

Úvod do embryologie - vývoje
orgánových systémů.

Obsah
Obecná anatomie kostí a kloubů.

Petr Valášek

2019

Jak studovat

Embryologie

Kosti klouby

Jak studovat?

1. Slovníček

**2. Kreslení = schemata, nikoliv krása =
uvědomění si vztahů**

**3. Diskutovat, povídat si. Konfrontovat
svoji představu s někým.**

4. Dotazy

Embryologie

Délka těhotenství?

- **280 dnů (40 týdnů)** od začátku poslední menstruace
- **266 (38 týdnů)** od fertilizace

Ovulace je uvolnění vajíčka z Graafova folikulu ve vaječníku.

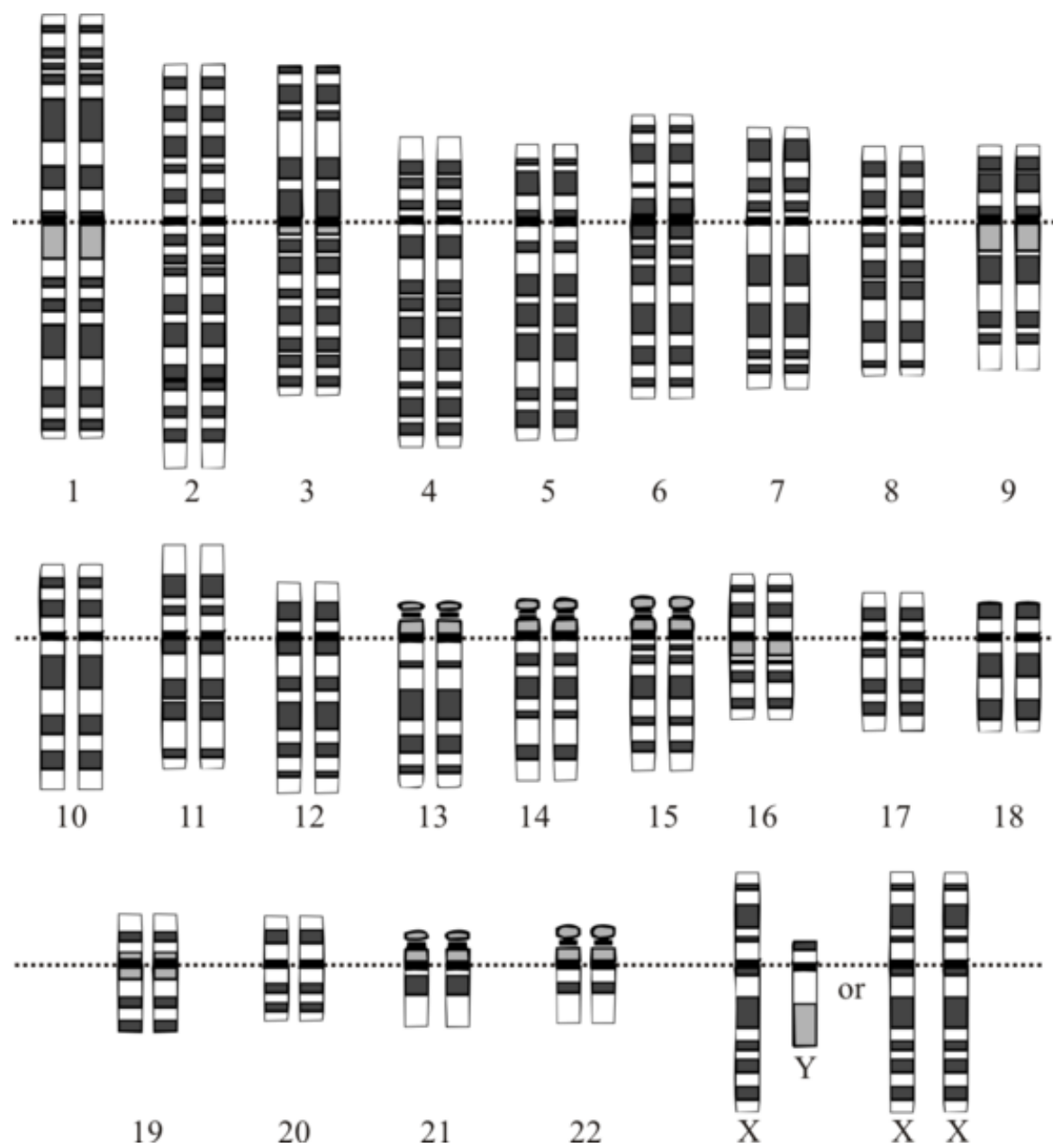
46 chromosomů (diploidní), DNA

- **20 000** genů

meióza: 46 chromozomů (diploidní) zredukováno na 23 v gametách (haploid) :
oocyt 100um, spermie 50um

(mitóza - 46 chromozómů zduplikováno a pak rozděleno opět na 46)

Fertilizace – diploidní opět



Ranný vývoj (1.- 2. týden)

*Fertilizace, zygota, dělení, morula, blastocysta,
implantace, hCG*

Day 1 Fertilization



Day 2 Two-cell stage



Day 3 Morula



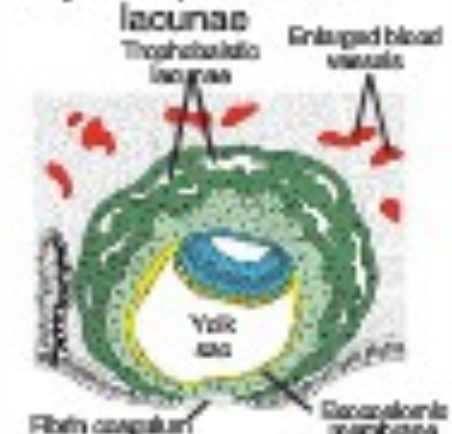
Day 4 Early blastocyst



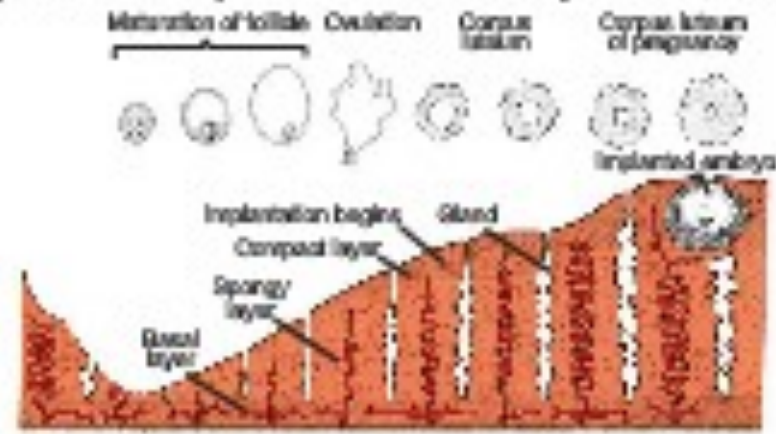
Day 8 Fertilization



Day 9 Trophoblast with lacunae



Day 10-11 Embryo in uterus 10-11 days after ovulation



Ranný vývoj (1.- 2. týden)

Fertilizace, zygota, dělení, morula, blastocysta, implantace, hCG

Období organogeneze = embryonální období (3.- 8. týden)

- 3 zárodečné vrstvy: ektoderm, mesoderm, entoderm/endoderm

- vyvíjí se základy většiny orgánů

gastrulace, neurulace, neurální lišta, paraaxiální mesoderm, somit, intermediální mesoderm, mesoderm laterální ploténky

Fetální období – od 9. týdne maturace a růst



snake
Natrix natrix



chicken
Gallus gallus



possum
Trichosurus vulpecula



cat
Felis catus

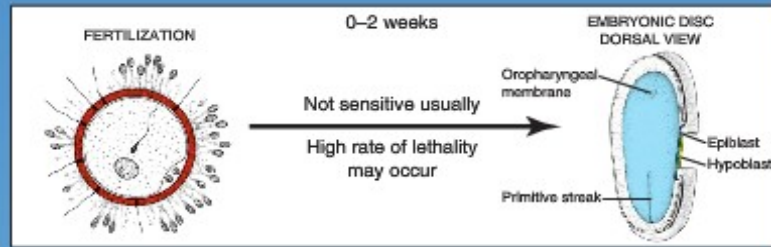


bat
Rhynchonycteris naso



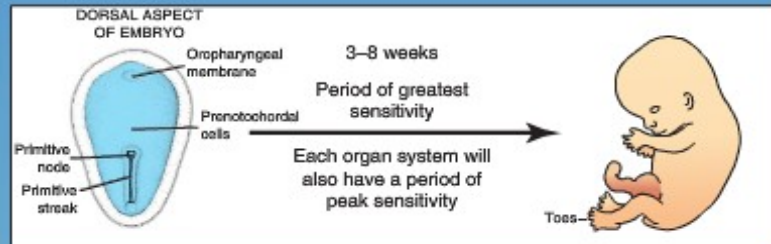
human
Homo sapiens

Periods of Susceptibility to Teratogenesis



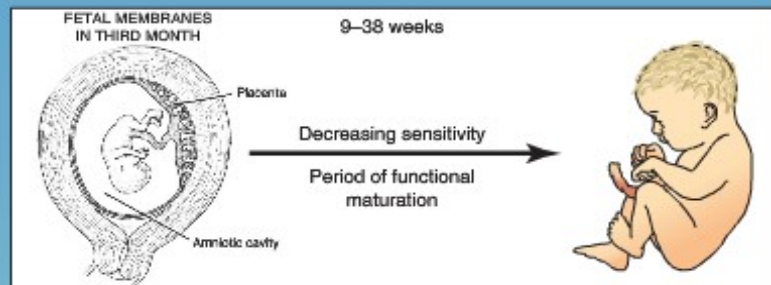
0-2 týdny

Vysoká lethality = nízká teratogenese



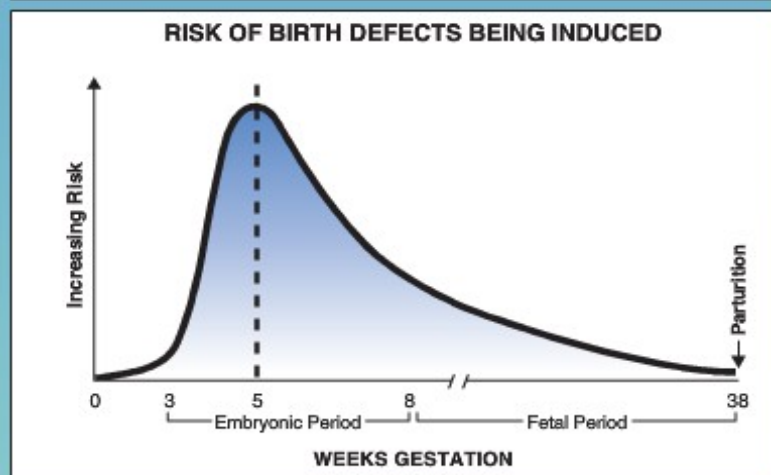
3-8 týdnů (*teratogenní okno*)

Vysoká teratogenese

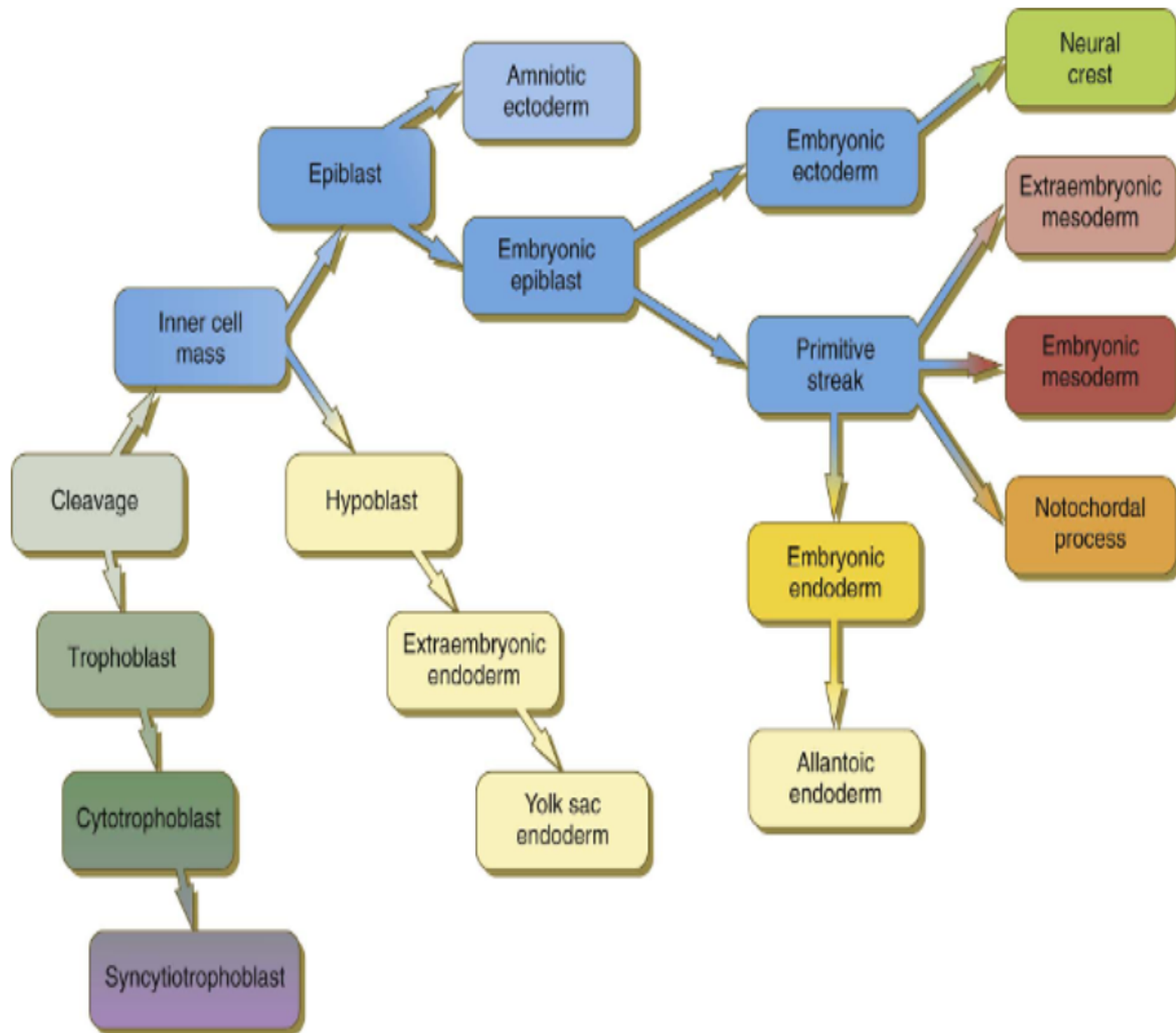


9-38 týdnů

Nízká teratogenese



Teratologie - studium abnormalit vývoje = vývojové vady



Gastrulace – začátek 3. týdne

Jednovrstevná blastula se reorganizuje do trojvrstevné struktury - **gastruly**

primitivní proužek, primitivní uzlík, epiblast, hypoblast

Invaginace epiblastu

→ 3 zárodečné vrstvy

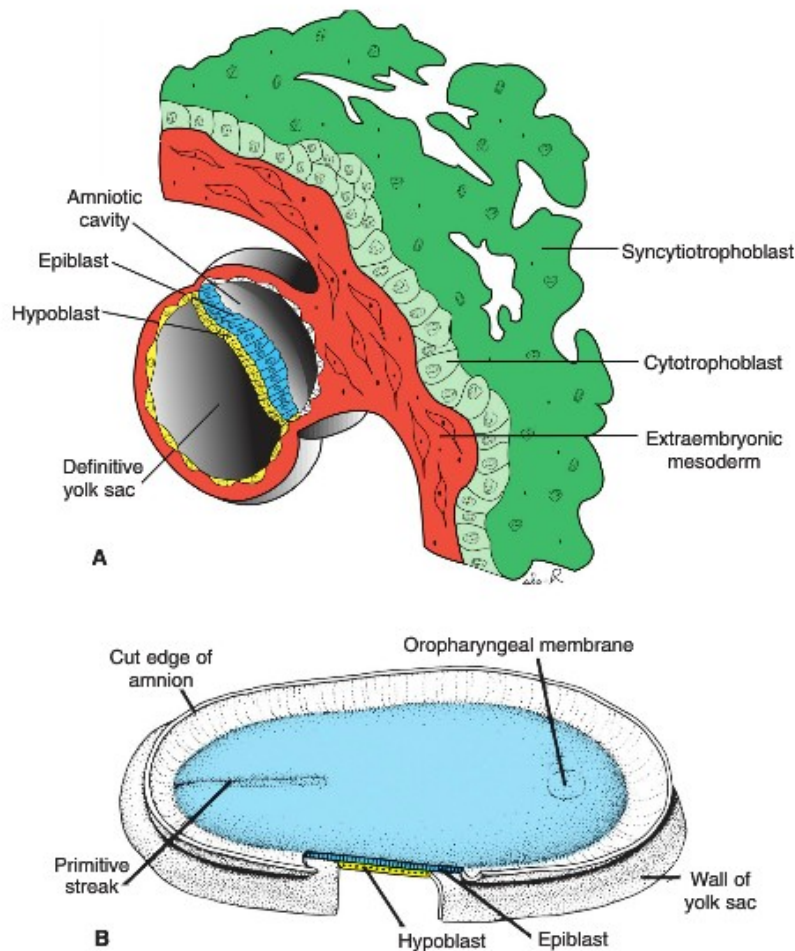


Figure 5.1 A. Implantation site at the end of the second week. B. Representative view of the germ disc at the end of the second week of development. The amniotic cavity has been opened to permit a view of the dorsal side of the epiblast. The hypoblast and epiblast are in contact with each other; and the primitive streak forms a shallow groove in the caudal region of the embryo.

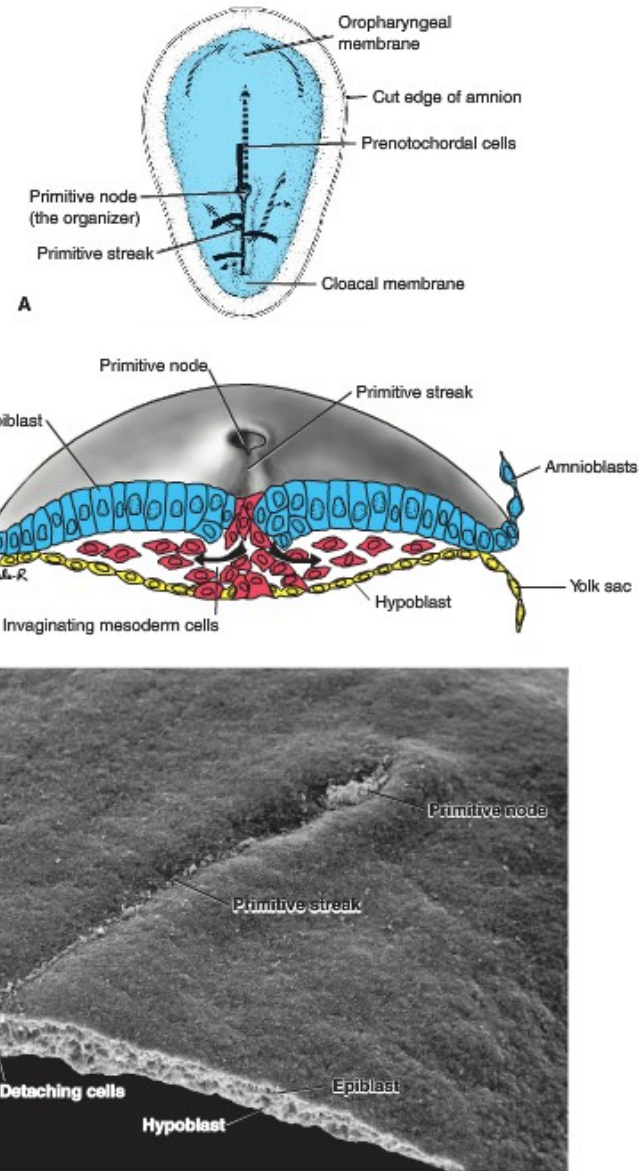


Figure 5.2 A. Dorsal side of the germ disc from a 16-day embryo indicating the movement of surface epiblast cells (solid black lines) through the primitive streak and node and the subsequent migration of cells between the hypoblast and epiblast (broken lines). B. Cross section through the cranial region of the streak at 15 days showing invagination of epiblast cells. The first cells to move inward displace the hypoblast to create the definitive endoderm. Once definitive endoderm is established, inwardly moving epiblast forms mesoderm. C. Dorsal view of an embryo showing the primitive node and streak and a cross section through the streak. The view is similar to the illustration in B; arrow, detaching epiblast cells in the primitive streak.

1/ EKTODERM

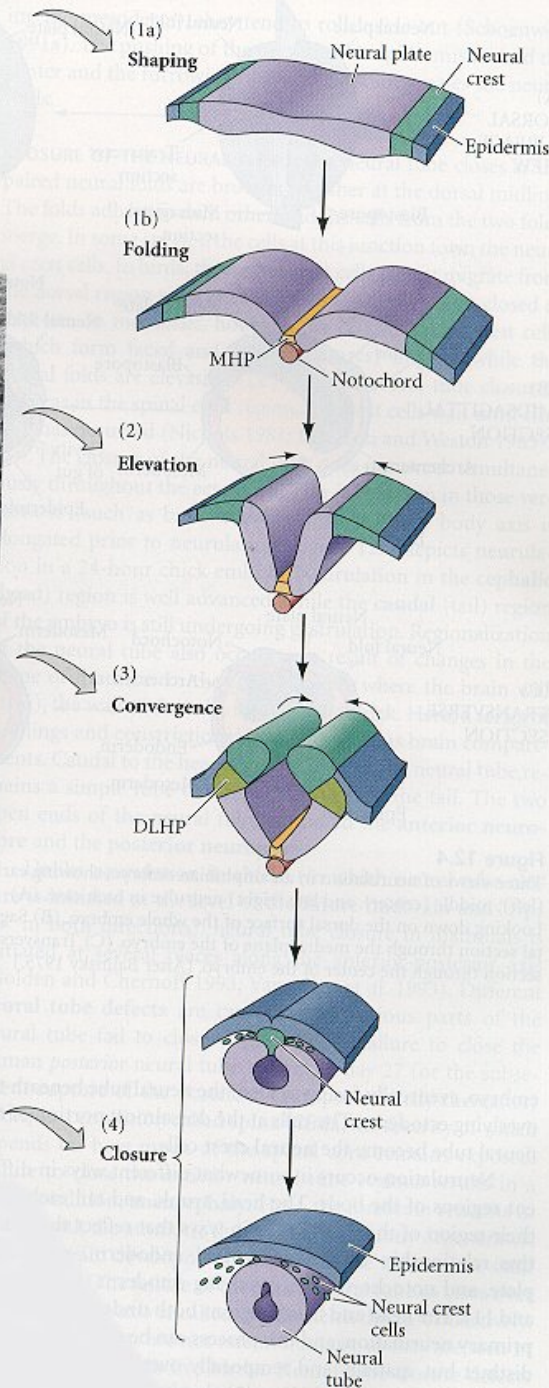
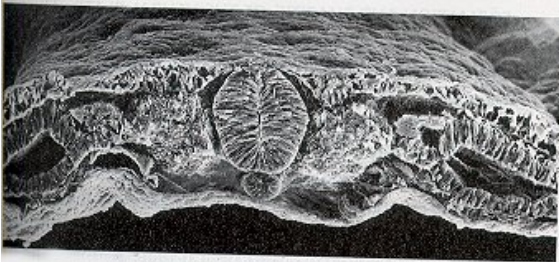
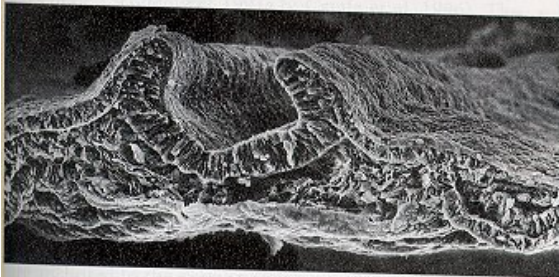
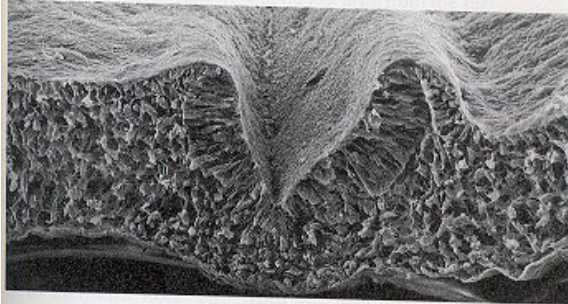
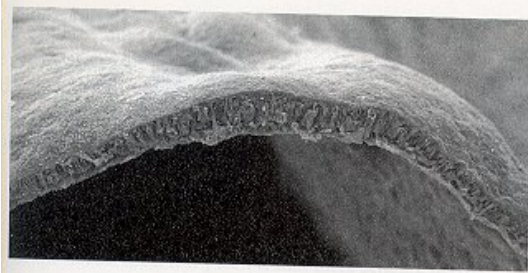
EPIDERMIS [včetně vlasů, chlupů, nehtů]
NERVOVÝ SYSTÉM
DERIVÁTY NEURÁLNÍ LIŠTY

2/ MESODERM

KOST, CHRUPAVKA, VAZIVO
SVAL
KARDIOVASCULÁRNÍ SYSTÉM
LYMFATICKÝ
UROGENITÁL
SERÓZNÍ VÝSTELKA DUTIN [PERITONEÁLNÍ]

3/ ENDODERM

VÝSTELKA TRÁVICÍ TRUBICE A DERIVÁTY
+ JÁTRA
+ PANCREAS
+ VÝSTELKA DÝCHACÍHO A ČÁSTI MOČOVÉHO SYSTÉMU



ECTODERM

EPIDERMIS

NERVOVÝ SYSTÉM

(DŘEŇ NADLEDVIN)

NEURULACE

Neurální ploténka

Neurální trubice

Neurální lišta

NEURULACE

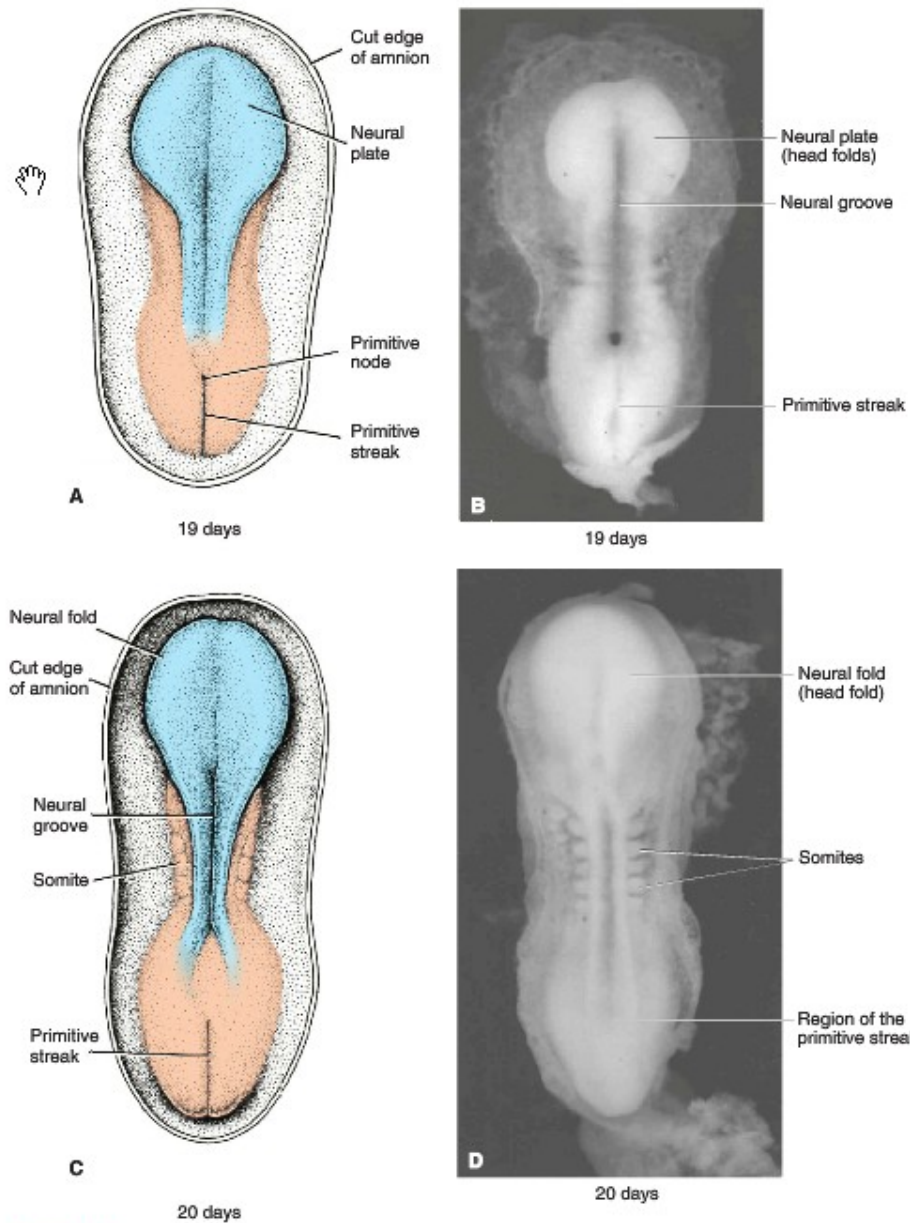


Figure 6.2 A. Dorsal view of a late presomite embryo (approximately 19 days). The amnion has been removed, and the neural plate is clearly visible. B. Dorsal view of a human embryo at 19 days. C. Dorsal view of an embryo at approximately 20 days showing somites and formation of the neural groove and neural folds. D. Dorsal view of a human embryo at 20 days.

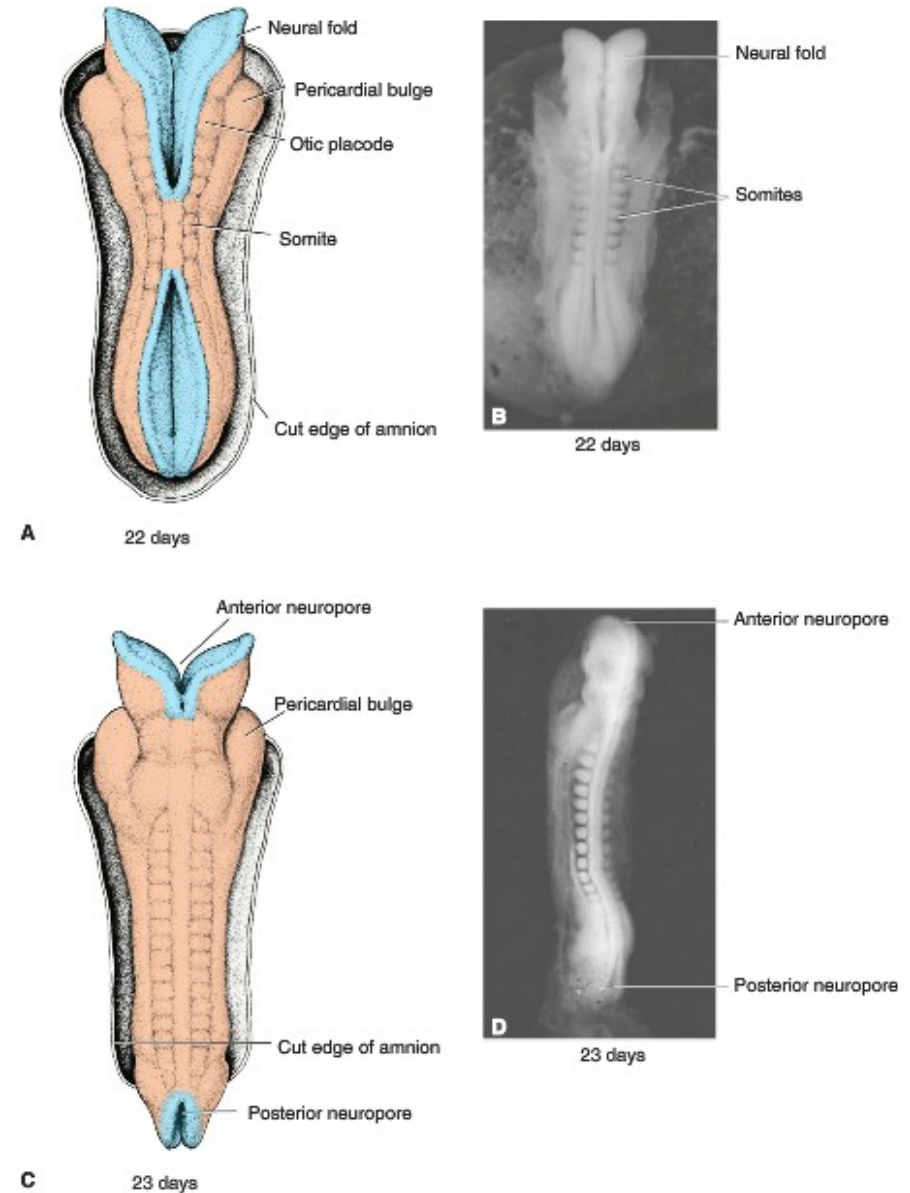
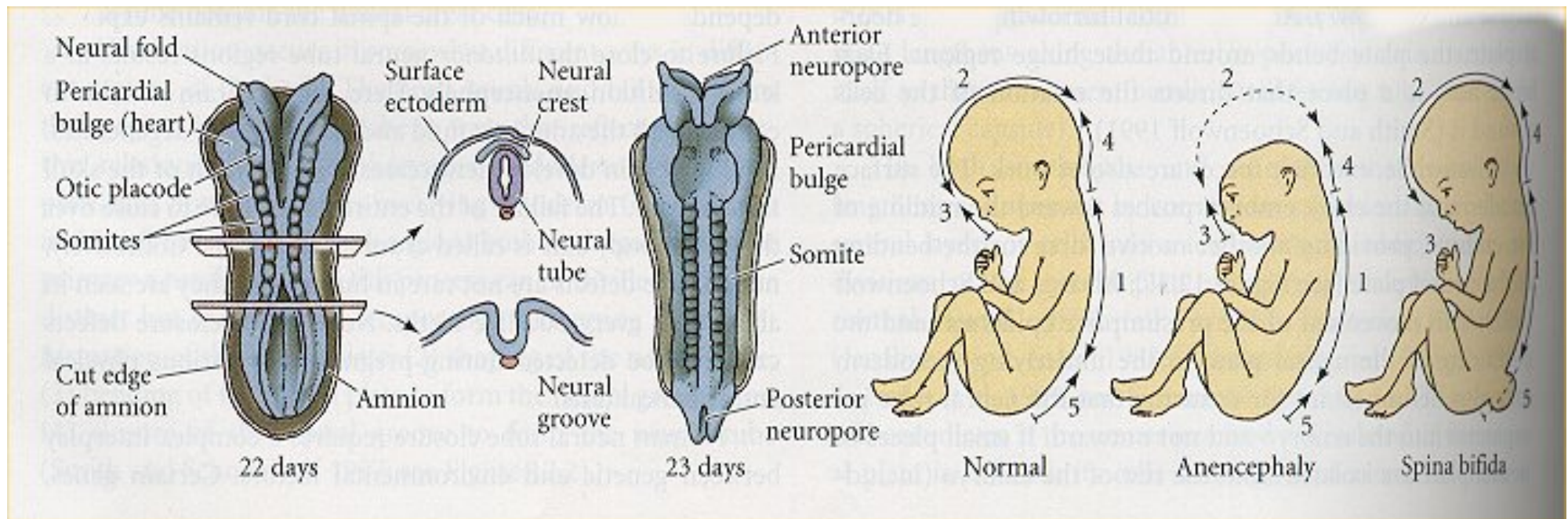


Figure 6.3 A. Dorsal view of an embryo at approximately day 22. Seven distinct somites are visible on each side of the neural tube. B. Dorsal view of a human embryo at 21 days. C. Dorsal view of an embryo at approximately day 23. Note the pericardial bulge on each side of the midline in the cephalic part of the embryo. D. Dorsal view of a human embryo at 23 days.

