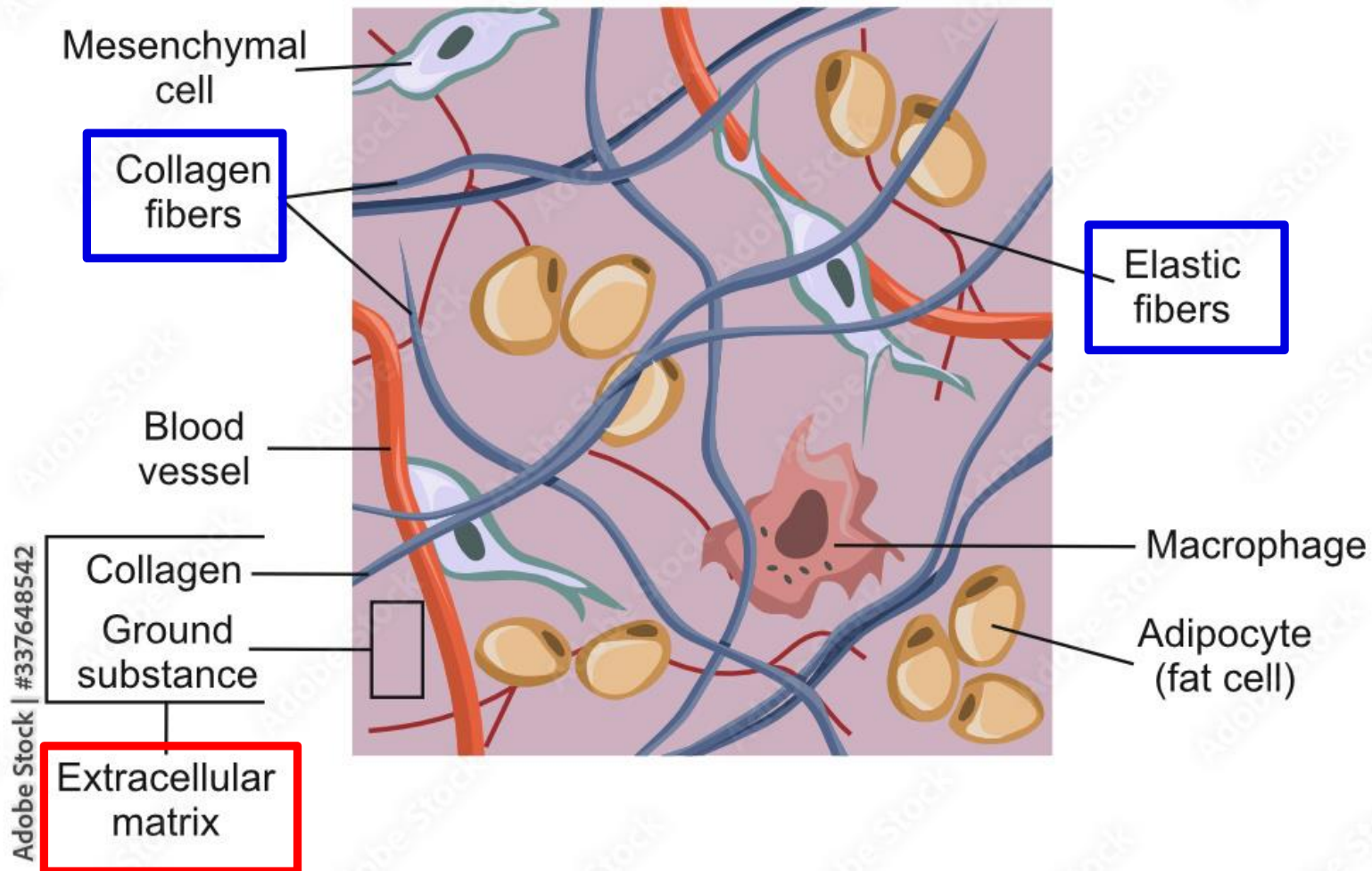


Složení ECM určuje vlastnosti pojivové tkáně



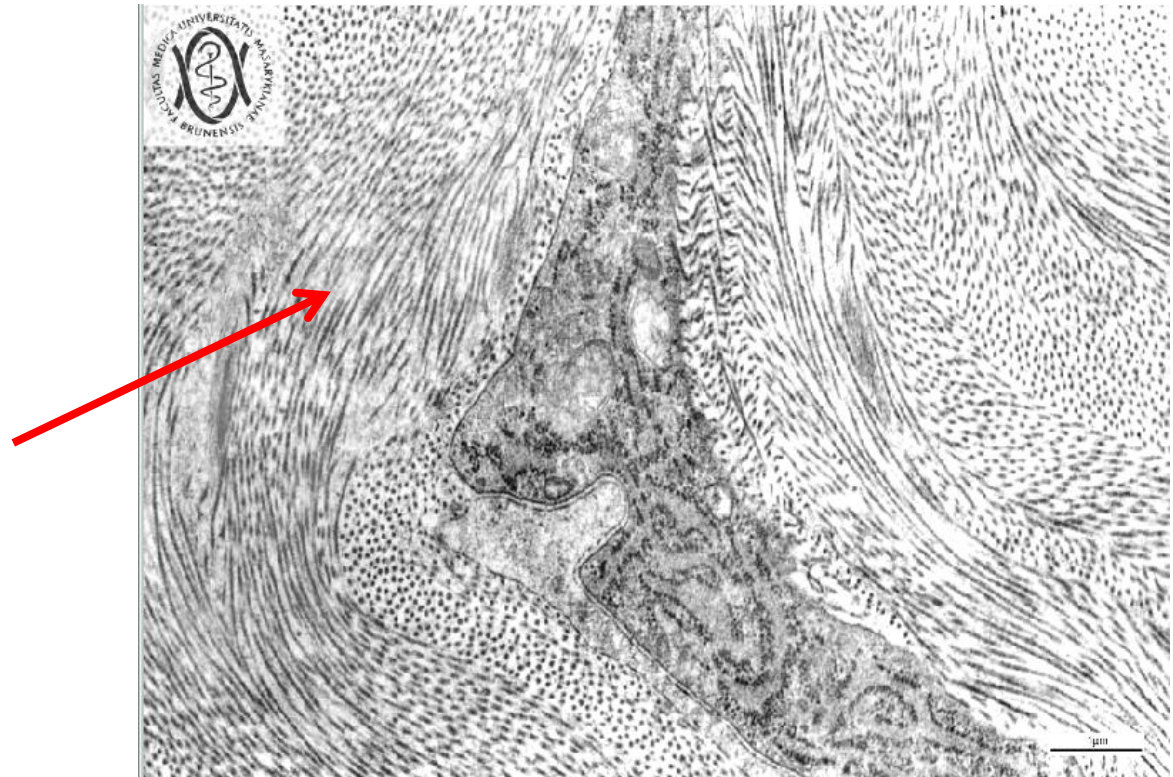
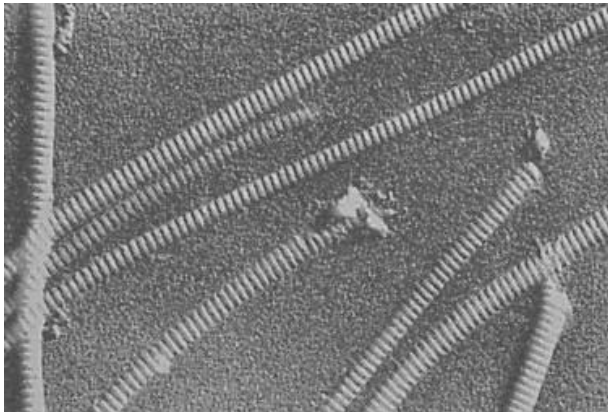
Extracelulární hmotu pojiv produkují fibroblasty (chondrocyty, osteoblasty). Schopnost produkovat ECM v různé podobě a složení mají ale i jiné buňky našeho těla (např. epitelové a svalové buňky tvořící bazální laminy).

Vláknitá složka



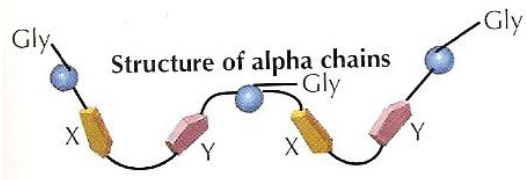
Kolagenní vlákna – kolagen I

- skupina fibrilárních proteinů kódovaných 28 geny
- polymer – podjednotka = tropokolagen; trojitá šroubovice
- různé strukturní a mechanické vlastnosti (tuhost, pružnost, tloušťka...)
- nejhojnější protein lidského těla (až 30% suché hmotnosti)



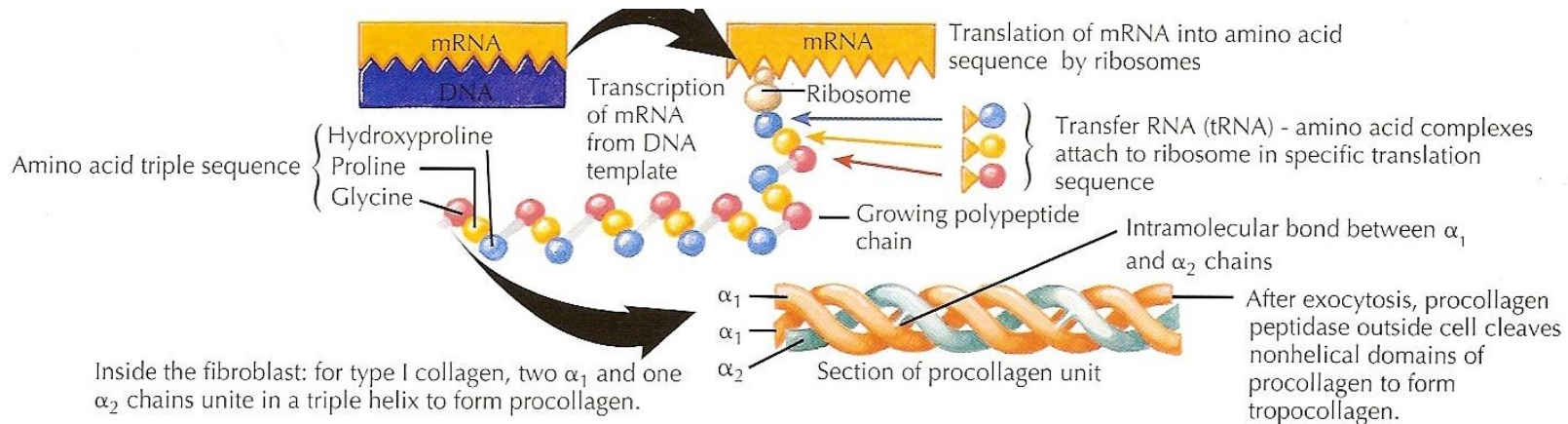
MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

- 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**



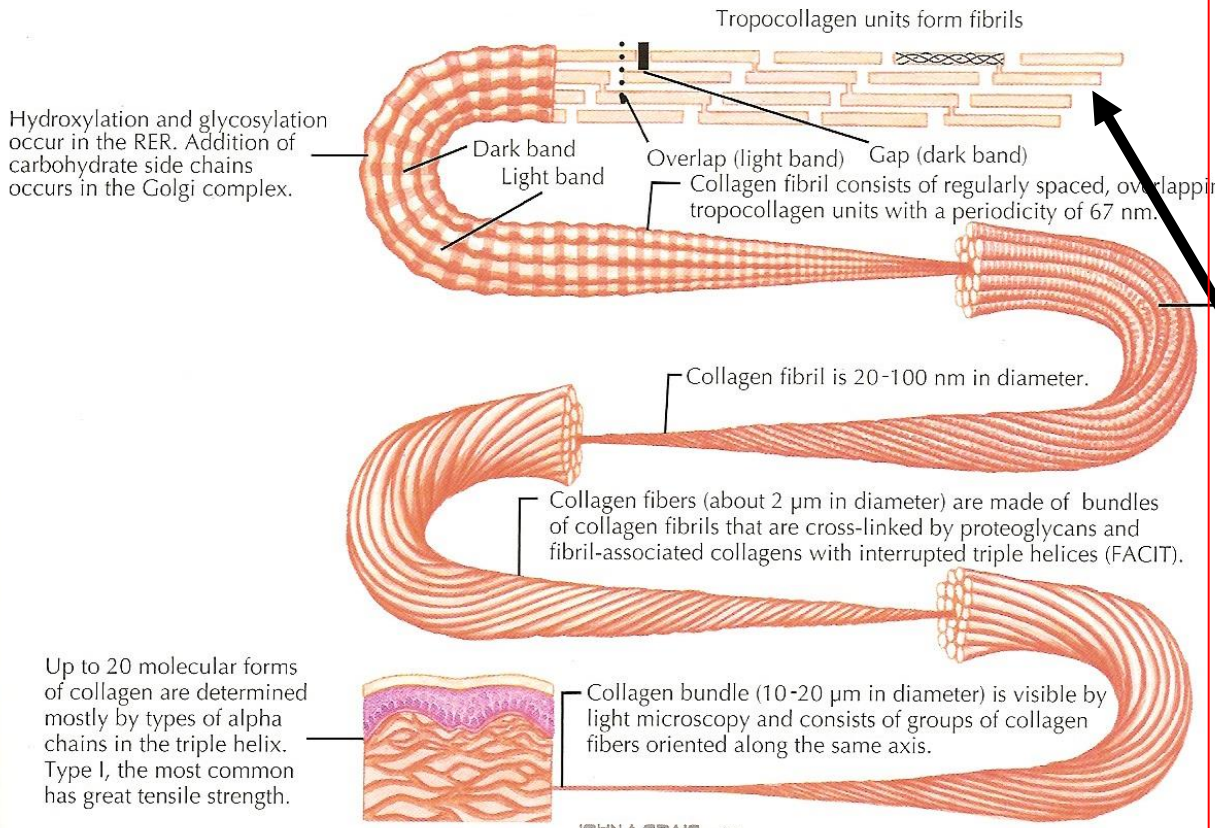
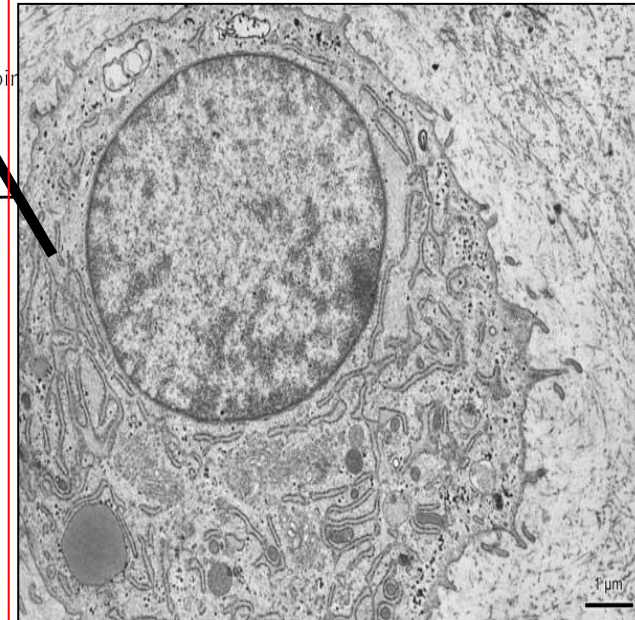
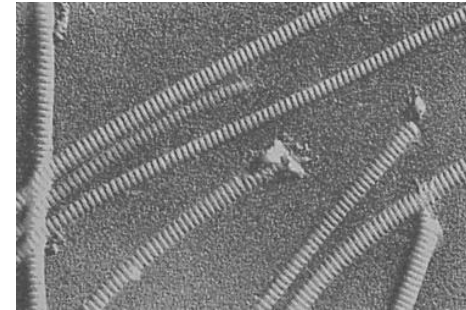
- V GA je prokolagen dále modifikován a sekretován z buňky

MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

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

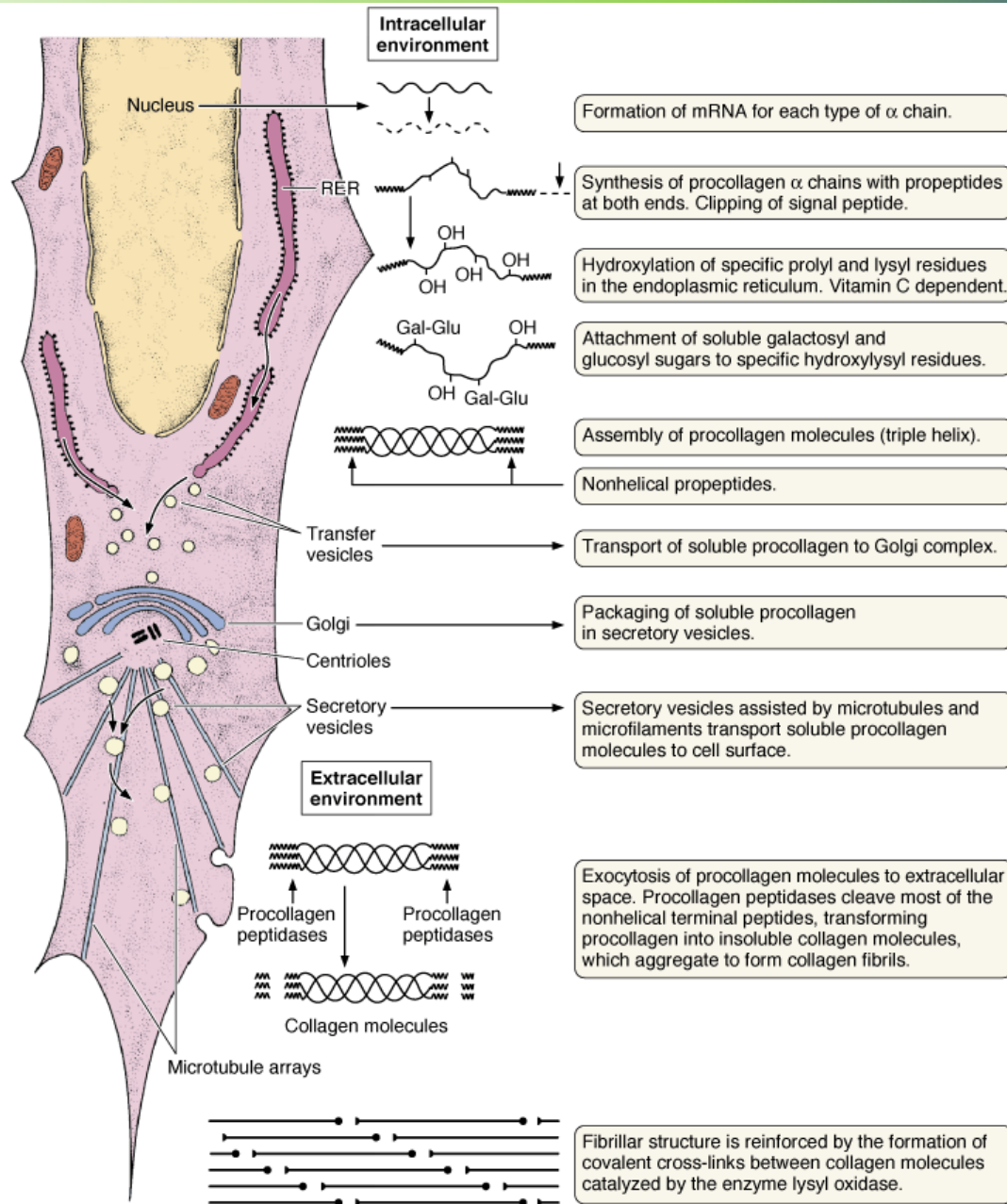
Tropokolagen se extracelulárně organizuje do vyšších struktur (fibrily, vlákna)

Vlákna jsou vzájemně propojena (lysyoxidázy)



JOHN A. CRAIG AD

MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

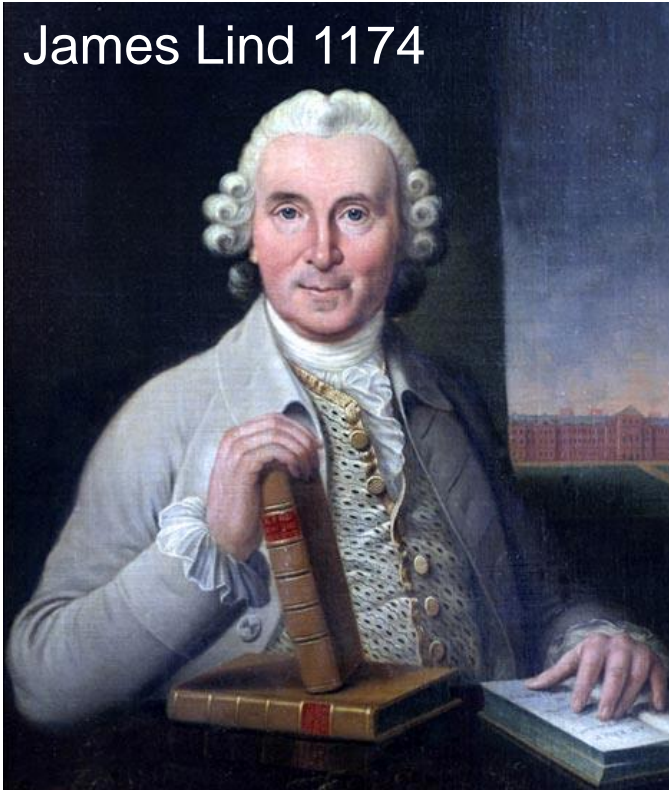


Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*. <http://www.accessmedicine.com>

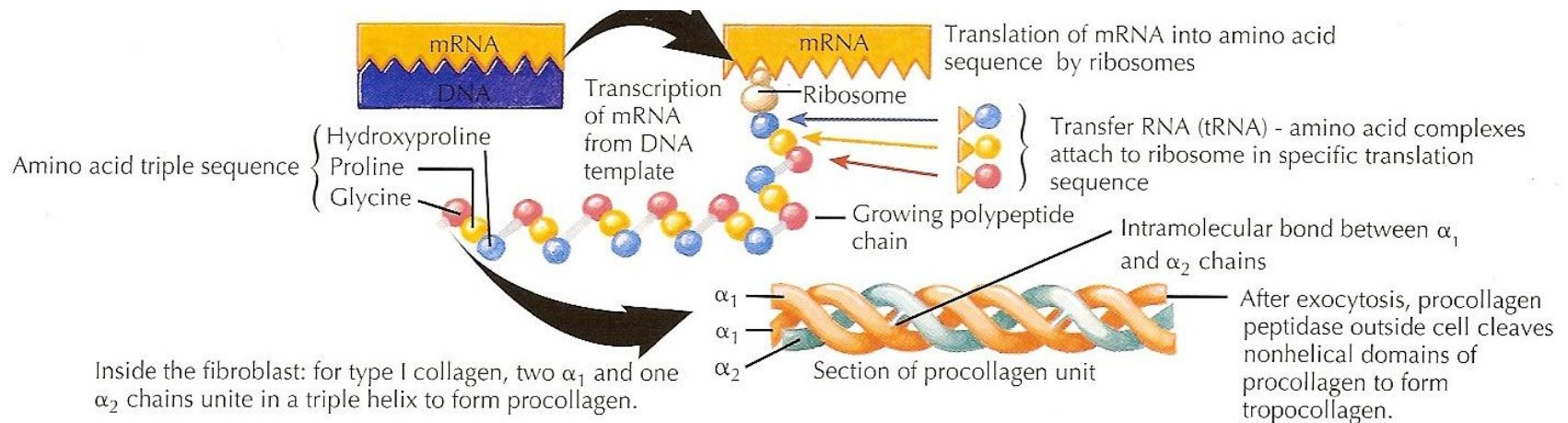
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – SYNTÉZA KOLAGENU

James Lind 1174



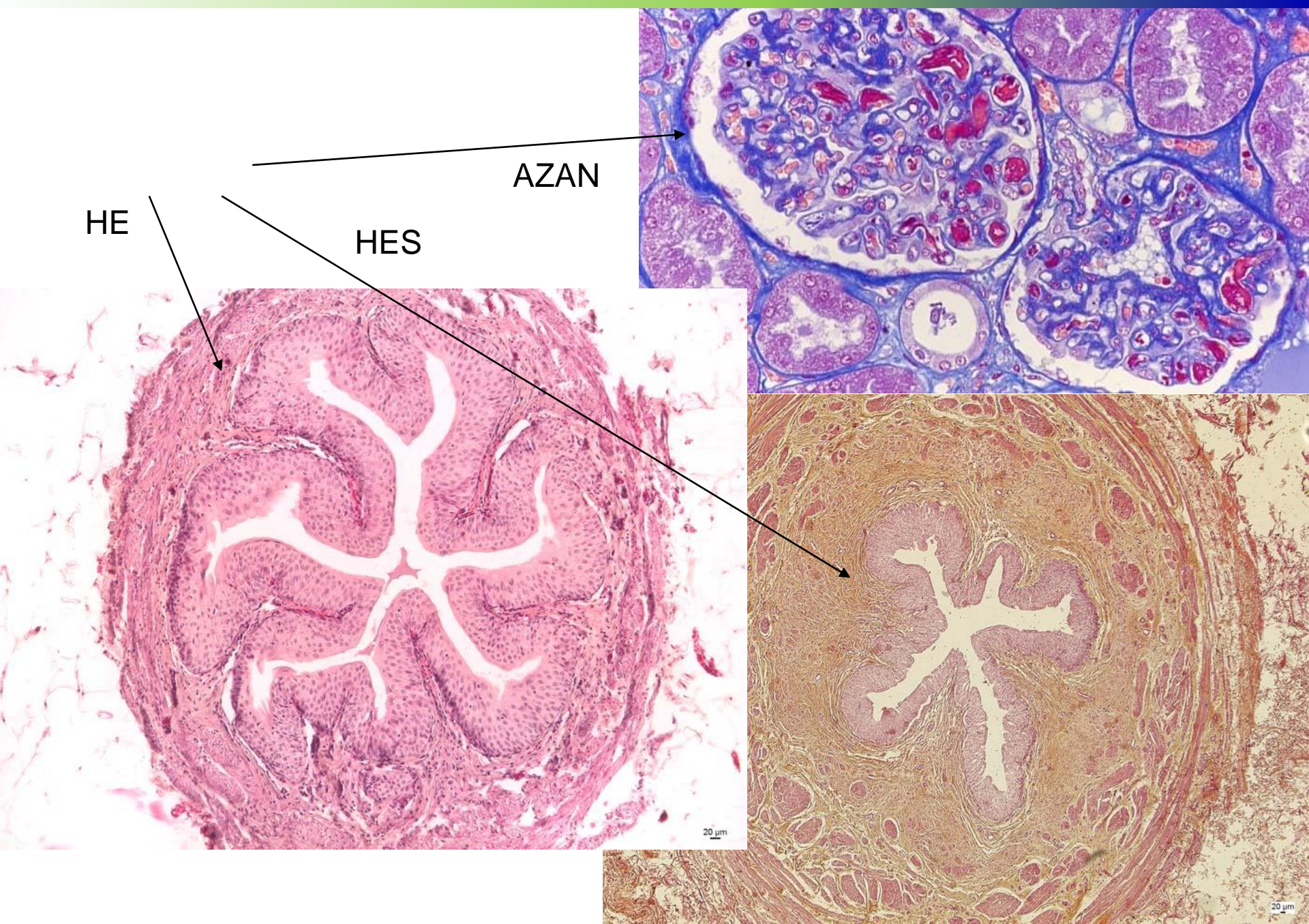
Autor: BIOPHOTO ASSOCIATES/SCIENCE PHOTO LIBRARY



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 škárrou (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

