

OPORNÁ POJIVA

CHRUPAVKA

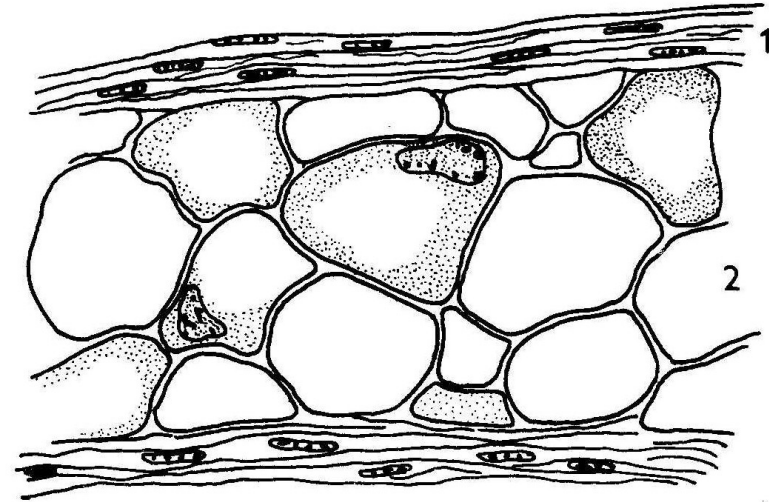
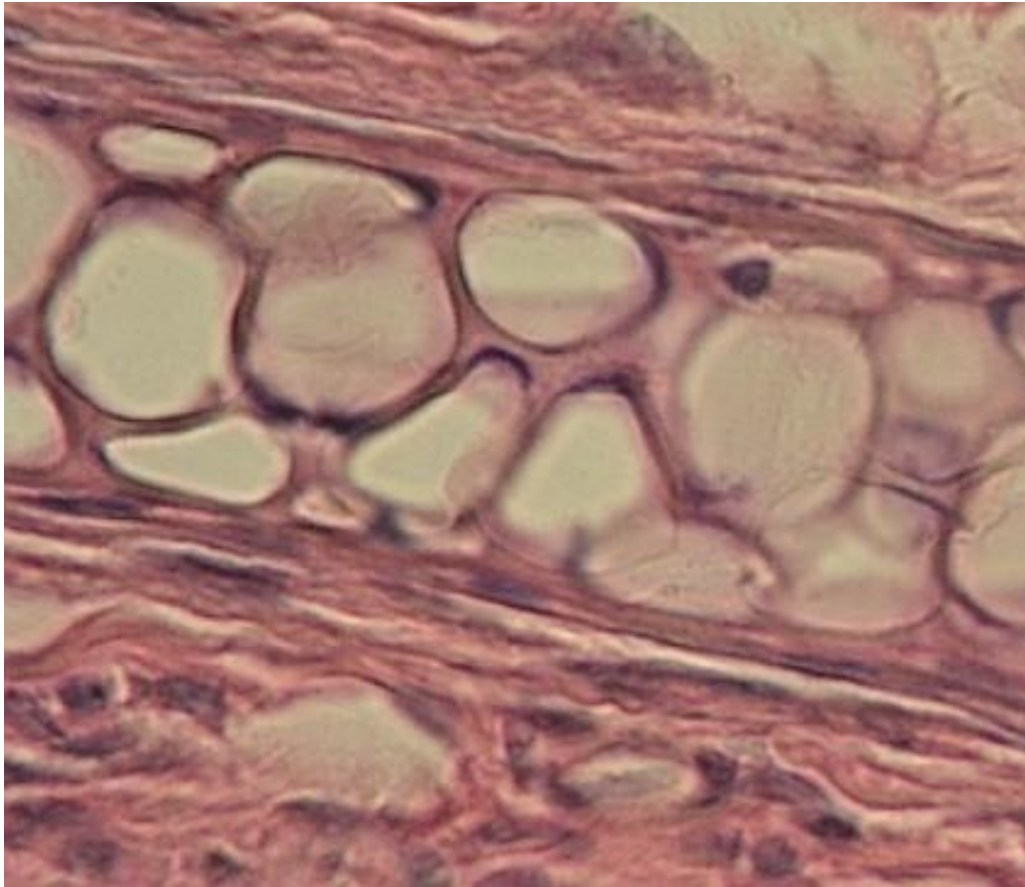
a) Primitivní typy chrupavek

CHONDROIDNÍ TKÁŇ

- Silné svazky kolagenních vláken, malé množství základní hmoty
- Chondroidní buňky – oválné, mají značný turgor
- Výskyt:
 - tvoří některé součásti kostry kruhoústých a kostnatých ryb
 - v kloubních meniscích, v pouzdrech některých šlach
 - je zárodečnou chrupavkou některých vyšších obratlovců

PARENCHYMOVÁ CHRUPAVKA

- Vnitřní stavba jako u chondroidní tkáně
- Cytoplazma vyplněna velkou tukovou kapkou
- př. :v ušním boltci některých hlodavců



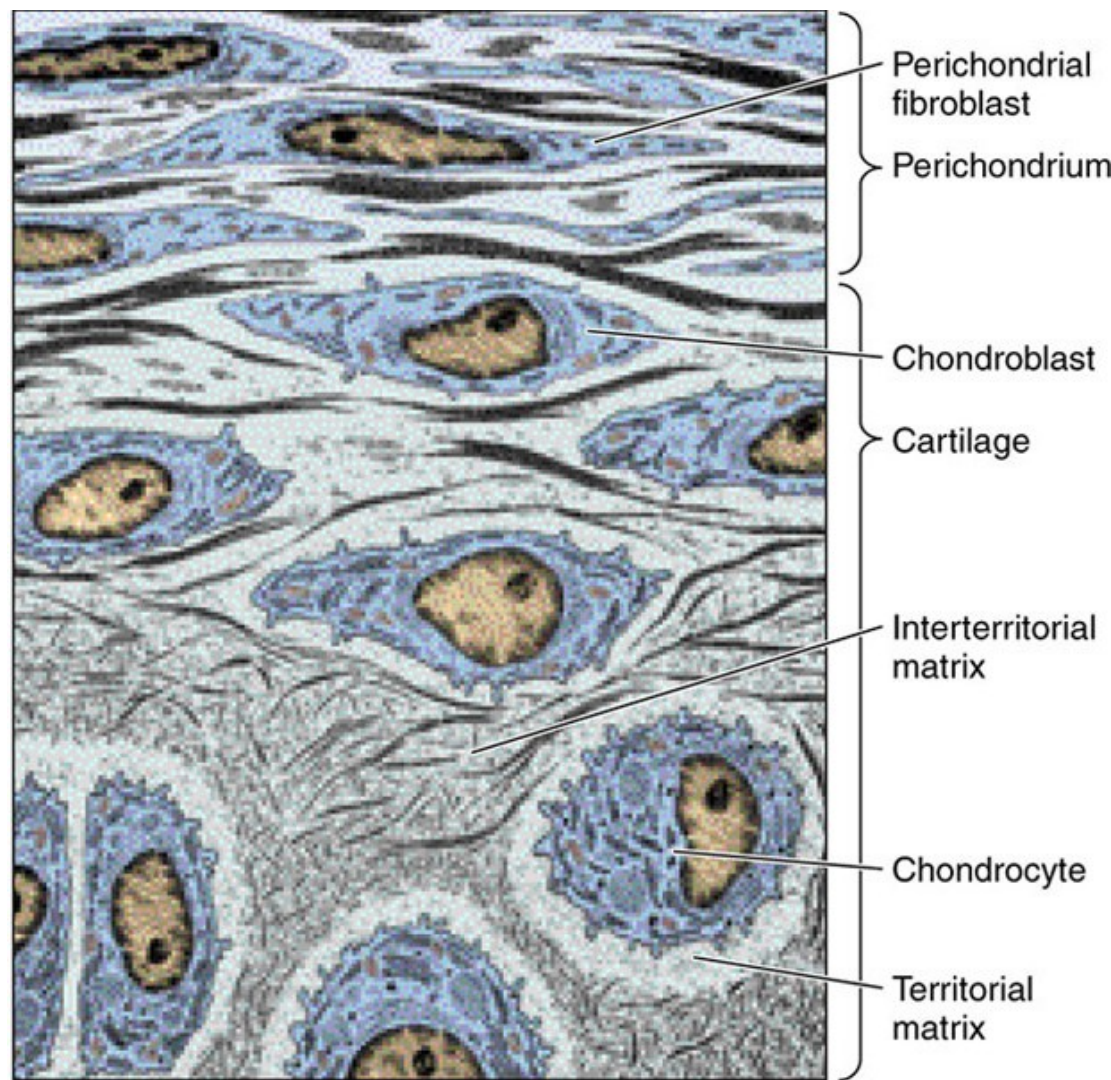
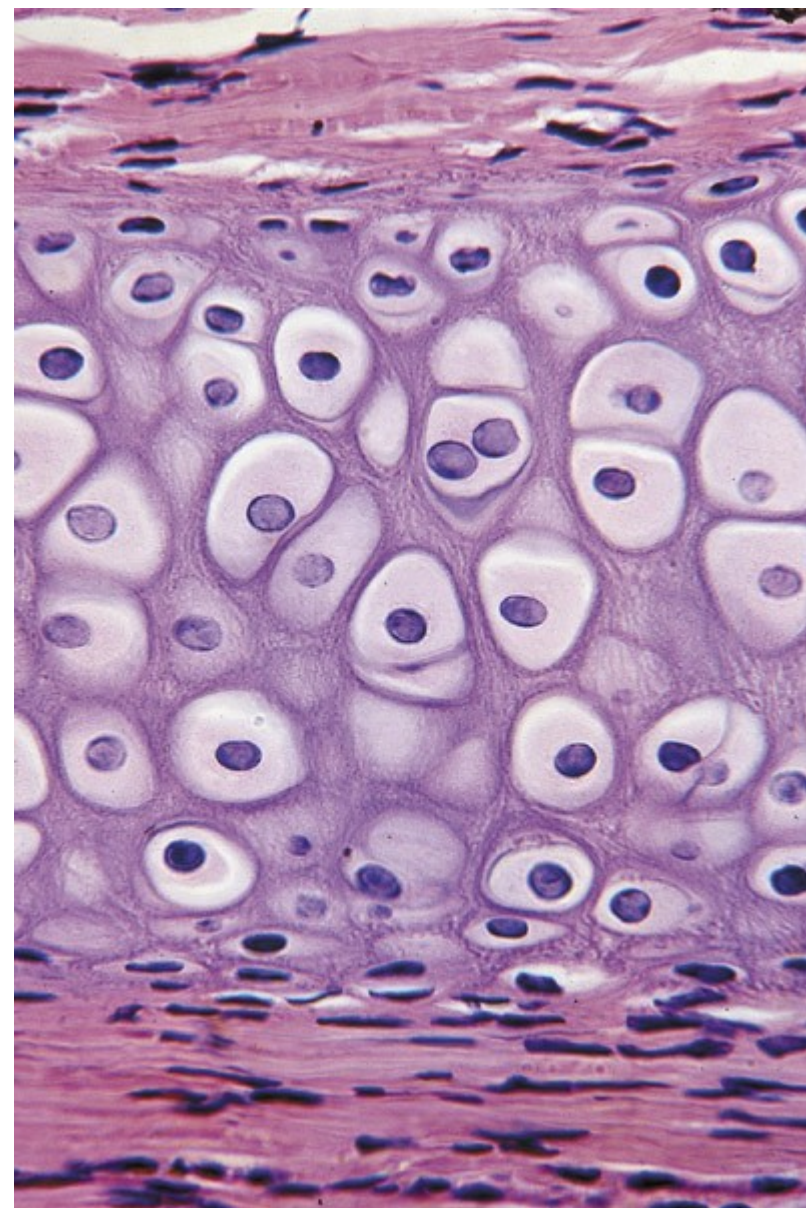
Parenchymová chrupavka z ušního boltce hlodavce. 1 – perichondrium;
2 – chrupavkové buňky. Mezibuněčné hmoty je nepatrné množství.