Defekty neurulace anencephalus a spina bifida



Deriváty neurální lišty

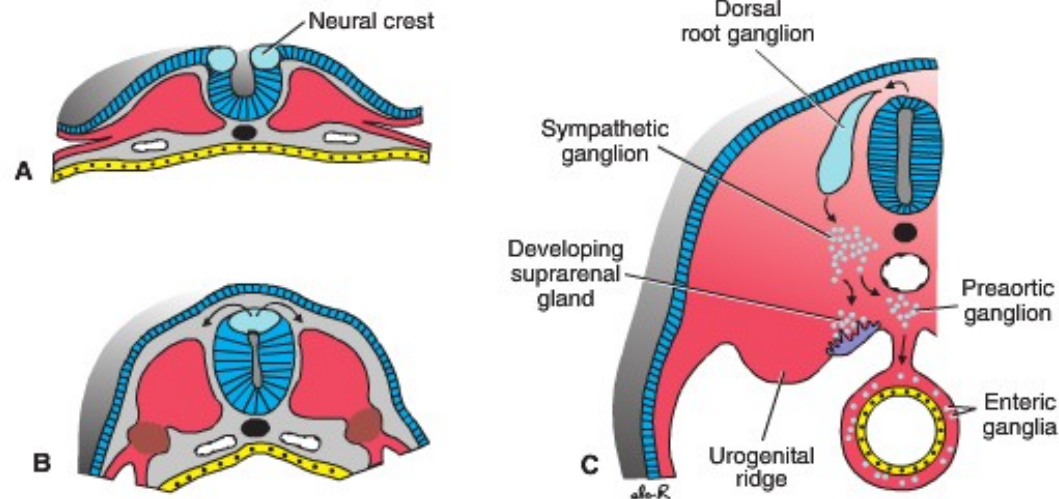


TABLE 6.1 Neural Crest Derivatives

Connective tissue and bones of the face and skull
Cranial nerve ganglia (see Table 17.2)
C cells of the thyroid gland
Conotruncal septum in the heart
Odontoblasts
Dermis in face and neck
Spinal (dorsal root) ganglia
Sympathetic chain and preaortic ganglia
Parasympathetic ganglia of the gastrointestinal tract
Adrenal medulla
Schwann cells
Glial cells
Meninges (forebrain)
Melanocytes
Smooth muscle cells to blood vessels of the face and forebrain

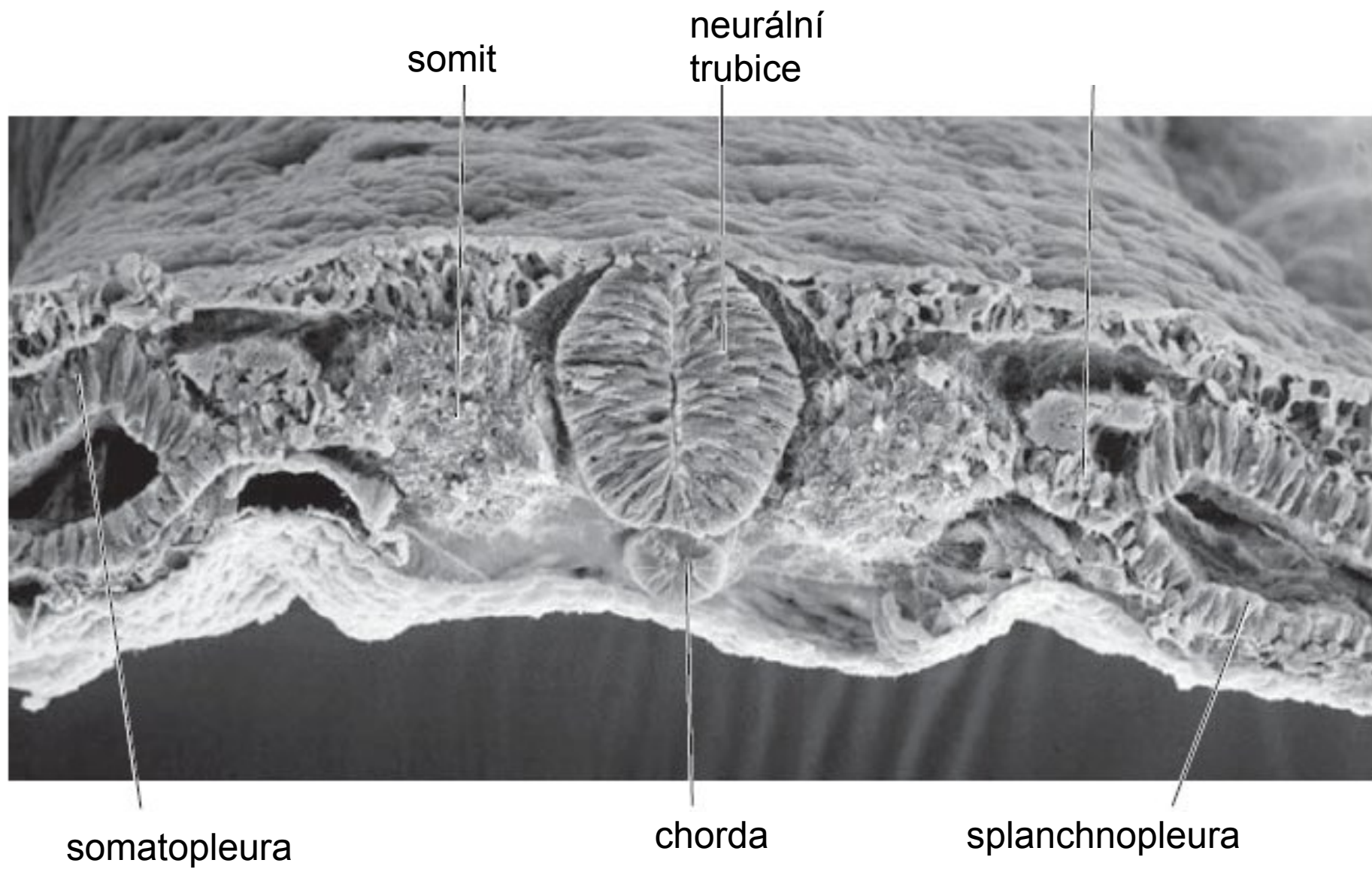
MESODERM

KOST, CHRUPAVKA, VAZIVO
SVAL
KARDIOVASCULÁRNÍ SYSTÉM
LYMFATICKÝ
UROGENITÁL
SERÓZNÍ VÝSTELKA DUTIN [PERITONEÁLNÍ]

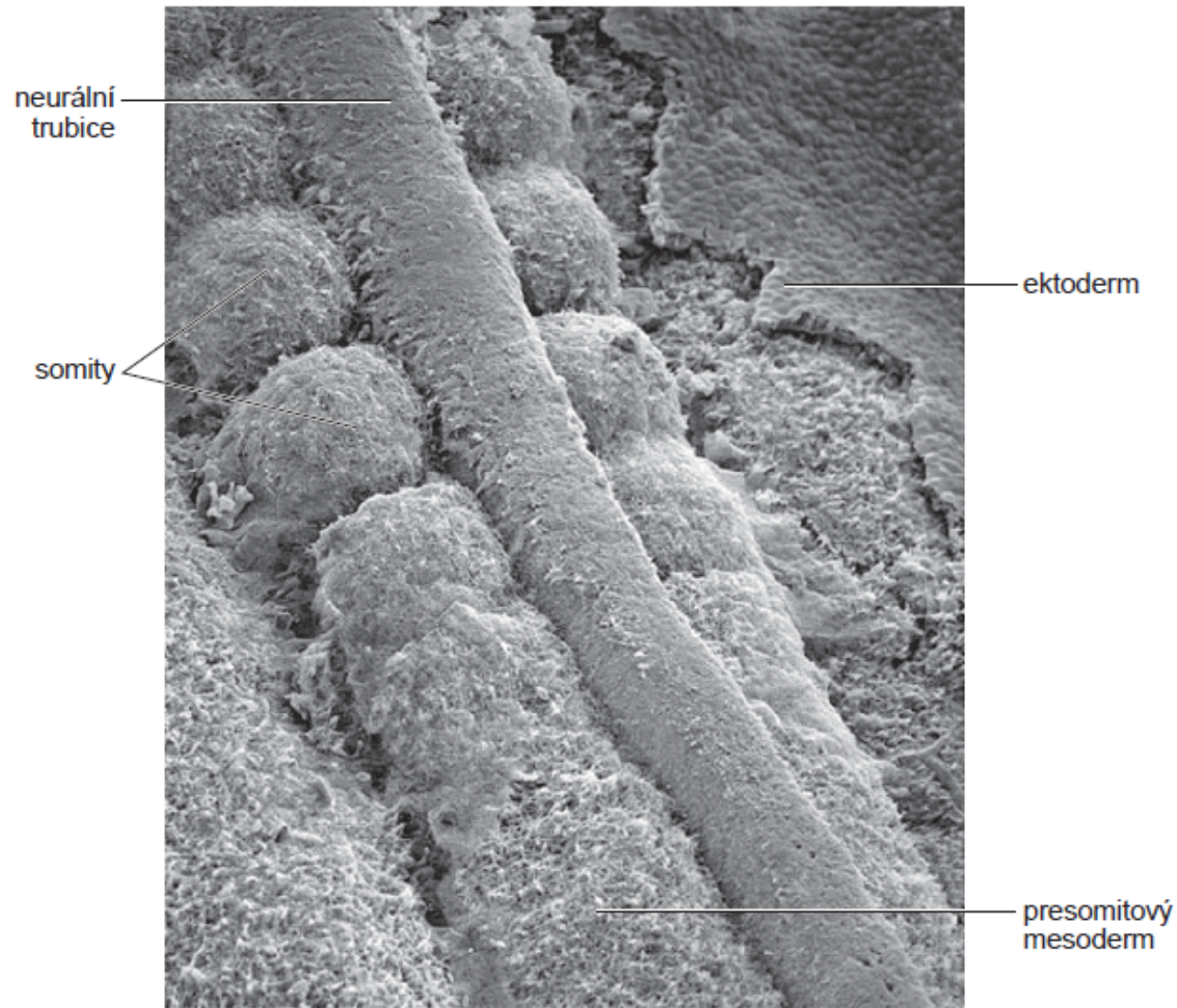
- 1) chorda – axiální mesoderm
- 2) paraxiální mesoderm - somity (3 části)
- 3) intermediární mesoderm – urogenitální systém
- 4) mesoderm laterální ploténky:

somatopluera parietální vrstva – tělní stěna s příčně pruhovanou svalovinou pokrytá serózou

splanchnopleura viscerální vrstva – břišní orgány s vazivem či hladkou svalovinou pokryté serózou



Transverzální řez úrovní somitů, kuřecí embryo



Somity – postupně kraniokaudálně se vytvářející segmenty mesodermové tkáně po stranách neurální trubice – paraaxiální mesoderm

Somit
vytvoří:

Dermatom

Myotom

Sclerotom

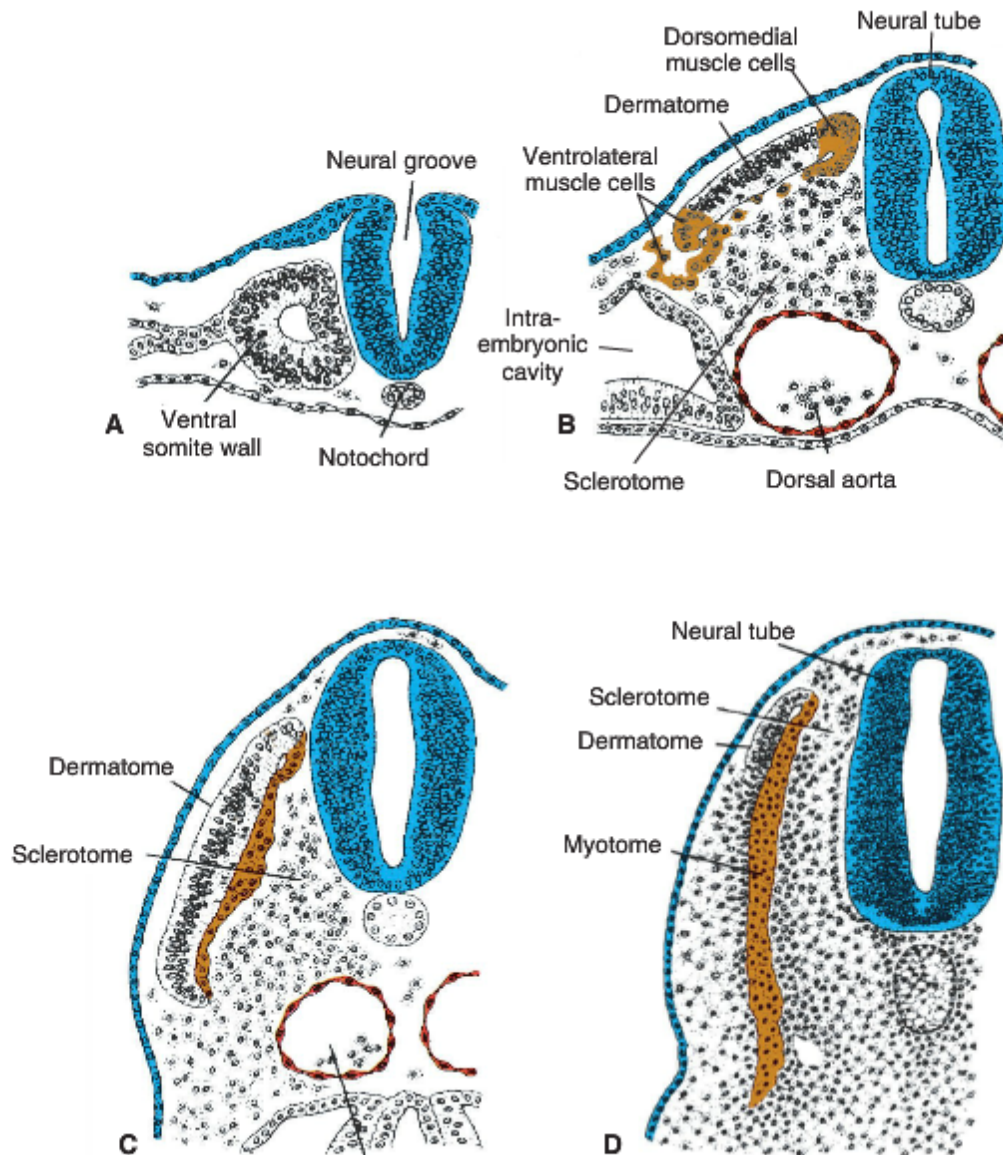


Figure 6.11 Stages in the development of a somite. **A.** Mesoderm cells that have undergone epithelization are arranged around a small cavity. **B.** Cells from the ventral and medial walls of the somite lose their epithelial arrangement and migrate around the neural tube and notochord. Collectively, these cells constitute the sclerotome that will form the vertebrae and ribs. Meanwhile, cells at the dorsomedial and ventrolateral regions differentiate into muscle precursor cells, while cells that remain between these locations form the dermatome. **B.** Both groups of muscle precursor cells become mesenchymal and migrate beneath the dermatome to form the dermomyotome **B,C** while some cells from the ventrolateral group also migrate into the parietal layer of lateral plate mesoderm. **B.** Eventually, dermatome cells also become mesenchymal and migrate beneath the ectoderm to form the dermis of the back **D.**

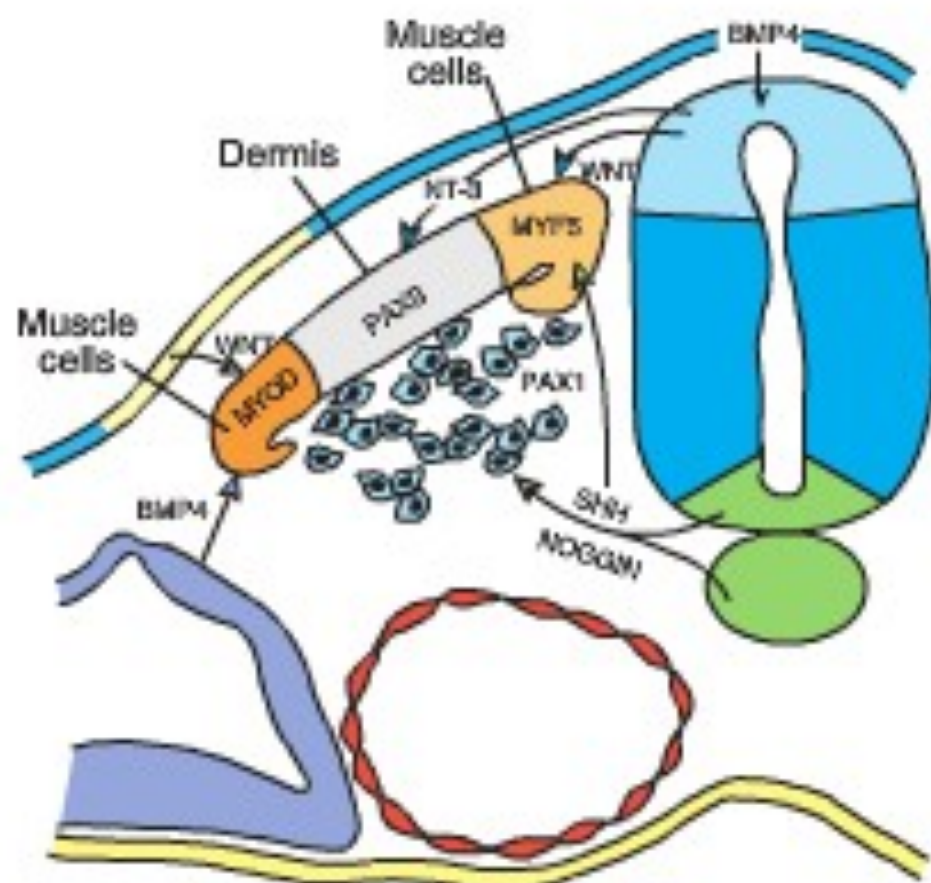


Figure 6.12 Expression patterns of genes that regulate somite differentiation. Sonic hedgehog (SHH) and noggin, secreted by the notochord and floor plate of the neural tube, cause the ventral part of the somite to form sclerotome and to express *PAX1*, which in turn controls chondrogenesis and vertebrae formation. WNT proteins from the dorsal neural tube activate *PAX3*, which demarcates the dermomyotome. WNT proteins also direct the dorsomedial portion of the somite to differentiate into muscle precursor cells and to express the muscle-specific gene *MYF5*. The mid-dorsal portion of the somite is directed to become dermis by NT-3 expressed by the dorsal neural tube. Additional muscle precursor cells are formed from the dorsolateral portion of the somite under the combined influence of activating WNT proteins and inhibitory BMP4 protein, which together activate *MyoD* expression.

Genetický podklad embryonálního vývoje

Geny a genové rodiny:

Shh, Fgf, FgfR, Pax, BMP, Hox

Molekulární mechanismy diferenciace somitů

Geny, které regulují diferenciaci buněk somitů

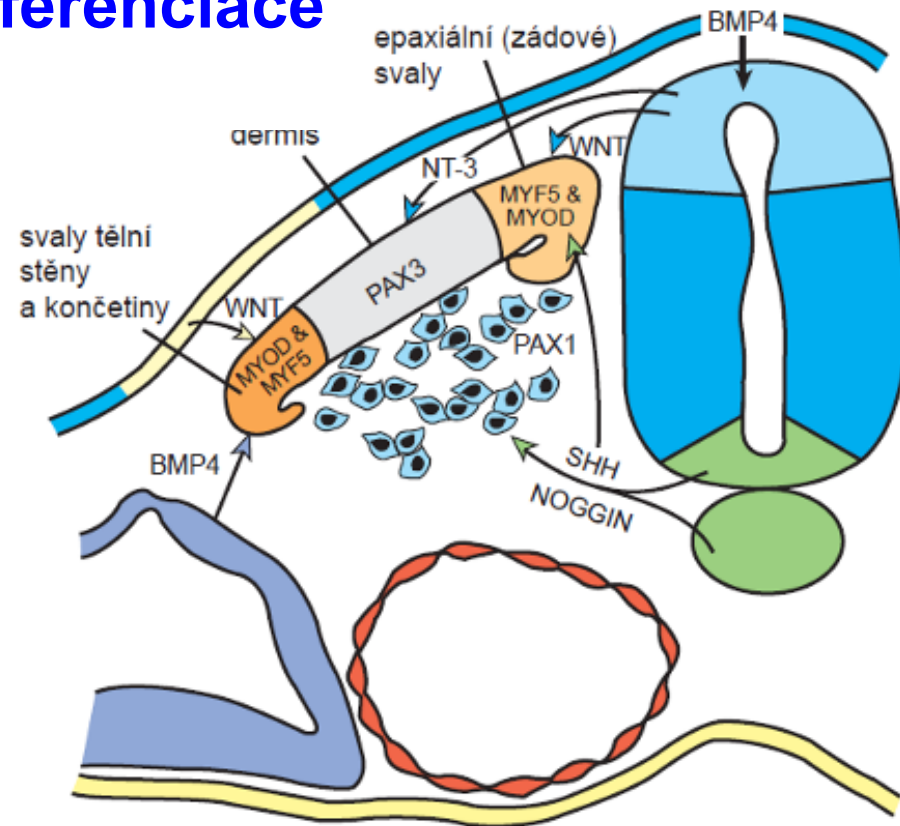
SHH, Noggin (zeleně)

PAX1 (modré buňky)

MYF5, MYOD (hnědě)

PAX3

NT3, WNT (světlomodře)

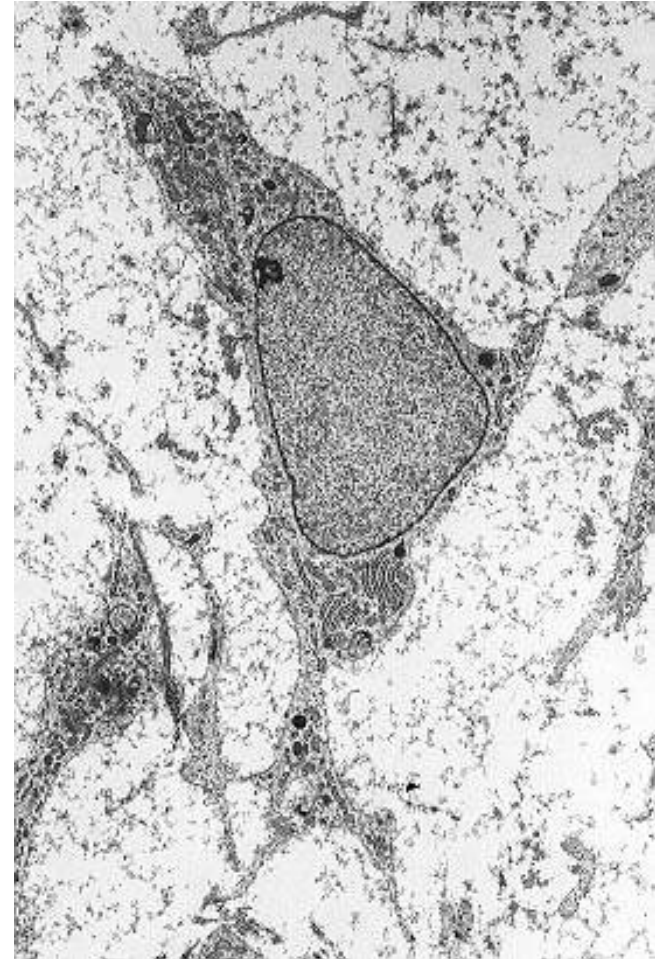


Signální molekuly **Sonic hedgehog (SHH)** a **Noggin**, produkované chordou a spodinovou ploténkou neurální trubice (zeleně), působí na přeměnu ventrální části somitu ve **sklerotom**. Buňky sklerotomu exprimují transkripční faktor **PAX1**, který řídí chondrogenesu a tvorbu obratlů. Proteiny **WNT** z dorzální oblasti neurální trubice aktivují **PAX3**, který vymezení **dermomyotom**. Molekuly WNT dráhy indukují expresi svalově specifického transkripčních faktorů **MYF5** a **MYOD**, které navozuje diferenciaci **svalů**. Neurotrofin **NT3** exprimovaný v dorzální oblasti neurální trubice, navozuje diferenciaci **dermis** z buněk dermatomu.

Mesenchym je vazivová embryonální tkáň, která během vývoje tvoří stroma orgánů a vznikají z ní další pojivové tkáně a také cévy, hladká svalovina a krevetvorná tkáň.

Mesenchym obsahuje málo diferencované buňky, které se uvolnily z epitelově uspořádaného mesodermu procesem nazvaným **epithelo-mesenchymová transformace**.

V hlavové oblasti pocházejí mesenchymové buňky z neurální lišty a jsou proto nazývány **ektomesenchym**.



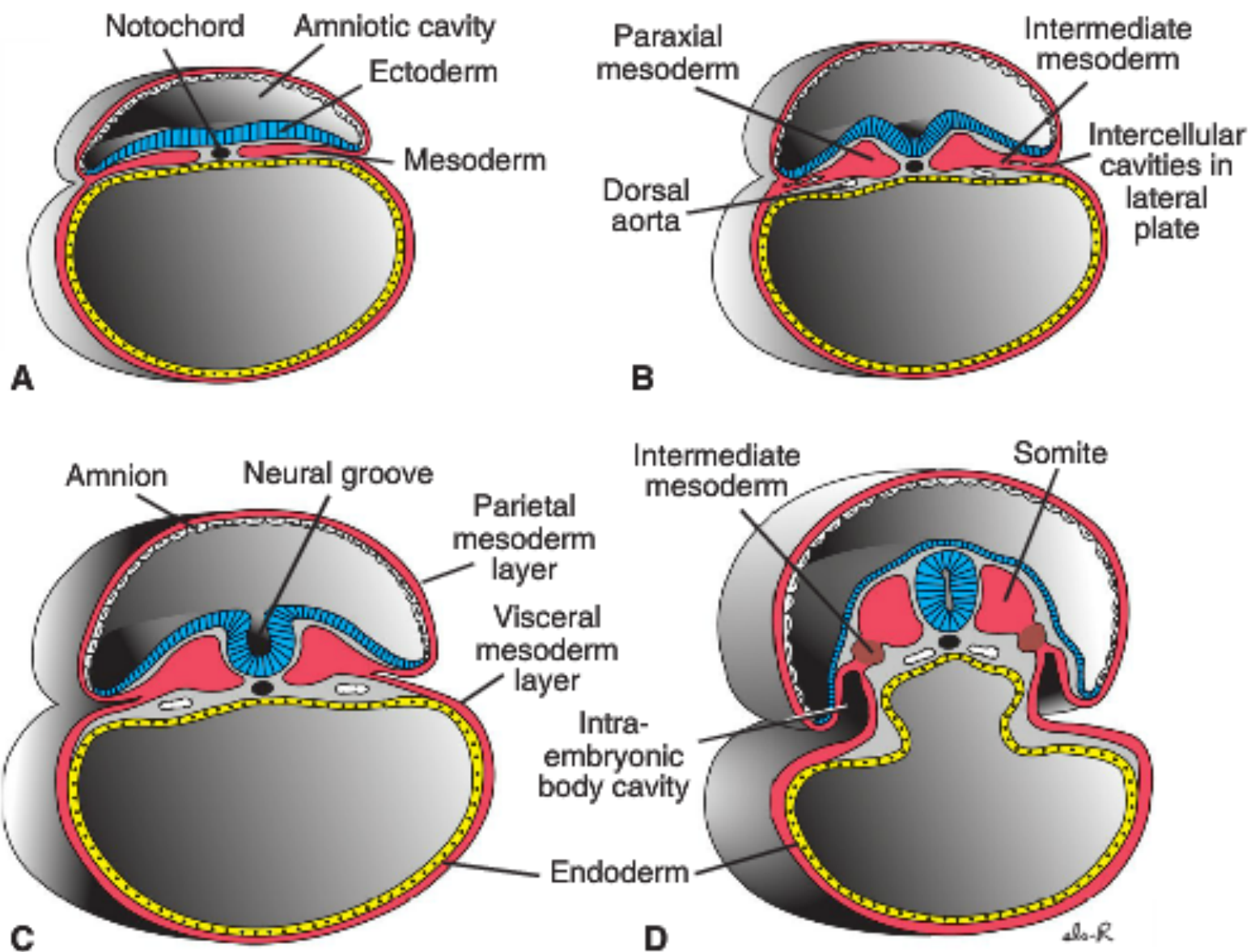
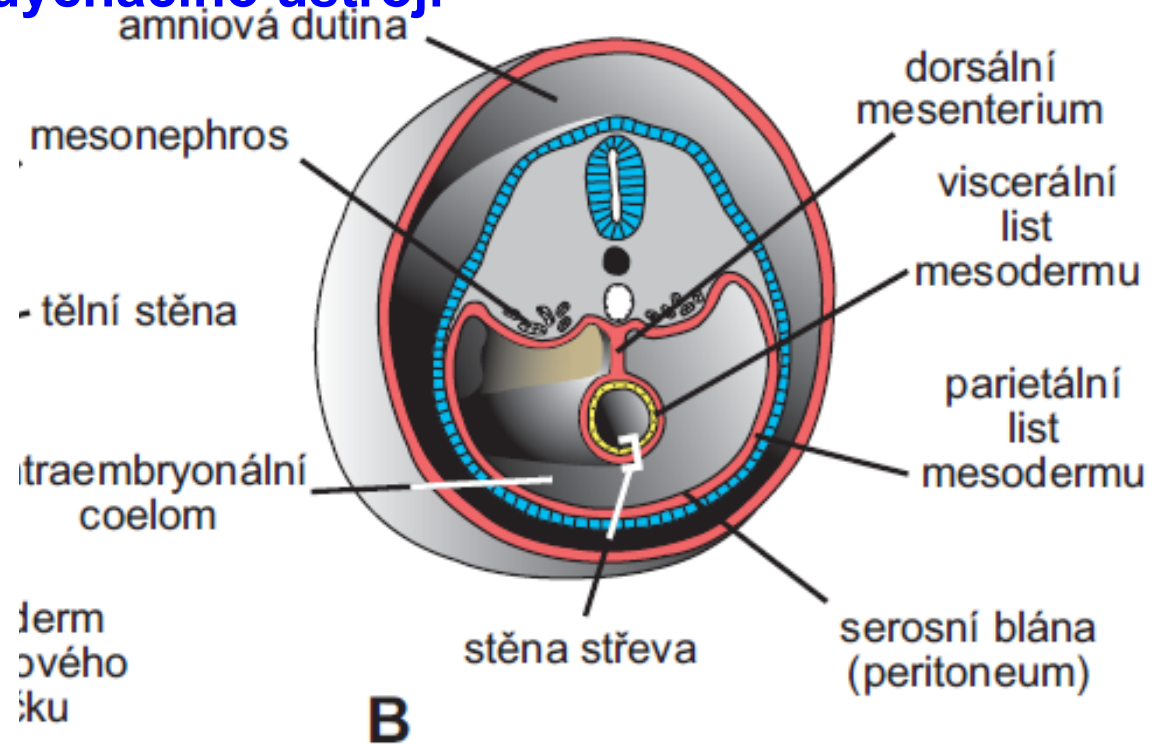
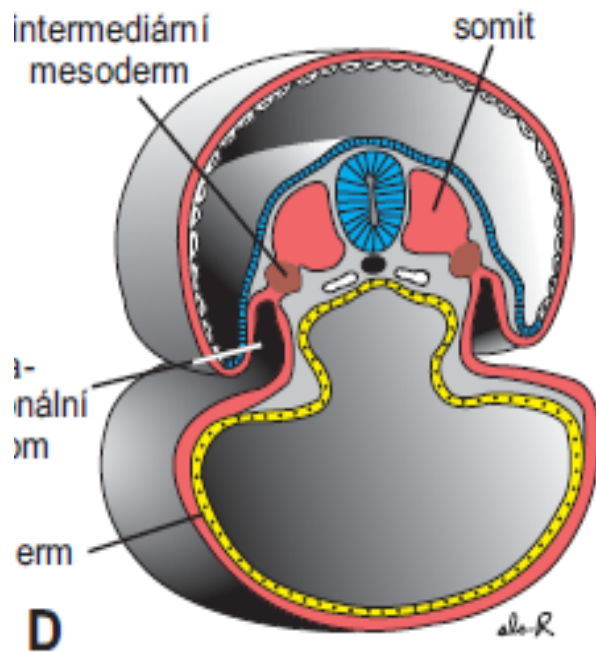