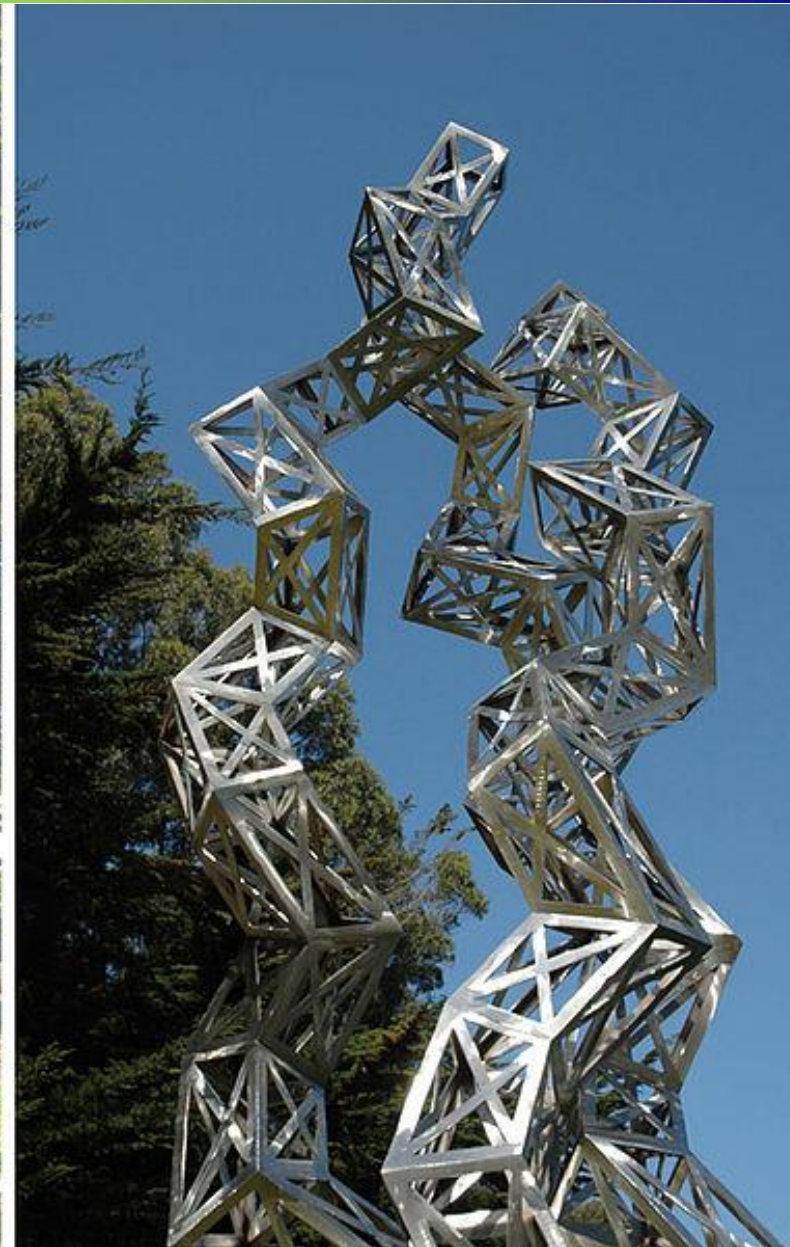


MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – KOLAGEN V UMĚNÍ

Julian Voss-Andreae
"Unraveling Collagen",

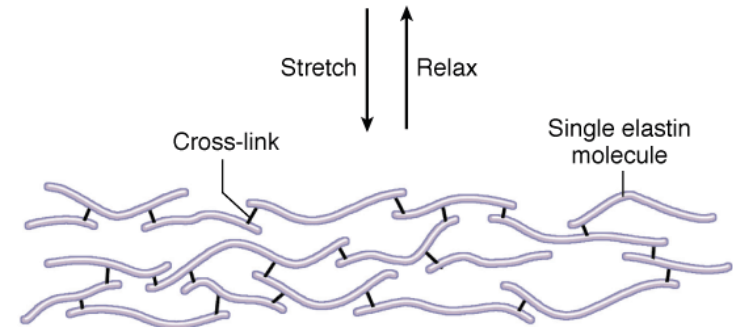
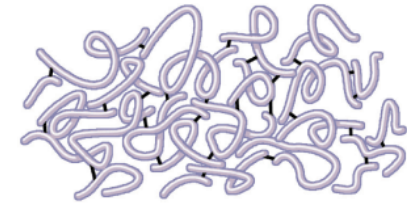
2005

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

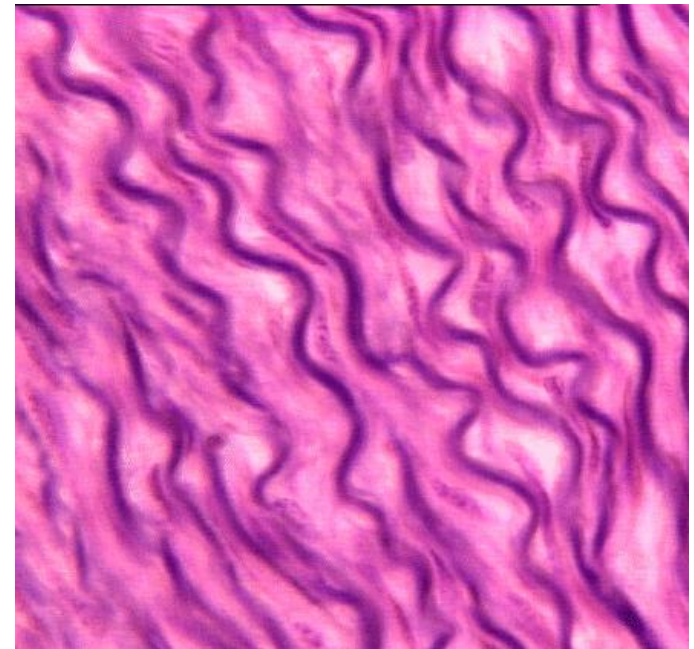
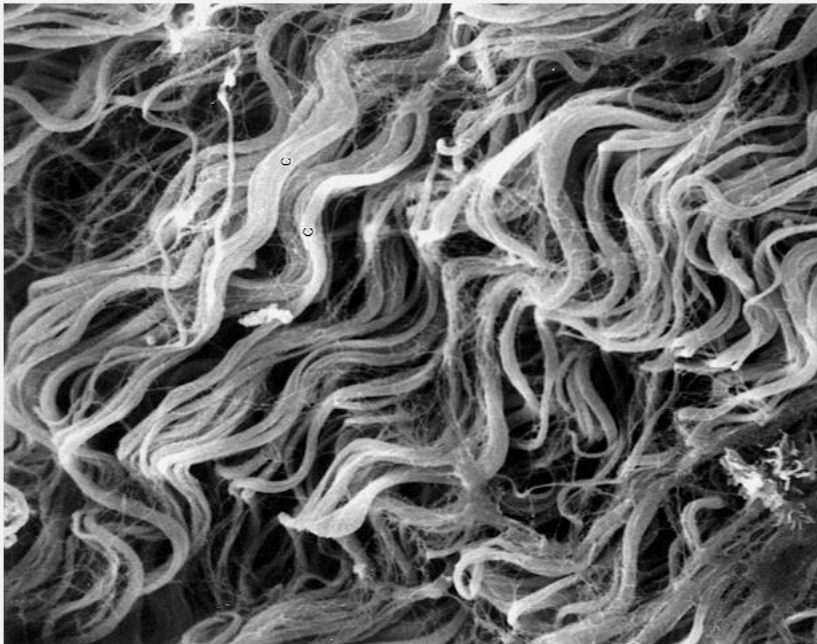


Elastická vlákna

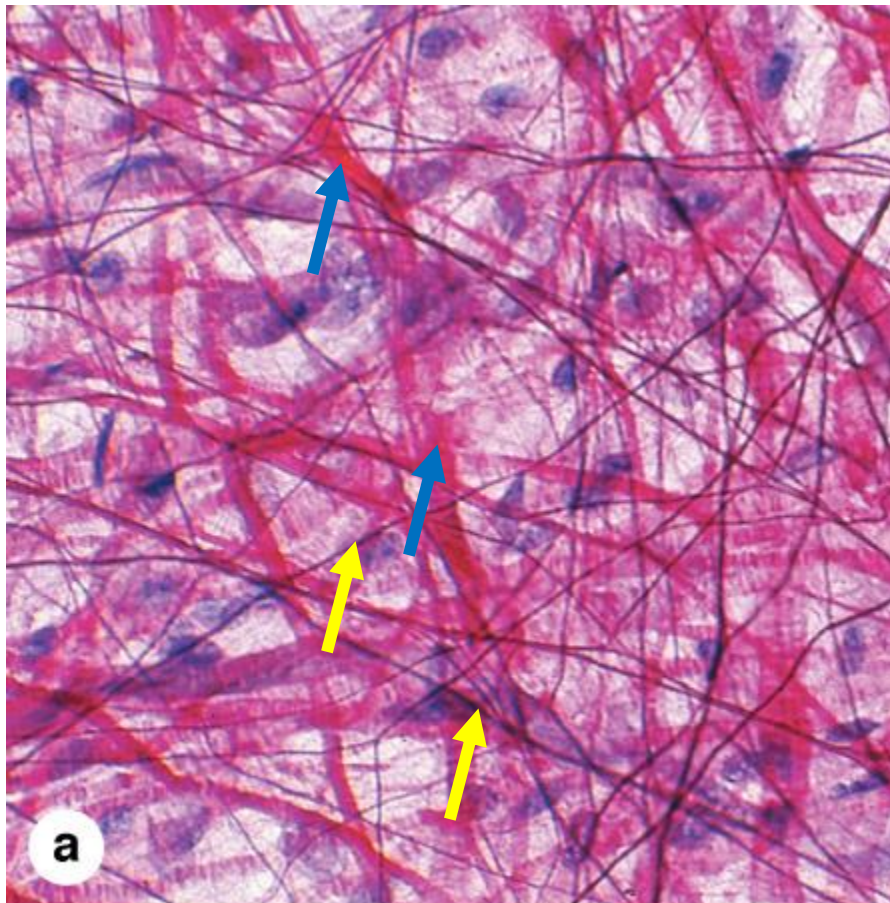
- méně početná než vlákna kolagenní
- polymer – tropoelastin
- desmosin, isodesmozin
- minimální tahová pevnost, při přetažení ztráta pružnosti
- redukuje hysterezi vaziva = díky své pružnosti usnadňuje návrat vaziva do původního stavu po mechanické změně
- fibroblasty, ale i hladké svalové buňky
- **barvení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

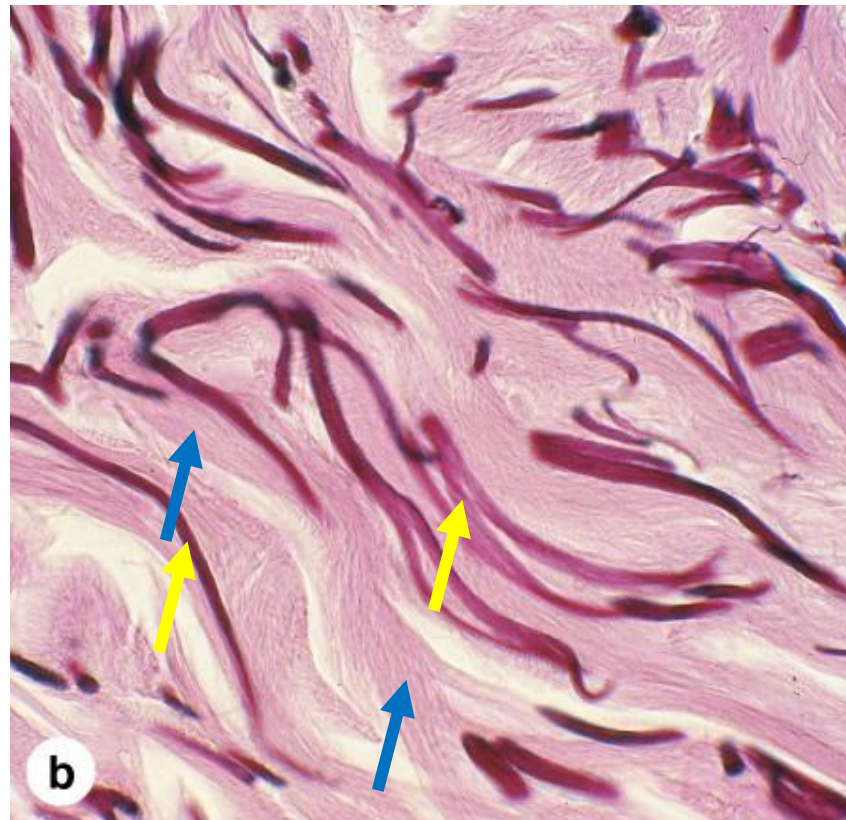


Elastická vlákna



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.