b) Pravá chrupavka (cartilago)

- Vznik z nediferencovaného mezenchymu
- **Mezenchymové buňky** – diferenciace na **chondroblasty** – intenzivní dělení, zakulacování
- **Produkce mezibuněčné hmoty** – kapsule kolem chrupavčité buňky
- Produkce kolagenních vláken – v prostoru mezi kapsulemi
- Základní stavební jednotka: **chondron** (kapsule + chrupavčítá buňka)
- Proliferace chondroblastů, mitotické dělení, diferenciace na **chondrocyty** – tvoří **izogenetické skupiny** (nemohou se od sebe vzdálit, jsou obklopeny mezibuněčnou hmotou).
- Na povrchu chrupavky – **ochrustavice (perichondrium)** – vazivová pochva (mnoho kolagenních a elastických vláken) s cévami a nervy. (perichondrium není u vazivové chrupavky)
- Chrupavka je bez cév (výživa difúzí) a bez inervace.
- **Přirůstání: apozicí z perichondria**
fibroblasty (z perichondria) – chondroblasty – jejich sekrecí – rozšíření do všech stran

HYALINNÍ CHRUPAVKA

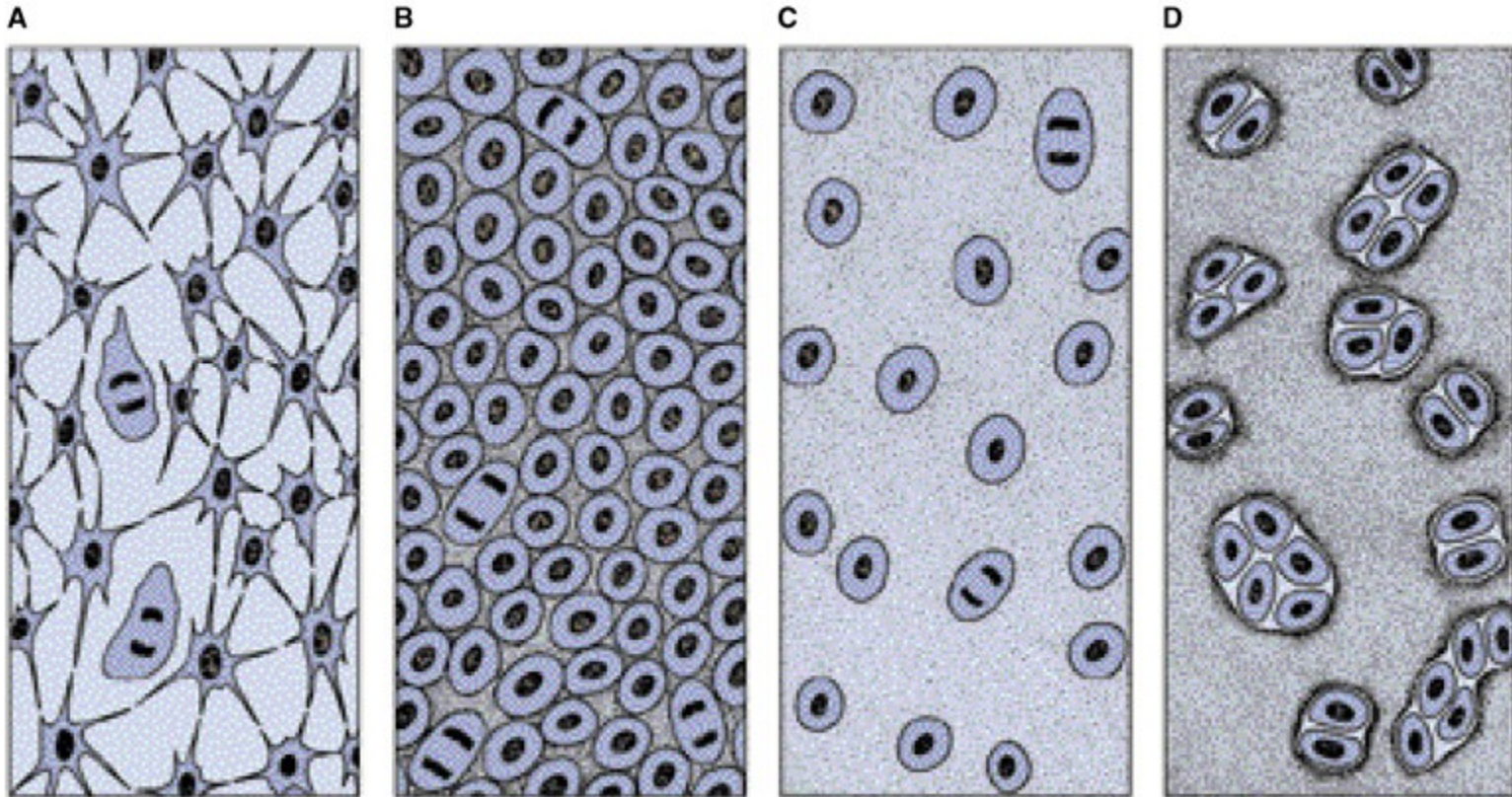
- Průsvitná, namodralá, pevná, ale křehká
- Nejrozšířenější
- **Velké izogenetické skupiny** – 2-8 chondrocytů
- Kolem izogenetické skupiny vrstvička bazofilní základní hmoty – **dvorec**, mezi dvorci světlejší **interteritoriální hmota**
- Kolagenní vlákna – maskována amorfní základní hmotou – nejsou na preparátu vidět (nutný polarizační mikroskop), pravidelné uspořádání
- Mezibuněčná hmota může **vápenatět** – ukládáním solí – u paryb (celý život chrupavčitá kostra)
- **Výskyt:**
 - u mnohoštětinatců, měkkýšů, hlavonožců
 - obecně – chrupavčitá embryonální kostra všech obratlovců
 - v dospělosti: v hrtanu, průdušnici, na koncích žeber, nosní přepážka, kloubní plošky...



Hyalinní chrupavka

Chondrocyty v lakunách z matrix, izogenetické skupiny.