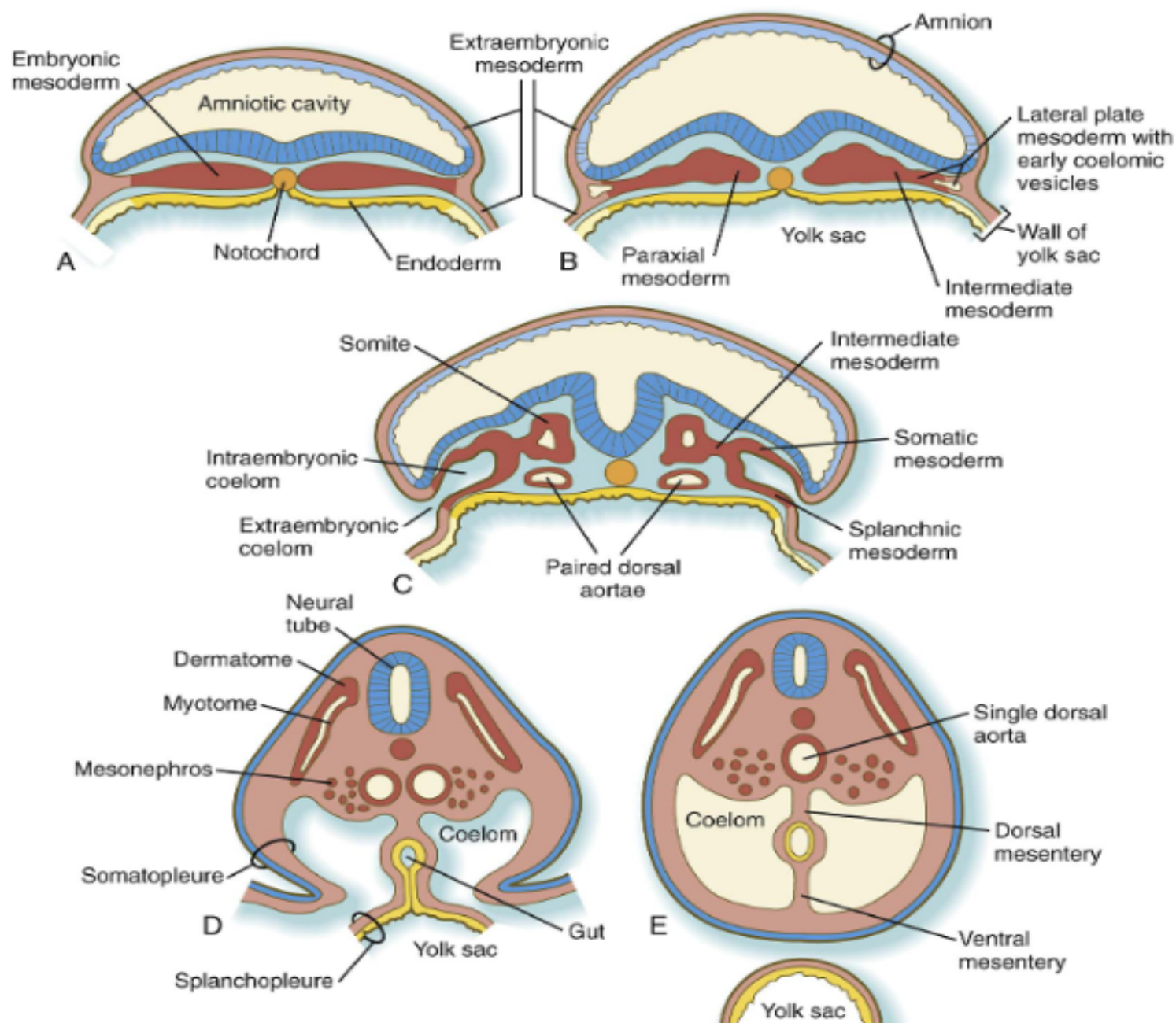
Figure 6.8 Transverse sections showing development of the mesodermal germ layer. **A.** Day 17. **B.** Day 19. **C.** Day 20. **D.** Day 21. The thin mesodermal sheet gives rise to paraxial mesoderm (future somites), intermediate mesoderm (future excretory units), and the lateral plate, which is split into parietal and visceral mesoderm layers lining the intraembryonic cavity.

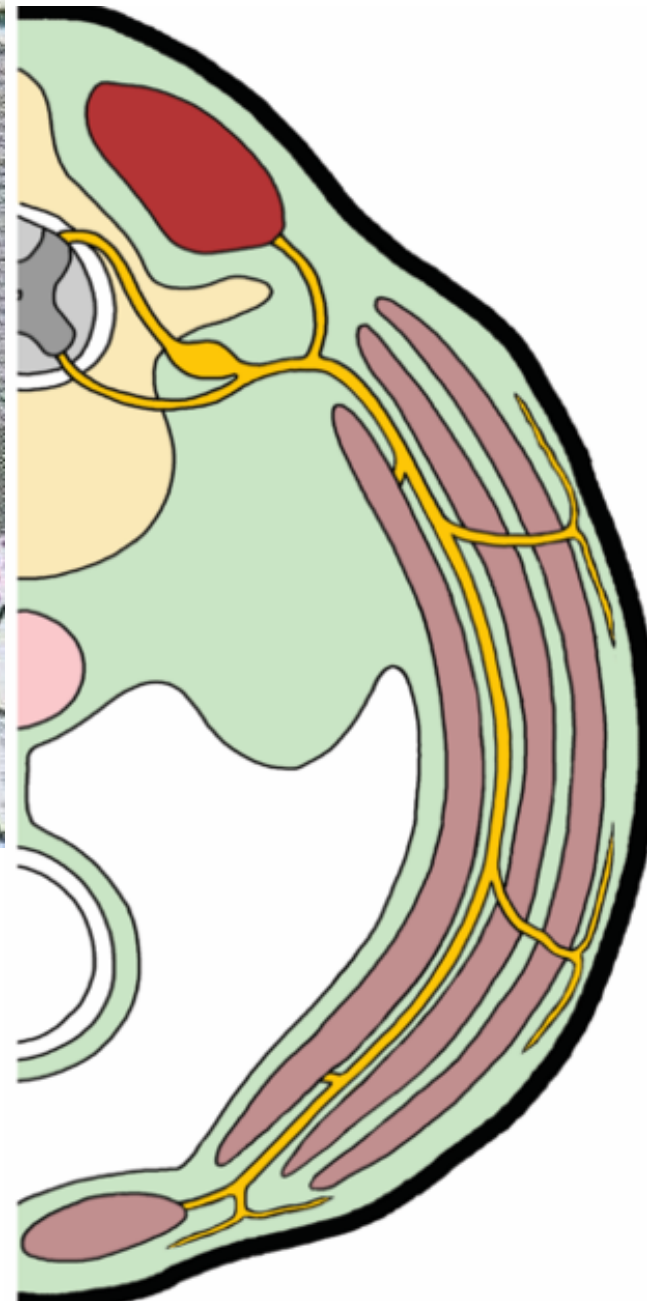
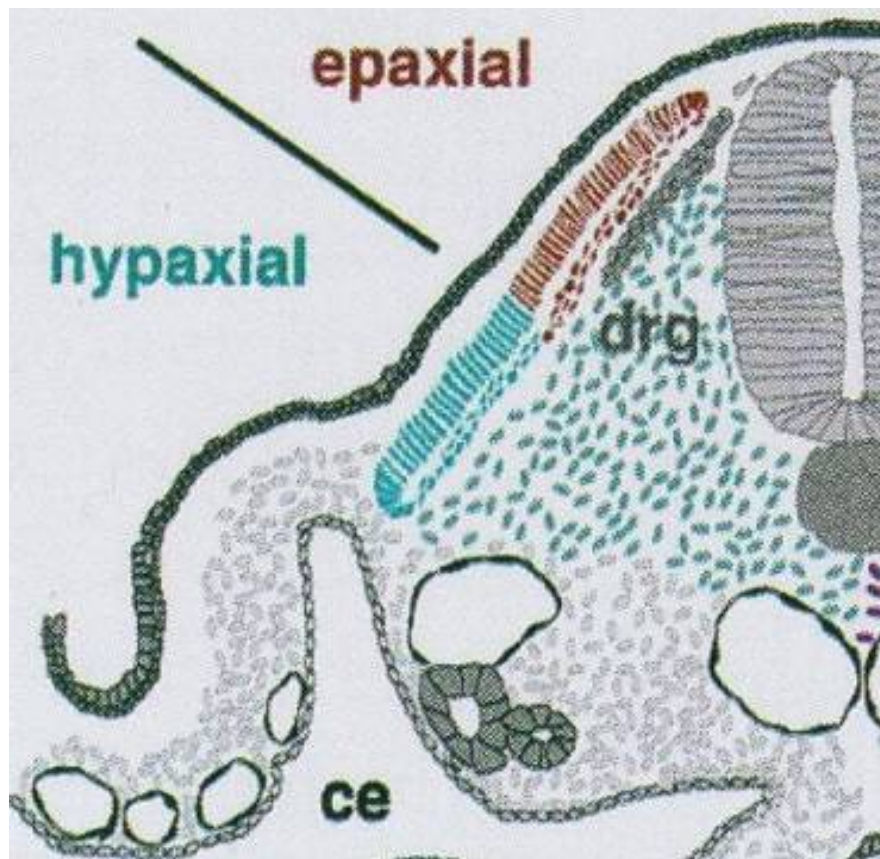
Vývoj mesodermu

Z mesodermu (červeně) vzniká **paraaxiální mesoderm** (budoucí somity), **intermediární mesoderm** (budoucí vylučovací orgány) a **mesoderm laterální ploténky**. Ta se postupně štěpí v zevní list, **somatopleuru** a vnitřní list, **splanchnopleuru**. Somatopleura se přikládá k ektodermu (modře) a tvoří ventrální a laterální stěnu trupu, splanchnopleura se přikládá k entodermu (žlutě) a podílí se na stavbě stěny trávicího a dýchacího ústrojí



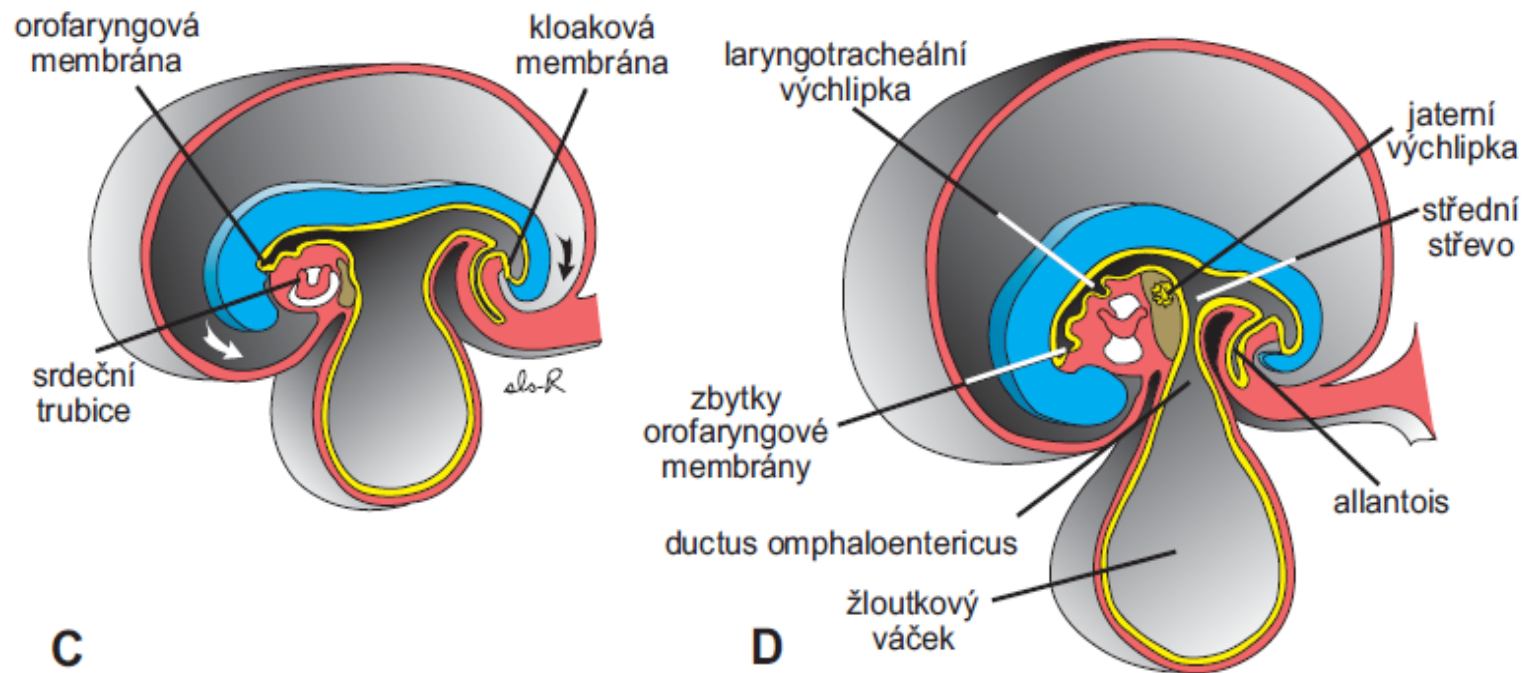
Členění mesodermu





Původ a uspořádání epaxiální a hypaxiální svaloviny na transversálním řezu embryem v úrovni břišní stěny v časném (vlevo) a v pozdějším (vpravo) vývojovém období

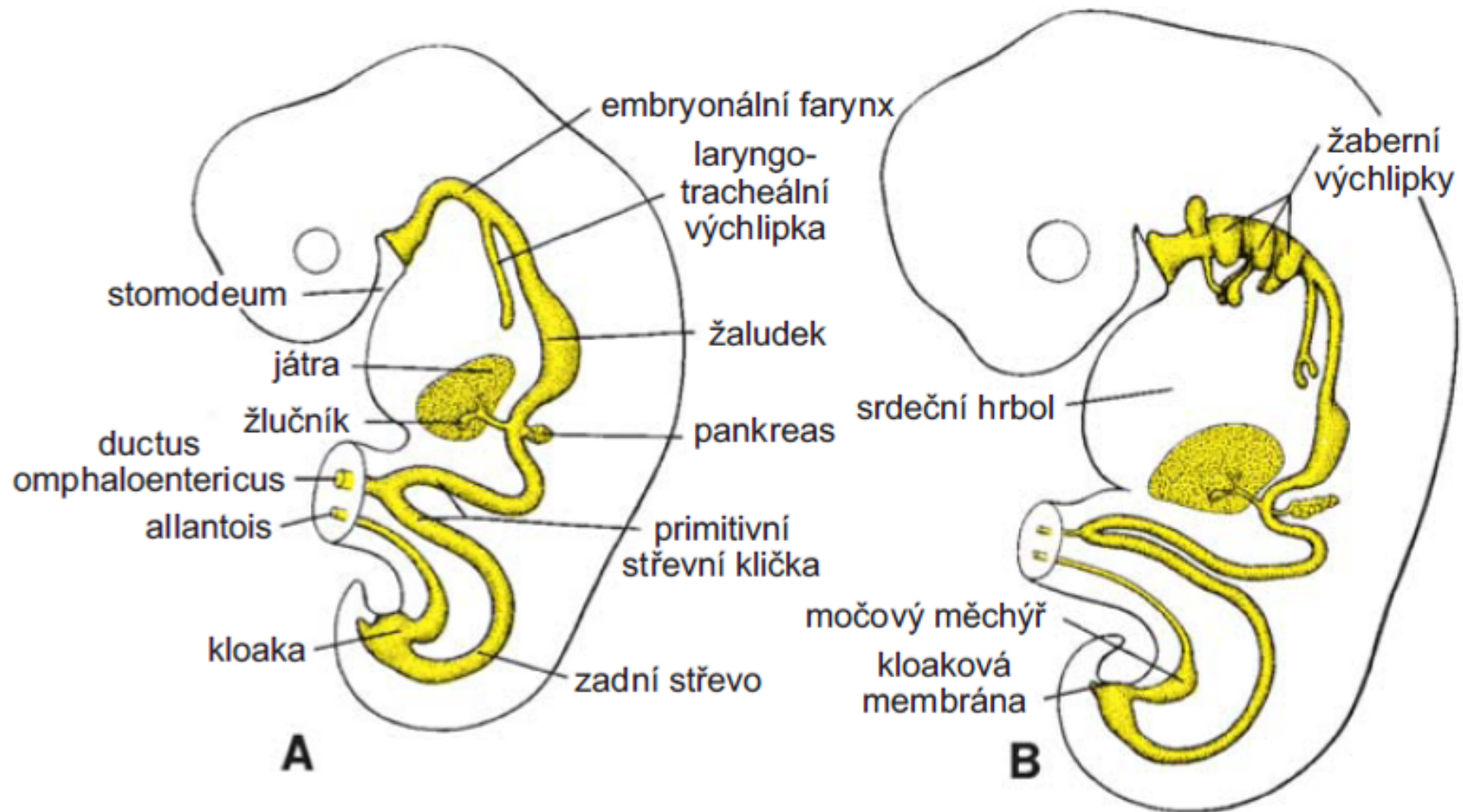
Vývoj entodermu

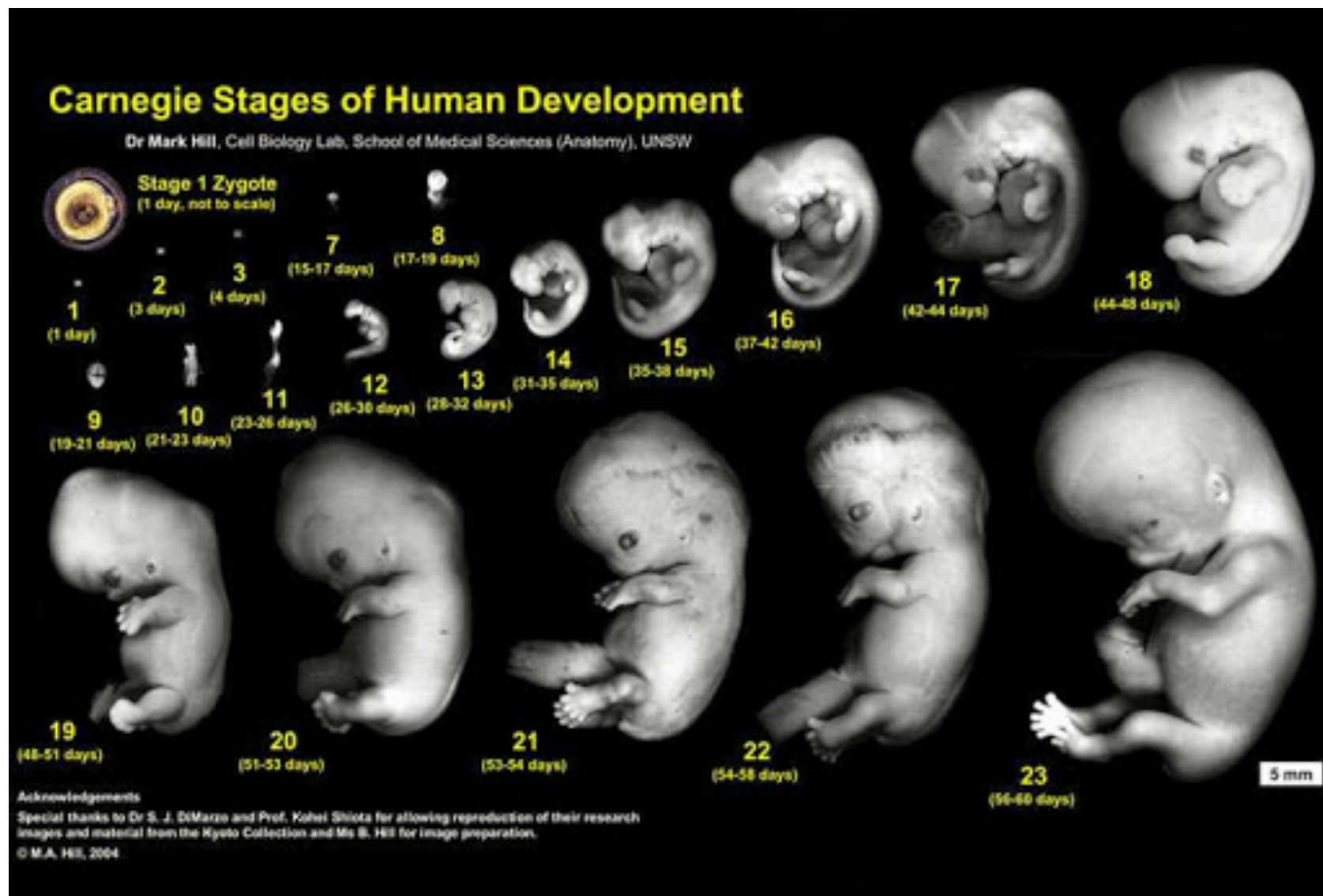


Vývoj dutiny vystlané entodermem (žlutě) na mediálním řezu embryem ve 3. a 4. týdnu vývoje.

ENDODERM

VÝSTELKA TRÁVICÍ TRUBICE A DERIVÁTY
(plíce, játra, pankreas, částečně močové ústrojí)





"Carnegie stage," 23 stádií lidské embryogeneze, od stádia 1 (oplozené vajíčko) do stádia 23 (8 týdnů po oplození)

branchiální žaberní oblouky 4. – 5. týden

- mesenchymová tkáň pokrytá ektodermem and endodermem, rozdělená štěrbinami na 4-6 oblouků.
- výchlipky faryngu (kraniální části předního střeva)
- **přispívají vývoji krku a obličeje – kosti, svaly, cévy**

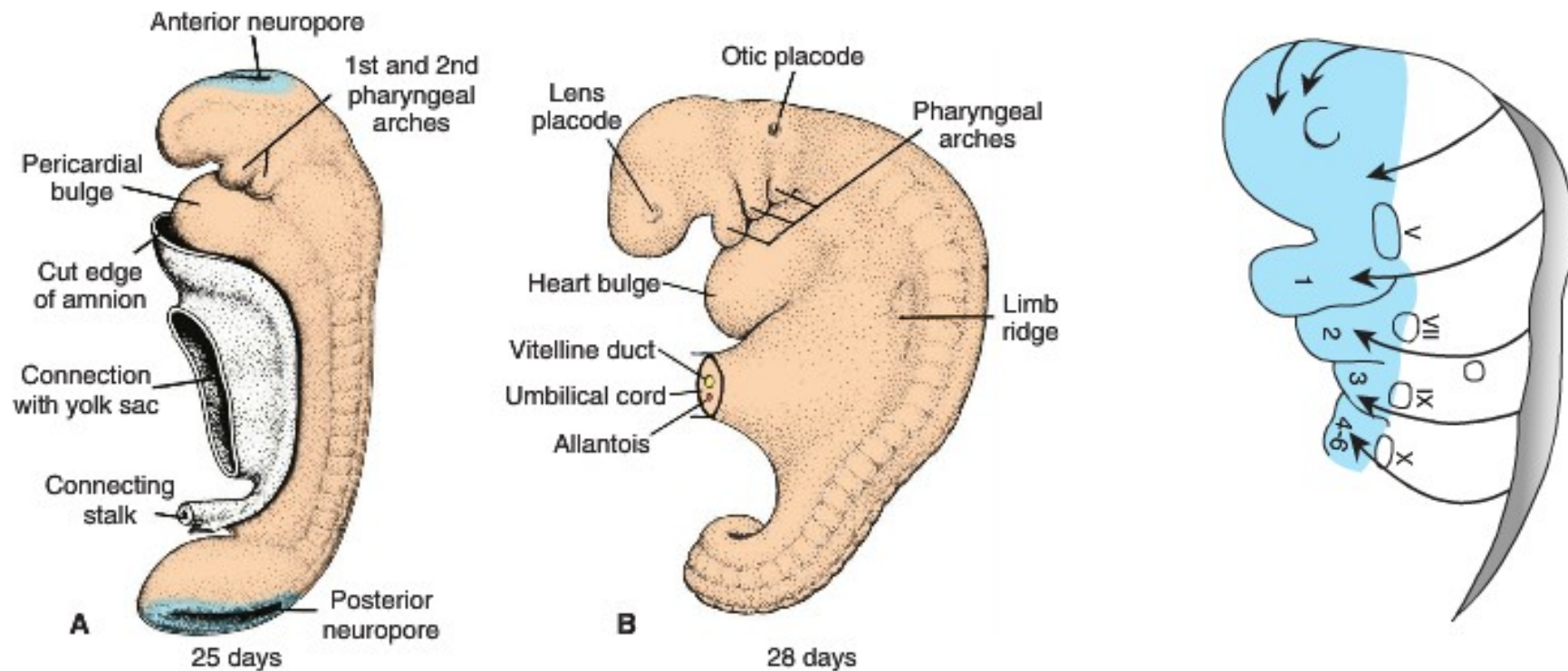


Figure 6.4 **A.** Lateral view of a 14-somite embryo (approximately 25 days). Note the bulging pericardial area and the first and second pharyngeal arches. **B.** The left side of a 25-somite embryo approximately 28 days old. The first three pharyngeal arches and lens and otic placodes are visible.

ZDROJE

Přednášky Prof. Miloše Grima a Dr Pavla Šnajdra

UNIVERSITAS CAROLINA PRAGENSIS

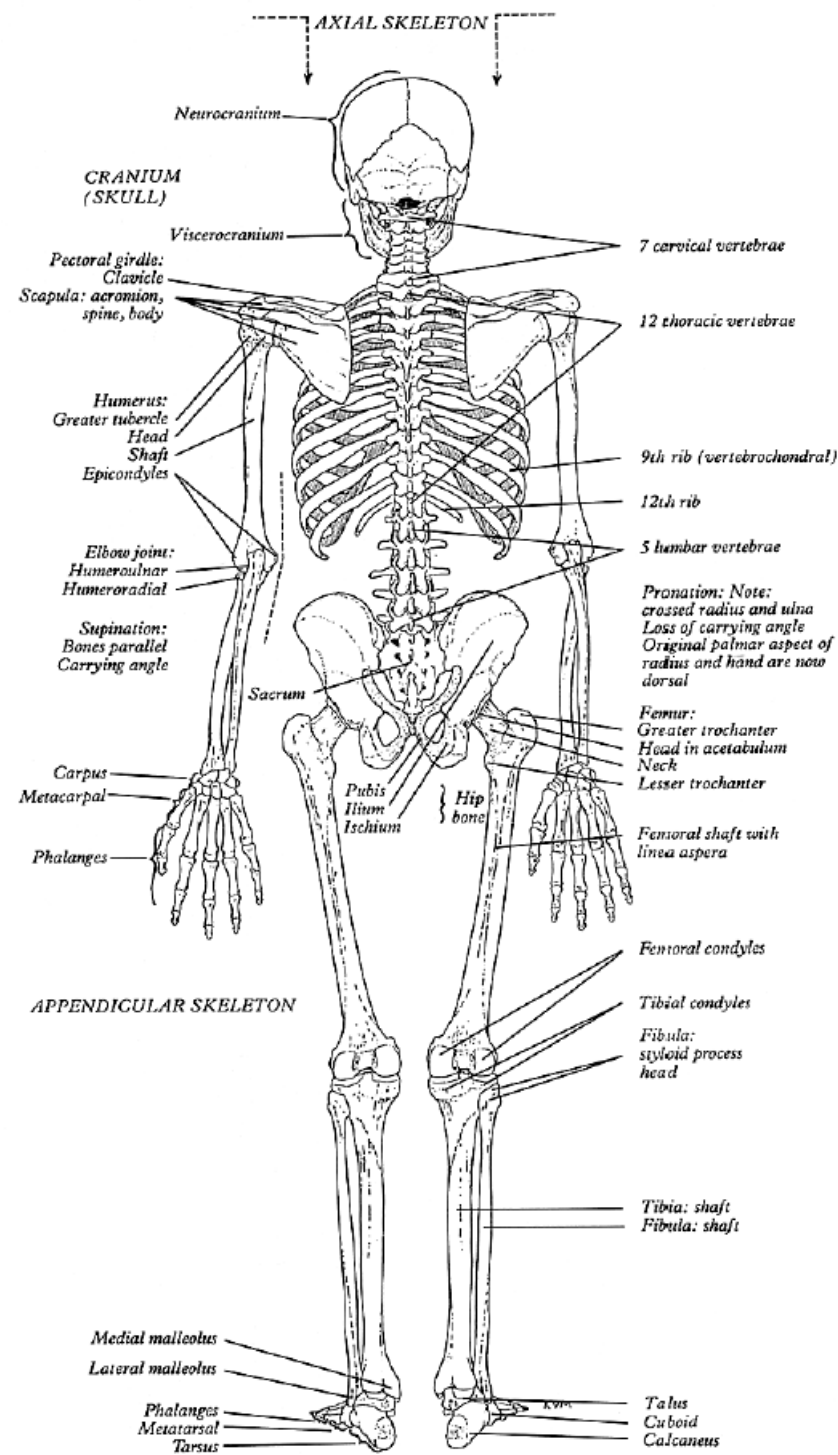
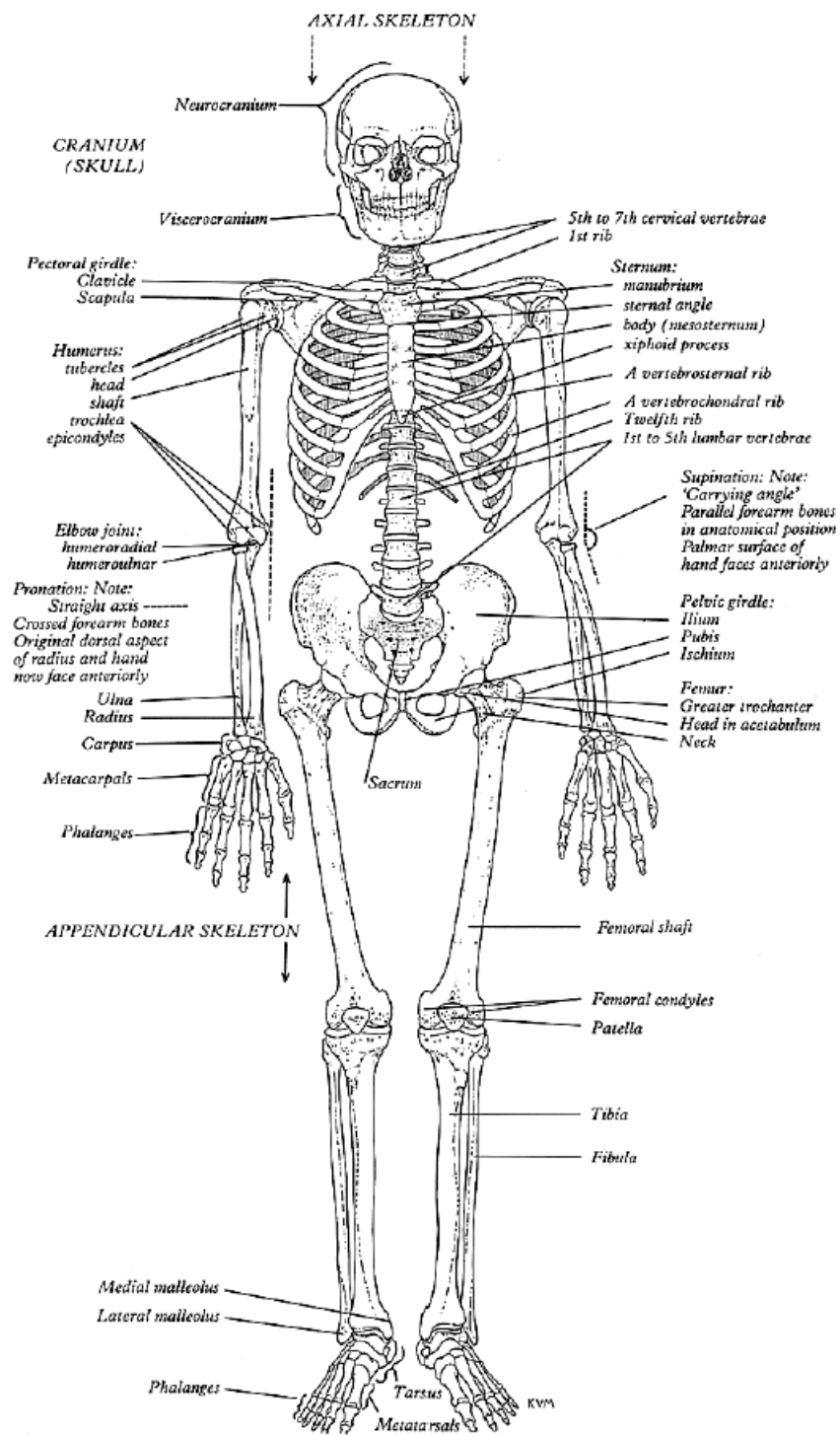
Univerzita Karlova v Praze – 1. lékařská fakulta



Obecná anatomie kostí a kloubů.