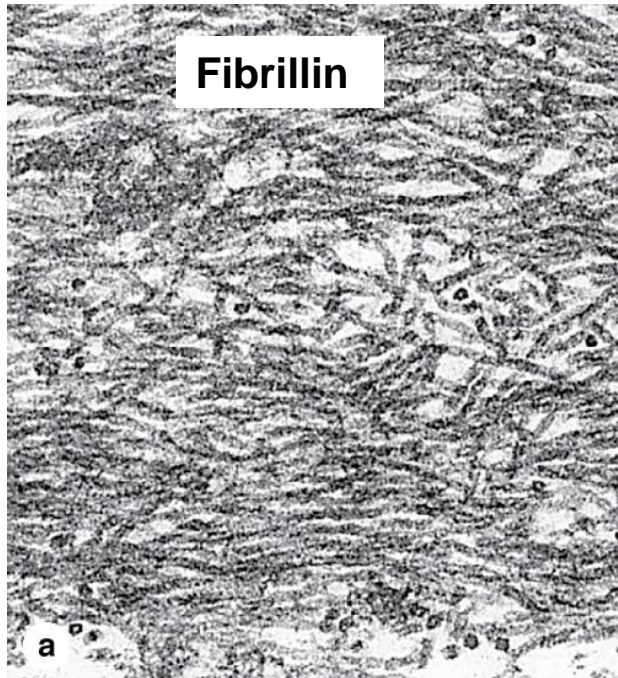
Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>

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

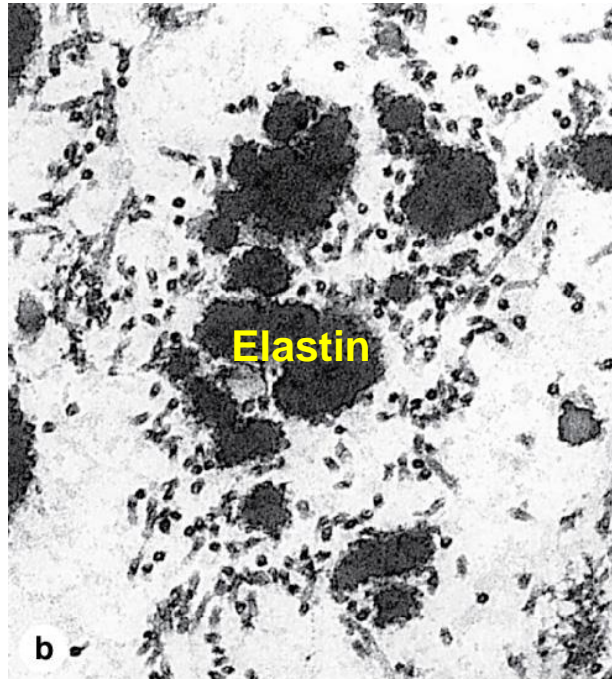
 **Elastin**

 **Kolagen**

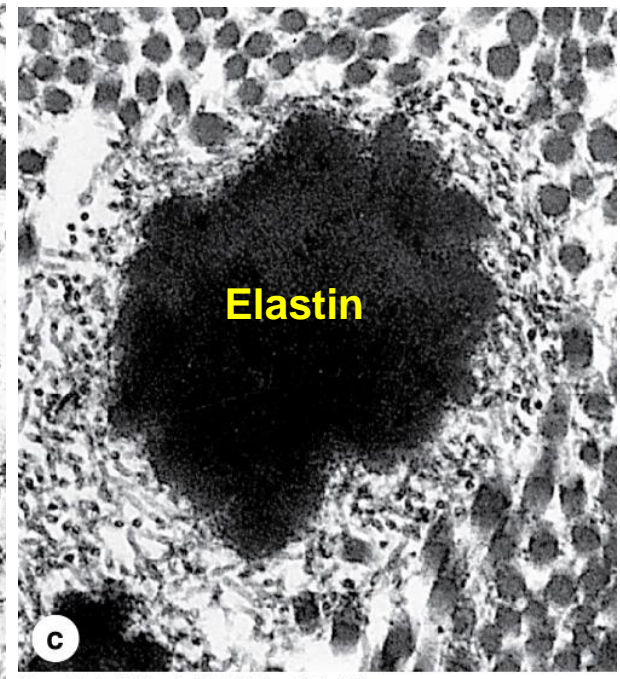
Elastická vlákna



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.

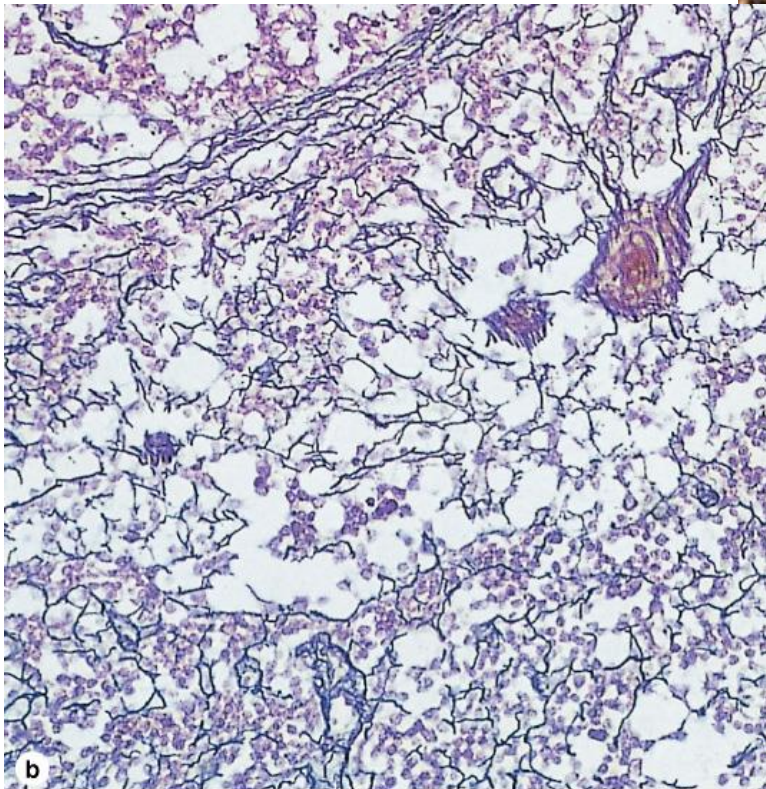
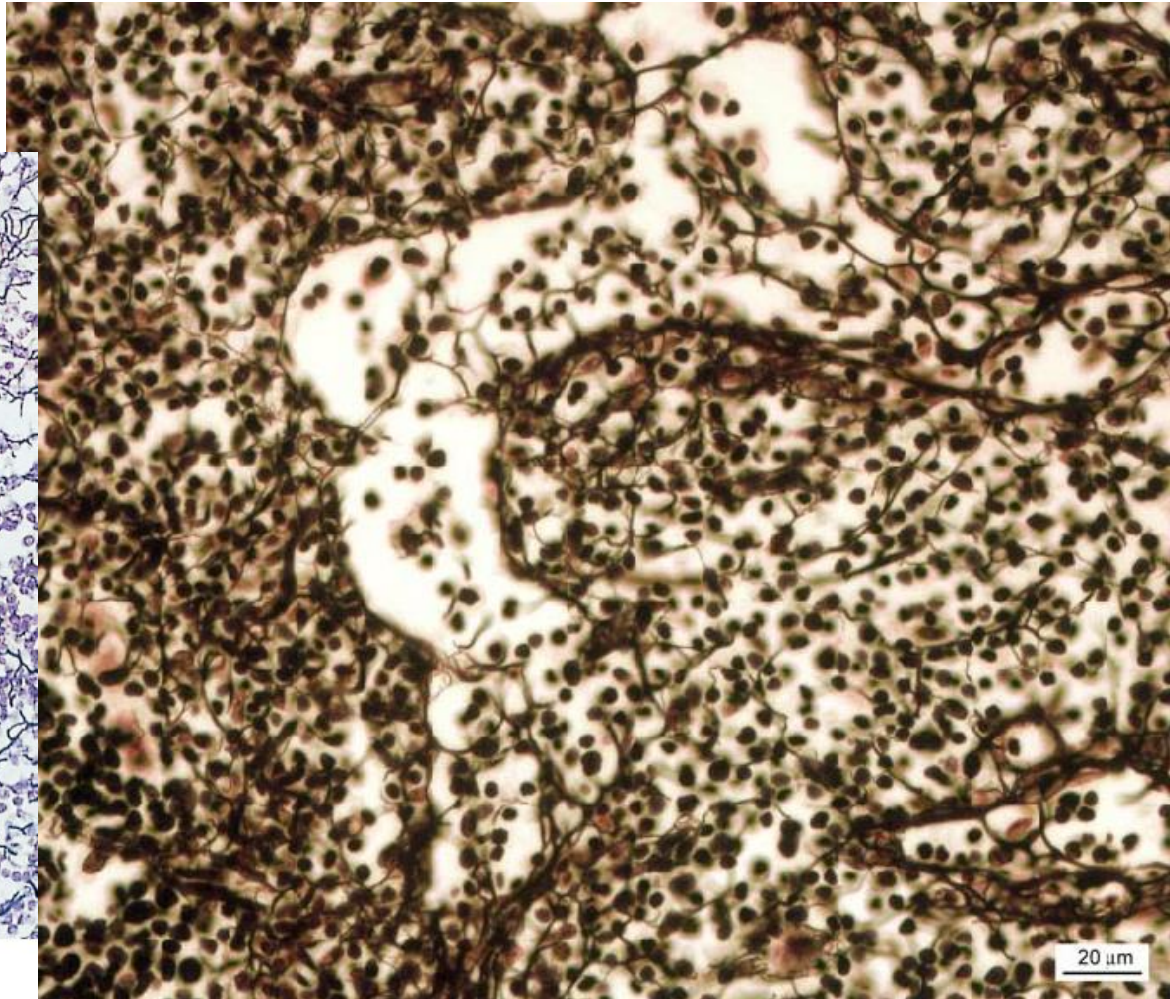


Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

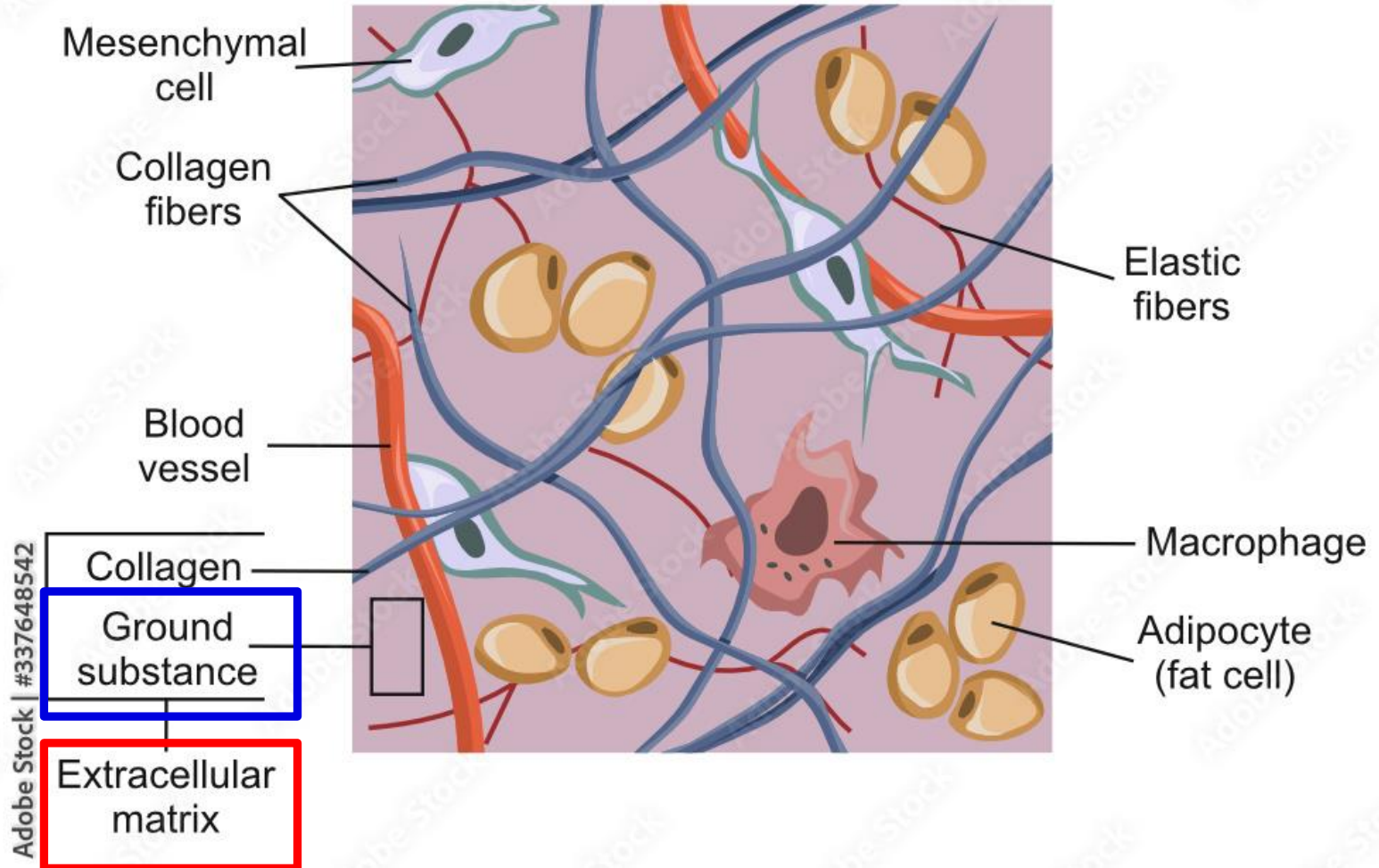
- Podobně jako u kolagenu jsou prekurzory elastinu sekretovány z buňky, kde rychle polymerují.
- Depozita elastinu agregují podél vláken proteinu fibrillinu
- Zastoupení fibrillinu (není elastický) a elastinu určuje elasticitu vaziva