Histogeneze hyalinní chrupavky



A – zárodečný mezenchym

B – mitotická proliferace mezenchymálních buněk

C – chondroblasty produkují matrix a vzdalují se od sebe

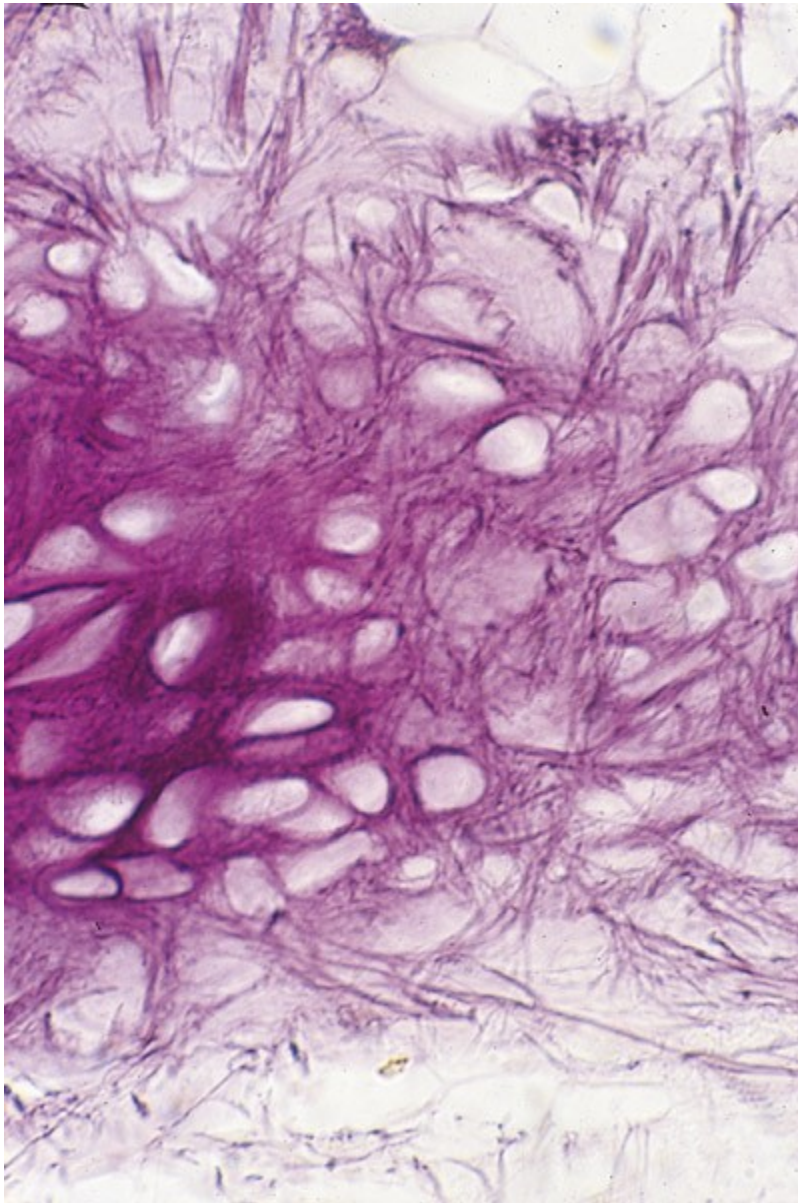
D – izogenetické skupiny chondrocytů obklopené teritoriální matrix

ELASTICKÁ CHRUPAVKA

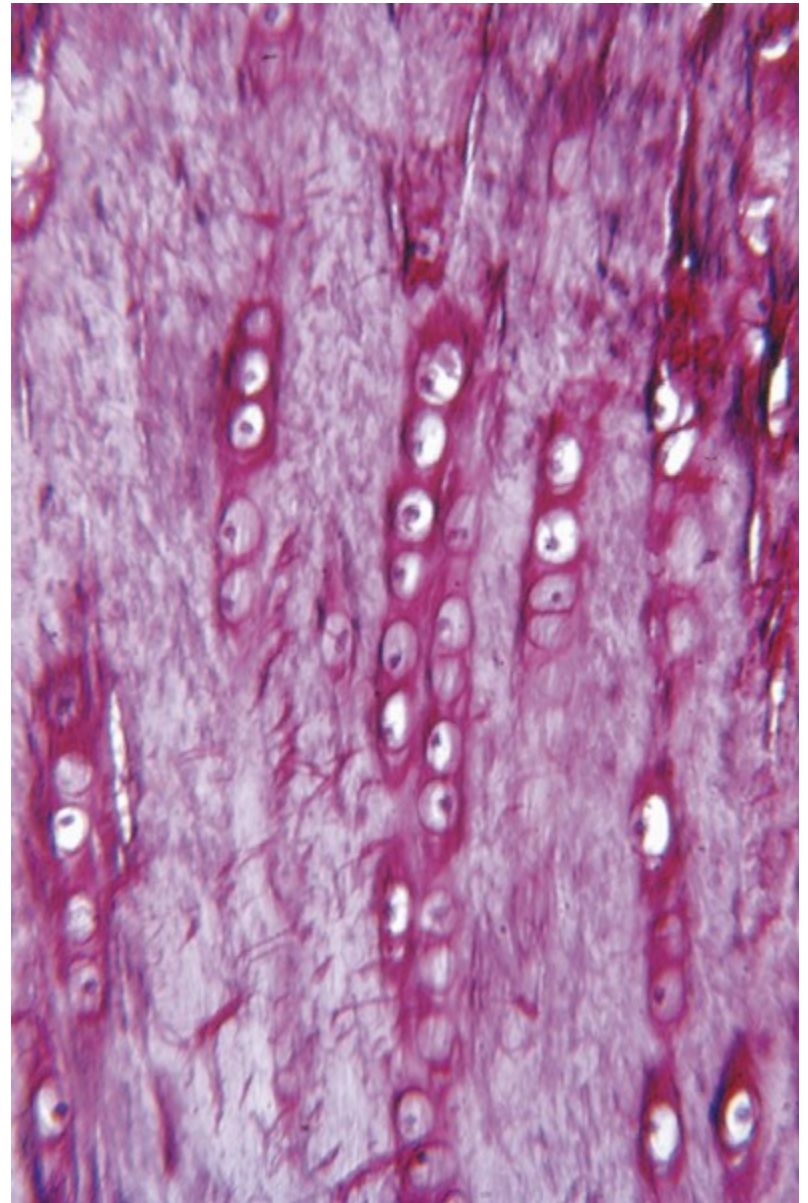
- Nažloutlá, méně průsvitná
- Kromě kolagenních vláken také vlákna elastická (barvení orceinem, resorcinfuchsinem) – pružnost
- Izogenetické skupiny menší, 2-3 chondrocyty
- **Výskyt:** epiglottis, ušní boltec

VAZIVOVÁ CHRUPAVKA (VLÁKNITÁ)

- Bílá, velmi tuhá, odolná na tlak i tah
- Spojuje vlastnosti chrupavky a vaziva
- Chondrocyty netvoří izogenetické skupiny, samostatně nebo v párech
- Kolagenní vlákna viditelná, amorfní základní hmota je málo, kolagenní vlákna tvoří svazky, někdy lamelárně uspořádané
- **Výskyt:** meziobratlové ploténky, některé kloubní plošky



Elastická chrupavka. Barveno resorcinem pro zvýraznění elastických vláken. Buňky nejsou obarvené.



Vláknitá chrupavka. Řady chondrocytů oddělené kolagenními vlákny.

K O S T

- Oporná pojivová tkáň pouze u obratlovců
- Tvoří kostru - opora a ochrana tkání tělních orgánů
 - součástí pohybového aparátu
- Embryonální chrupavčitá kostra je postupně nahrazována kostní tkání
- **Z kosti:** - vnitřní skelet
 - šupiny ryb
 - kožní desky krokodýlů a želv
 - výztuž některých měkkých orgánů (penis některých savců, jazyk některých ptáků)
- **Charakteristika:**

mohutný rozvoj pevné a tvrdé mezibuněčné hmoty

 - organická složka -**kolagenní vlákna** (kolagen I), proteoglykany (obsahující glykosaminoglykan chondroitinsulfát a keratansulfát), strukturální proteiny (osteonektin...)
 - anorganická složka – uhličitany a fosforečnany vápenaté a hořečnaté, hlavně **hydroxylapatit** – krystalky se přikládají z laterálních stran na kolagenní vlákna