Anatomický ústav

Autor: Petr Valášek
Obor: všeobecné lékařství



Typy tkání

Epitely

Pojiva – vazivo, chrupavka, kost, *krev*

Svalová tkáň – hladká, příčně
pruhovaná, srdeční

Nervová tkáň – neurony a glie

Kost

dlouhé, krátké, ploché
pneumatizované

substantia compacta
et substantia spongiosa

cavitas medullaris – medulla
ossium – červená, žlutá, šedá

okostice – periost, endost



Kosti
dlouhé



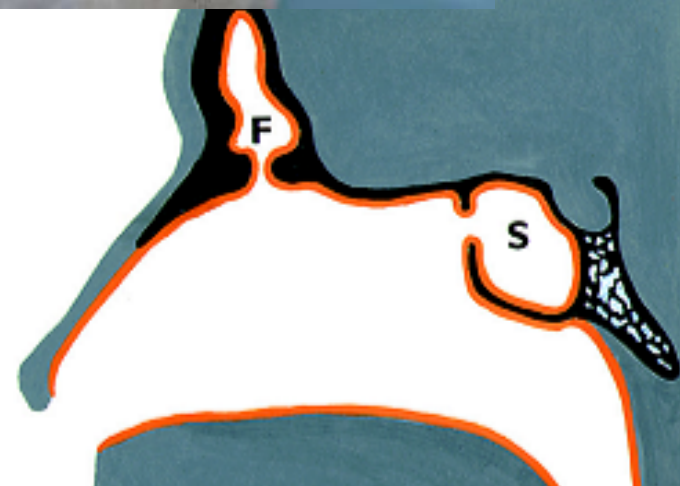
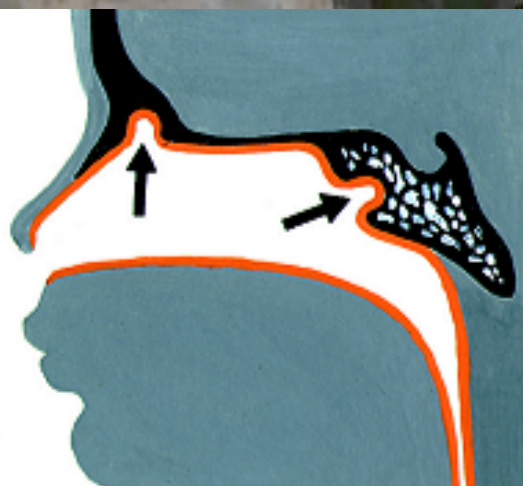
Kosti krátké



Kosti ploché



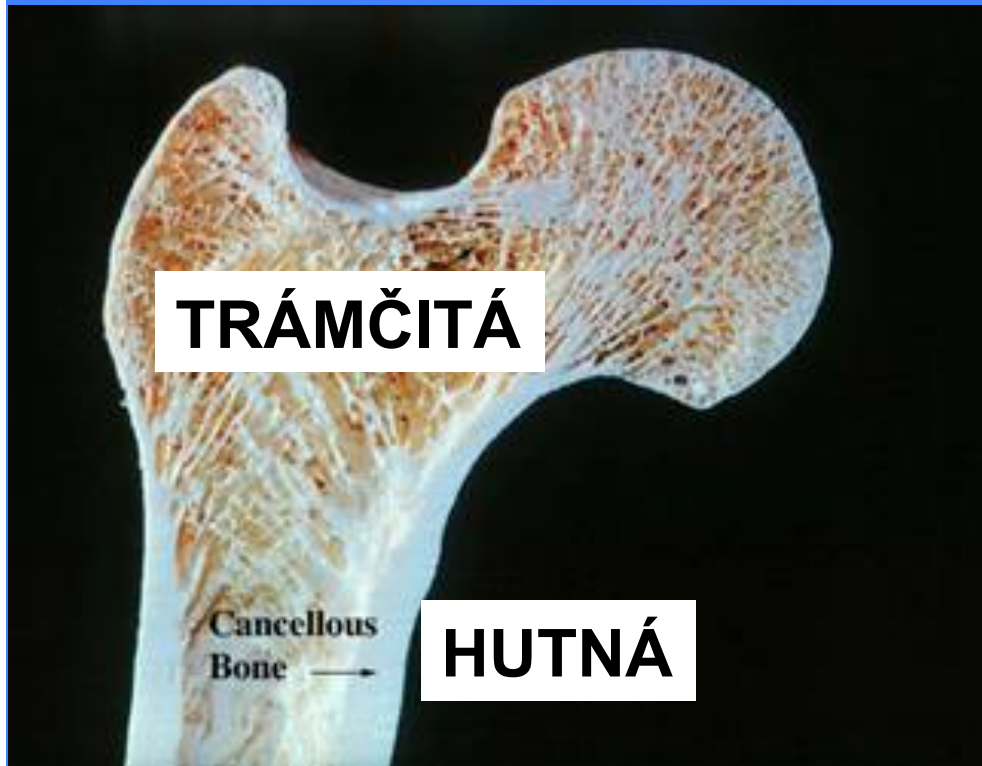
Kosti pneumatisované



Pneumatisací postnatálně vznikají Vedlejší Dutiny Nosní

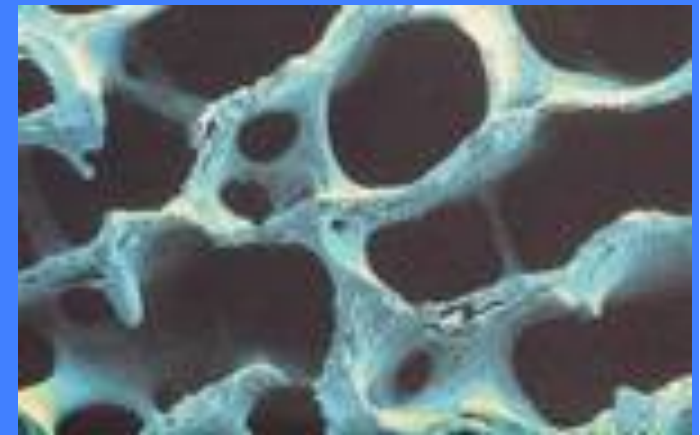
substantia compacta HUTNÁ

substantia spongiosa TRÁMČITÁ

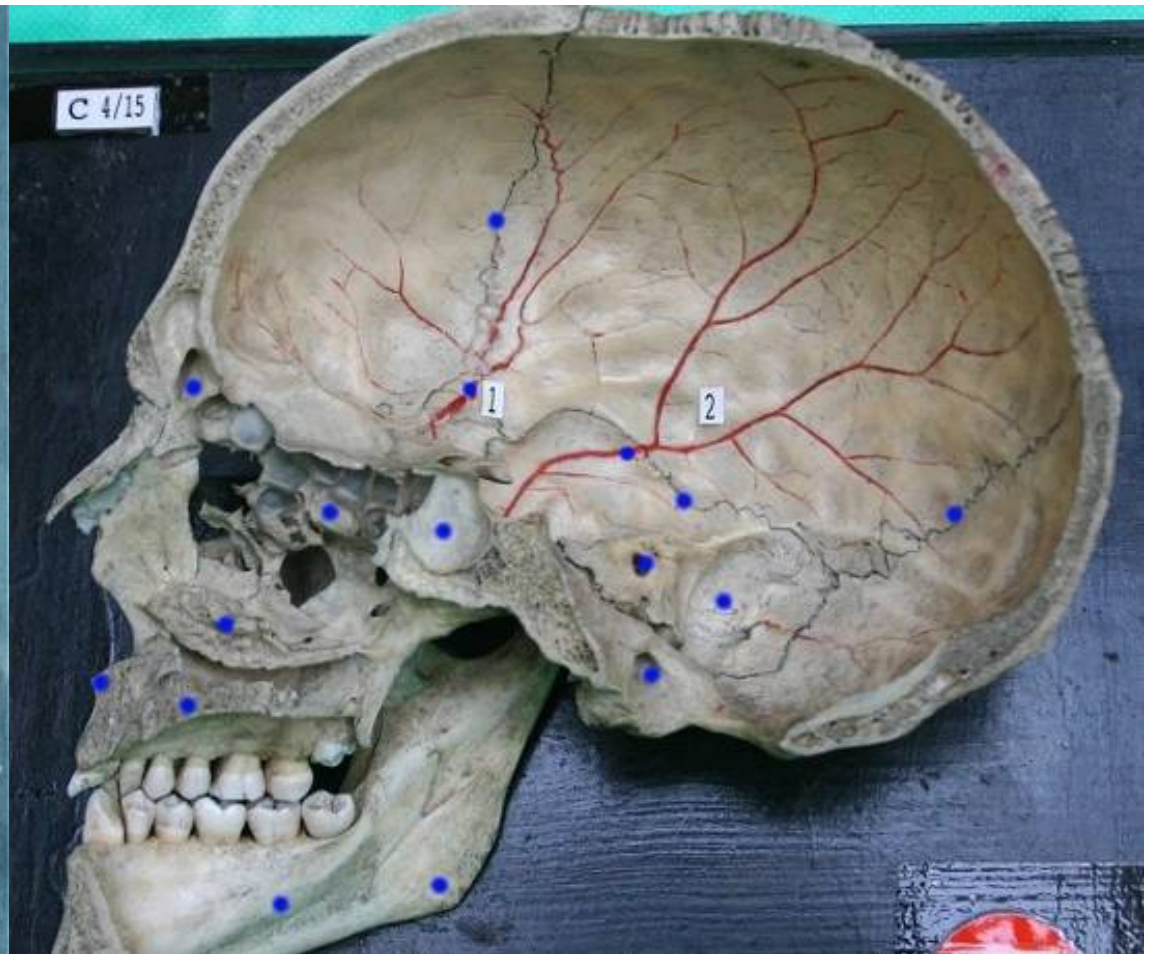


hsc.unm.edu/.../histology/lab1/laboratory_1.html

Směr kostních
trámců odpovídá
silám působícím na
kost – gotický
oblouk



Architektura hlavice a krčku femuru

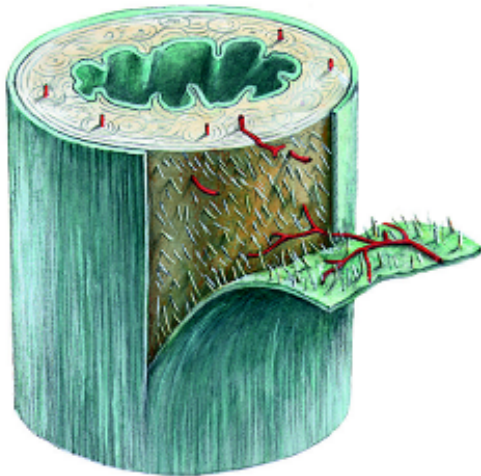


Kosti lebky

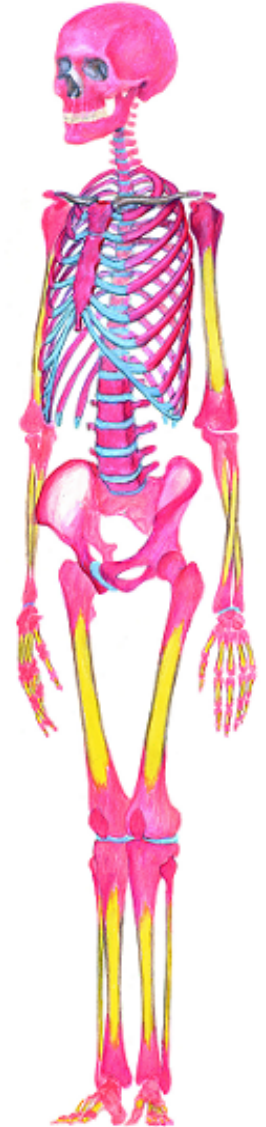
Compacta, spongiosa, compacta

lamina externa, spongiosa, lamina interna = DIPLOE

cavitas medullaris obsahuje **medulla ossium = kostní dřeň**
červená = místo krvetvorby {žlutá, šedá}



periost - okostice
endost



Distribuce červené a žluté kostní dřeně v dětství
a v dospělosti
(zůstává v plochých kostech a obratlových tělech)

Kost

vazivo či chrupavka

matrix osteoid + vápník

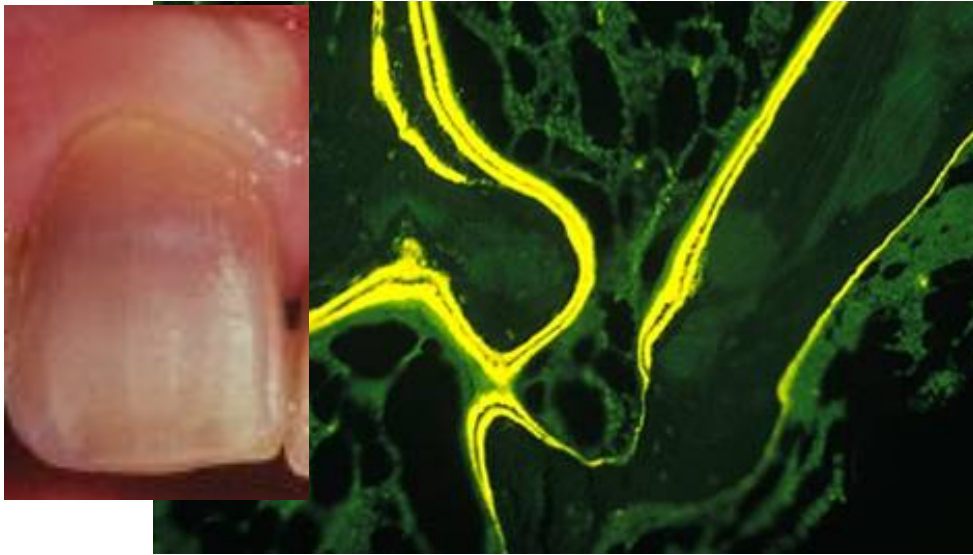
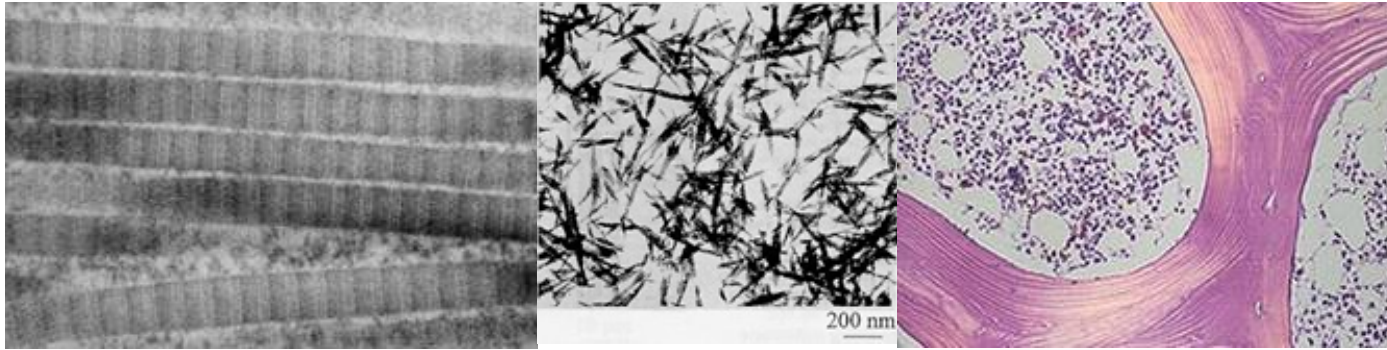
primární = plst'ovitá kost

sekundární = lamelární kost

osteoblast-osteocyt vs. osteoklast

tlaky, přestavba, kalcemie

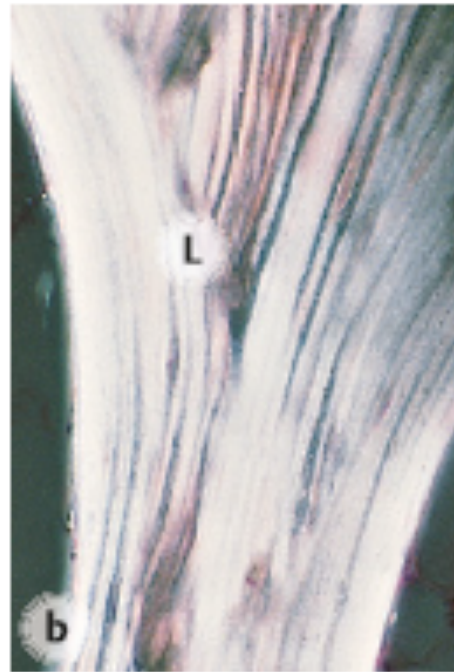
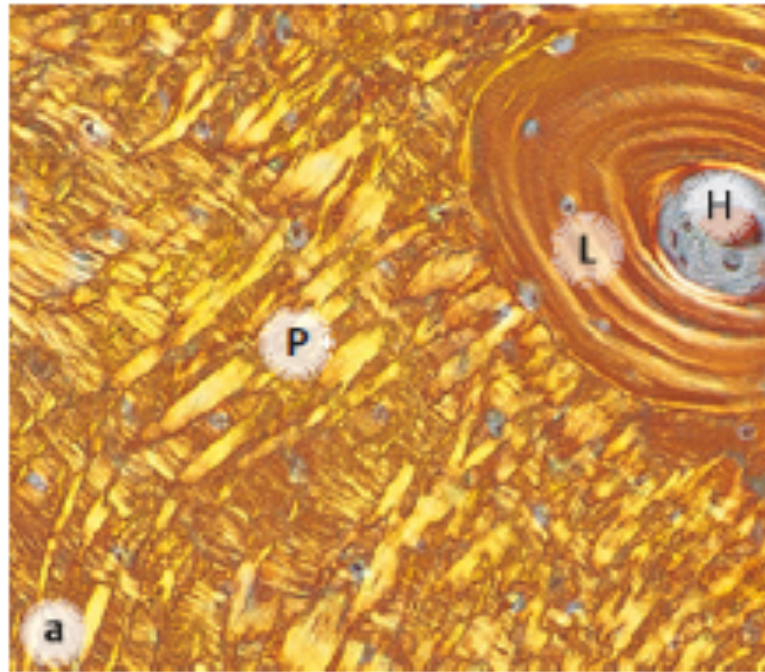
Kostní mezibuněčná hmota a minerály



Kolagen představuje místo vzniku krystalů hydroxyapatitu v kostní tkáni. Pomocí tetracyklinu lze znázornit oblast ukládání kostních minerálů na výbrusu kostí či v zubu.

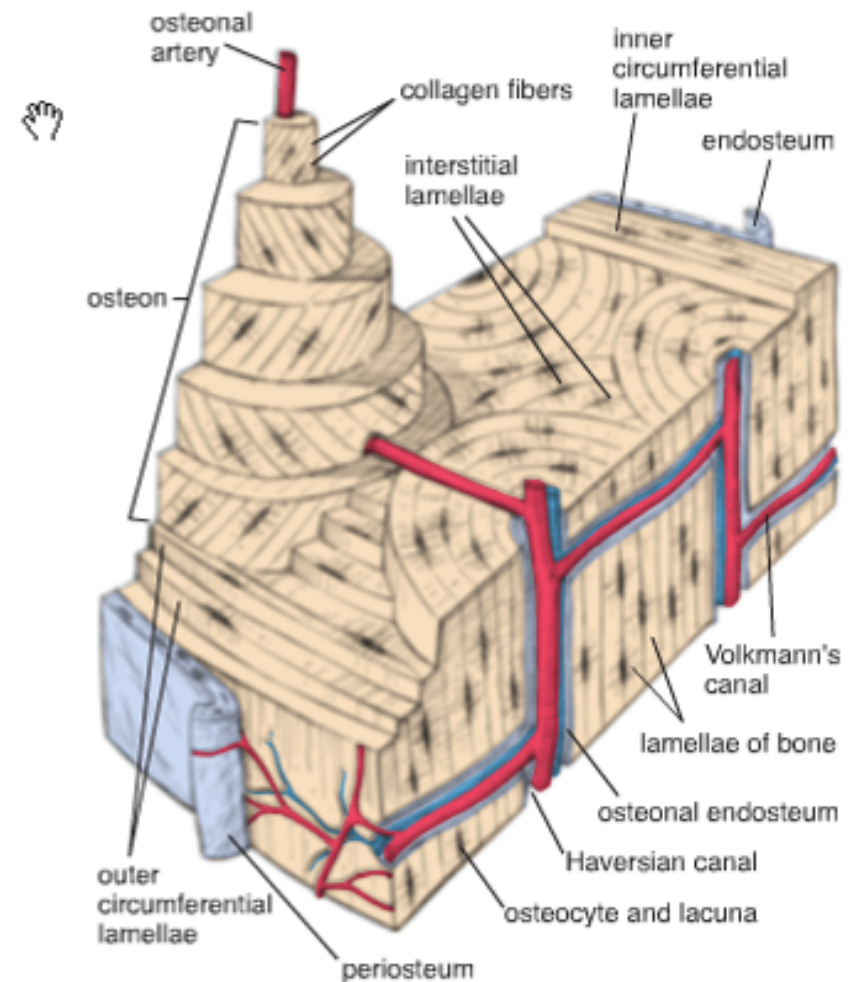
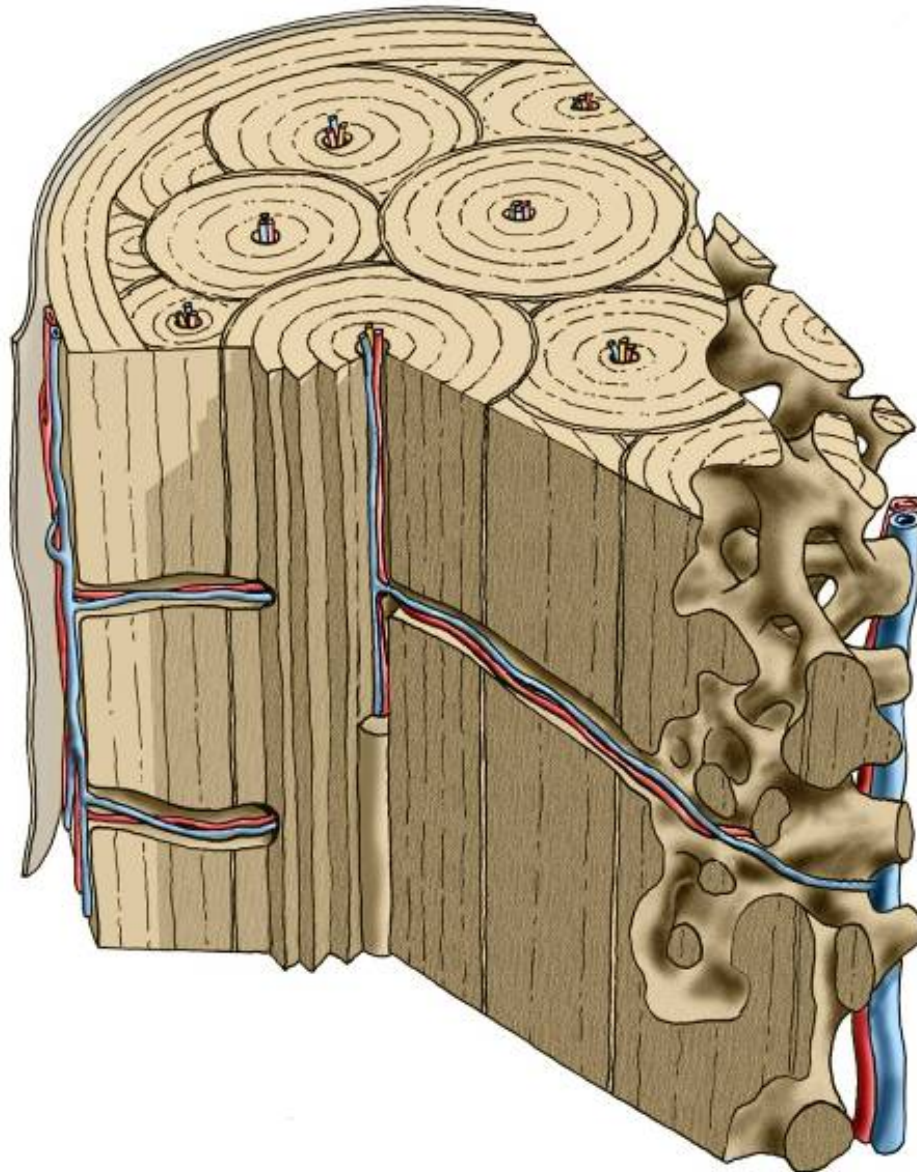
http://mayoresearch.mayo.edu/mayo/research/bone_histomorphometry_lab/images/tph1084206_08.jpg

<http://133.100.213.46/photo/T-Collagen.jpeg>

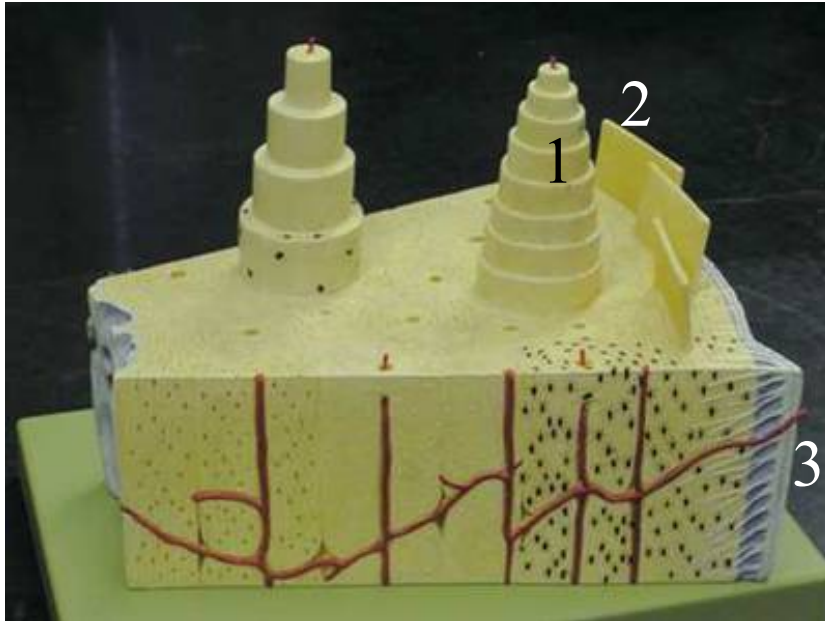


Nově tvořená kost je **plst'ovitá** a přestavbou se mění v **lamelární**

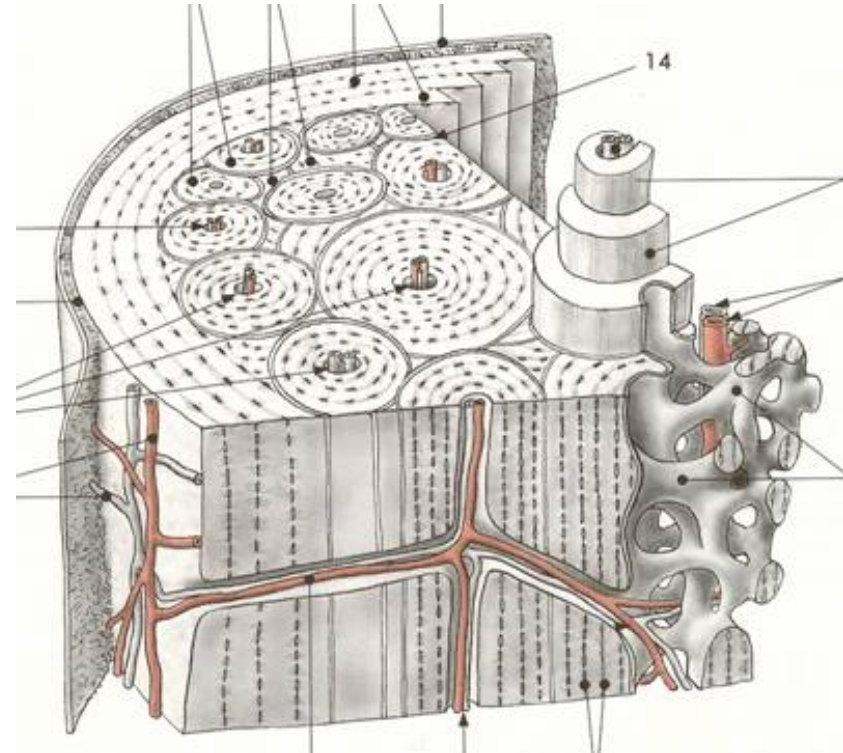
Kompakta = Haverský systém, systém osteonů



Kompaktní kost-koncentrické cylindrické osteony, plášťové lamely, periost



Facstaff.bloomu.edu/jhranitz/courses/APHNT/html



Grim et al. Základy anatomie, Galén, 2001

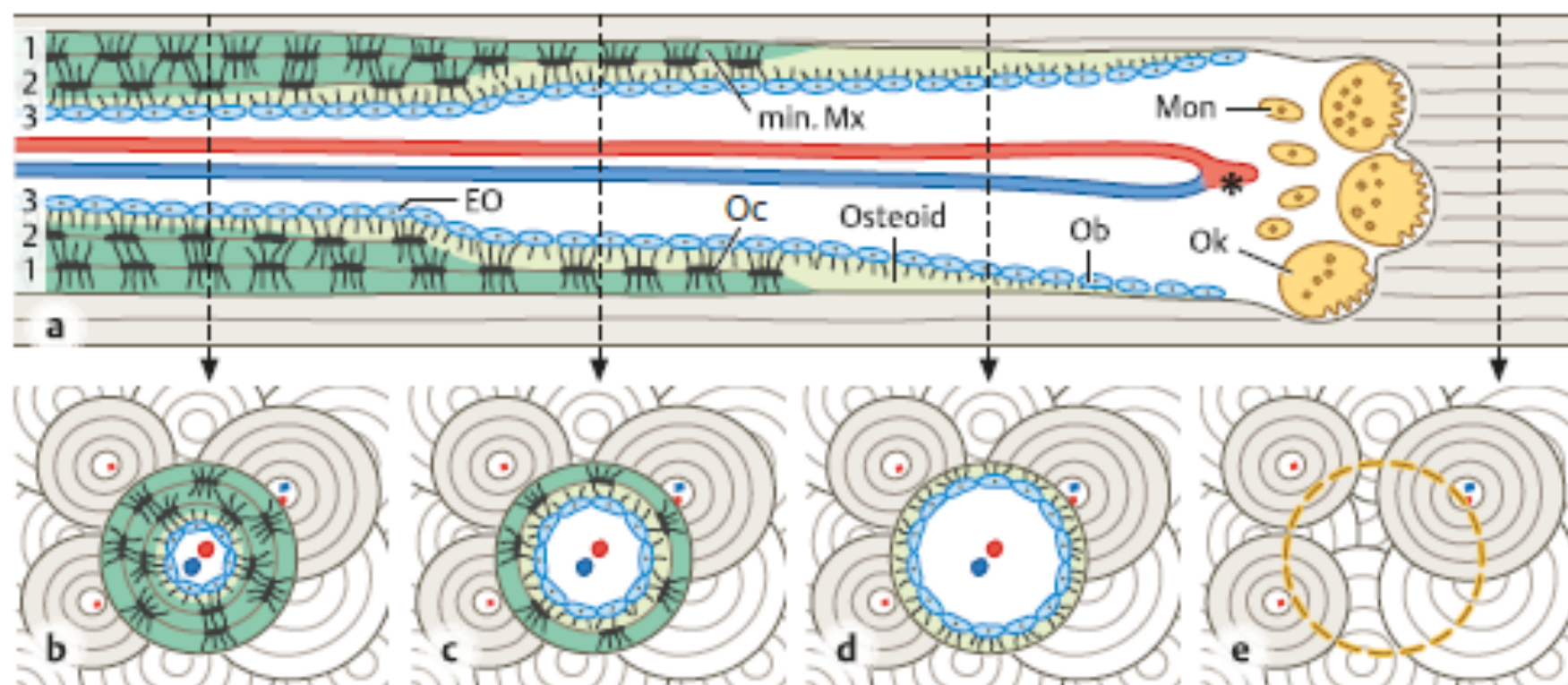
1. Cylindrický osteon s koncentrickými lamelami kolem Haversova kanálu s cévami
2. Plášťové lamely
3. Periost připojený Sharpeyovými vlákny ke kosti

Haversův systém

Osteony z koncentrických lamel
Intersticiální lamely = zbytky

Plášťové lamely

Haversovy kanálky
Volkmanovy kanálky z
periostálních cév



Obr. 8. **26 Přestavba kosti** v kompaktě (schéma): osteoklasty (**Ok**) vyvrtávají zleva doprava tunel, který osteoblasty (**Ob**) vyplní novými kostními lamelami. Z osteoblastů se stanou osteocyty (**Oc**); nejmladší osteoblasty se stanou buňkami endostu (**EO**). Podrobnosti viz text. **a** Podélný řez. **b–e** Příčné řezy v úrovních označených šipkami v obr. a. Šedě jsou zvýrazněny jen tři osteony, které byly před vznikem tunelu úplné; žlutý kruh v obr. e vyznačuje obvod blížícího se tunelu. Krevní cévy červeně a modře, * vyrůstající výběžek cévní kličky. **Mon**, mononukleární předchůdci osteoklastů. Osteoid světle zeleně, mineralizovaná matrix tmavozeleně (**min. Mx**).