Retikulární vlákna

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



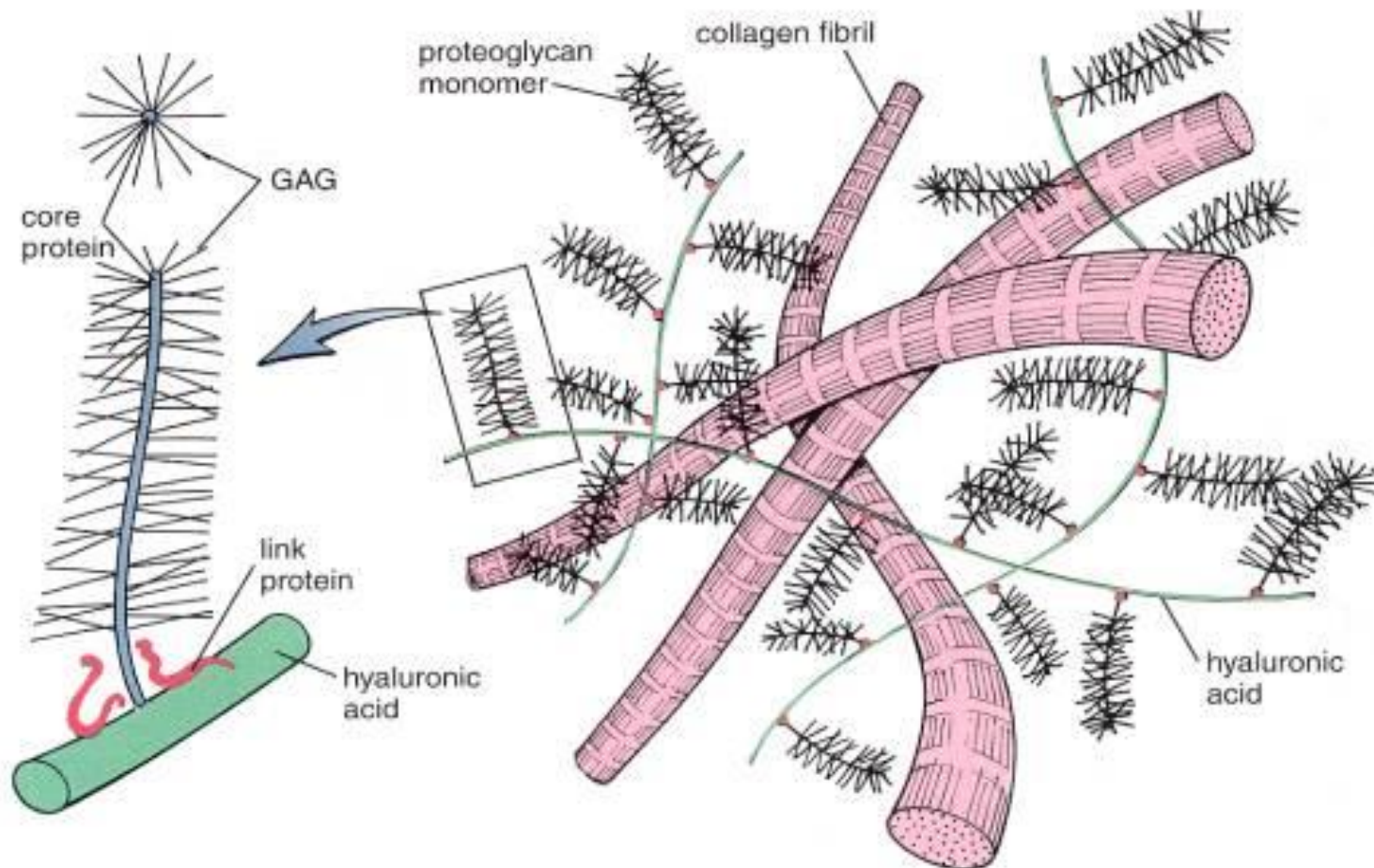
Základní amorfní hmota



MEZIBUNĚČNÁ HMOTA – ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA

Amorfní, mezibuněčná hmota

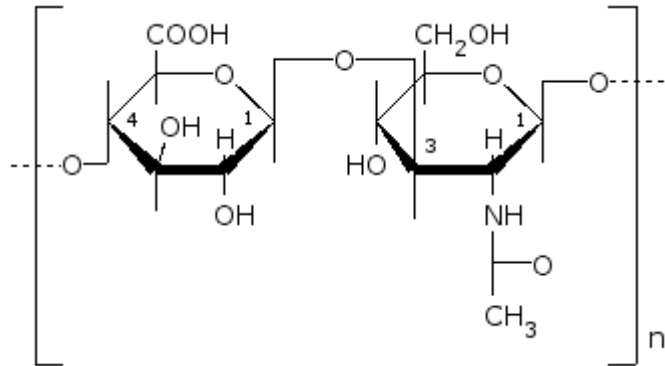
- Bezbarvá, průsvitná homogenní směs glykosaminoglykanů, proteoglykanů a strukturálních glykoproteinů



ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – GAG

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

kys. glukuronová nebo iduronová

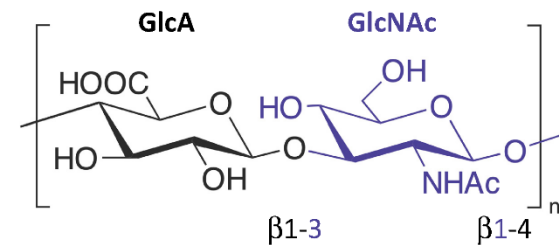


glukosamin nebo galaktosamin

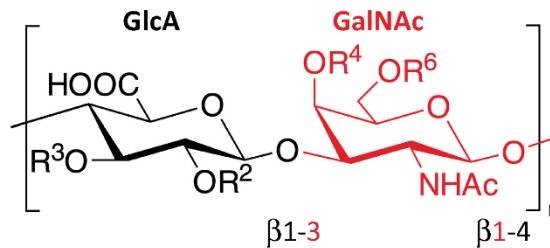
ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – GAG

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

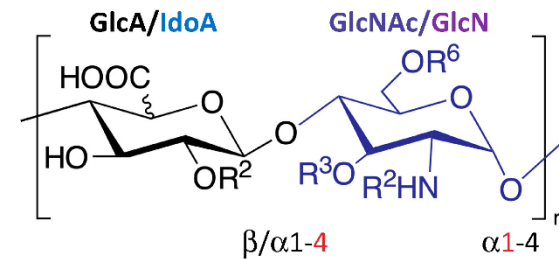
(A) Hyaluronic acid



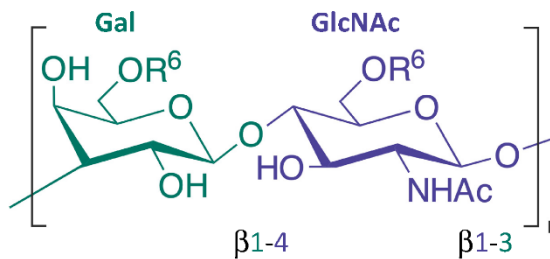
(B) Chondroitin sulfate



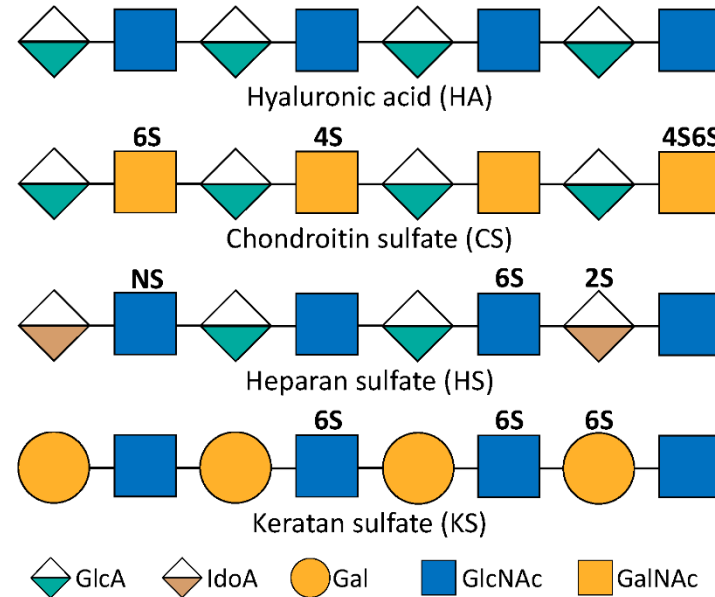
(C) Heparan sulfate



(D) Keratan sulfate



(E) Glycosaminoglycans polysaccharides



ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – GAG

- s výj

Glyk

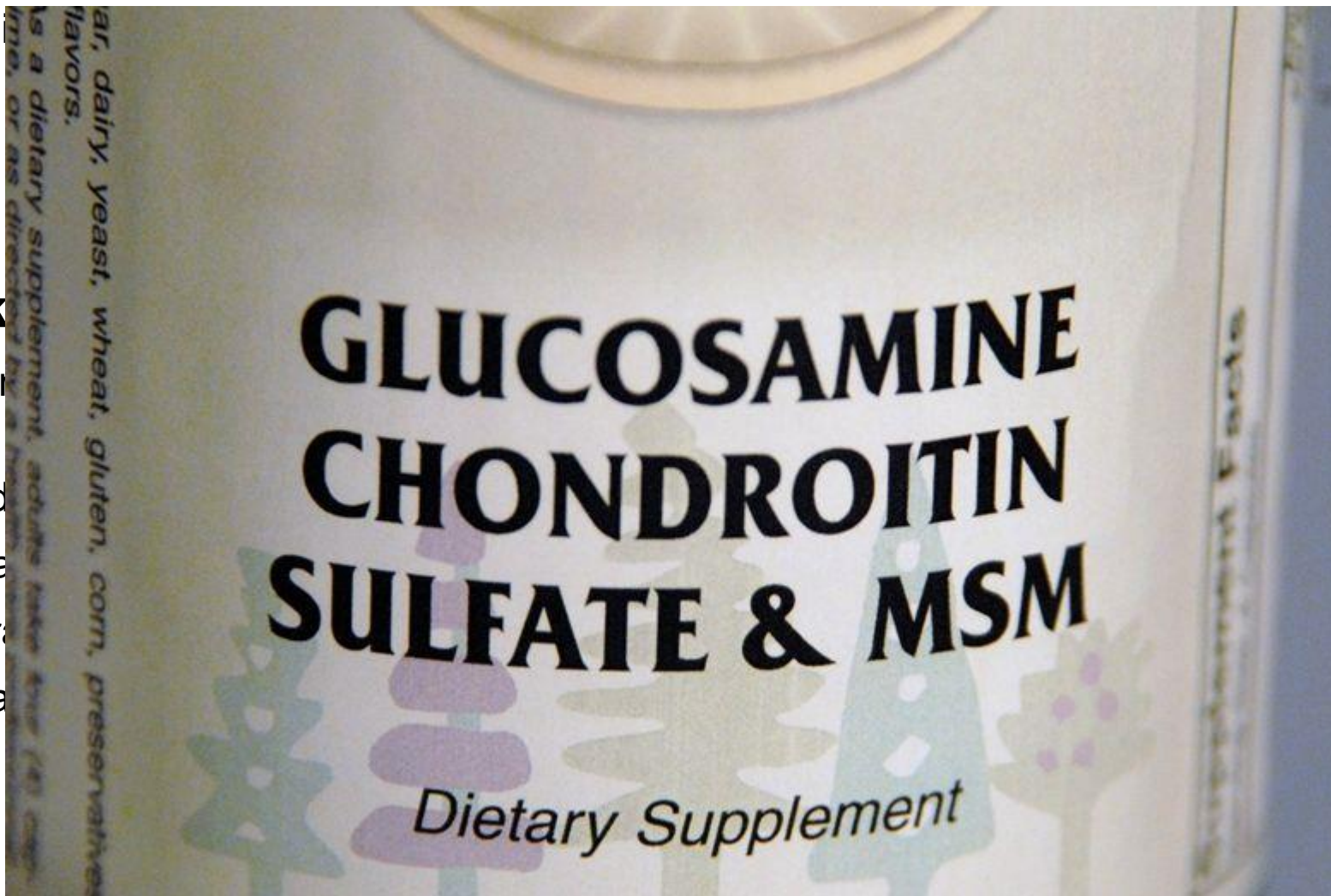
Kyselina

Chond

Derma

Hepar

Kerata



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**

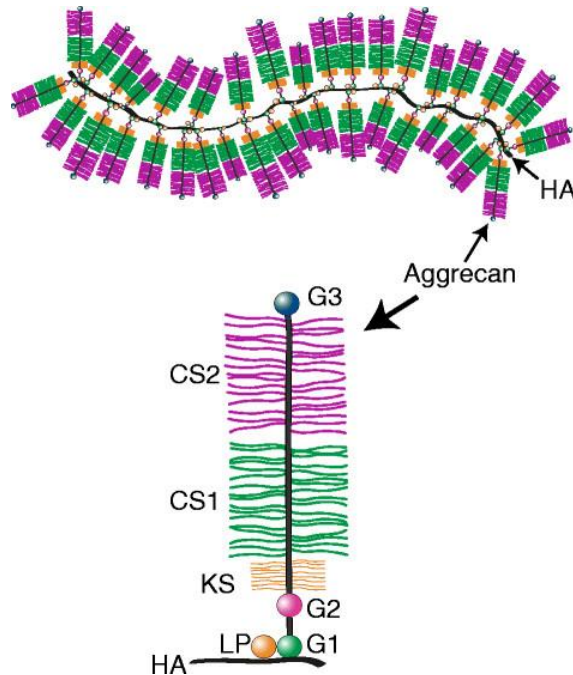
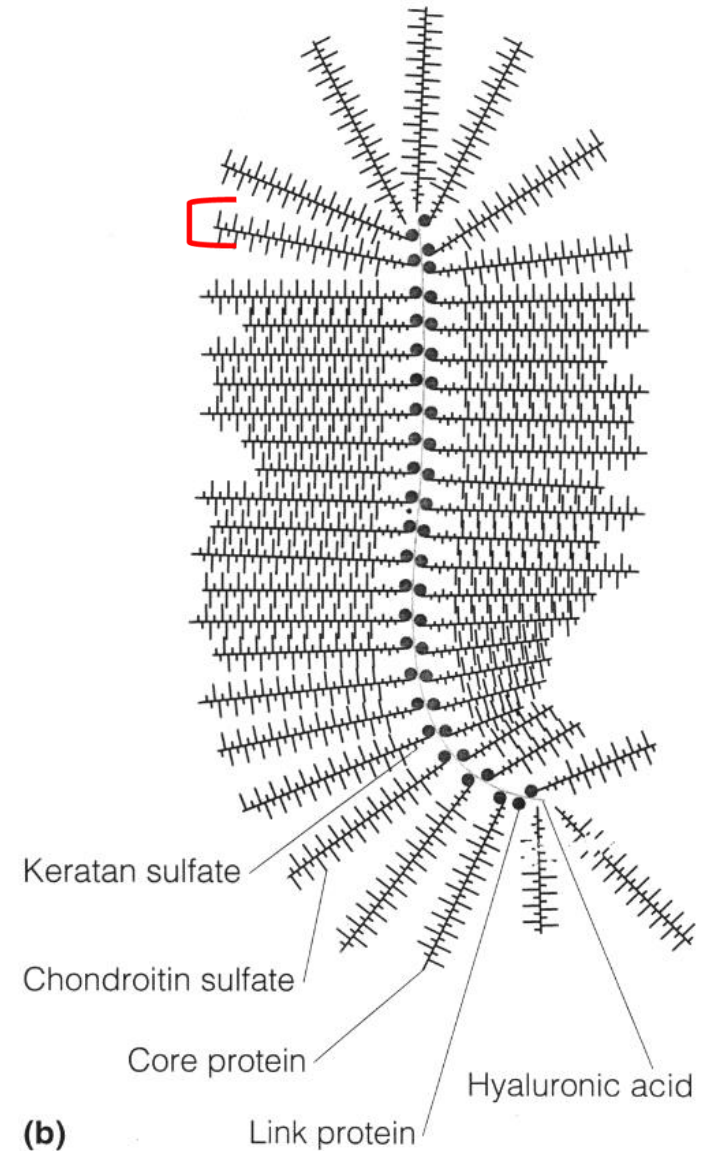
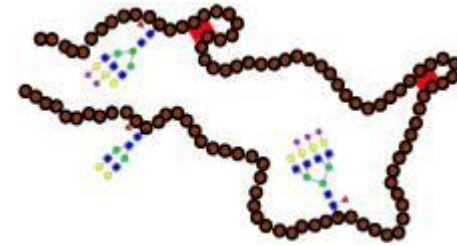