Kostní buňky

- OSTEOLASTY

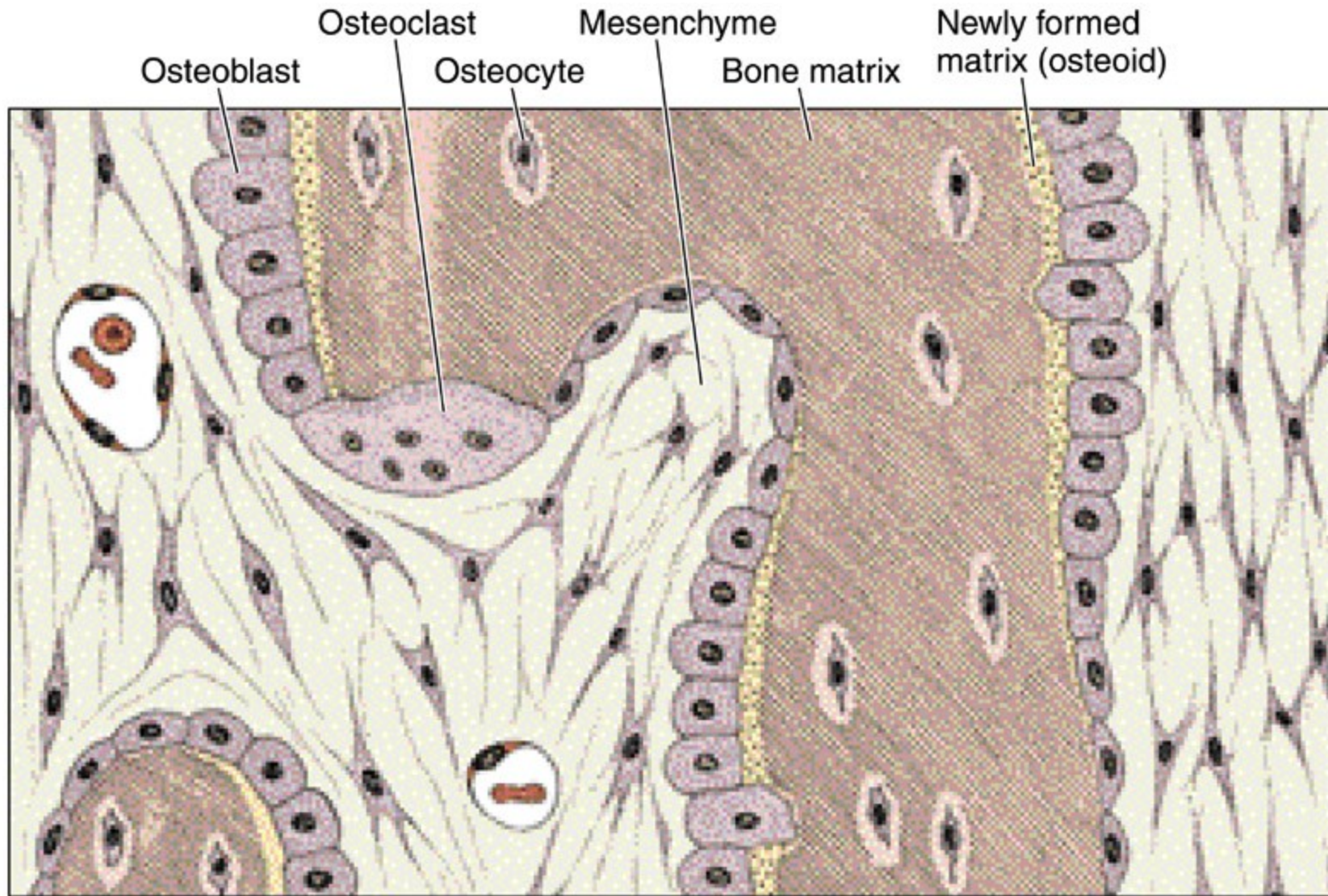
- na povrchu rostoucí kosti, seřazeny těsně vedle sebe (jako v epitelu, doteky svými výběžky)
- aktivně syntetizují mezibuněčnou hmotu organickou (kolagen, glykosaminoglykany, proteoglykany, glykoproteiny), podílí se i na mineralizaci
- nemineralizovaná kostní matrix kolem osteoblastů – osteoid

- OSTEOCYTY

- osteoblasty po vyloučení kostní matrix
- nedělí se, ale zůstávají synteticky a resorbčně aktivní
- leží jednotlivě v lakunách – zvápenatělých komůrkách, dotýkají se výběžky

- OSTEOKLASTY

- velké mnohojaderné volně pohyblivé buňky s četnými výběžky
- vznikají splýváním krevních monocytů
- resorbují kost
- uloženy na povrchu kostní tkáně v prohlubeninách – Howshipovy lakuny



Průběh intramembranózní osifikace. Osteoblasty syntetizují kolagen, který vytváří trámec základní hmoty, která v sobě uzavírá buňky. Poté se osteoblasty postupně diferencují v osteocyty.

- Na povrchu kosti **PERIOST** (okostice)
 - husté kolagenní vazivo (fibroblasty, kolagenní vlákna, cévy, nervy, Sharpeyova vlákna – kolagenní vlákna z periostu do kostní matrix, připojení periostu ke kosti)
- **ENDOST** – vystýlá vnitřní povrch kostních dutin, je tenčí
- Funkce obou: - výživa kosti
 - dodávají nové osteoblasty k obnově a růstu kostí (osteoprogenitorové buňky, preosteoblasty)

Typy kostní tkáně

- **KOST FIBRILÁRNÍ** (hrubě vláknitá, plst'ovitá)
 - primitivní, nezralá
 - osteocyty hvězdicovité, tvoří nepravidelnou síť
 - kolagenní vlákna různými směry – plst'ovité uspořádání (podobné mineralizovanému vazivu)
 - tvoří skelet nižších obratlovců
 - u vyšších obratlovců zůstává v úponech šlach, vazů, silných svalů, v zubním cementu
- ontogeneticky předchází kosti lamelární (vyskytuje se během primární osifikace, pak je nahrazena definitivní lamelární kostí), vyskytuje se i při hojení zlomenin

- **KOST LAMELÁRNÍ** (vrstevnatá, jemně vláknitá)
 - sekundární, zralá
 - kolagenní vlákna uspořádána v lamelách paralelně nebo koncentricky kolem kanálků (v sousedních lamelách různá orientace – pevnost)
 - mezi lamelami vrstva osteocytů v lakunách
 - základní jednotka **OSTEON** (Haversův systém)
 - **Haversův kanálek** – vystlán endostem, s krevními cévami, nervy a řídkým pojivem
 - komplex koncentricky uspořádaných kolagenních lamel a osteocytů
 - **Volkmanův kanálek** – příčný, umožňuje komunikaci H. k. s dřevnou dutinou, H. k. navzájem a s periostem
 - **kostní tkáň není inervovaná!!**
 - lamely: - *vnější plášťové* (5-10, paralelně s povrchem)
 - *střední vrstva* – osteony + vmezeřené (intersticiální)
 - lamely (= zbytky částečně odbouraných osteonů po přestavbě kosti)
 - *vnitřní plášťové*
 - lamela: tvořena kolagenními vlákny a amorfní hmotou s org. I. a s minerál. I.

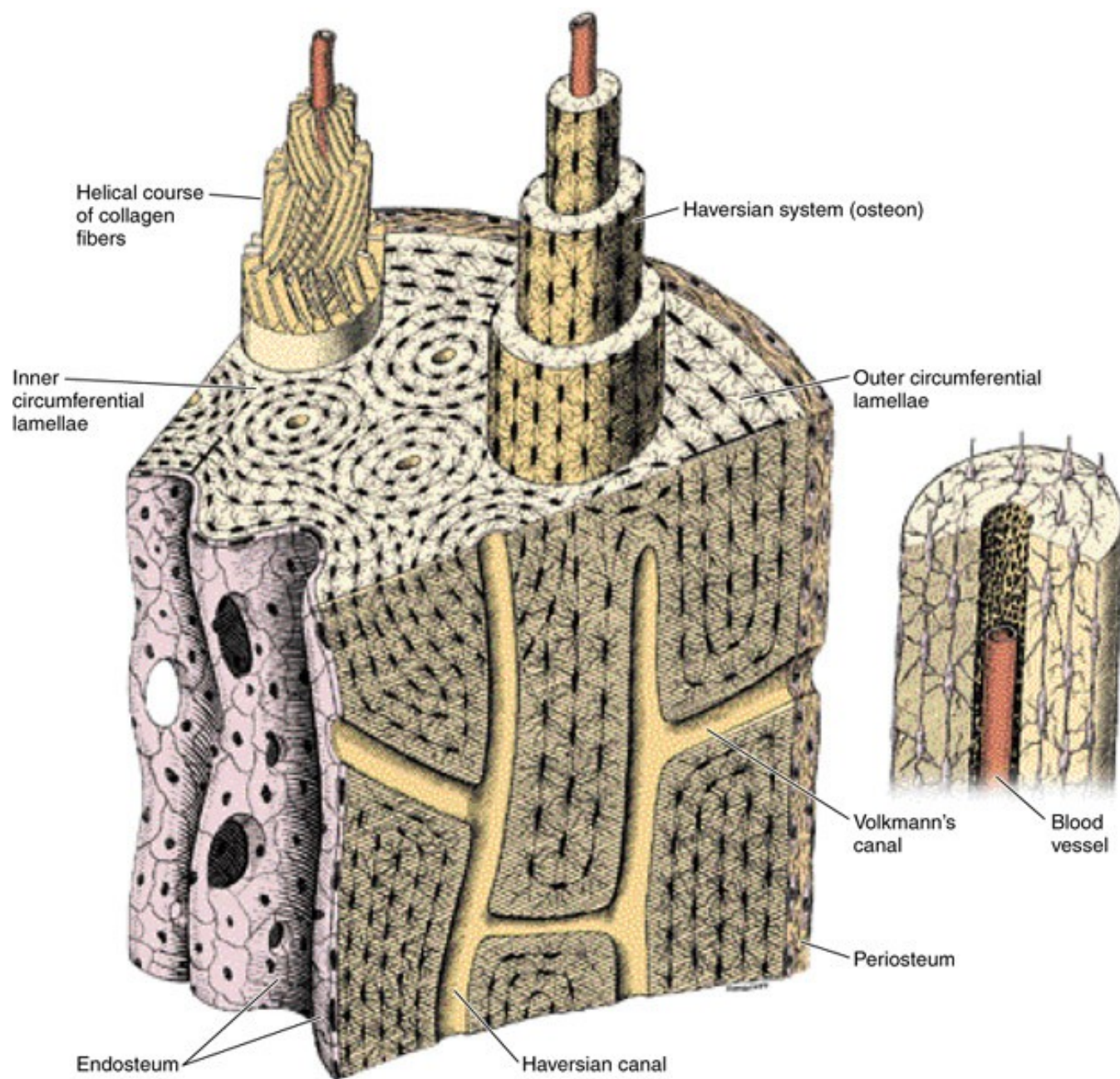


Schéma stavby stěny diafýzy dlouhé kosti. Čtyři typy lamelózní kosti: Haversův systém, zevní a vnitřní plášťové lamely a intersticiální lamely.