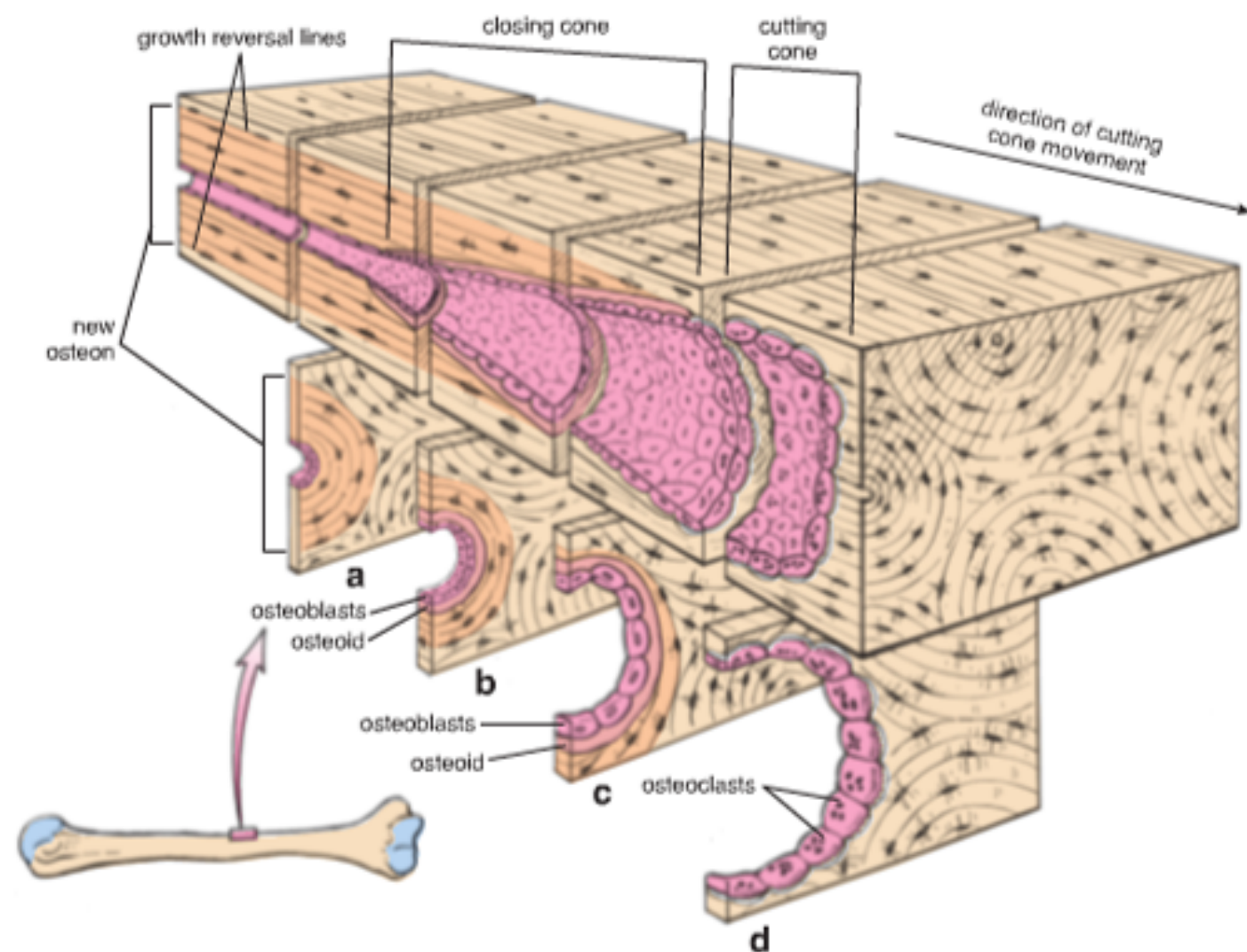
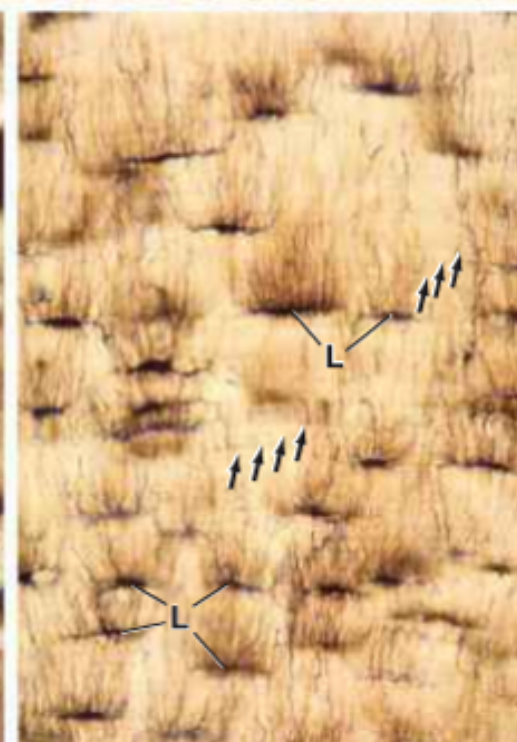
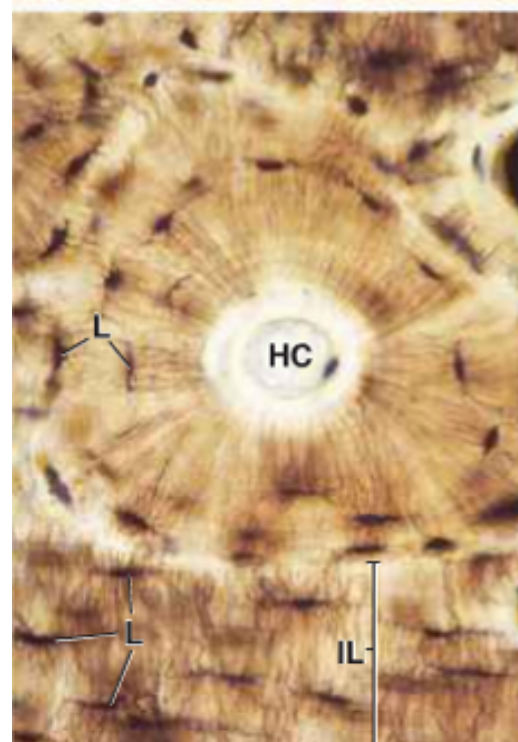
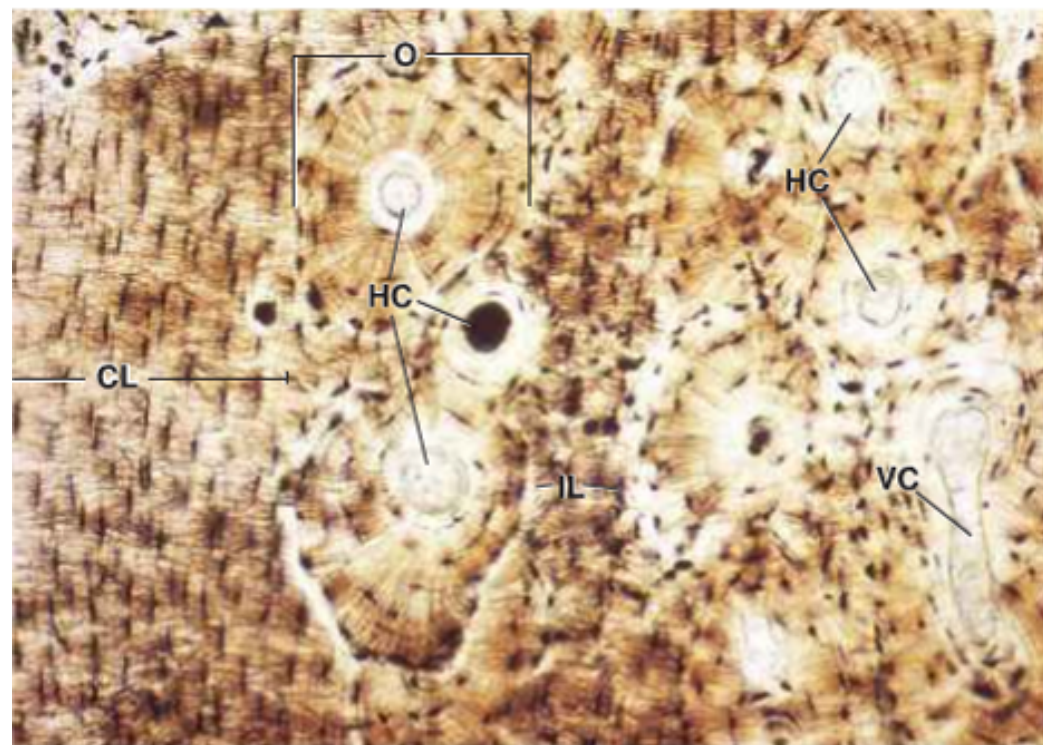


FIGURE 8.21 • Diagram of a bone-remodeling unit. A bone-remodeling unit consists of an advancing cutting cone and a closing cone. The cutting cone formed by osteoclasts is responsible for boring the tunnel or resorption cavity through the compact bone. Its action is initiated within the Haversian canal at the left of the diagram (in the area corresponding to section **a**). The cutting cone moves along the Haversian canal, in the direction indicated by the arrow, to the area corresponding to section **d**. Section **d** shows the cross section through the cutting cone. The resorption cavity is the site where the future osteon is formed by the action of the closing cone, which consists of osteoblasts. These cells begin to deposit the osteoid on the walls of the canal in successive lamellae. Gradual formation of the new bone fills the resorption cavity. Note the deposition of the osteoid deep to the osteoblasts seen in sections **b** and **c**. As successive lamellae of bone are deposited, the canal ultimately attains the relatively narrow diameter of the mature Haversian canal, like that shown in section **a**. The growth-reversal line that appears at the outer limits of a newly formed osteon represents a border between the resorption activity of the cutting cone and the bony matrix not remodeled by this activity.





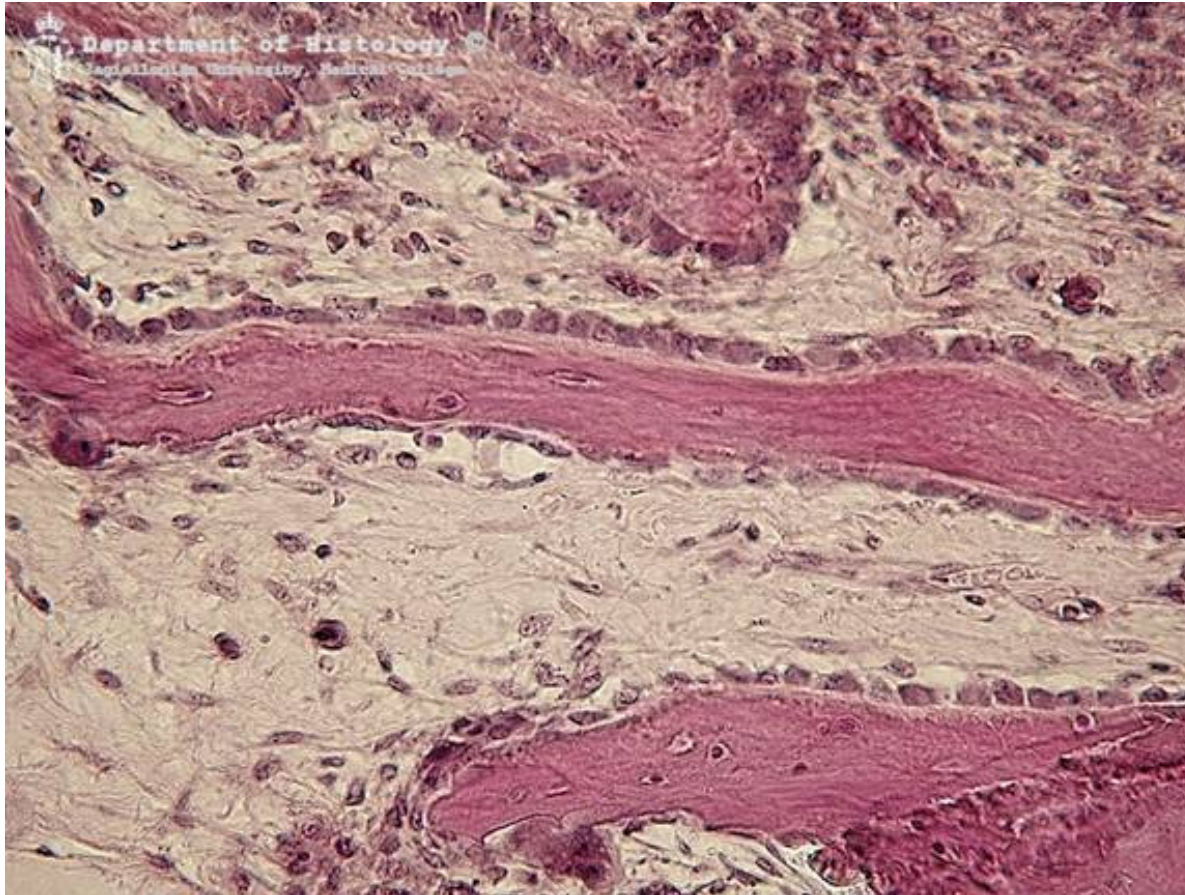
Kostní buňky – **osteoprogenitorové buňky** z **mesenchymových kmenových buněk**

Z nich – vznikají **osteoblasty** – tvoří kolagen 1 a proteiny kostní matrix, která je mineralizována (Ca^{2+} , PO_4 , hydroxyapatit)

Klidové stadium – **osteocyty** v lakunách – osteocytická osteolýza $\uparrow\uparrow\text{Ca}^{2+}$

Řízeno hladinou parathormonu a kalcitoninu – udržují kalcemii

Kostní buňky-osteoblasty



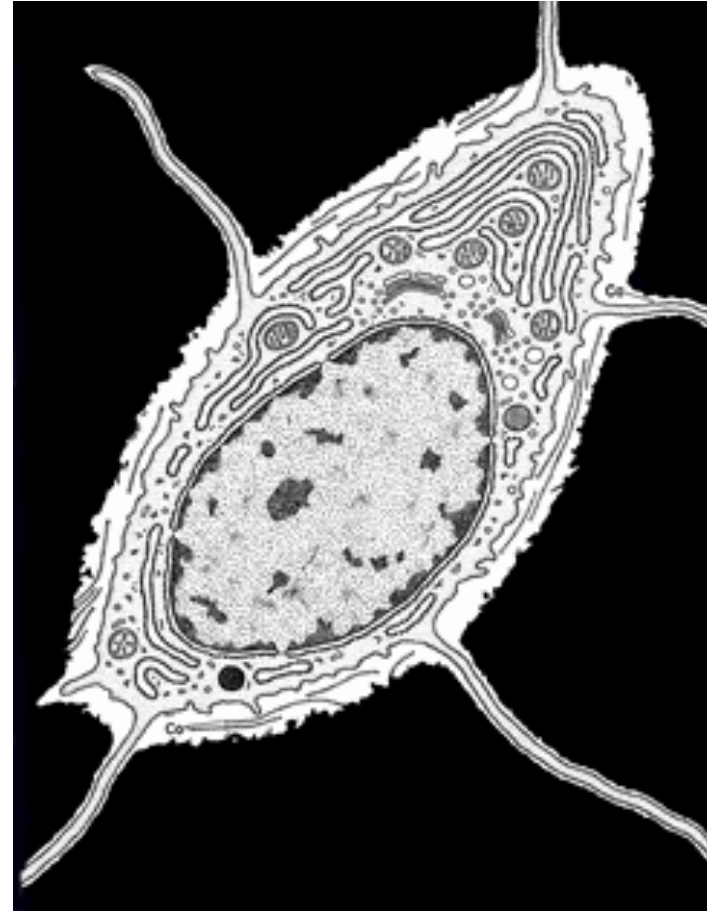
Osteoblasty jsou na povrchu kostních trámců a vytvářejí novou kostní matrix

http://www.histologia.cm-uj.krakow.pl/Tk_podporowe/osteoblasty2.jpg

Kostní buňky-osteocyty

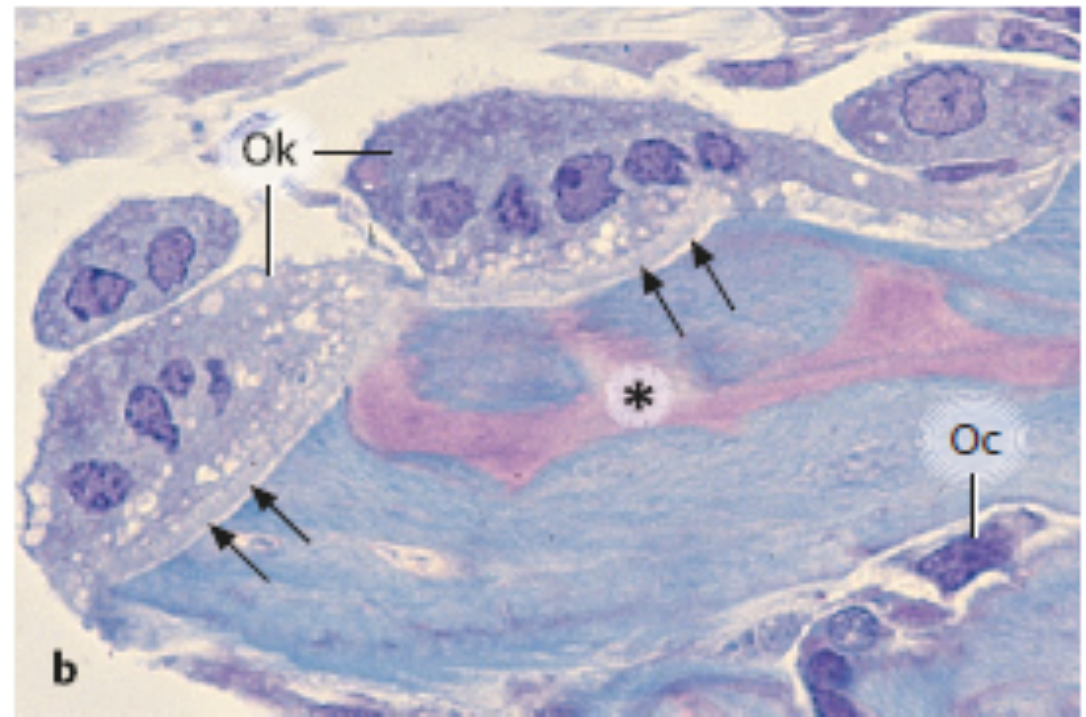
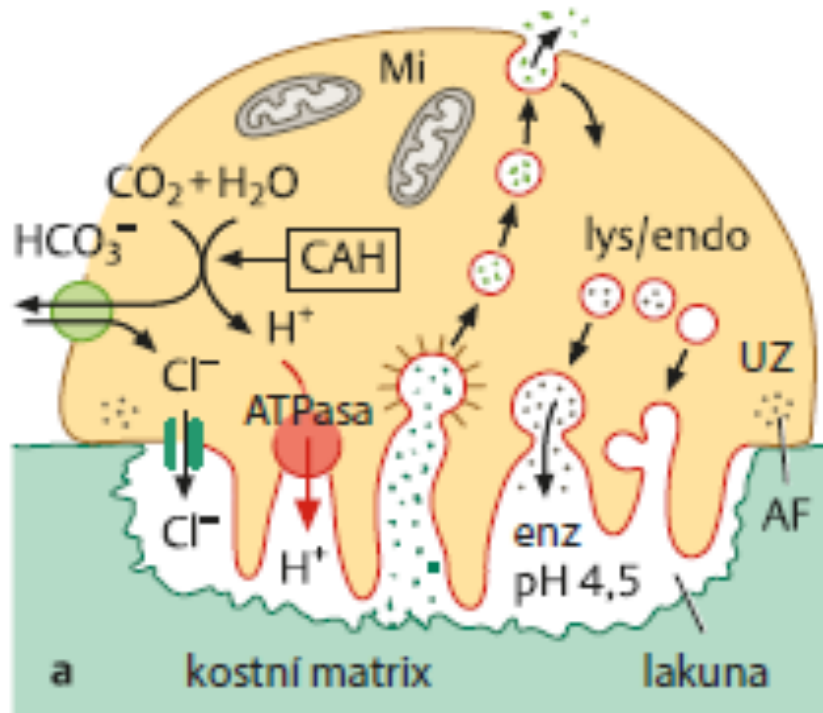


www.bioengn.auckland.ac.nz



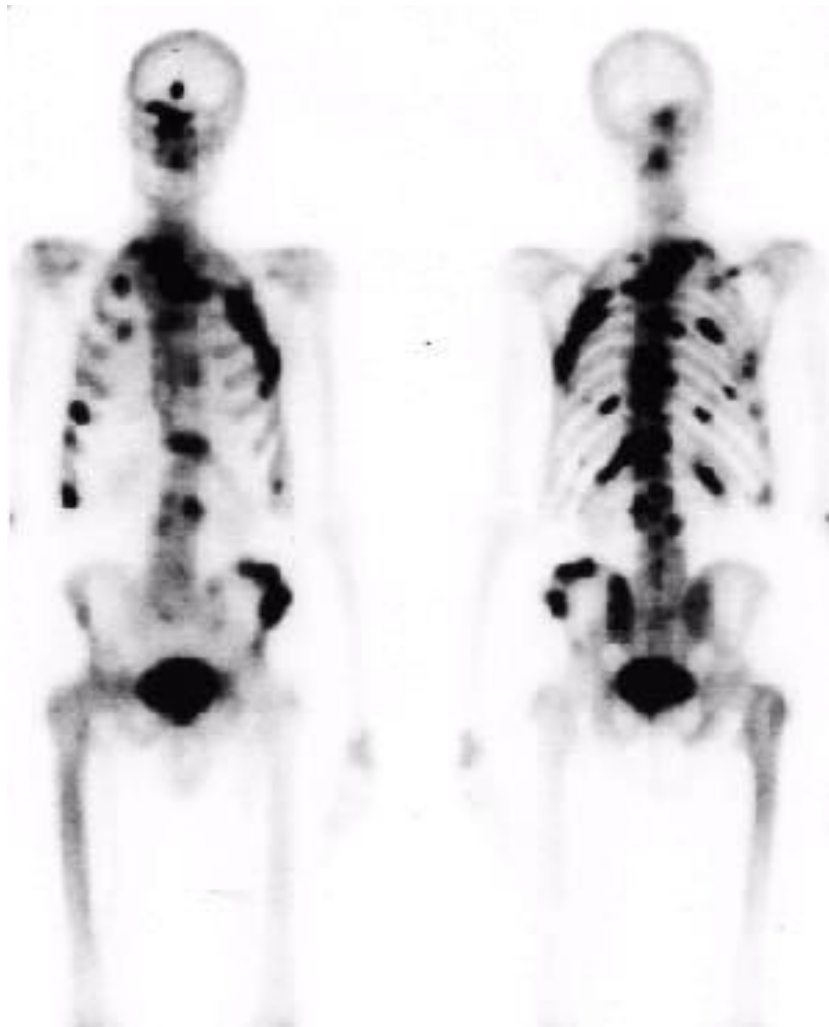
Osteocyty vznikají z osteoblastů. Zajišťují kostní metabolismus, jemnou obměnu kostní matrix a podílejí se na udržování kalcemie

Osteoklasty – fúzí z buněk dřeně, **mnohojaderné útvary**
Karboanhydrasa a protonová pumpa – **degradace**



Převažující aktivita – osteoporosa

Kostní scan = metastázy rakovin



www.med.harvard.edu/JPNM/TF99_00/April18/BoneScan.gif

Průkaz kostních metastáz s
využitím radionuklidů s rychlým
vestavěním se do kosti

Osteogenese – vznik prvotního modelu
kosti z vaziva či chrupavky

Osifikace - přeměna v kost

osifikace desmogenní – z vaziva

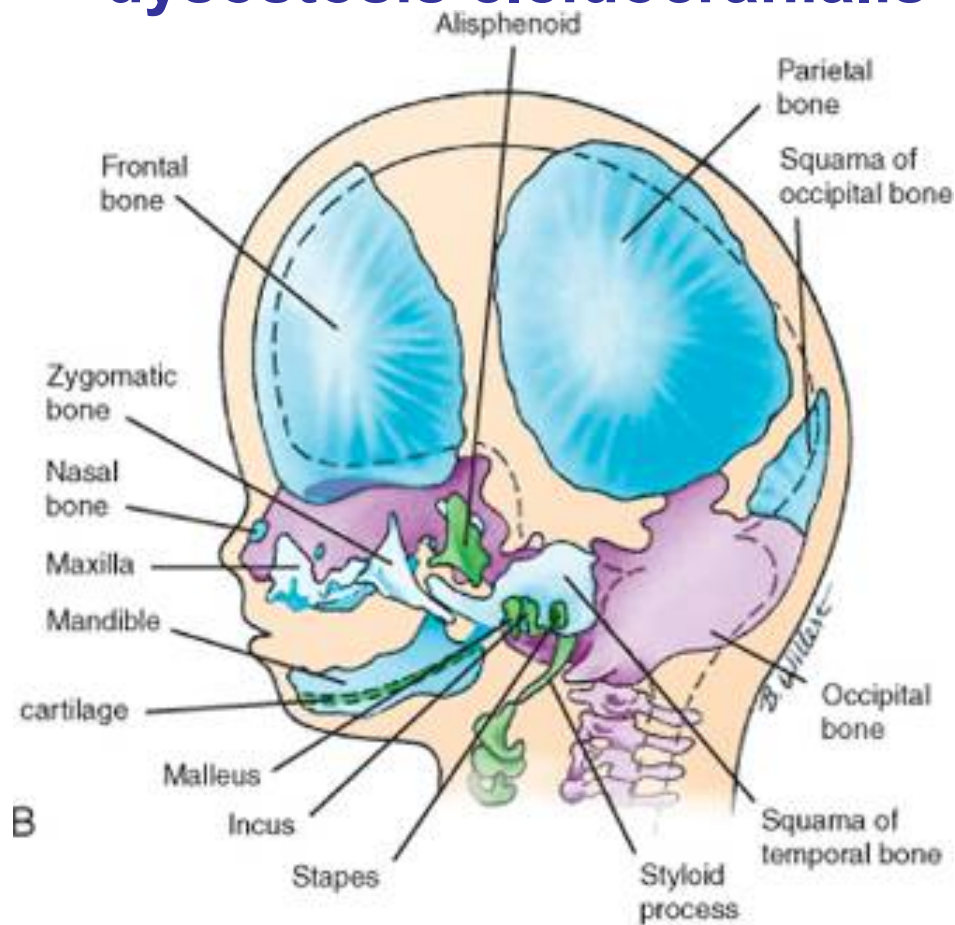
osifikace chondrogenní – v chrupavce

Osifikace desmogenní - v 8 týdnu gestace

z vazivového modelu – ploché kosti neurokrania,

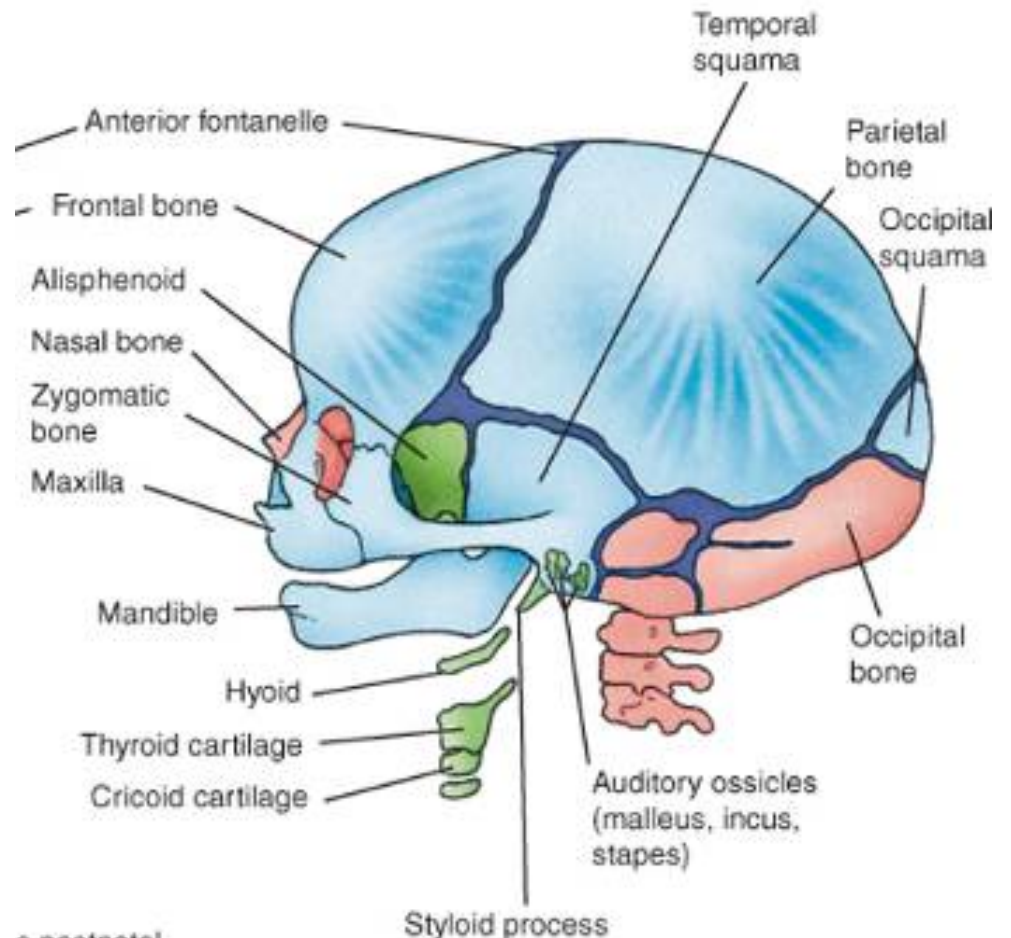
mandibula, část klíčku

dysostosis cleidocranialis



12 weeks

Embryology, 4th Edition.
Livingstone, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

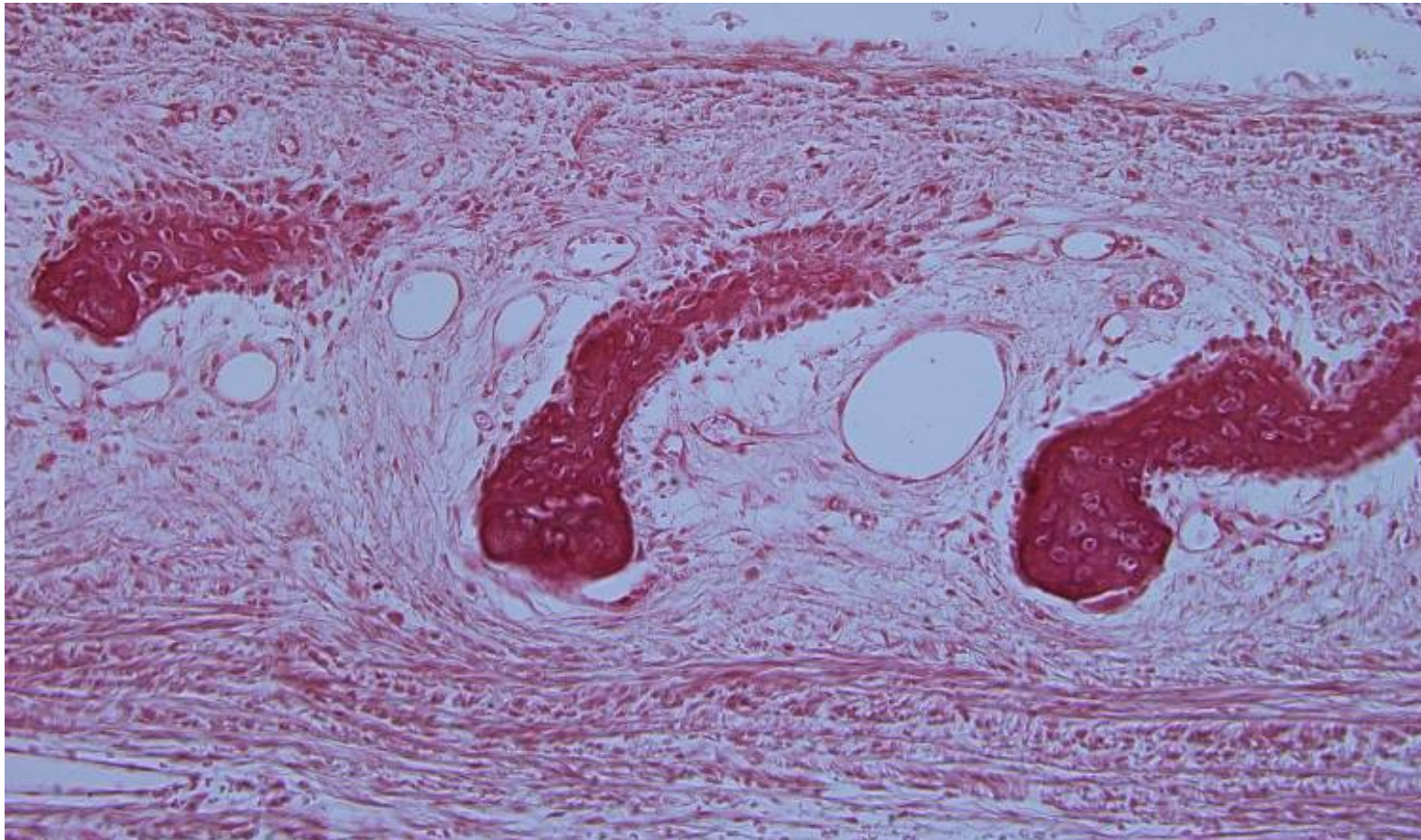


s postnatal
in Embryology, 4th Edition.
Livingstone, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

Osifikace desmogenní

v mesenchymovém základu se diferencují osteoprogenitorové buňky, které se mění v osteoblasty

matrix a její mineralizace, tvorba spikul, na jejich povrch přisedají další osteoblasty a ukládá se další hmota



Osifikace chondrogenní

proliferace a agregace mesenchymu v místě budoucí kosti – pod vlivem FGF a BMP diferenciace do chondroblastů a vznik chrupavčitého modelu