Figure 9.25b Proteoglycan structure in bovine cartilage



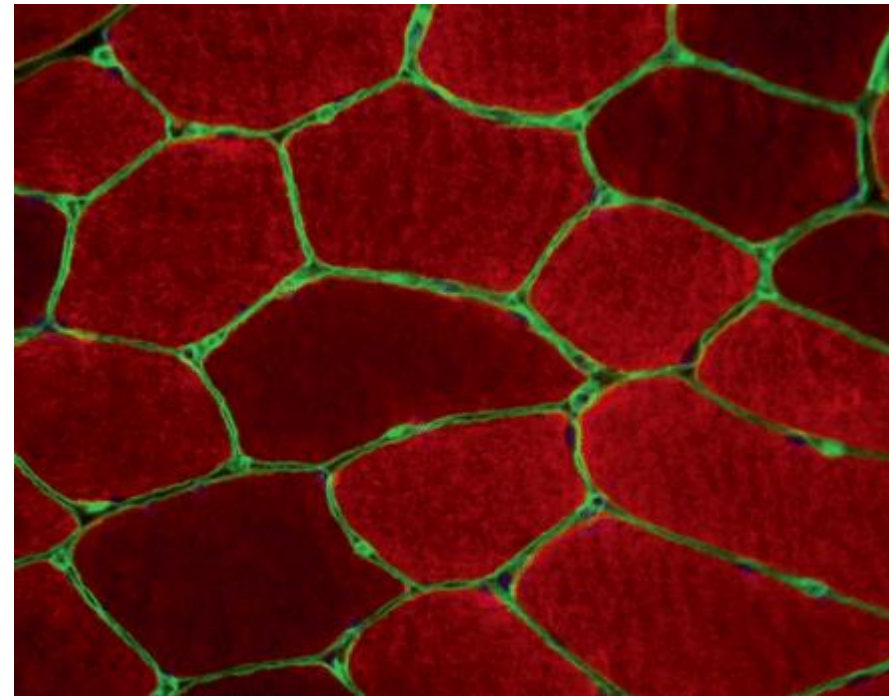
ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – STRUKTURÁLNÍ GLYKOPROTEINY

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



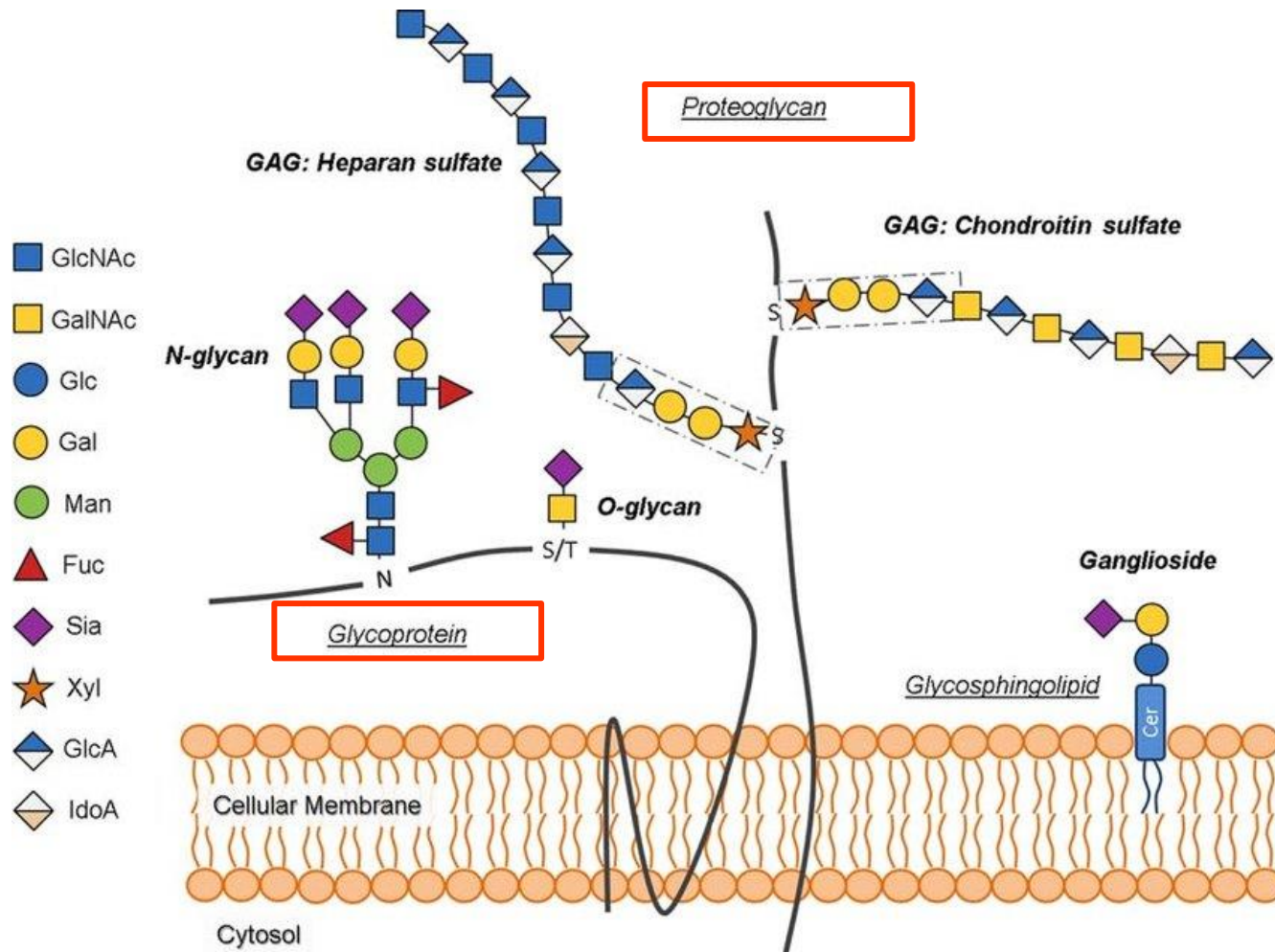
Příklady:

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

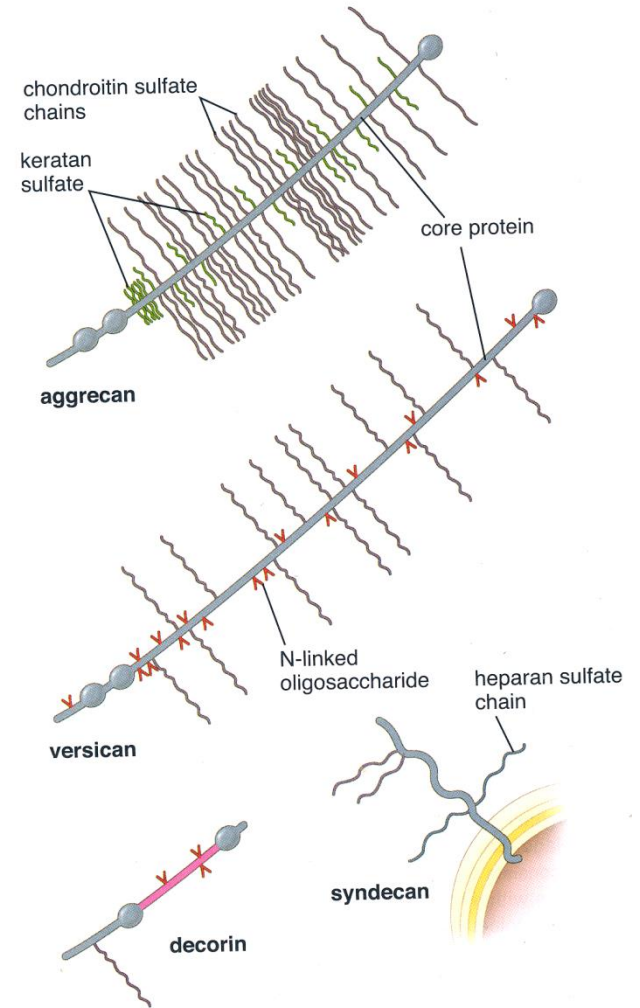
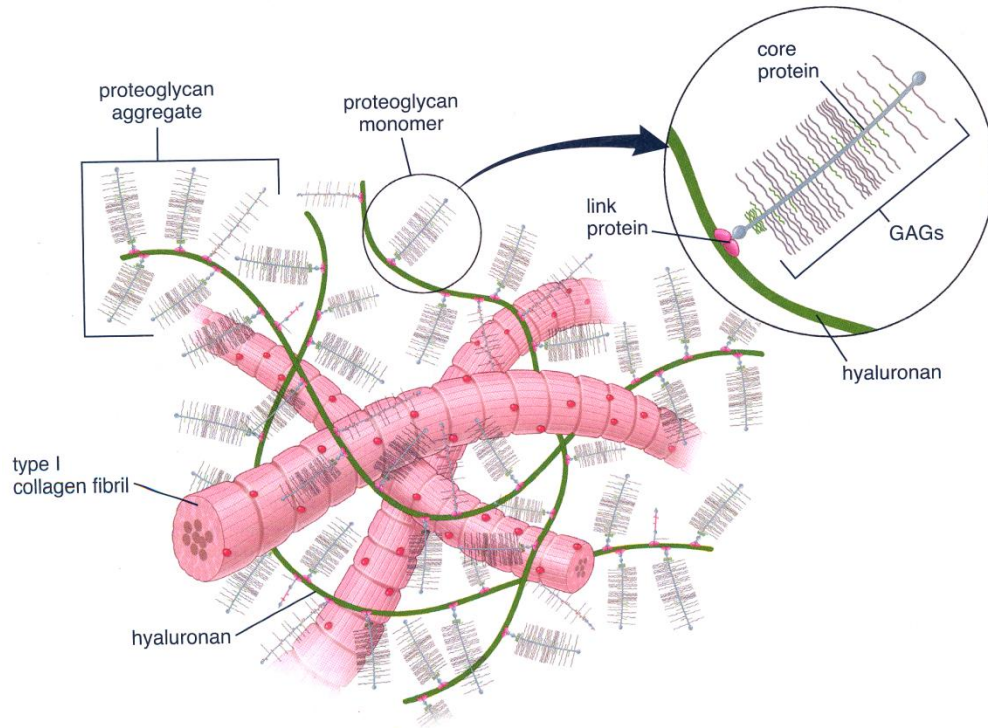