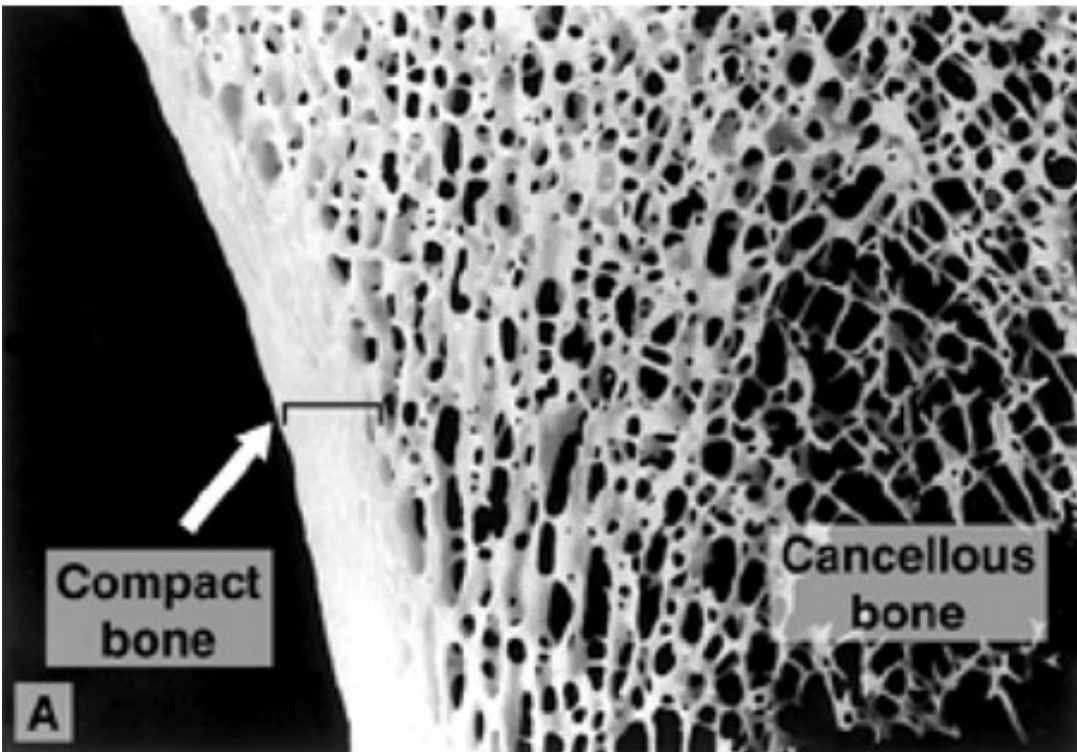
2 typy lamelární kosti:

1. **KOMPAKTNÍ** – systém paralelně uspořádaných, kontinuálně se remodelujících osteonů
 - osteony + lamely (vnější, vnitřní, vmezeřené), H. k., V. k., periost, endost
 - v diafýzách dlouhých kostí
 - na povrchu plochých kostí
2. **SPONGIÓZNÍ** – houbovitý vzhled
 - trámcová stavba: silnější trámce (trabeculae) – paralelní lamely + osteony, tenké trámce (spiculae) – pouze paralelní lamely
 - trámce uspořádány tak, aby vyhovovaly nárokům na zatížení kostí
 - epifýzy dlouhých kostí
 - střední části plochých kostí
 - krátké kosti

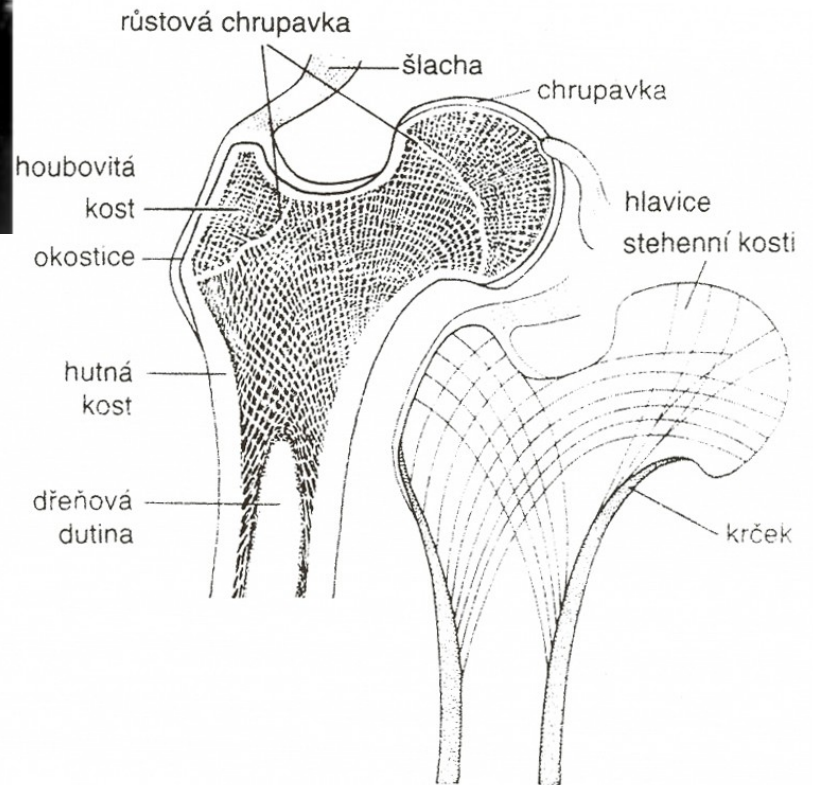
Dlouhé kosti: diafýza – kompaktní kost kolem dutiny s kostní dřeví, epifýzy – spongiózní kost, na povrchu tenká kompakta

Krátké kosti: kost spongiózní pokrytá vrstvou kompakty

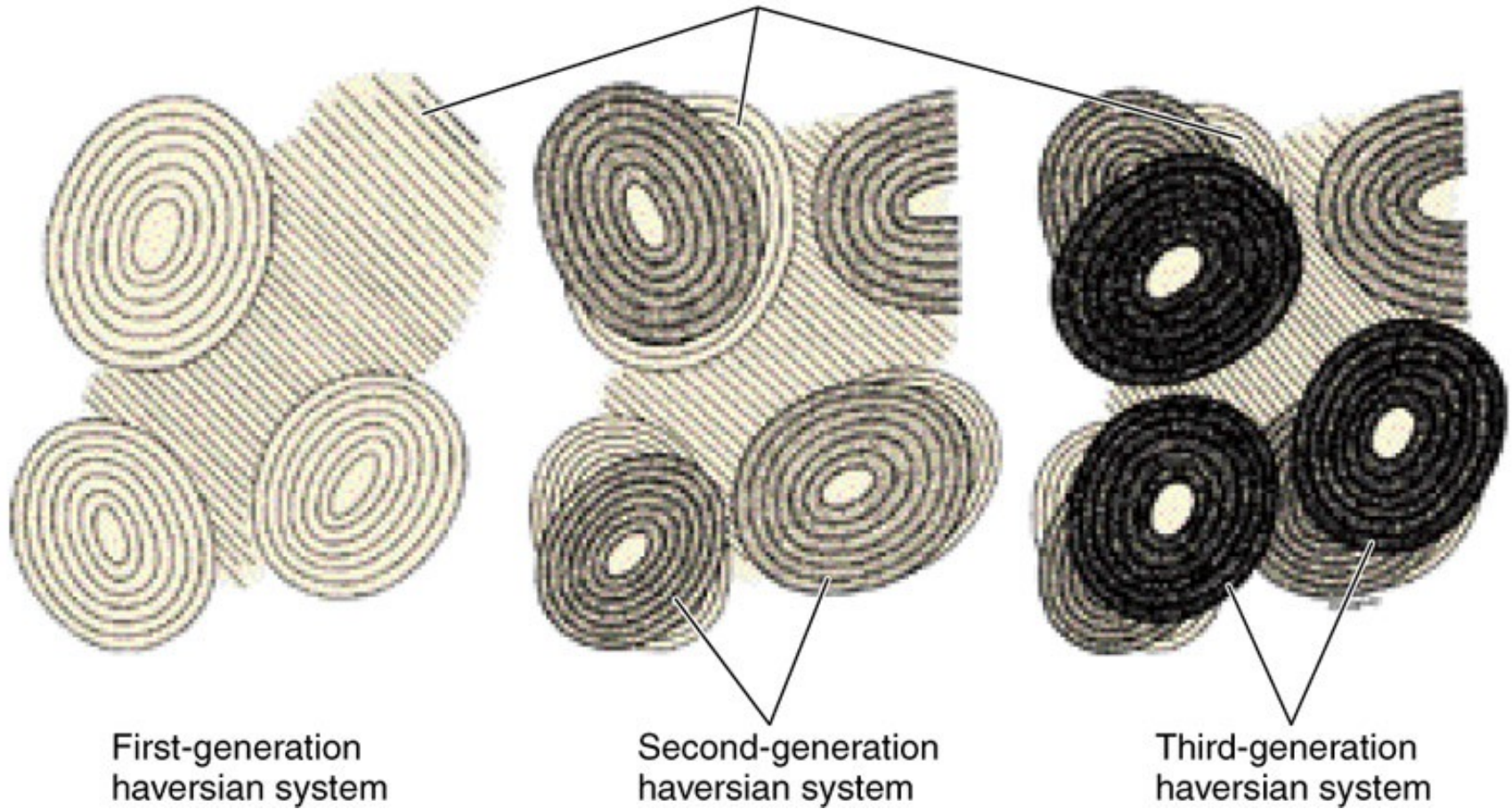
Ploché kosti: 2 vrstvy kompakty, mezi nimi vrstva spongiózní kosti



Výbrus kosti. Korová kompakta a síťovina trabekul spongiózní kosti.