1. vytvoření kostního límce, přeměna perichondria v periost –

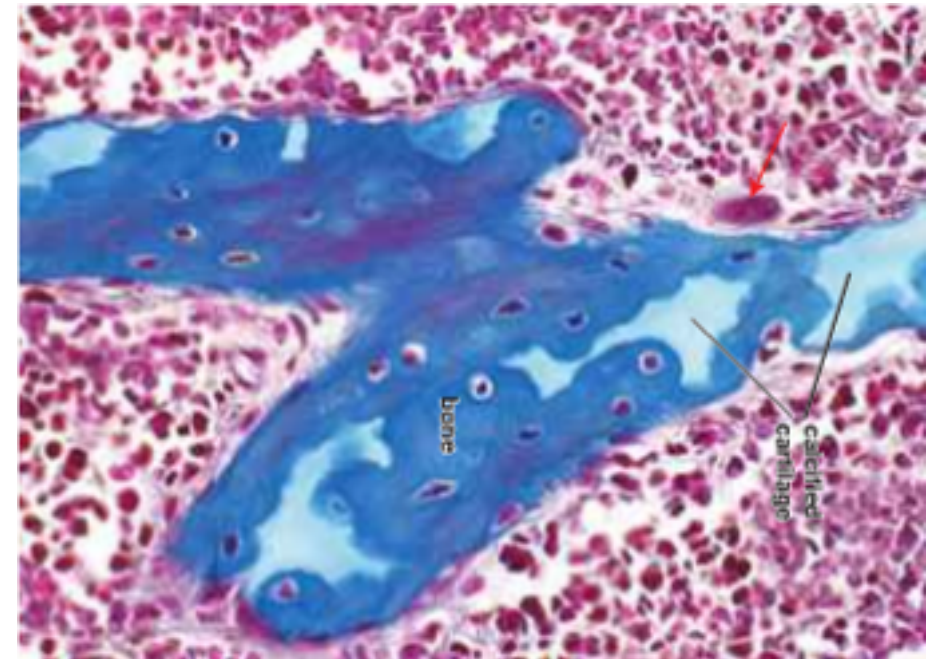
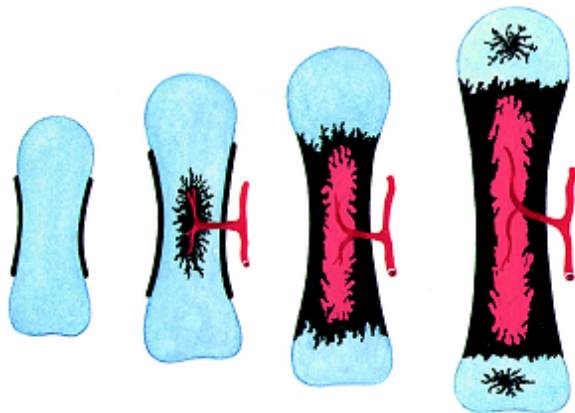
perichondrální osifikace

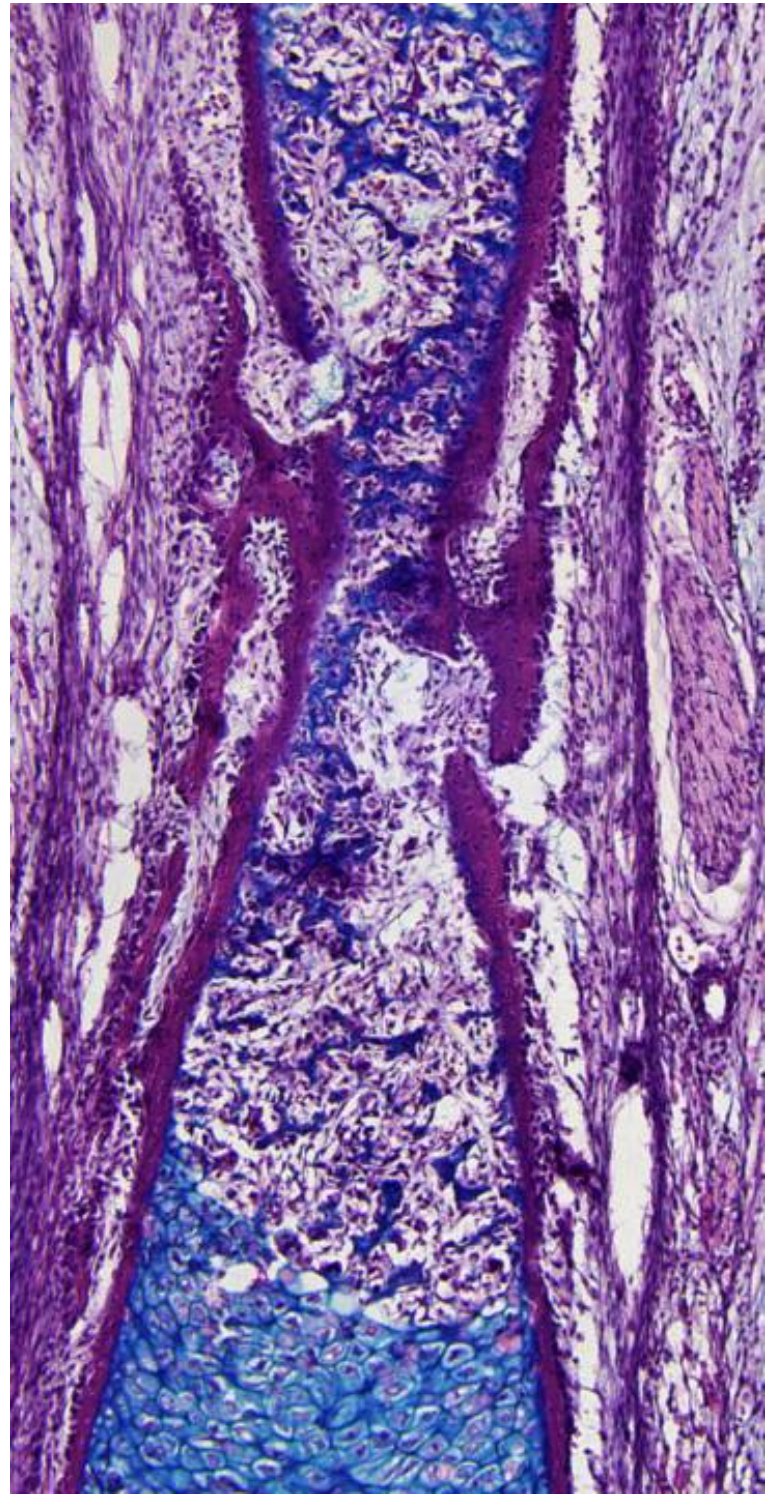
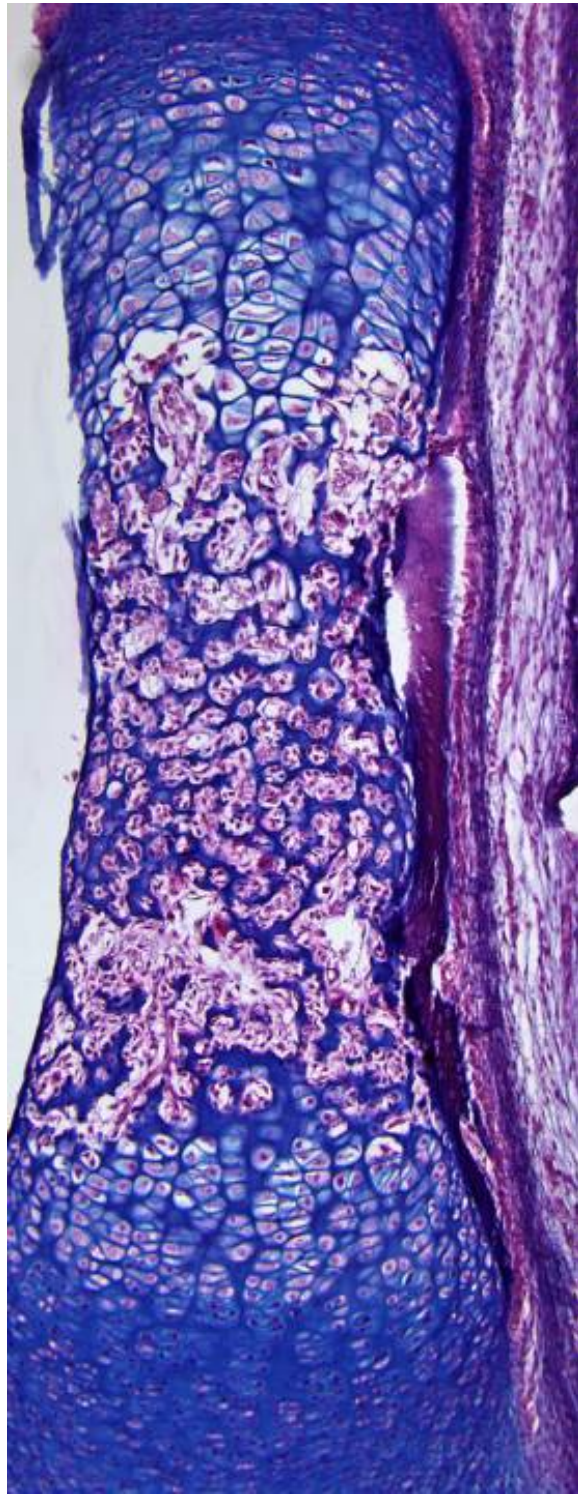
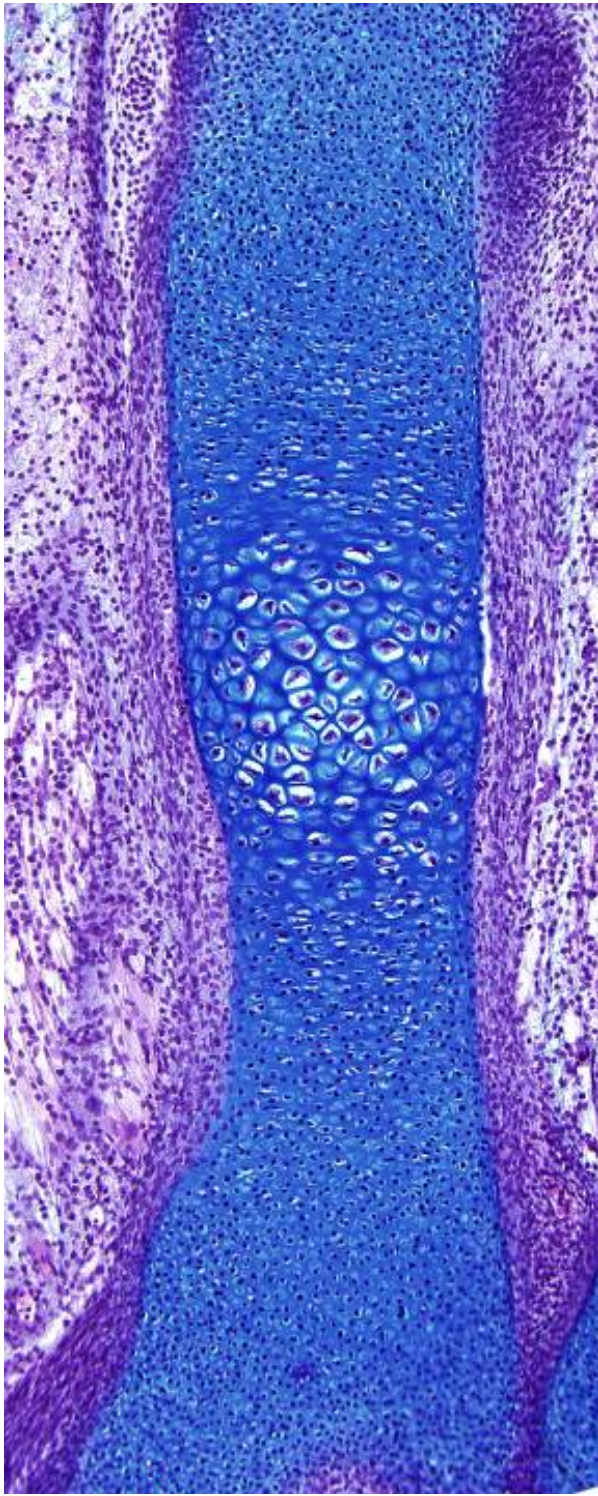
2. hypertrofie chondrocytů v centru základu, kalcifikace chrupavčité matrix v okolí – **enchondrální osifikace**

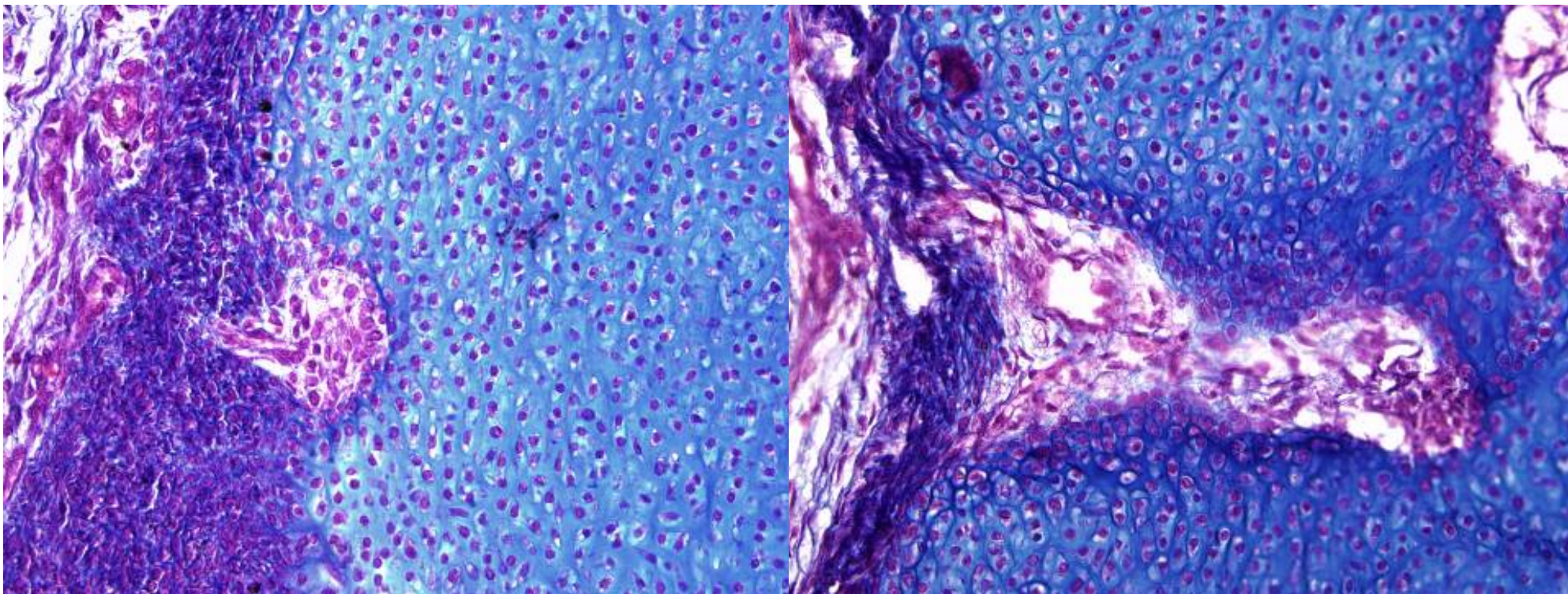
3. chondrocyty obklopené matrix **odumírají**, tvoří se lakuny do kterých vrůstají cévy

4. podél cév migrují mesenchymové buňky budoucí dřeně, osteoprogenitorové buňky se přikládají ke kalcifikovaným chrupavčítým trámčkům (smíšené trámce)

tvoří se tak **primární osifikační centrum**



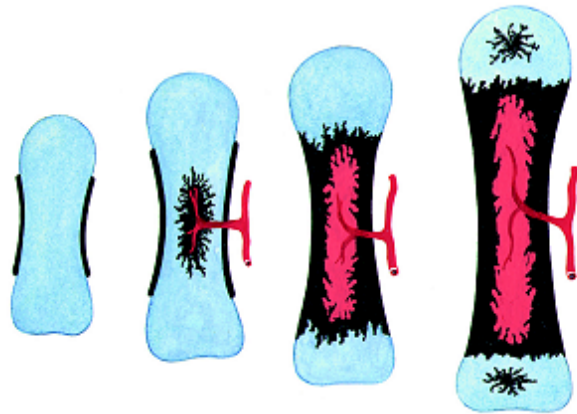




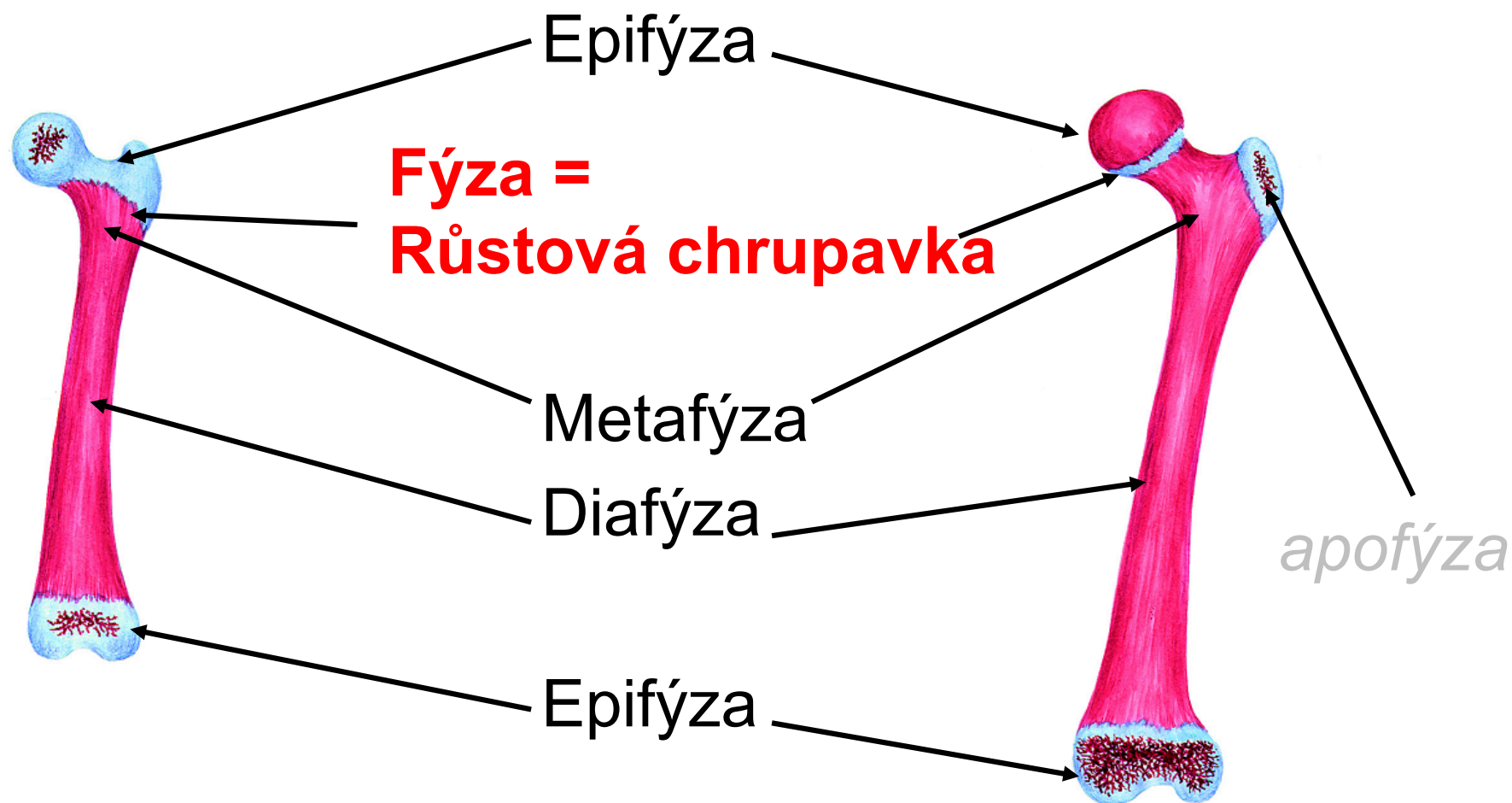
Detail cévní
invaze
do kondylu

Osifikace chondrogenní

5. dřevná dutina se zvětšuje
6. zbylá **epifyzární chrupavka**, má obdobnou funkci jako později se objeví se růstová chrupavka. Kost roste do délky. Avaskulární chrupavka je nahrazována vaskularizovanou kostní tkání (iniciace díky VEGF, produkce kolagenu X a MetalloMatrixProteinas, které degradují chrupavčitou matrix)
7. zpravidla až po porodu se zakládají **sekundární osifikační centra**
8. dochází k jejich vaskularizaci a zvětšování, tím je vymezena fýza, ze které roste kost do délky
9. ukončení růstu, uzavěr fýzy



Členění dlouhých kostí



Růst kostí probíhá na podkladě **apozice a remodelace.**

Struktury zodpovědné za růst jsou - *epifýza, růstová ploténka (fýza), diafýza, metafýza, obvodové struktury.*

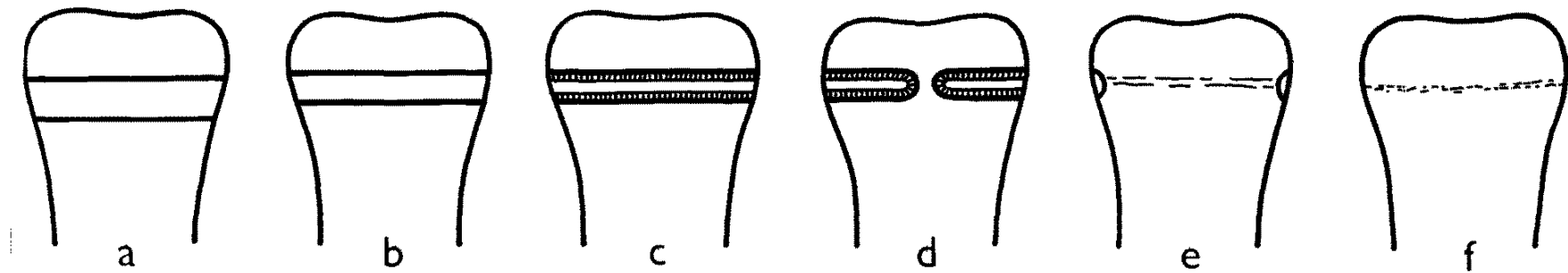
Epifýza - koncová část kosti, nese na svém povrchu kloubní plochu, zbývající povrch kryt periostem. Od metafýzy je oddělena růstovou ploténkou. Po narození je tvořena pouze hyalinní chrupavkou, začíná se vytvářet osifikační jádro, které postupně roste a vyplní původní chrupavčitý model. Periost na okraji pak zajišťuje další apoziční růst.

Růstová ploténka = fýza, vysoce diferencovaná struktura, zajišťuje většinu růstu dlouhých kostí do délky, podílí se i na růstu plochých a krátkých kostí. Fýza probíhá napříč kostí zpravidla zvlněně. Má tvar komolého kužele, který se rozšiřuje metafyzárně. Kolem 1. a 2. roku dochází k tzv. undulaci fýzy, lehkému zvlnění a vyklenutí zpravidla proti metafýze.

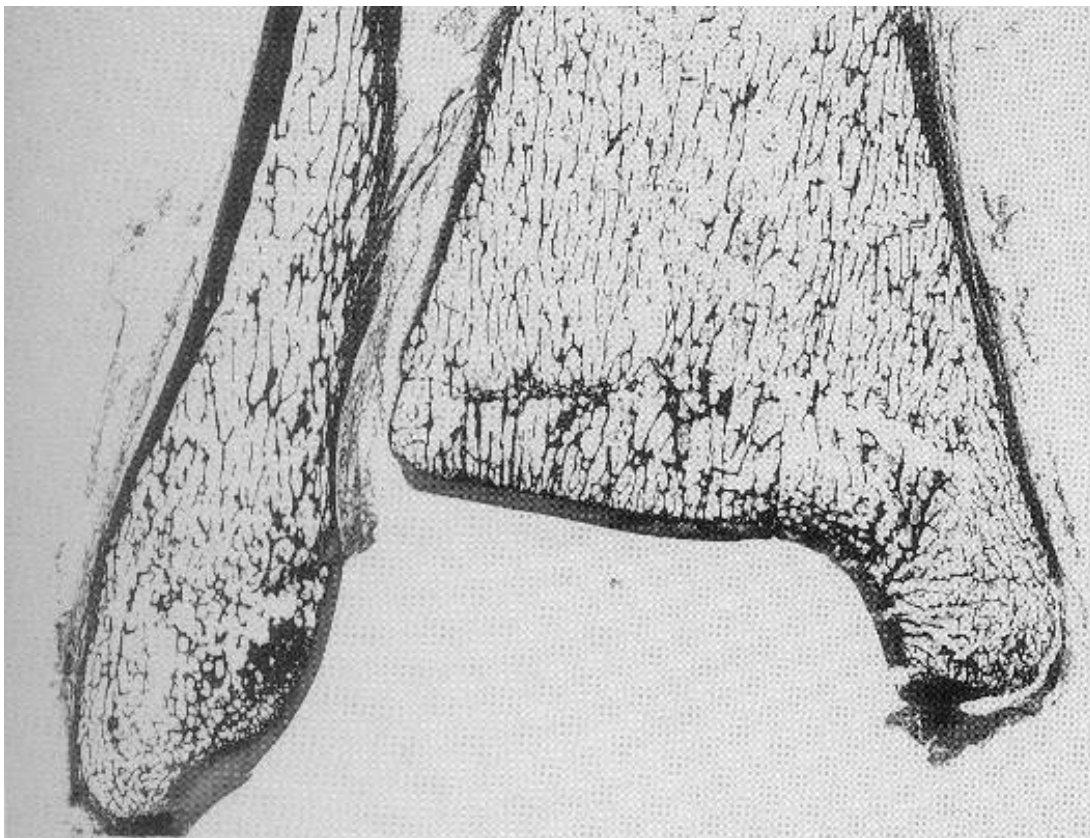
Metafýza navazuje na hypertorfickou zónu, dochází zde k invazi cév a kalcifikaci sept mezibuněčné hmoty, invazí osteoblastů vzniká sekundární spongióza. Dochází i k remodelaci na obvodu metafýzy.

Fýzy



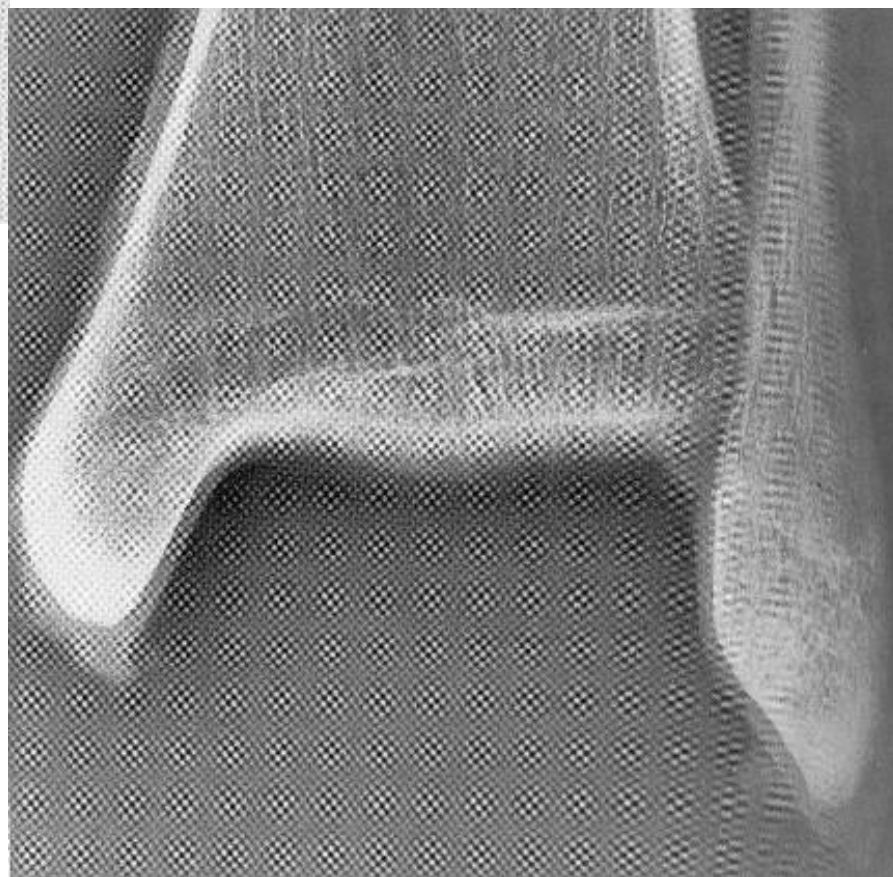


Postup uzávěru fýzy – zúžení, částečná mineralizace, vytvoření můstku, jeho rozšíření, kostní jizva



Obě fýzy jsou již uzavřeny

16 let

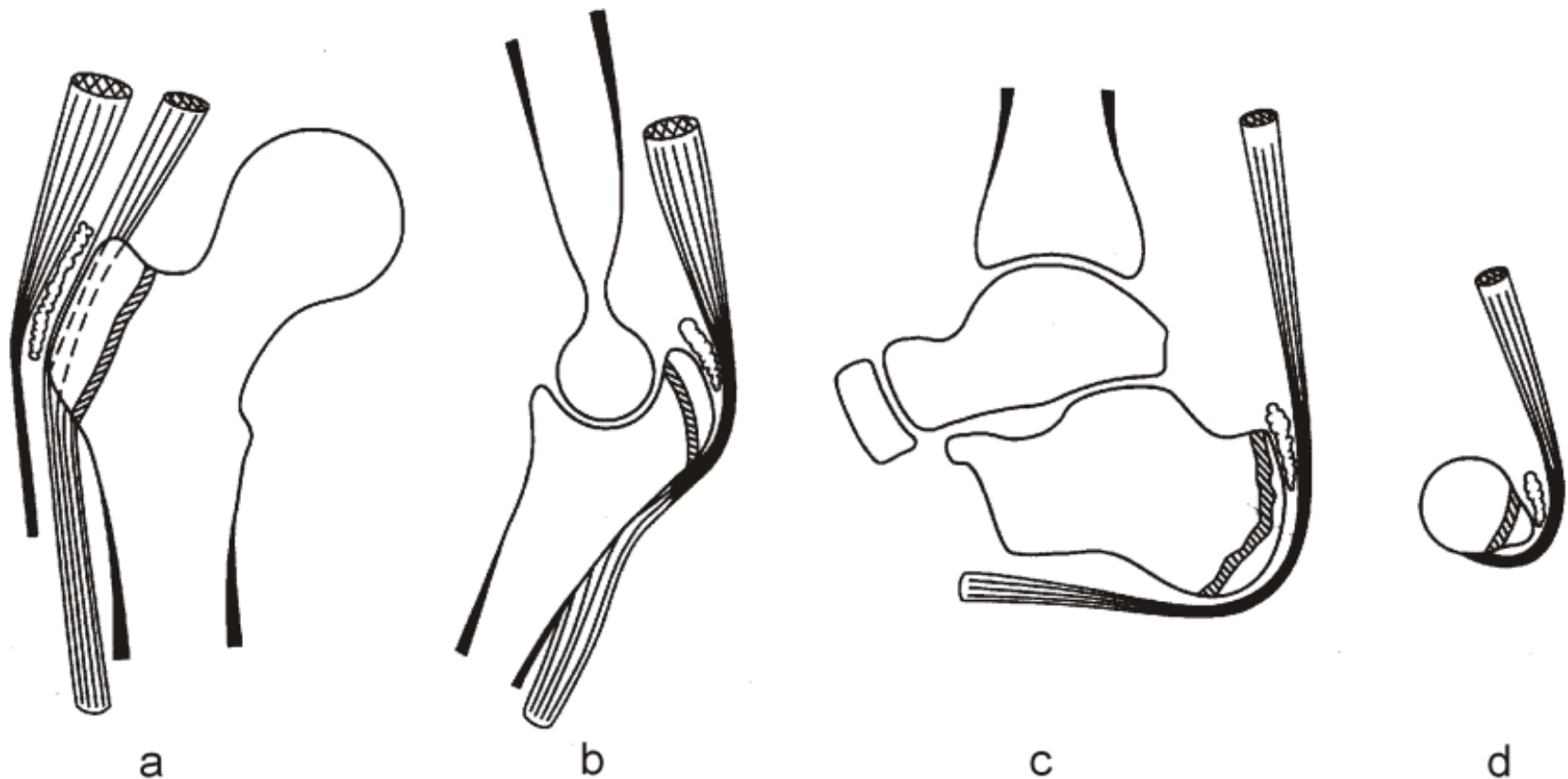


Makroskopie fýzy - undulace fýzy, lappet formation, mammilární výběžky



Růstová ploténka - fýza, vysoce diferencovaná struktura, zajišťuje většinu růstu dlouhých kostí do délky, podílí se i na růstu plochých a krátkých kostí.