ZÁKLADNÍ AMORFNÍ HMOTA – STRUKTURÁLNÍ GLYKOPROTEINY

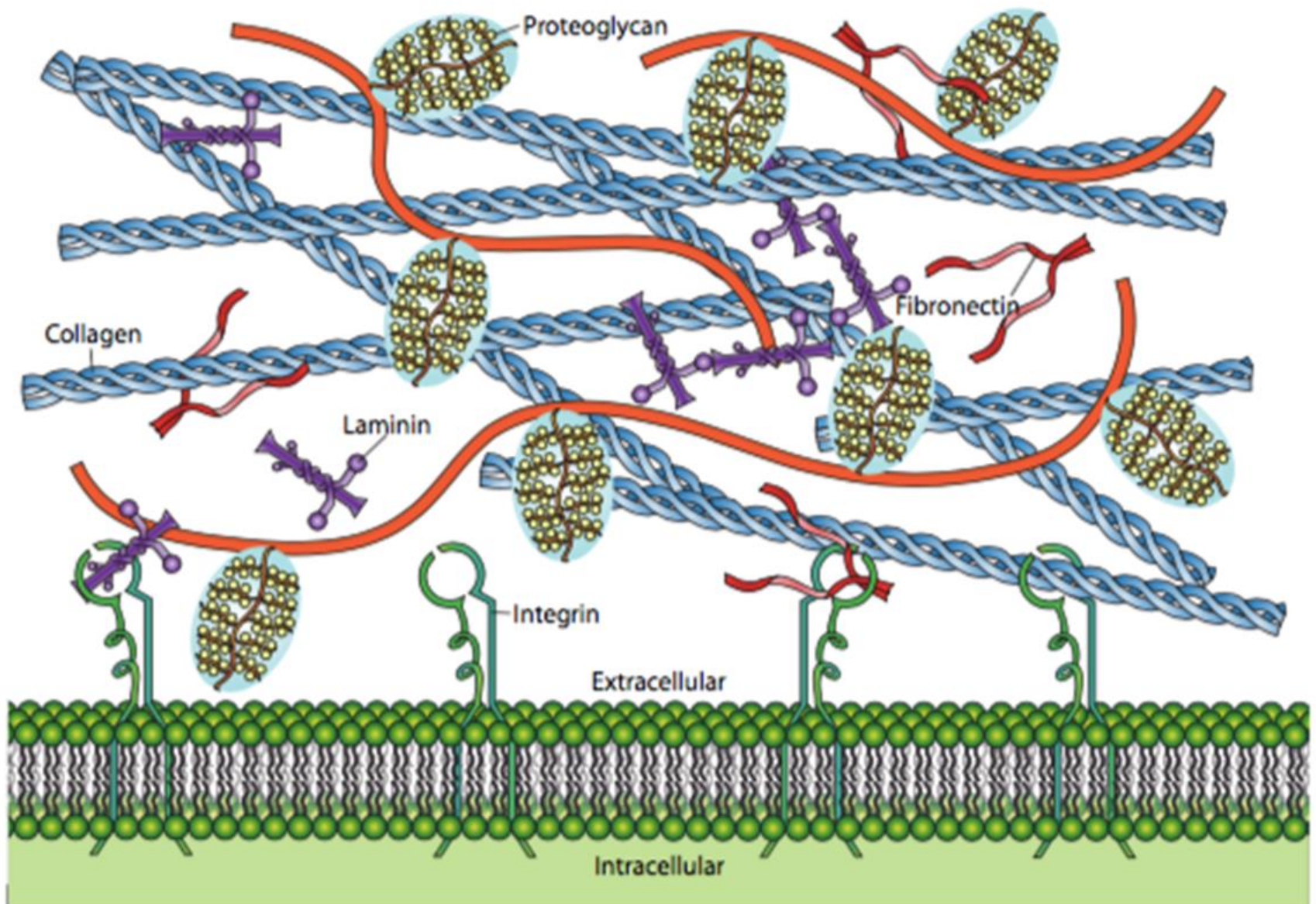
Glykoproteiny vs. proteoglykany



ECM – SHRNUŤÍ



ECM – SHRNUŤÍ



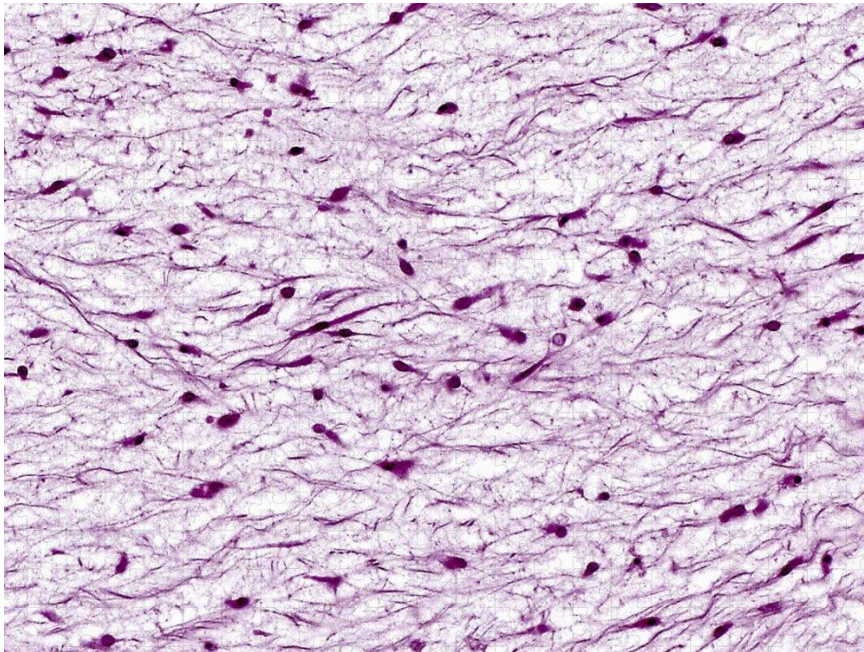
HISTOLOGICKÁ KLASIFIKACE VAZIVA

Embryonální:

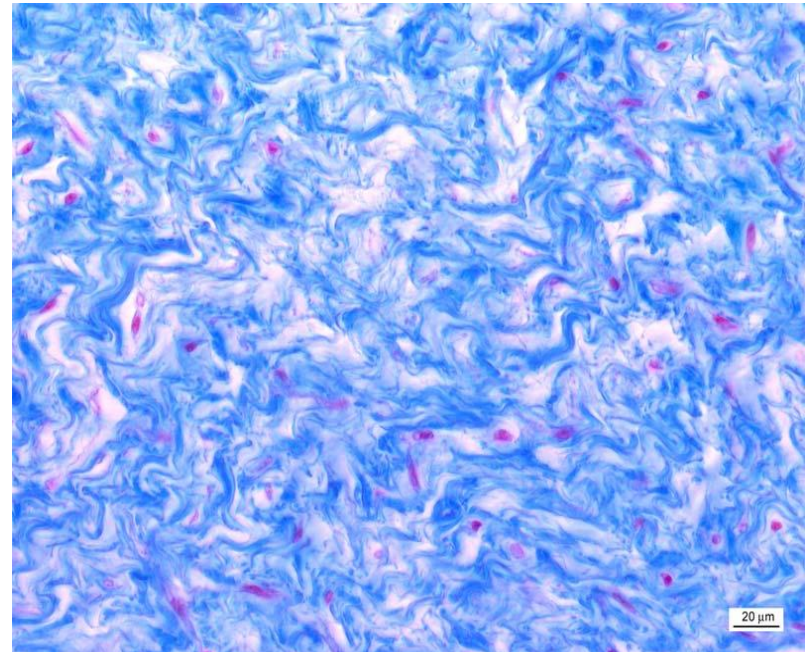
- **Embryonální mesenchym** a **rosolovité vazivo** (Whartonův rosol) **pupečníku**

Postnatální:

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

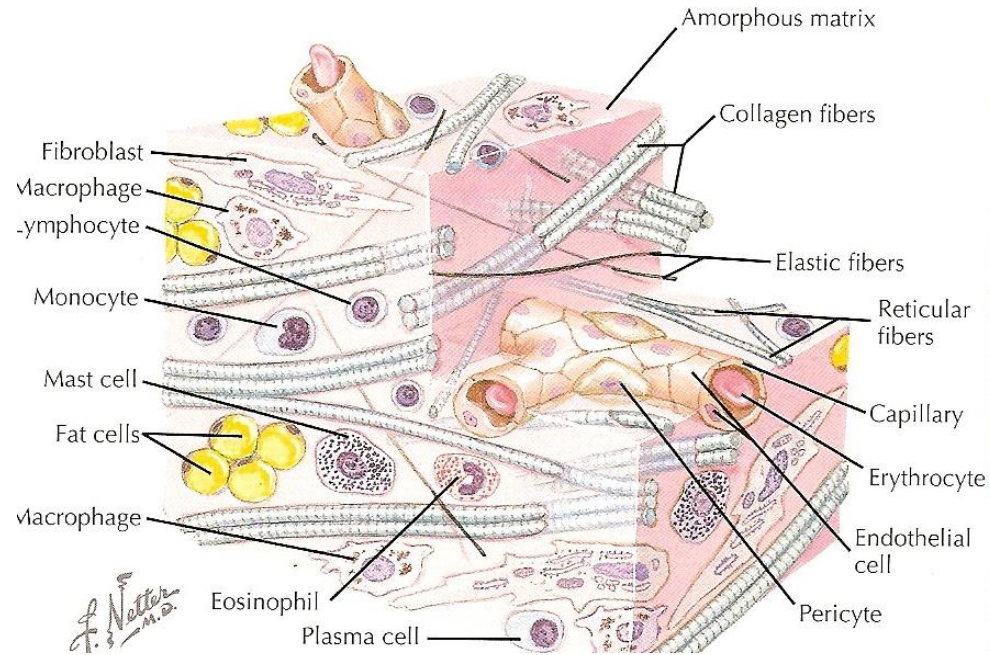


Embryonální mezenchym

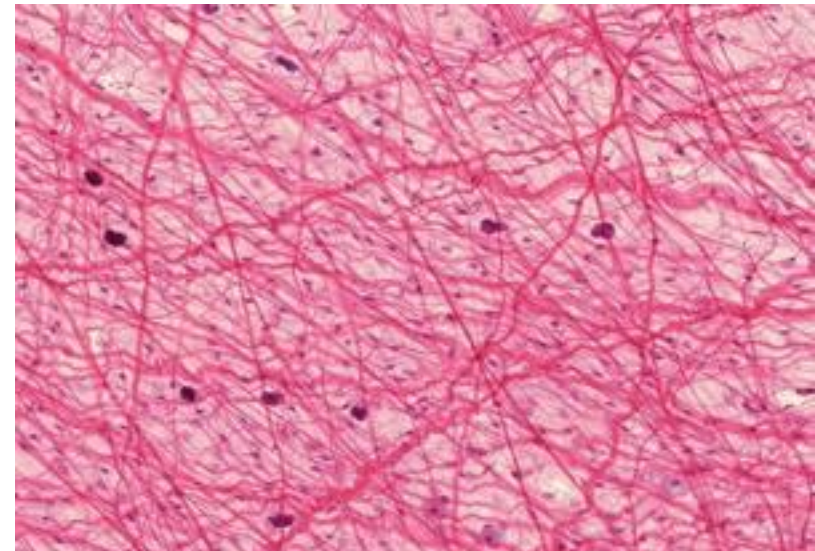


Whartonův rosol

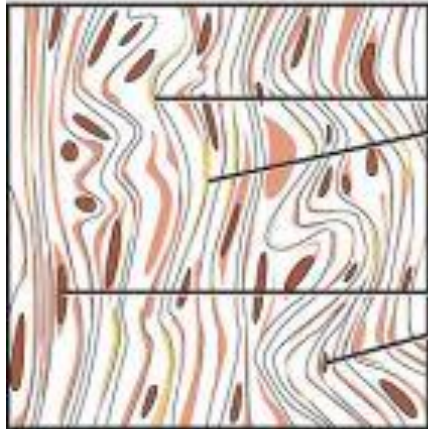
ŘÍDKÉ KOLAGENNÍ VAZIVO



- **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



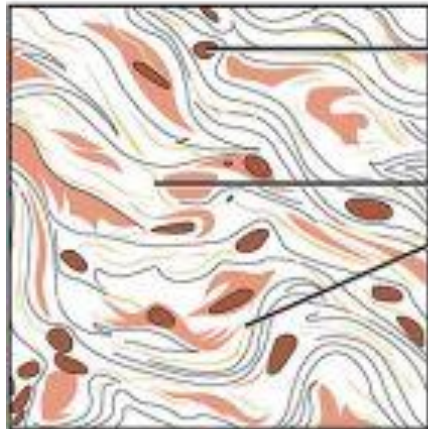
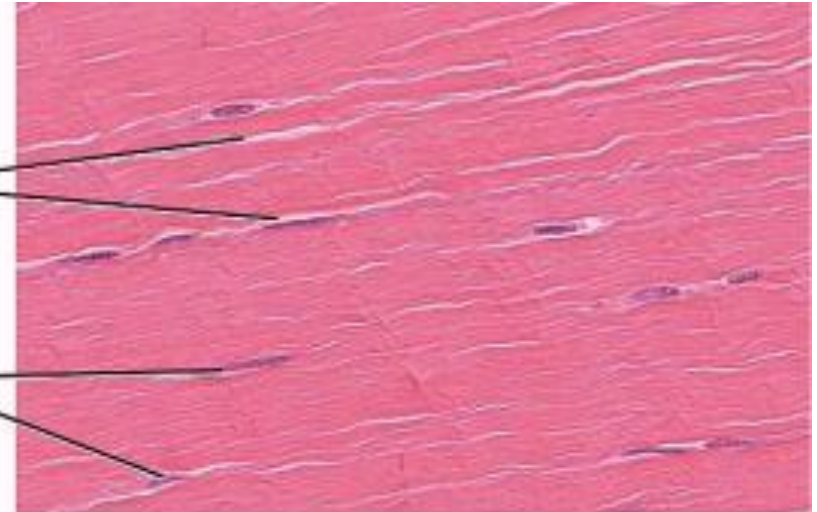
HUSTÉ KOLAGENNÍ VAZIVO