Intermediate, or
interstitial, lamellae



Schématický nákres postupu remodelace diafyzární kosti, který znázorňuje tři generace Haversových systémů a jejich podíl na formaci intersticiálních lamel.

Kostní dřeň

- Vyplňuje dutiny spongiózní kosti a prostor v diafýzách dlouhých kostí
- síť retikulocytů, retikulárních vláken, tukové buňky, progenitorové buňky krevních buněk a destiček
- **Krvetvorba:** u dospělých savců jen v některých plochých kostech a v krátkých kostech v červené kostní dřeni
- V dlouhých kostech: dřeň podléhá **tukové degeneraci** – žlutá, tuková dřeň

ÚKOLY:

Chrupavka: - parenchymová

- hyalinní

- elastická

Kost: - spongiózní – video

- kompaktní

Enchondrální osifikace

OSIFIKACE

Vývoj kostí, 2 etapy:

- Primární osifikace – trámce vláknité kosti
- Sekundární osifikace – přestavba na lamelární a kompaktní kost

2 způsoby osifikace:

1. Desmogenní (přímá) osifikace (intramembranózní)

- na **podkladě vaziva**

- ploché kosti lebky, mandibula, clavicula

- úloha při růstu malých kostí a růstu dlouhých kostí do šířky

Mezenchymové vazivo – primární osifikační centrum – mezenchymové buňky – preosteoblasty – osteoblasty – syntéza osteoidu.

Usazování krystalků hydroxyapatitu. Osteoblasty zalité v kostní matrix – osteocyty.

Spikuly = ostrůvky kostní tkáně. Spikuly splývají – houbovitá kostní struktura. Spikuly se zvětšují apozicí – trabekuly.

Jedna strana trámce primární kosti – osteoklasty – odbourávání, druhá strana – osteoblasty – v 1 vrstvě – produkce nové kosti.

Část vaziva – vznik periostu a endostu

2. Chondrogenní osifikace

- na podkladě chrupavky
- většina kostí, hlavně kosti dlouhé
- chrupavka je nejprve rozrušována a pak nahrazována kostní tkání

Proces probíhá:

- Ze středu chrupavky – ENCHONDRÁLNÍ OSIFIKACE
- Od povrchu chrupavky – PERICHONDRÁLNÍ OSIFIKACE

PERICHONDRÁLNÍ OSIFIKACE

- Růst kostí do šířky
- Obdoba desmogenní osifikace
- Začátek uprostřed diafýzy chrupavčitých základů dlouhých kostí, pod perichondriem
- Diferenciace osteoblastů, ukládání prstence kostní tkáně po obvodě diafýzy (nejprve 1 lamela)
- Perichondrium se mění na periost
- Na první prstenec další lamely, soustředně, každá další je delší (směrem k epifýzám), v dospělosti – poslední povrchová lamela spojí povrch diafýzy s povrchem epifýz

ENCHONDRÁLNÍ OSIFIKACE

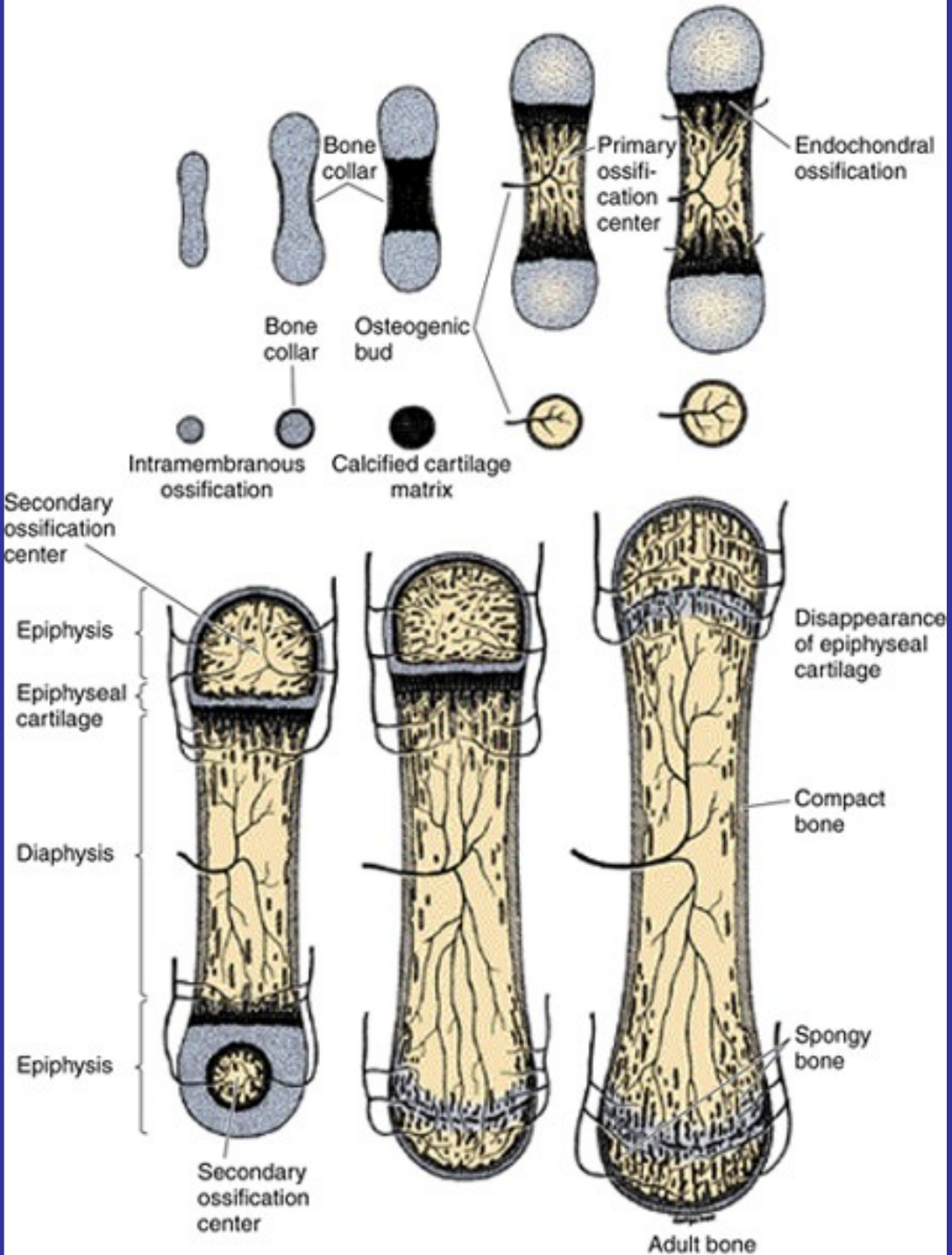
- Růst kostí do délky
- Primární osifikační centrum – uprostřed chrupavčitého základu diafýzy – hypertrofie a zvápenatění okrsku chrupavky
- Do osifikačního centra proniká z okolního vaziva mezenchym a krevní cévy.
- Z mezenchymu velké buňky – chondroklasty – odbourávají chrupavku, fagocytují odumřelé chondrocyty. Vzniká prostor pro další mezenchym a cévy.
- Z mezenchymových buněk diferenciací osteoblastů. Produkce primárních trámců, osteoklasty – odbourávání.
- Dřeňová dutina (uprostřed diafýzy)
- Sekundární osifikační centra – uprostřed epifýz, z chrupavčitého základu, od středu k okrajům
- Růst I. i II. osifikačních center pokračuje, mezi diafýzou a epifýzou zůstává nakonec vrstvička hyalinní chrupavky – růstová chrupavka – růst kosti do délky

Epifýzodiafyzární ploténka (od epifýzy k dřevné dutině)