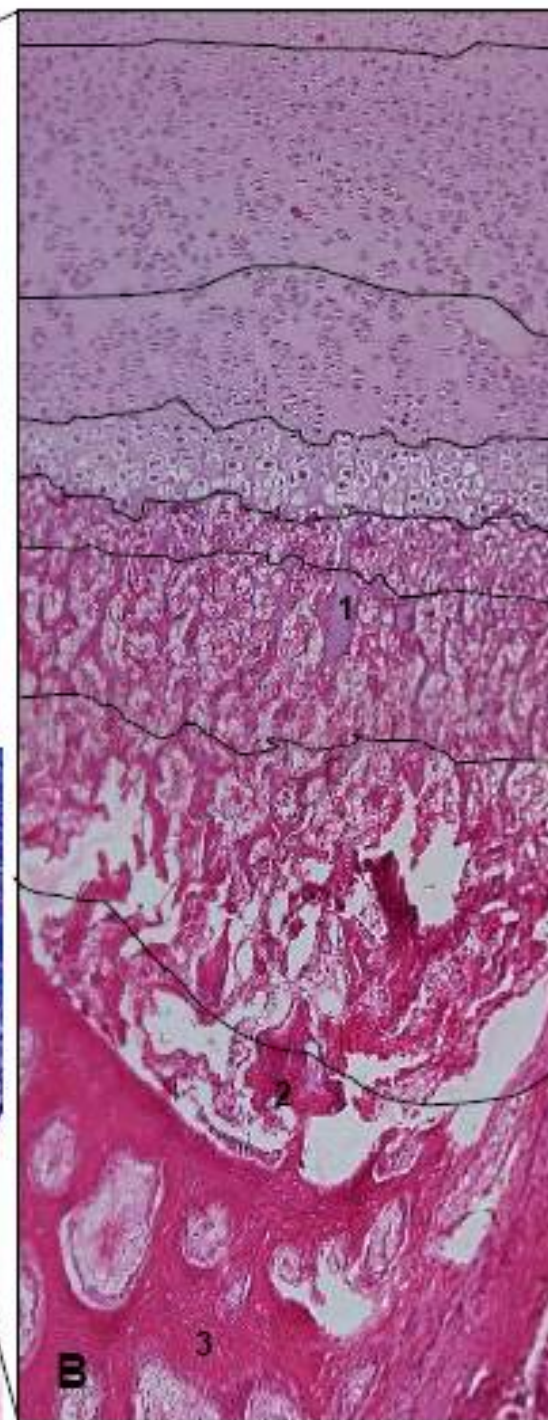
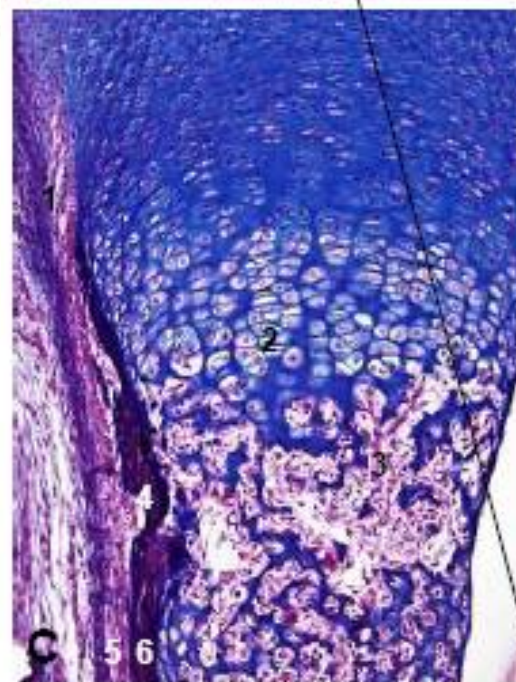
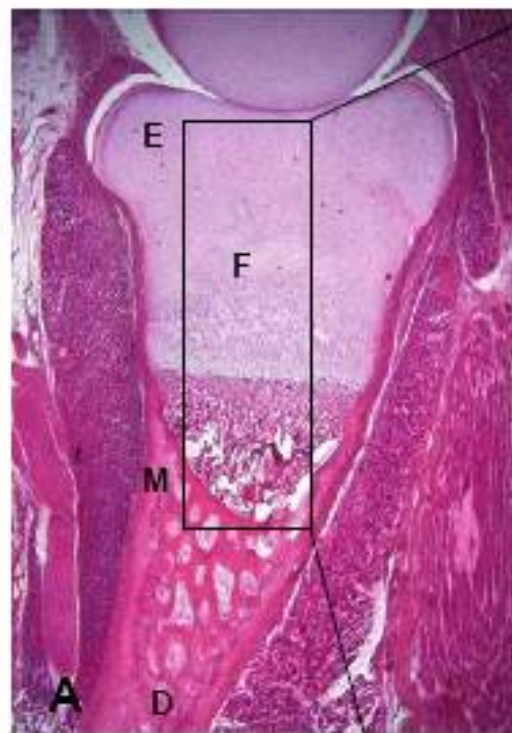
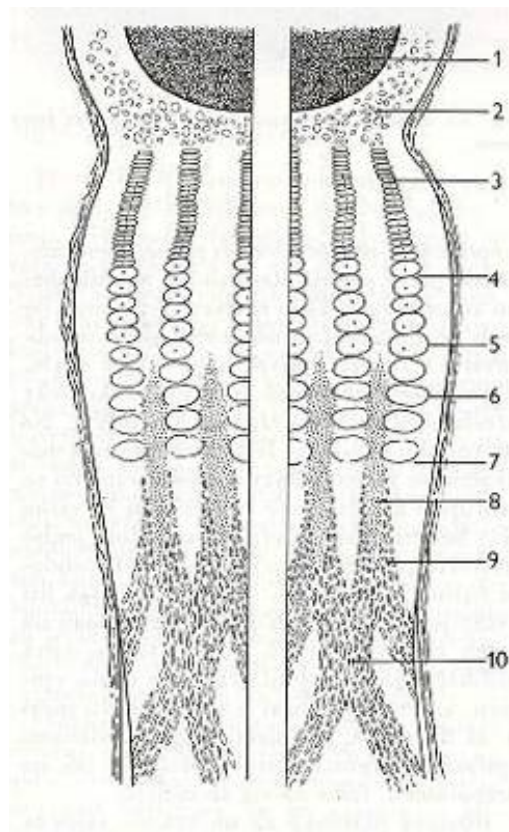
Fýza probíhá napříč kostí zpravidla zvlněně. Má tvar komolého kužele, který se rozšiřuje metafyzárně.



Apofýza – tzv. tahová epifýza,
sek. osifikační jádro oddělené chrupavkou,
slouží k úponu svalů

Z hlediska makroskopické anatomie se epifýzy rozdělují na *epifýzy v užším slova smyslu* - dříve tlakové epifýzy, nesou kloubní plochy a působí na ně především axiální tlakové síly, a *apofýzy - dříve tahové epifýzy*, bývají uloženy mimokloubně a upínají se na ně svalové skupiny.

Růst z fýzy



Reservní
zóna

Růst

Proliferační
zóna

Hypertrofická
zóna
Zóna provizorní
kalcifikace

Maturace

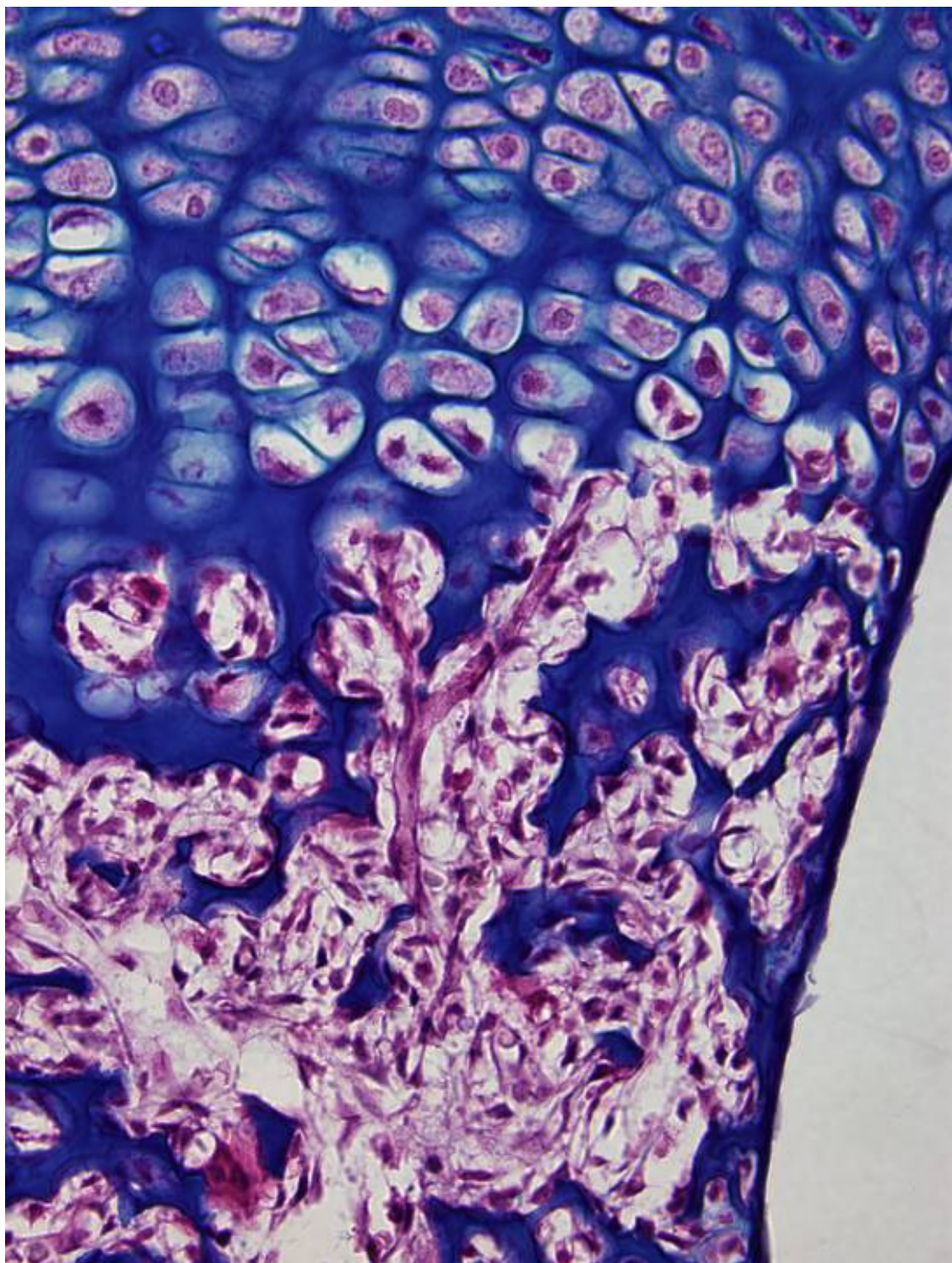
Zóna
cévní invase

Transformace

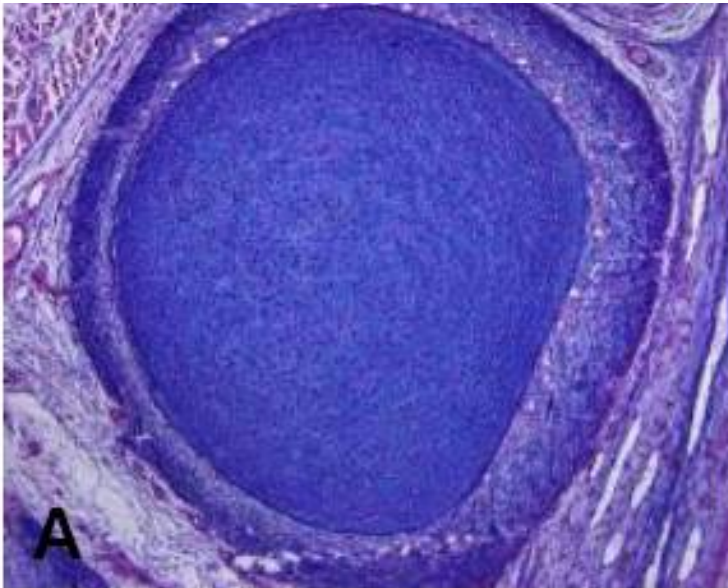
Zóna
osifikace

Remodelace

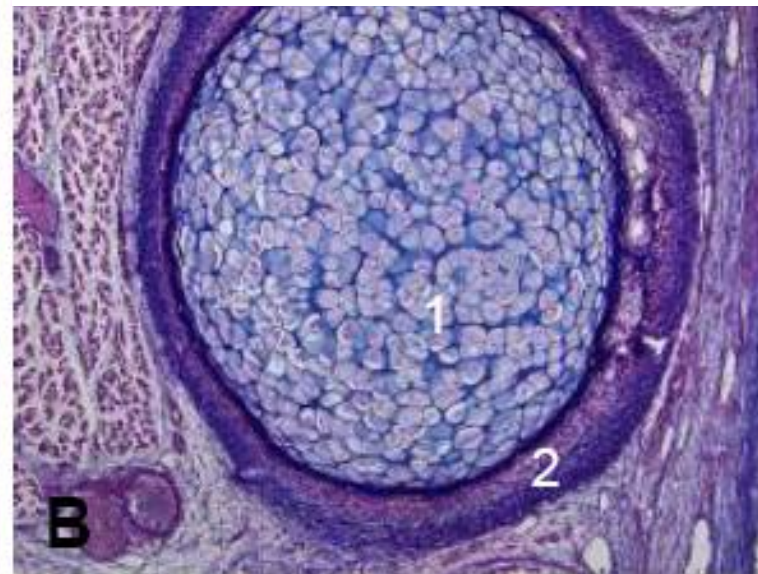
Mikroskopicky hyalinní chrupavka + svazky kolagenních vláken. Chondrocyty - do sloupců v podélné ose kosti. Dle struktury se rozlišuje *rezervní vrstva* - neostrá hranice mezi epifýzou a růstovou ploténkou, sférické buňky, netvoří sloupce, cévy směřující k proliferativní vrstvě. Slouží syntéze a skladování živin. *Proliferativní vrstva* chondrocyty do podélných sloupců, na basi vždy mateřská buňka. Kolagenní vlákna podélně s bunkami. Proliferace buněk fýzy, produkce mezibuněčné hmoty. *Hypertrofická vrstva* - příprava mezibuněčné hmoty ke kalcifikaci.



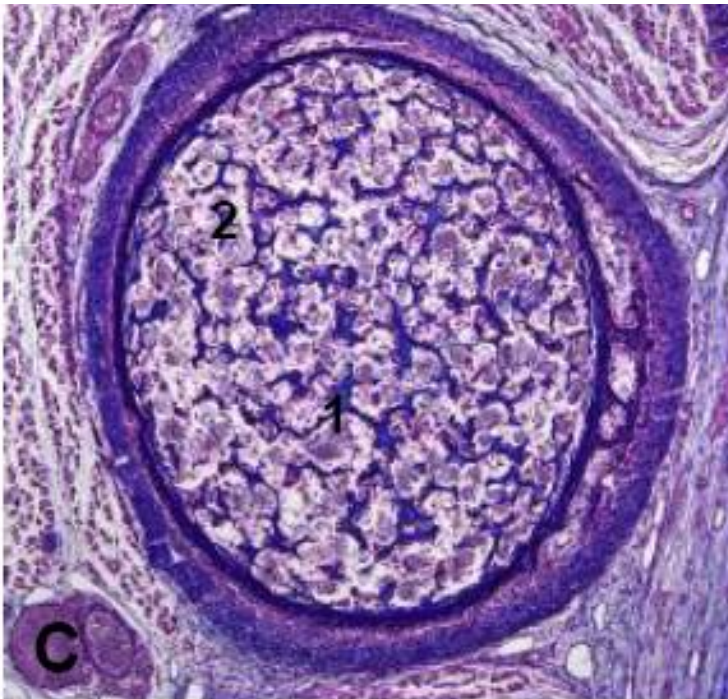
epifýza v úrovni rezervní vrstvy



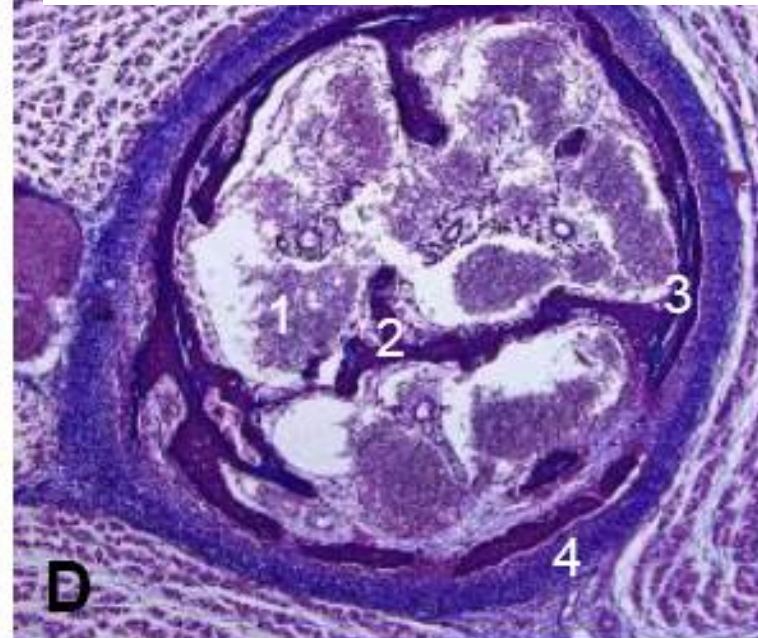
fýza v úrovni hypertrofické chrupavky

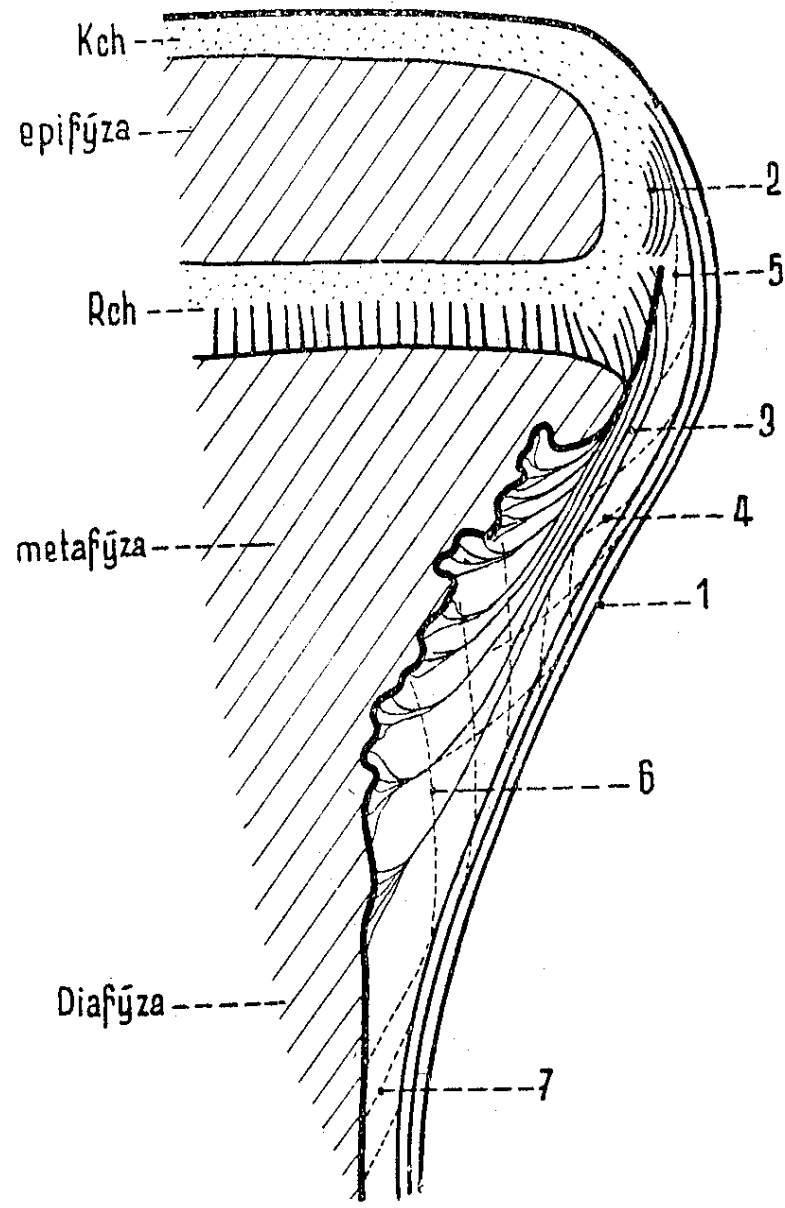


metafýza v zoně primární spongiosy

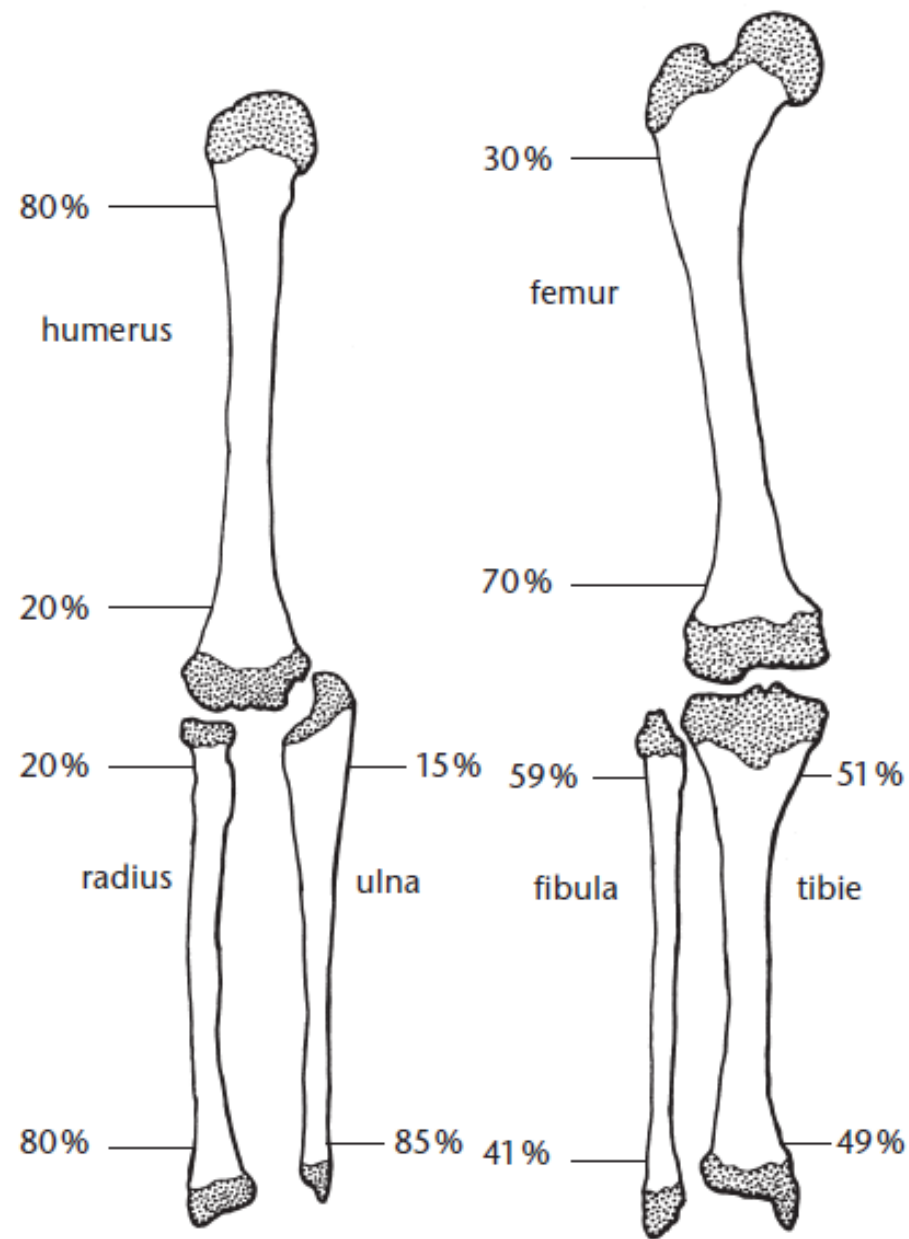


**diafýza, mezi kostními lamelami
je vidět prostor dřevné dutiny**



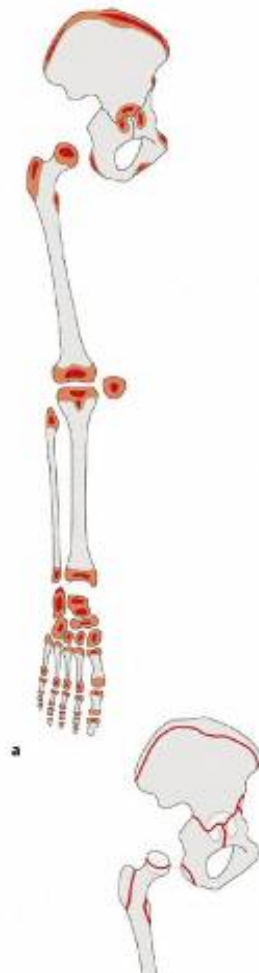


Struktura periostu
v oblasti fýzy (Rch)
a architektura
kolagenních vláken

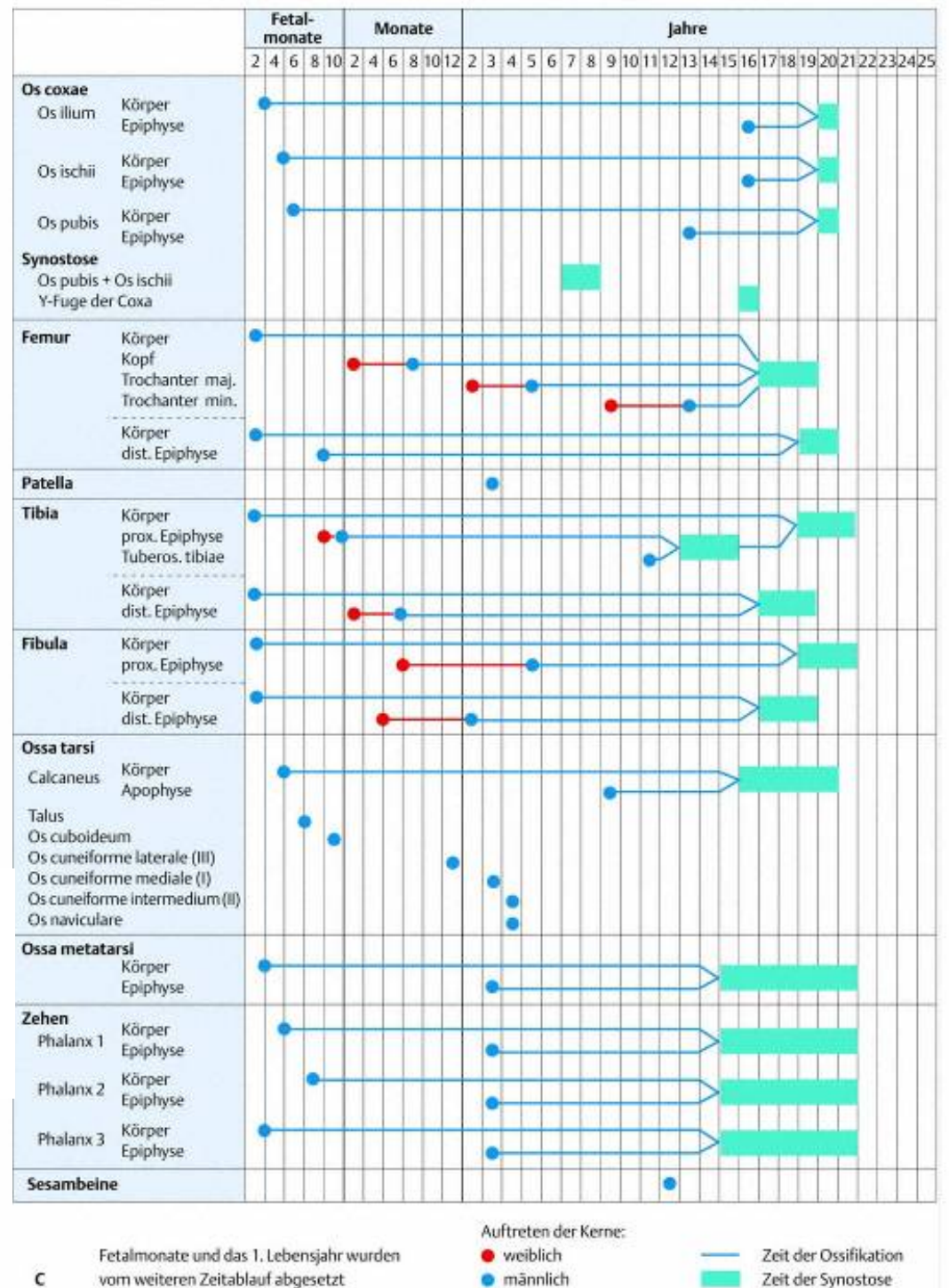


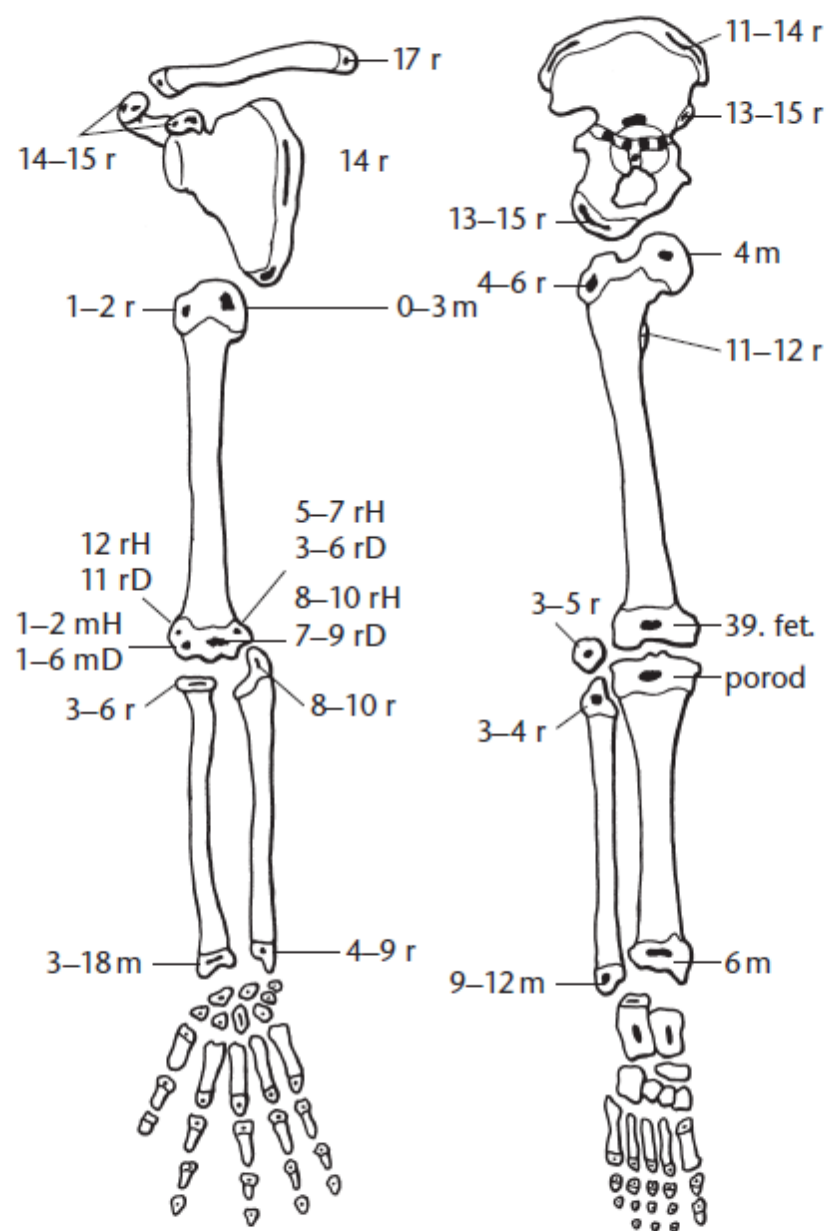
Obr. 1.2.13. Podíl jednotlivých fýz na růstu dlouhých kostí do délky (volně dle Havránka)

Různá růstová aktivita jednotlivých fyzárních chrupavek

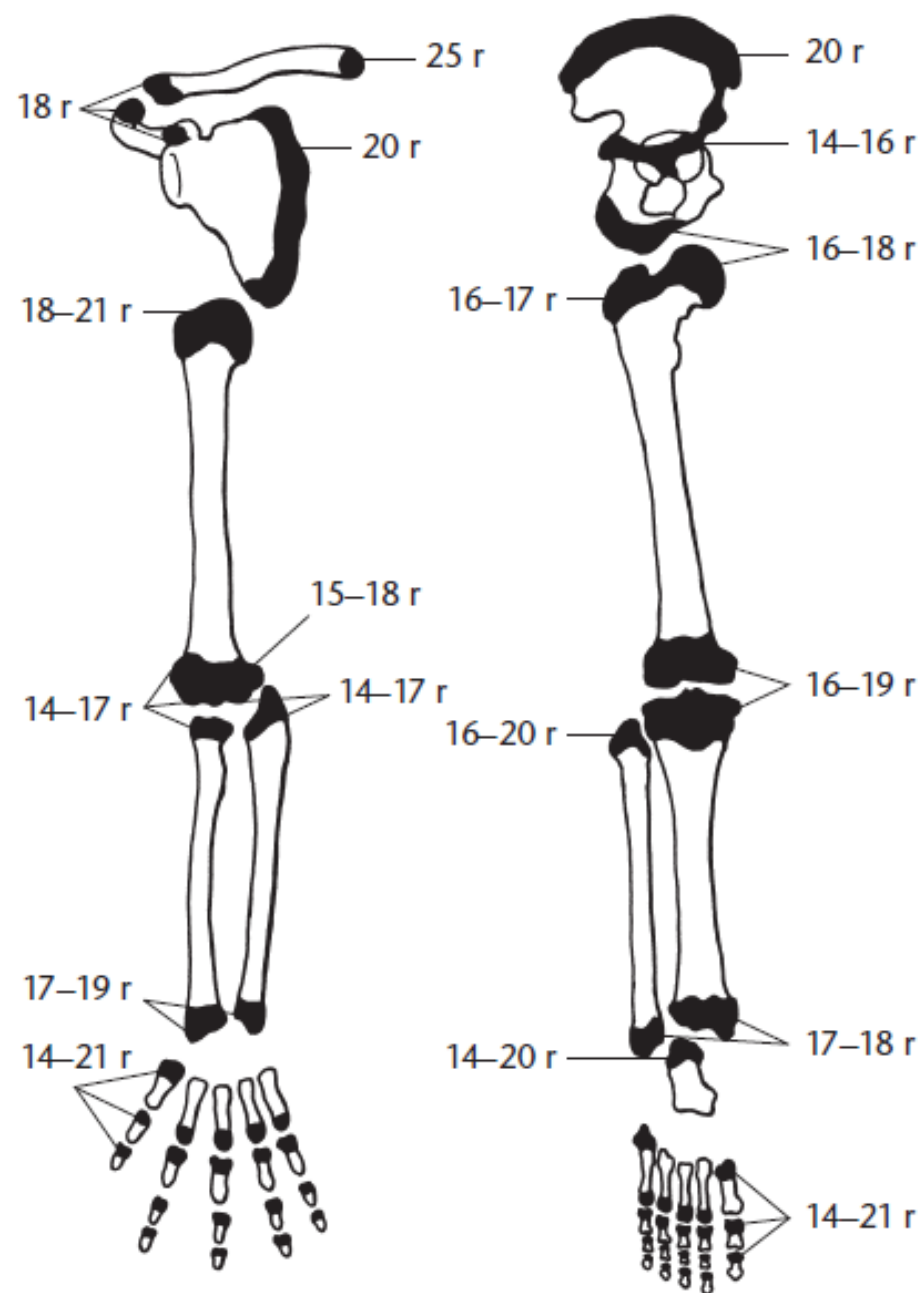


Manifestace osifikačních jader
Zánik růstových štěrbin
Kostní věk





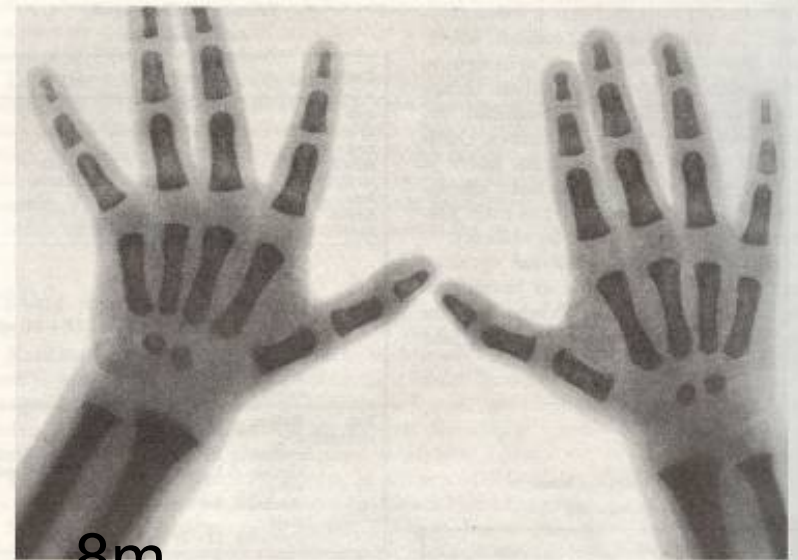
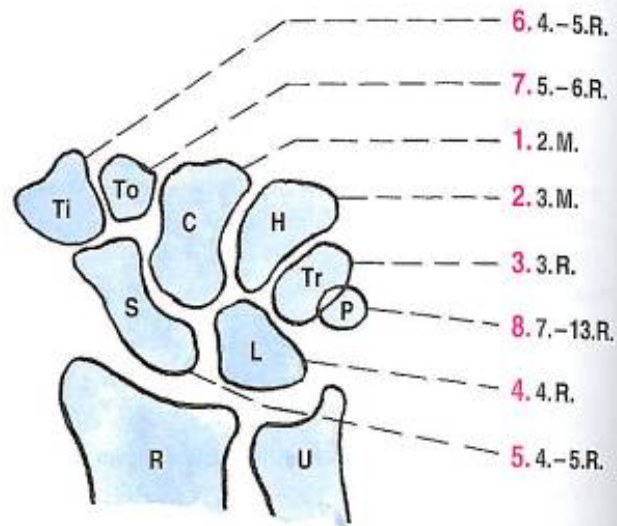
Obr. 1.2.7. Období manifestace sekundárních osifikačních jader (schéma, volně dle Havránka). H – hoši, D – dívky, m – měsíc, r – rok, fet. – fetální týden



Obr. 1.2.12. Věk uzávěru fýz a splynutí epifýz s metafýzami (volně dle Havránka); r – rok

- **Kostní věk** - jeden z mnoha parametrů při posuzování vývoje a růstu dítěte, vedle věku kalendářního a věku mentálního.
- Určuje stupeň vývoje na základě RTG snímku osifikačních jader
- Metoda podle Tanner a Whitehouse – postupně TW1, TW2 a TW3 (2001). Při ní je nutno pořídit RTG snímek levé ruky s mírně roztaženými prsty v předozadní projekci ze 76 cm (30 in), centrováný na 3. metakarp.