Kolagenní
vlákna

Jádra
fibroblastů

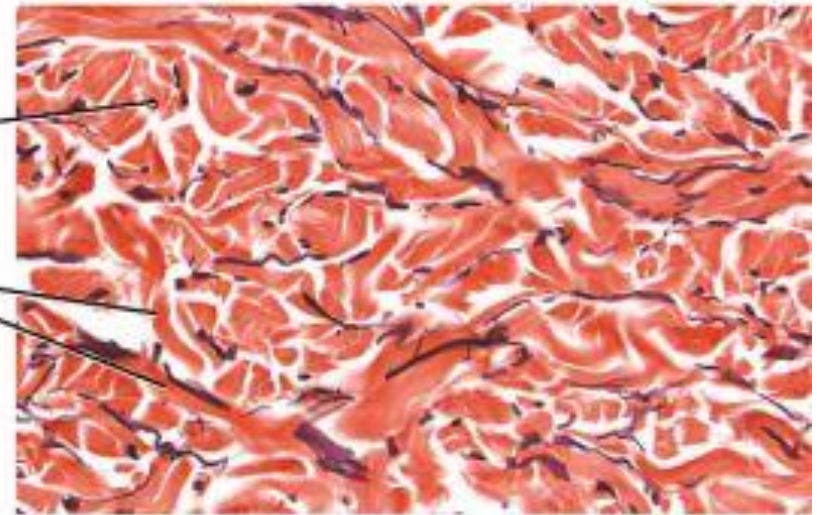
Uspořádané



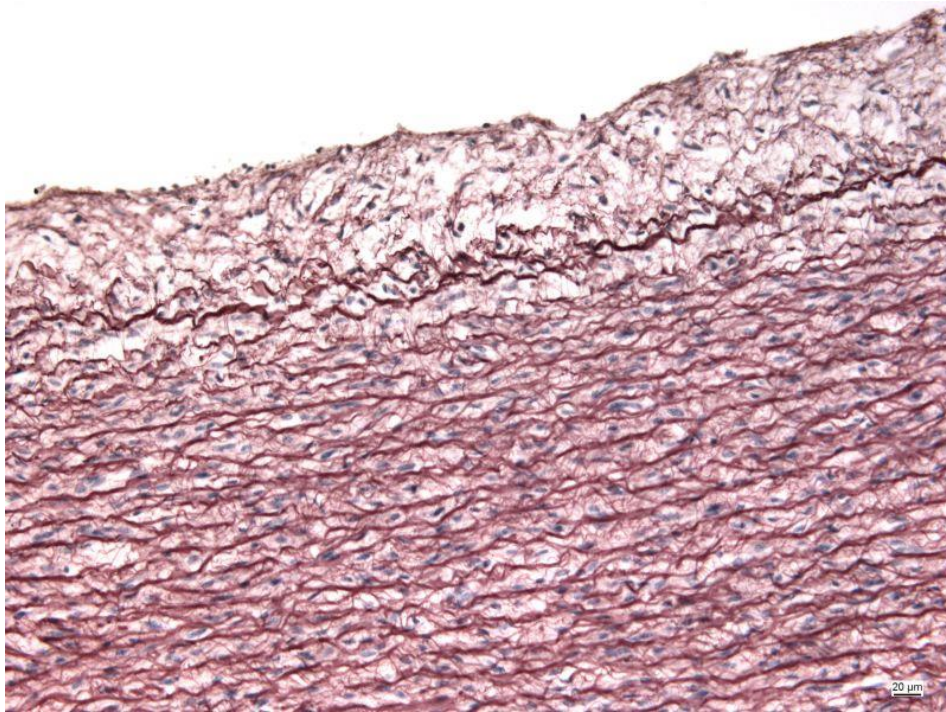
Jádra
fibroblastů

Svazky
kolagenních
vláken

Neuspořádané

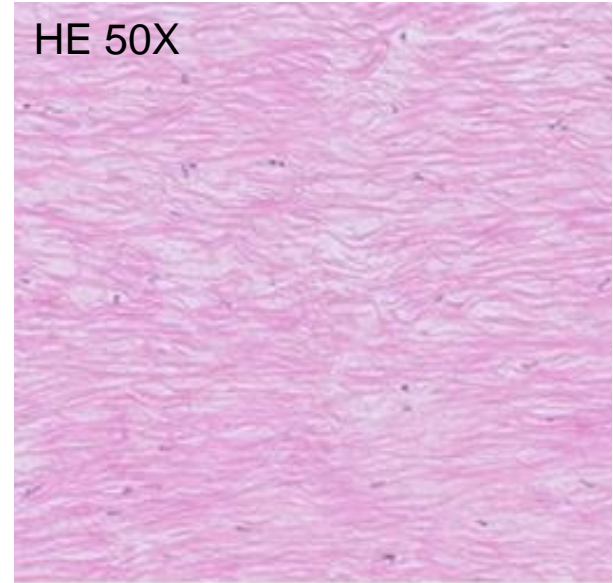


ELASTICKÉ VAZIVO

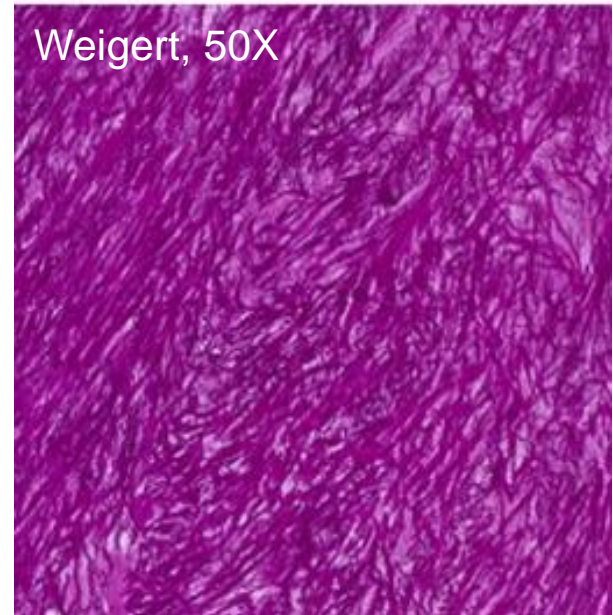


Elastické membrány v aortě

Lig. flava HE 50X



Weigert, 50X



RETIKULÁRNÍ VAZIVO

Niche pro imunitní buňky



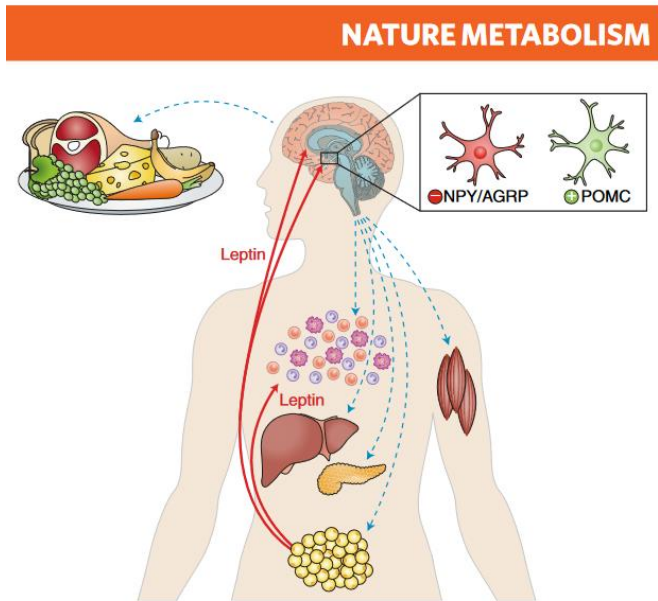
TUKOVÉ VAZIVO

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

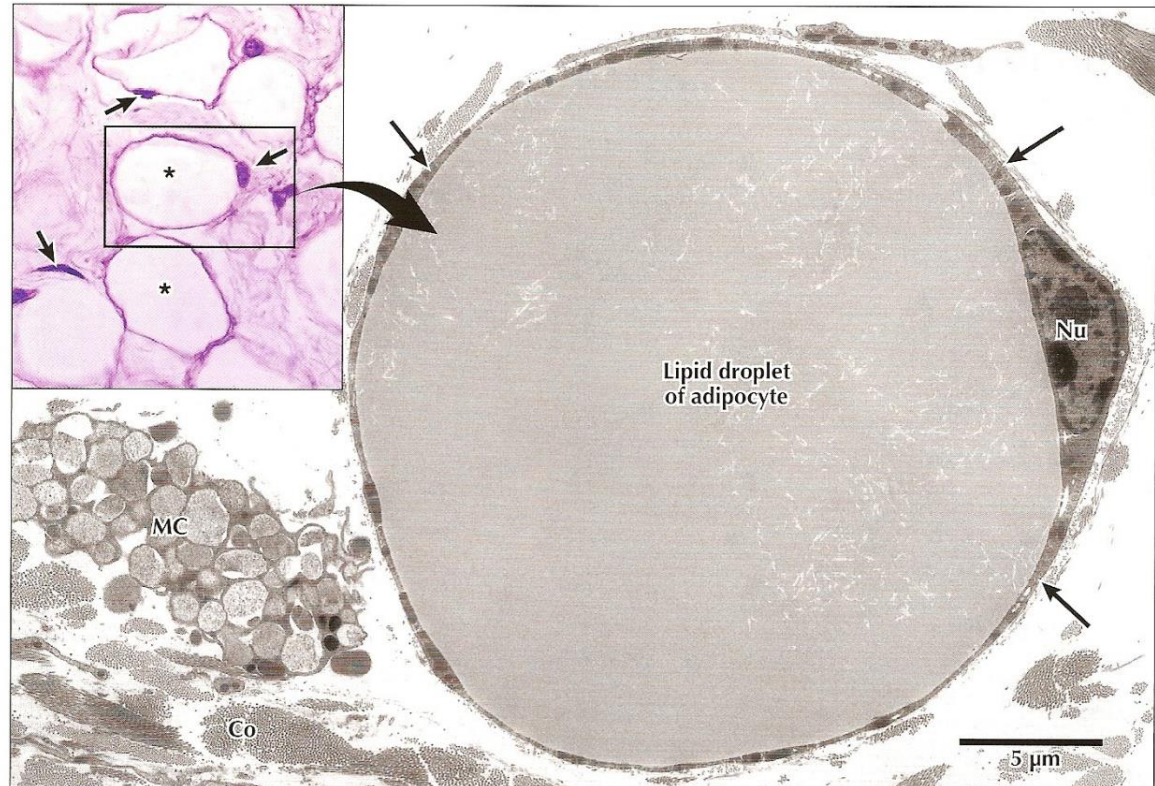


TUKOVÉ VAZIVO – BÍLÁ TUKOVÁ TKÁŇ

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

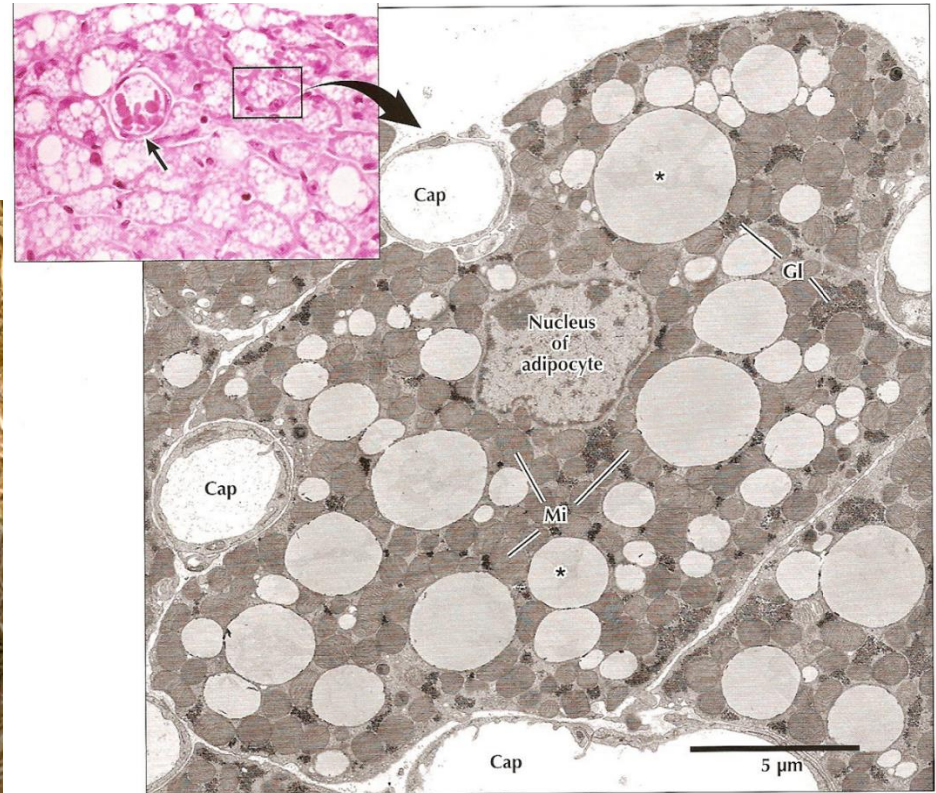
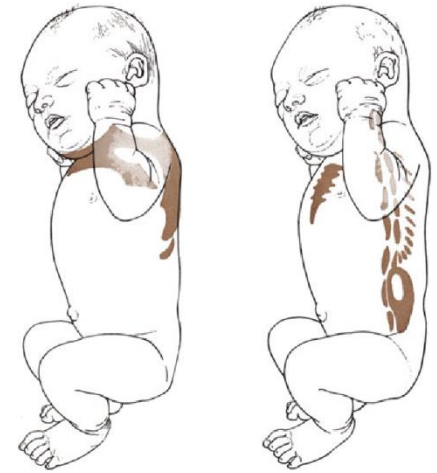


10.1038/s42255-019-0095-y



TUKOVÉ VAZIVO – HNĚDÁ TUKOVÁ TKÁŇ

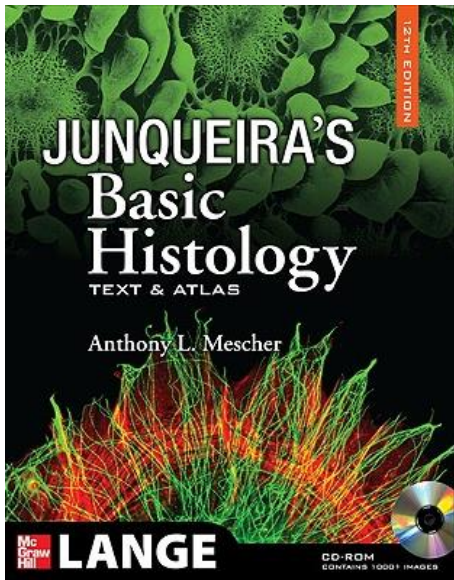
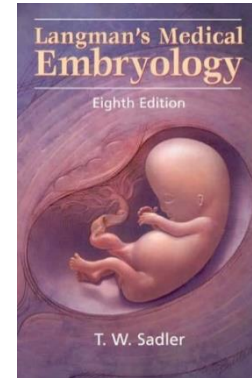
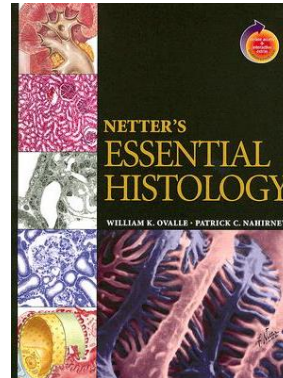
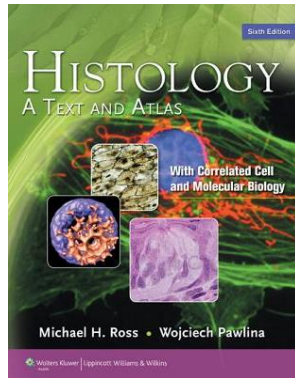
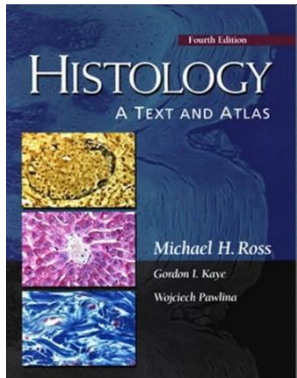
- vyvíjející se fetus a děti do cca 1 roku
- rychlý zdroj energie a tepla
- mezilopatkový prostor
- malé buňky s početnými lipidovými kapénkami



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	

DOPORUČENÁ LITERATURA



ATLAS OF HISTOLOGY FM MU
DEPARTMENT OF HISTOLOGY AND EMBRYOLOGY, FACULTY OF MEDICINE, MASARYK UNIVERSITY
PETR VAŇHARA ET AL.

Introduction	General Histology	Microscopic Anatomy	Practical test

1 Cell ultrastructure
2 Epithelial tissue
3 Connective tissue
4 Muscle tissue
5 Nerve tissue
6 Blood morphology and hematopoiesis

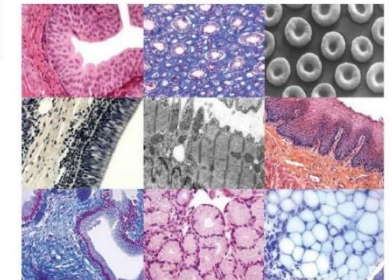
General histology explains how cells and acellular components assemble into tissues and defines the basic properties of individual tissue types. Building on morphology of cells as well as on their molecular makeup, general histology provides indispensable theoretical ground for microscopic anatomy (structure of organs and organ systems) and for embryology (body development).

www.histology.med.muni.cz
pvanhara@med.muni.cz



Guide to General Histology and Microscopic Anatomy

Petr Vaňhara, Miroslava Sedláčková,
Irena Lauschová, Svatopluk Čech, Aleš Hampel



Masaryk University, Brno 2017

DĚKUJI ZA POZORNOST