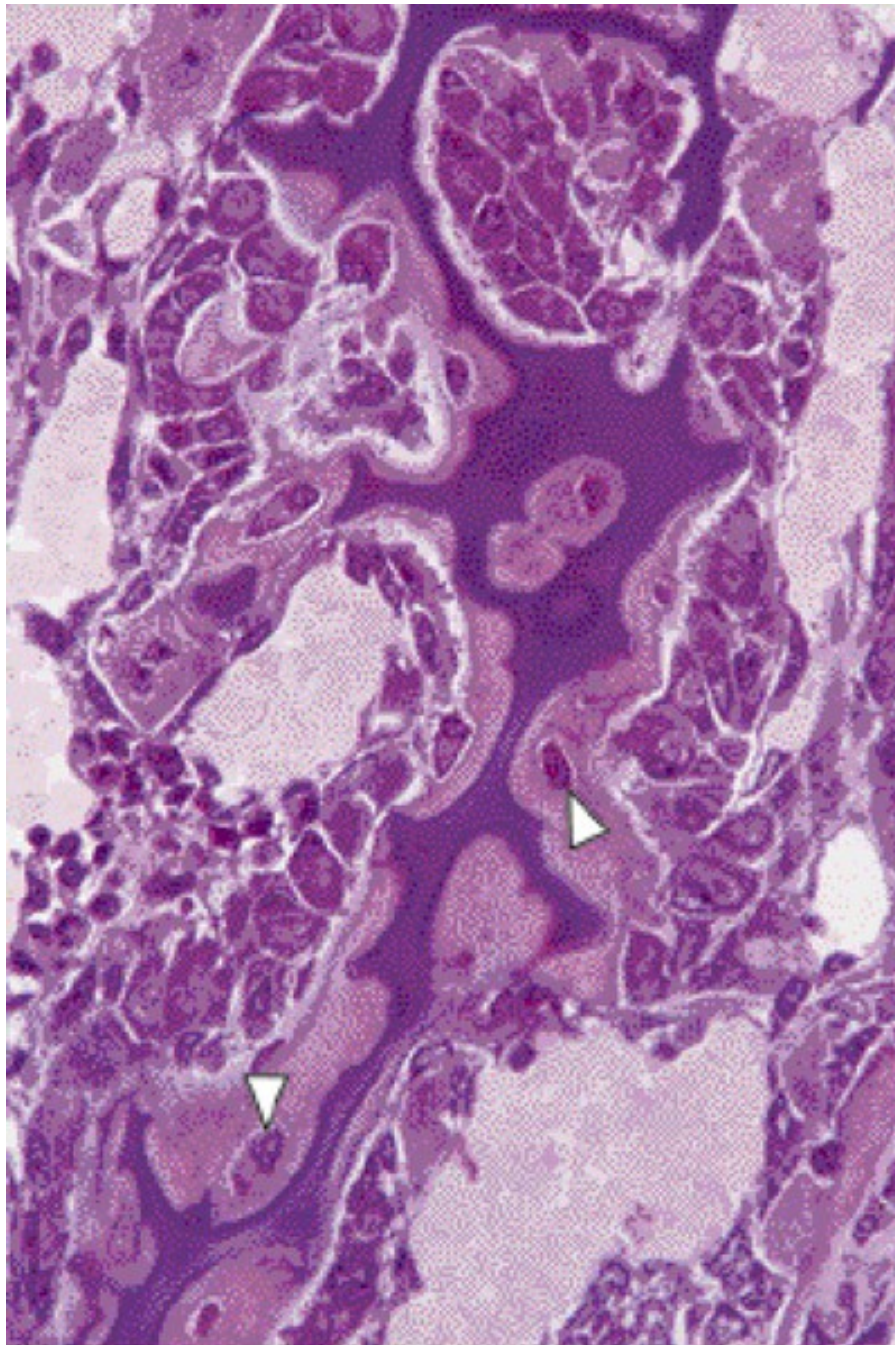
1. **Zóna normální hyalinní chrupavky** – malé izogenetické skupiny
2. **Zóna rostoucí chrupavky** – proliferace chrupavkových buněk, izogenetické skupiny ve sloupcích rovnoběžně s dlouhou osou kosti
3. **Zóna hypertrofické chrupavky** – zvětšené chondrocyty
4. **Zóna hypertrofické chrupavky zvápenatělé** – kalcifikace zbylé matrix chrupavky, degenerace chondrocytů
5. **Linie eroze** – zvápenatělá chrupavka je narušována chondroklasty, zbytky zvápenatělé matrix zůstávají jako směrové trámce
6. **Zóna osteoidní** – na směrové trámce se ukládají osteoblasty, produkují osteoid
7. **Zóna osiformní** – mineralizace novotvořených trámců, některé osteoblasty se mění na osteocyty
8. **Zóna resorbce** – osteoklasty odbourávají nově vytvořenou kost, vznik dřevné dutiny

Růst a resorbce vyvážené, ploténka stále stejně tlustá, posun k epifýzám.

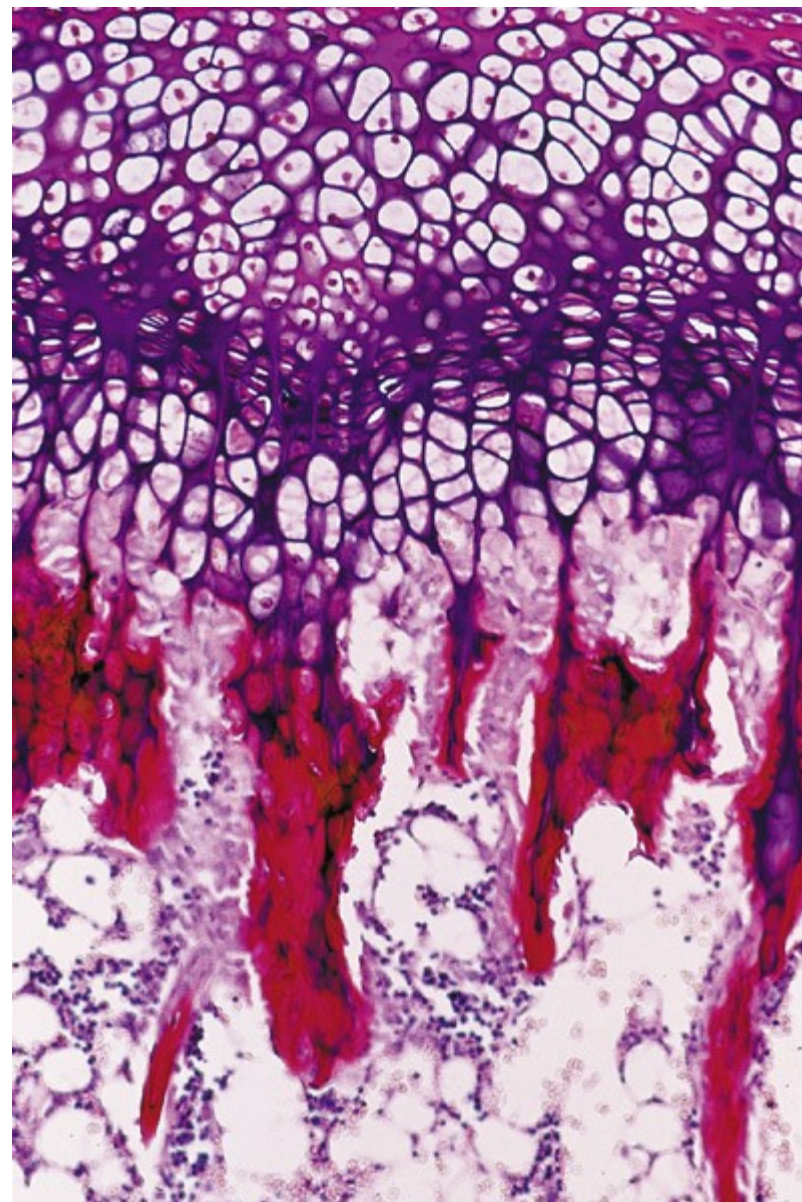
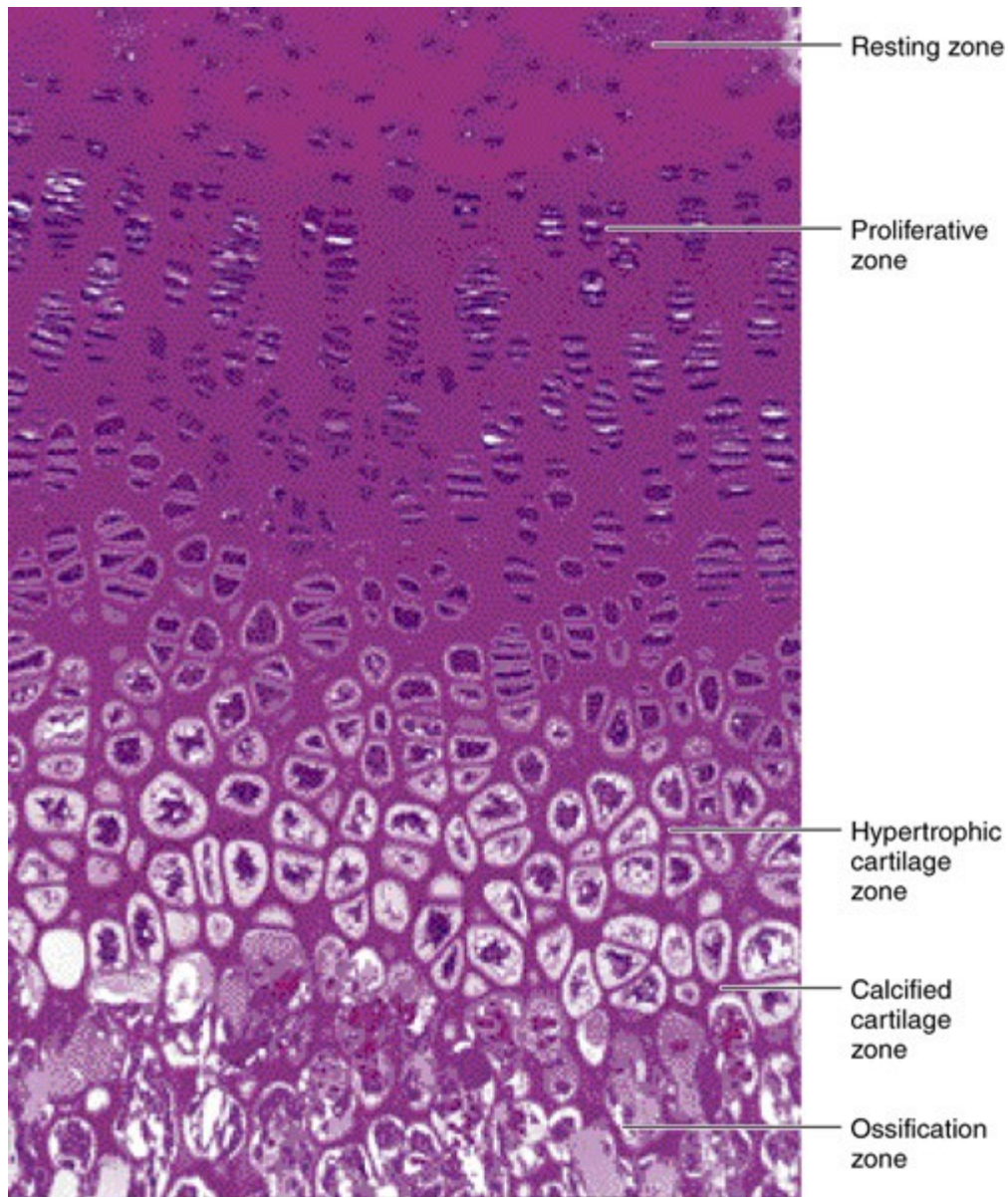
Přestavba kosti.



Tvorba dlouhé kosti na chrupavčitém modelu.



Enchondrální osifikace, část epifýzární ploténky. Zbytky kalcifikované chrupavčité matrix (tmavě fialové) jsou pokryté světle obarvenou kostní tkání. Nově formovaná kost je obklopená osteoblasty. Některé osteoblasty (šipka) zachycené v osteoidní tkáni se mění na osteocyty.



Epifýzární ploténka. Pět zón.

Epifýzární ploténka. Detail enchondrální osifikace. Chrupavková matrix (fialová) pokrytá červenou formující se kostní tkání. Kostní dřev a tukové buňky vyplňují prostory mezi novou kostí.

Endochondral Ossification: Developing Long Bone

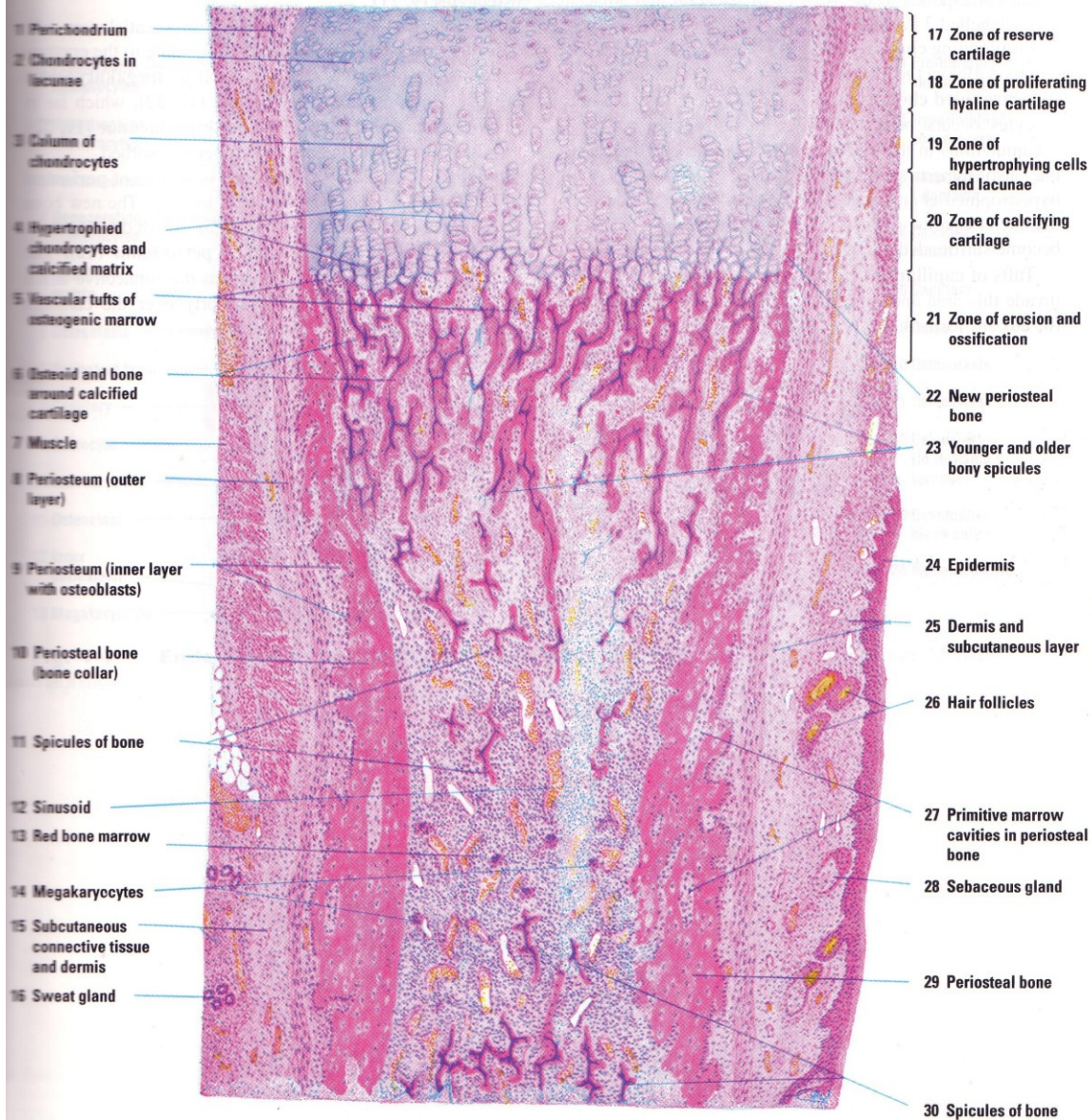


Fig. 4-6 Endochondral Ossification: Developing Long Bone (panoramic view, longitudinal section). Stain: hematoxylin-eosin. Low magnification.

Endochondral Ossification: Zone of Ossification

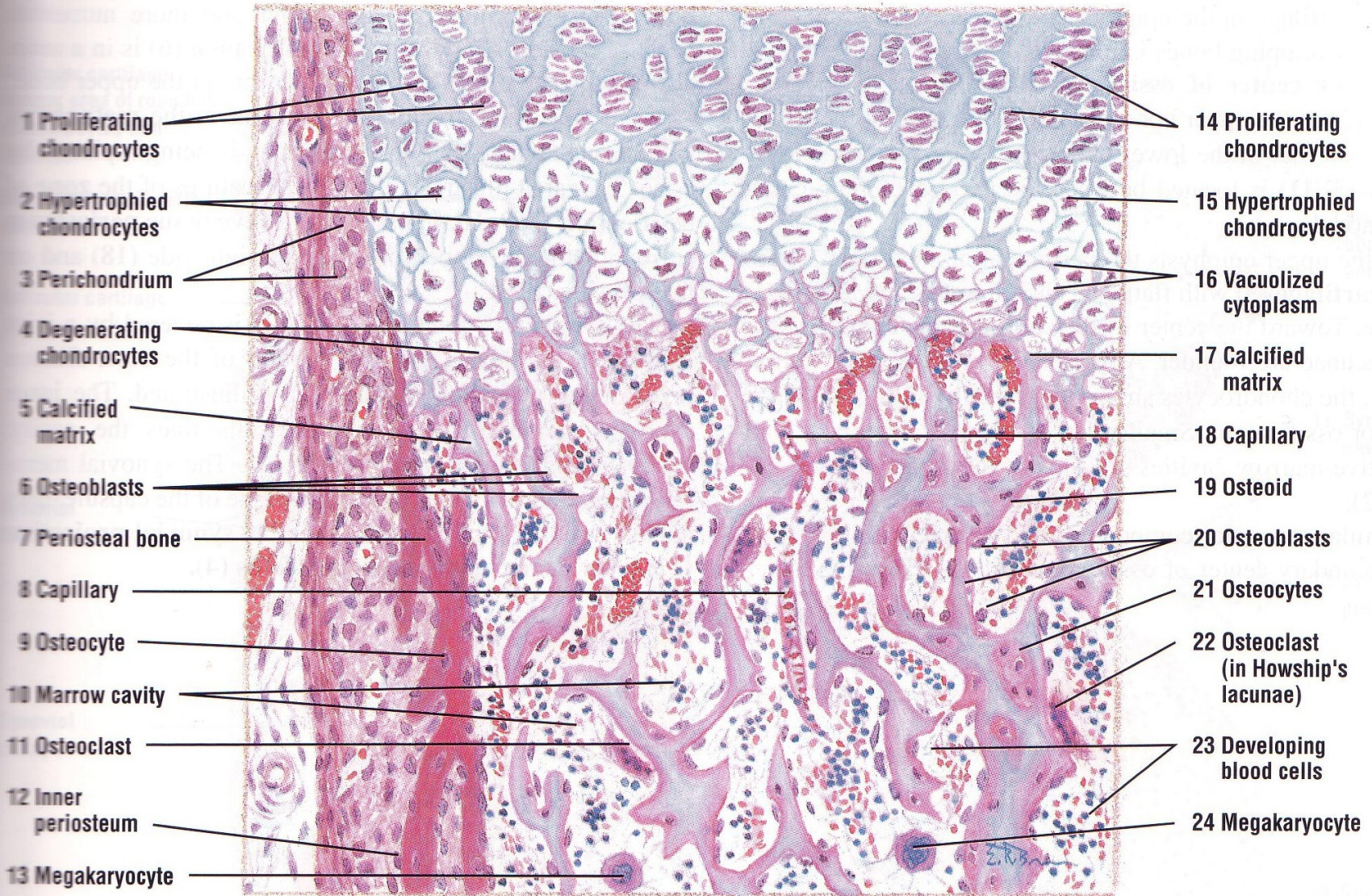


Fig. 4-7 Endochondral Ossification: Zone of Ossification. Stain: Hematoxylin-eosin. Medium magnification.