- Při narození jsou všechna ossa CARPI chrupavčitá
- Postupná osifikace



36. Rtg. postupné osifikace kostí zápěstních - 1 až 6



5 - dítě osmileté



Pánevní fýza – Y chrupavka

Klasifikace fyzárních poranění podle Saltera a Harrise (1965)



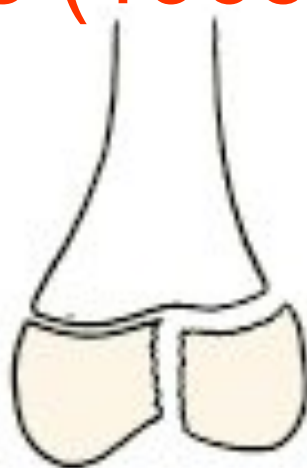
SH 1

Typ 1: čistá separace epifýzy



SH 2

Typ 2: separace epifýzy s metafyzárním trojúhelníkem



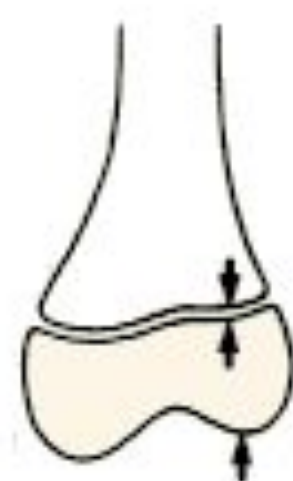
SH 3

Typ 3: fraktura epifýzy



SH 4

Typ 4: fraktura epifýzy a metafýzy

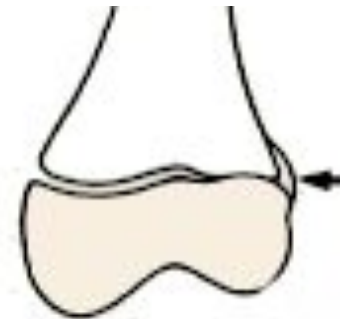


SH 5

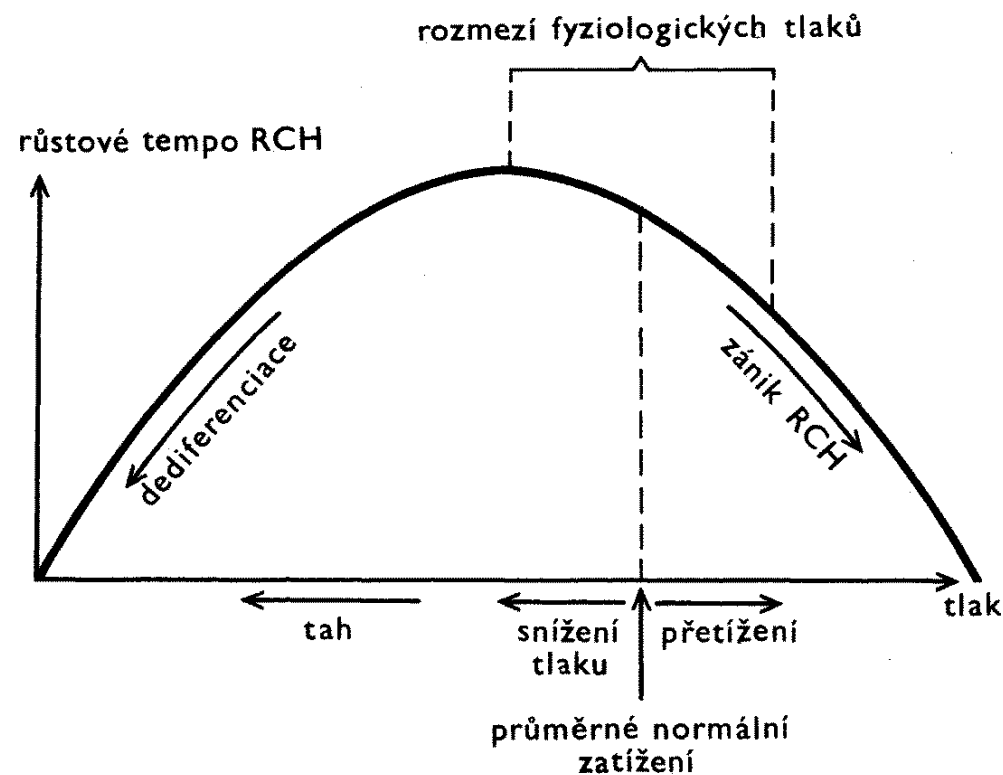
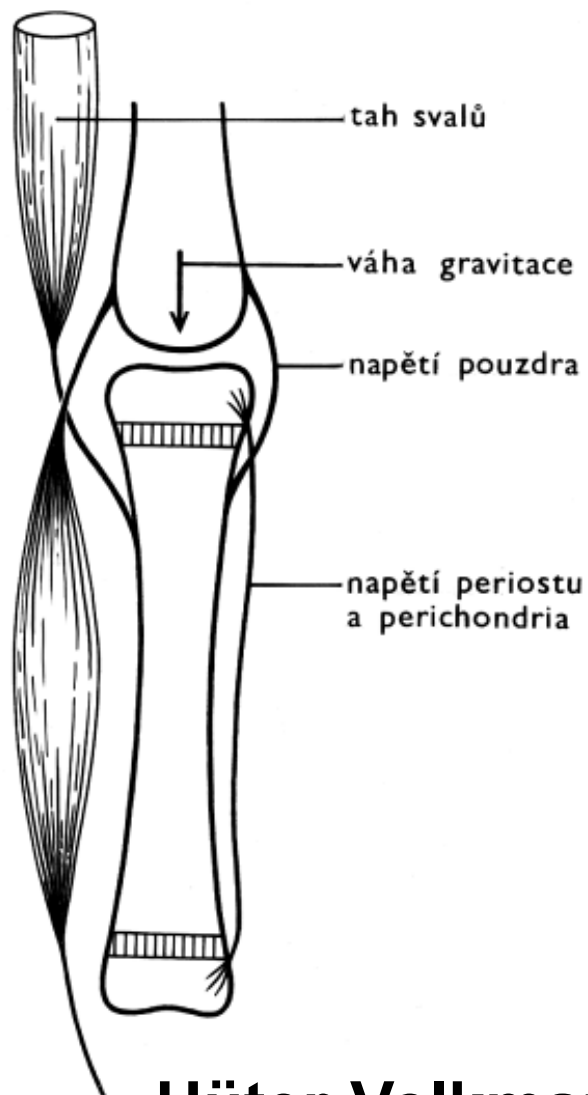
Typ 5: rozdrcení části fýzy

Typ 6: vtržení periferie

6. typ
M. Rang 1969

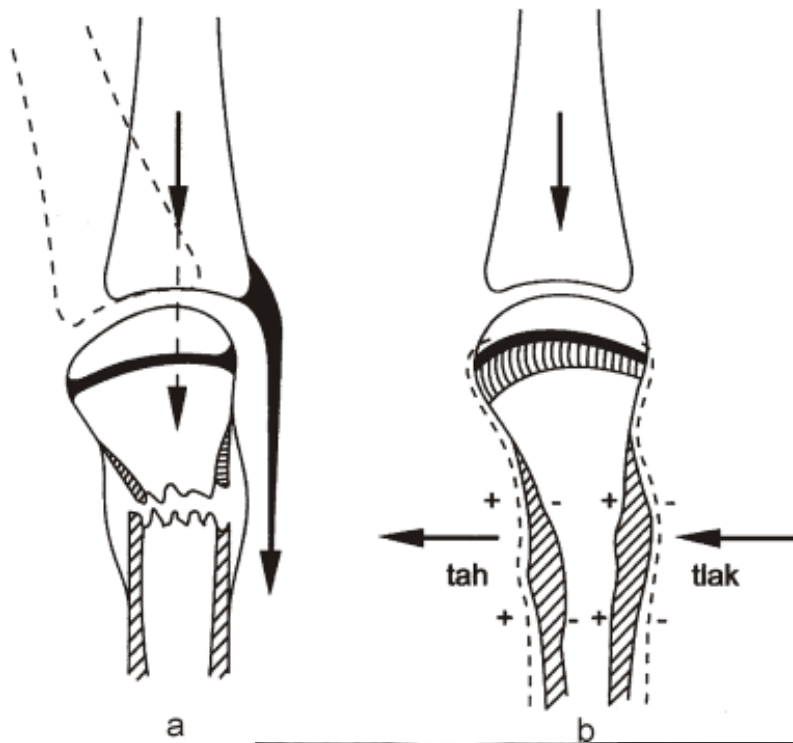


SH 6



Hüter-Volkmannův zákon (1862, 1869)

Zvýšení tlaku vede k omezení růstu kosti do délky, snížení k jeho urychlení



Wolfův transformační zákon (1892)

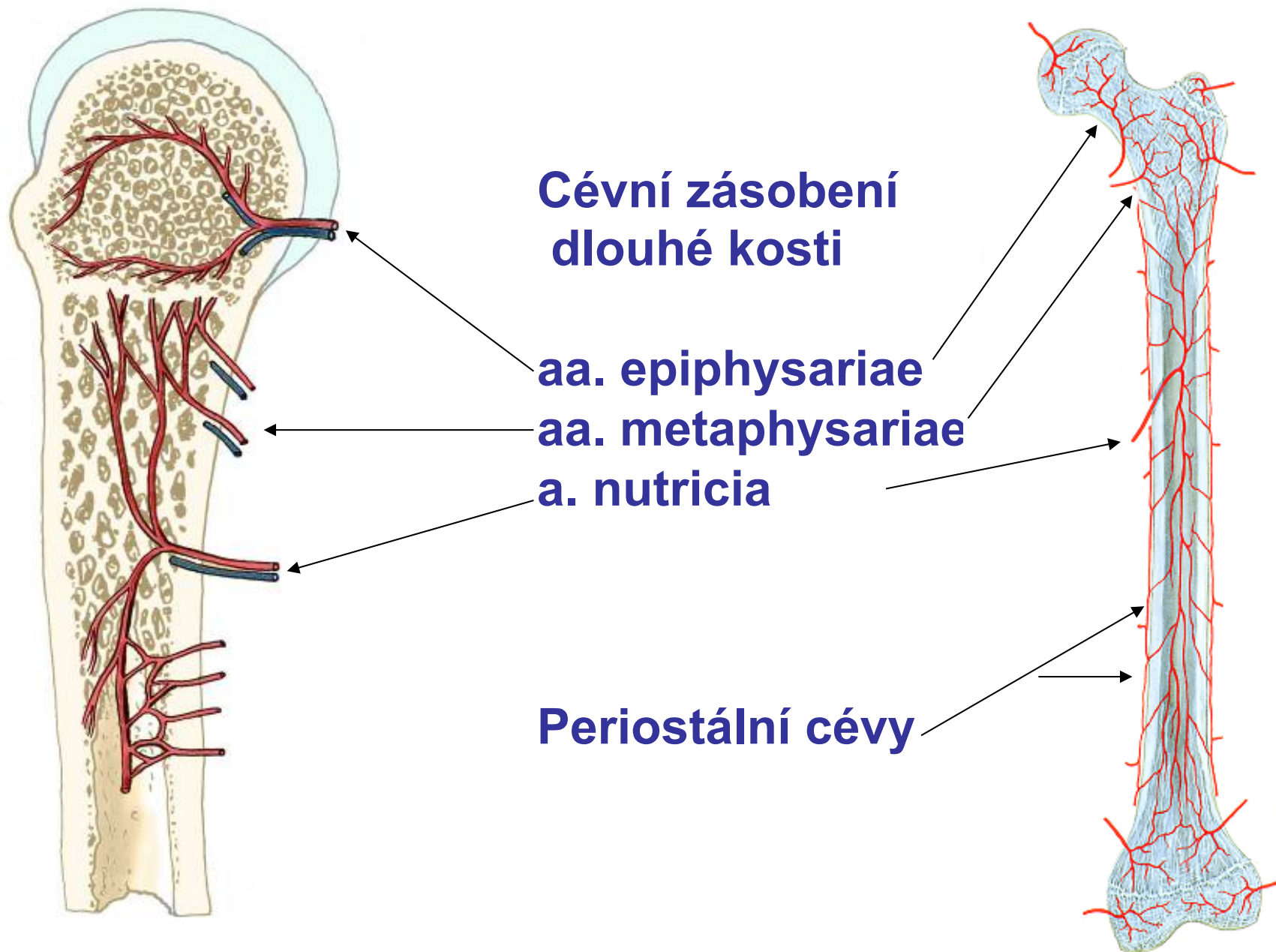
*V důsledku změn funkčních nároků
dojde v kosti k přestavbě vnitřní
architektoniky a právě tak i druhotně
k změně zevního tvaru kosti.*

Remodelace po poranění

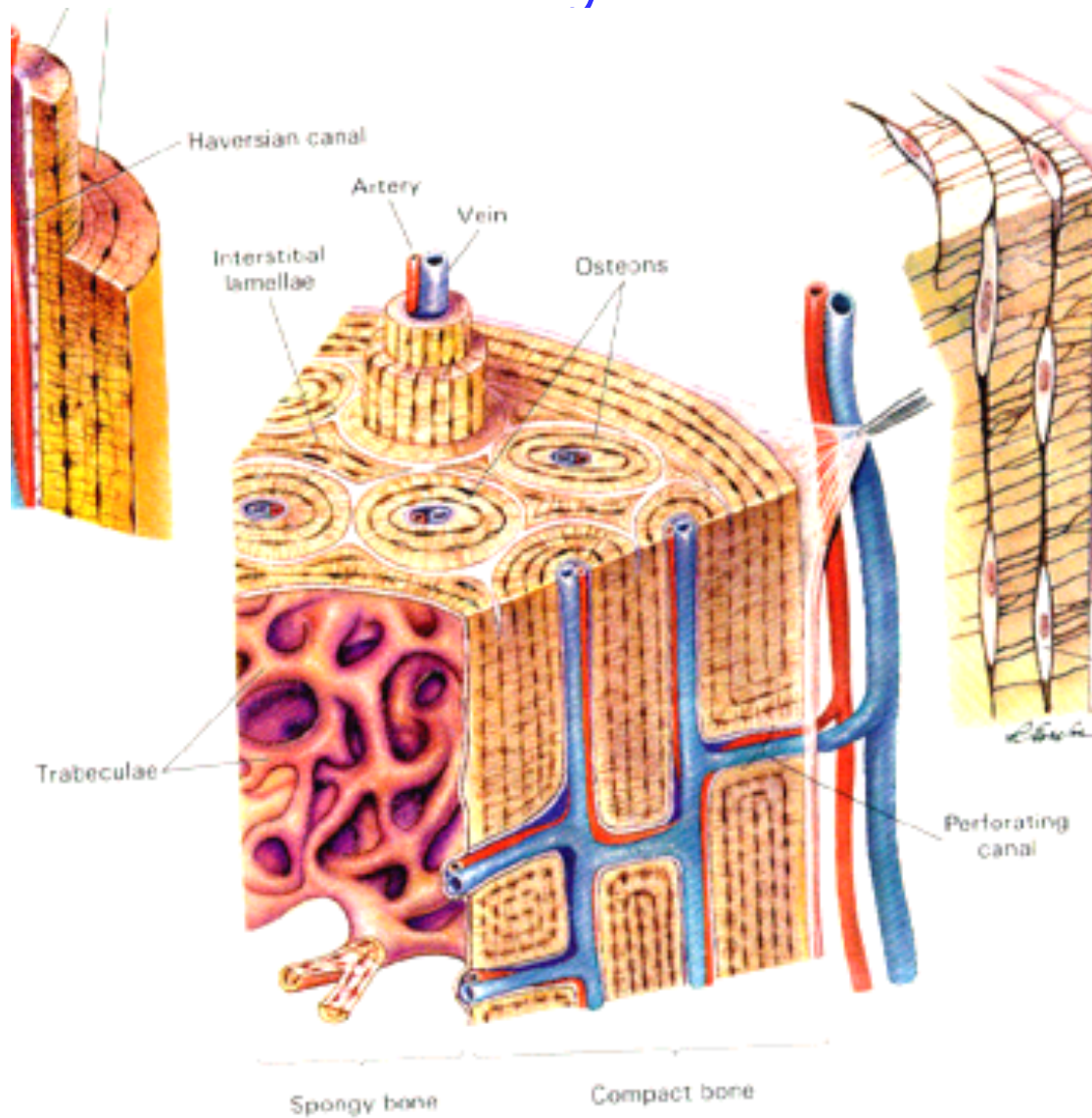


Chondrodystrophie





Kostní cévy

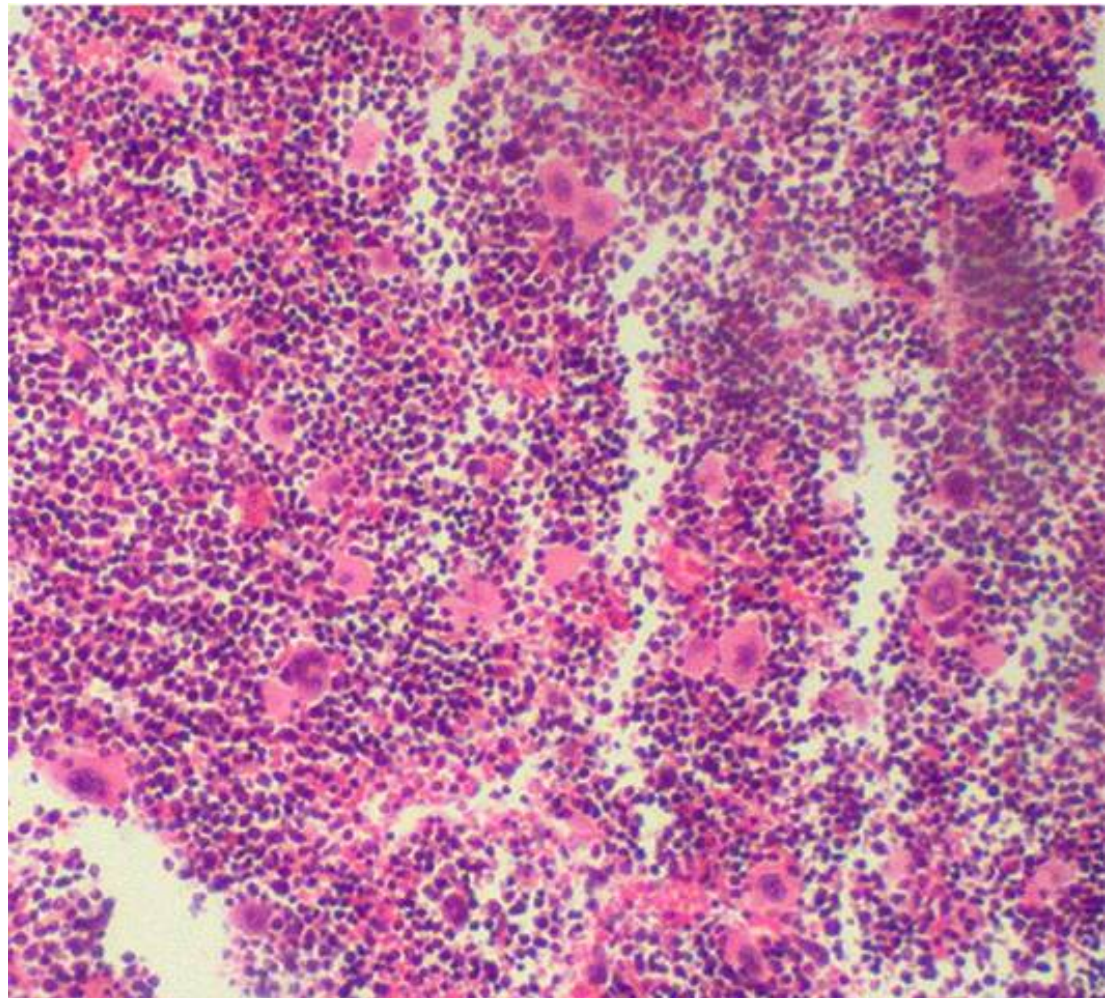


Nejvýznamnější kostní cévy přicházejí přes periost cestou Volkmanových kanálků

Kostní dřeň



<http://www-sdc.med.nagasaki-u.ac.jp/n50/disaster/BMFum-b-big.gif>



http://nmf.jax.org/images/bone_marrow_normal_copy.jpg

Kostní dřeň

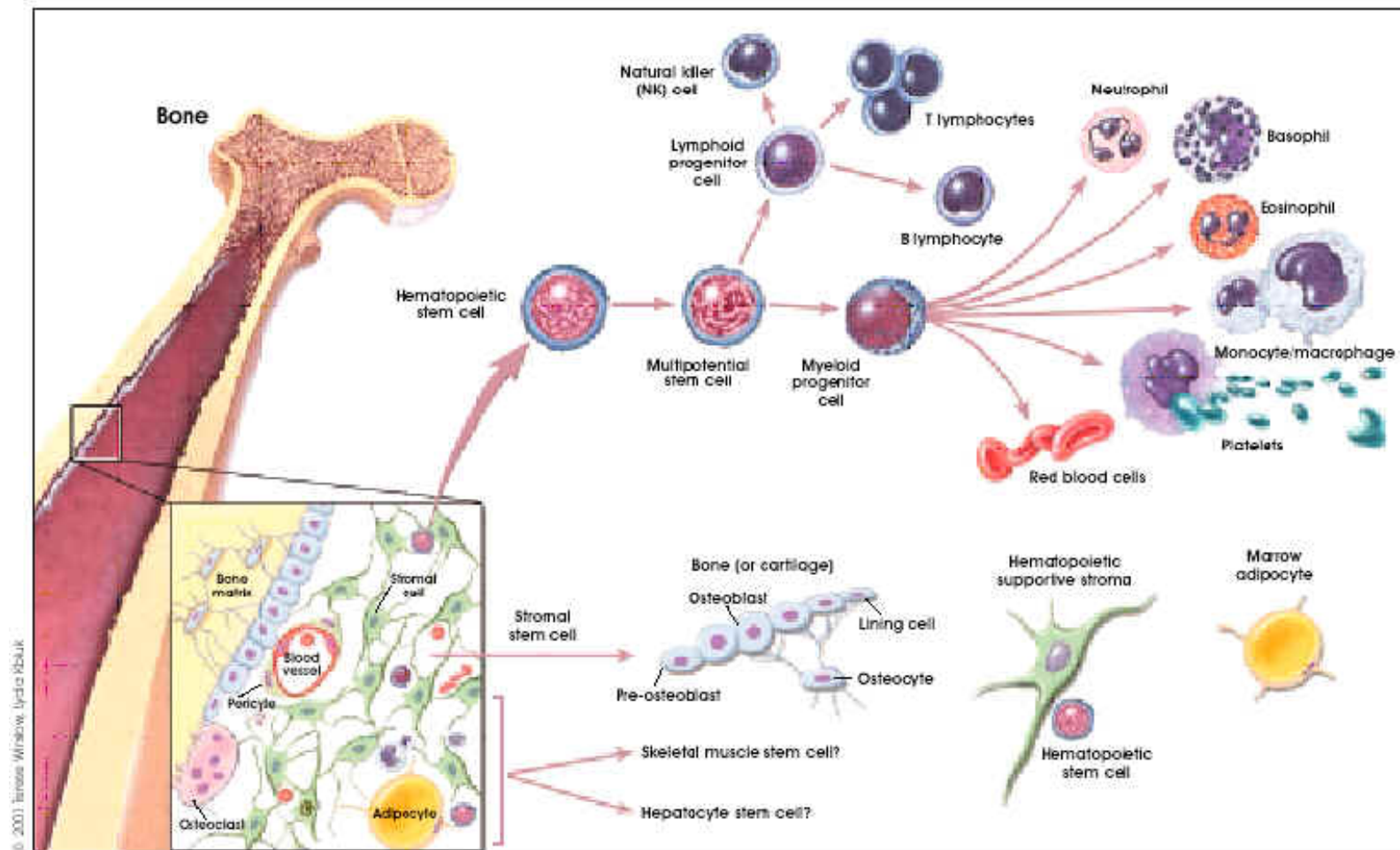


Figure 4.3. Hematopoietic and Stromal Stem Cell Differentiation.

<http://neurobio.mcphu.edu/FischerWeb/images/bone%20marrow%20stromal%20cells.jpg>

Závěry

- Kost představuje hlavní opěrný systém těla
- Kost je vysoce metabolicky aktivní tkáň
- Kost je aktivně zapojena do udržování kalcemie
- Kost je v neustále přestavbě
- Porucha funkce kosti vede k závažným patologickým stavům

Arthrologie

Obecná arthrologie

Spojení plynulé pojivovou tkání

Vazivem – syndesmosis, sutura, gomphosis

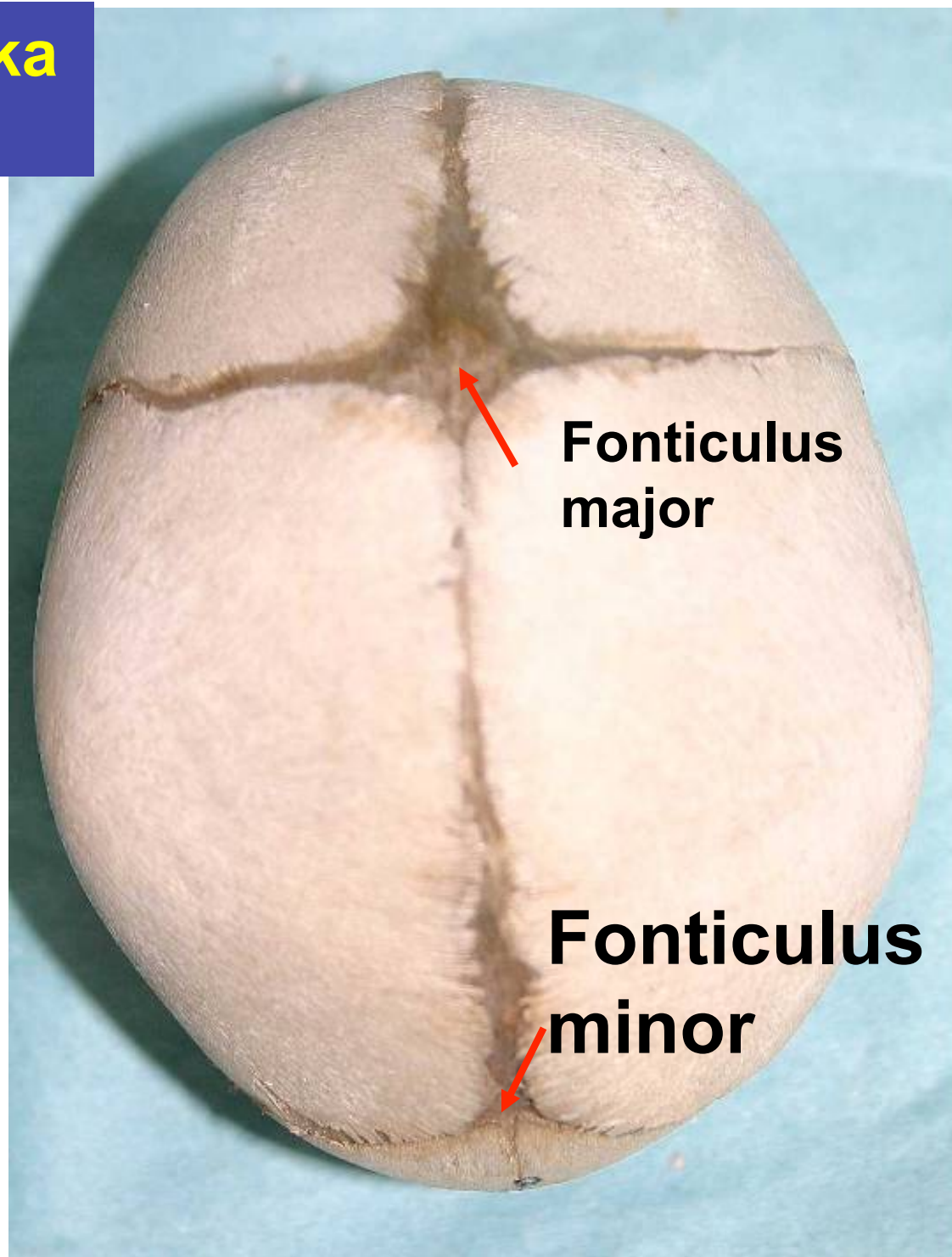
Chrupavkou – synchondrosis, symphysis

Kostí – synostosis

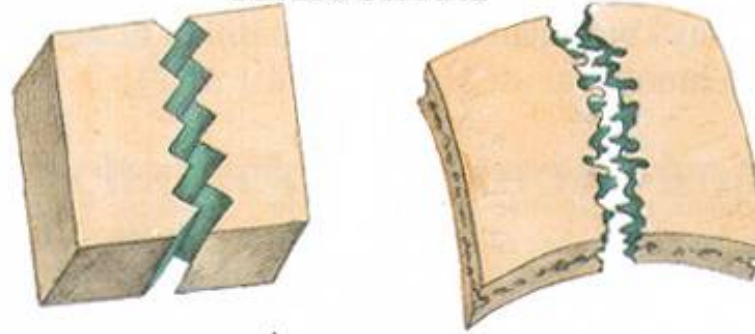
Spojení na dotyk – ariculatio synovialis -
kloub

Fetální lebka

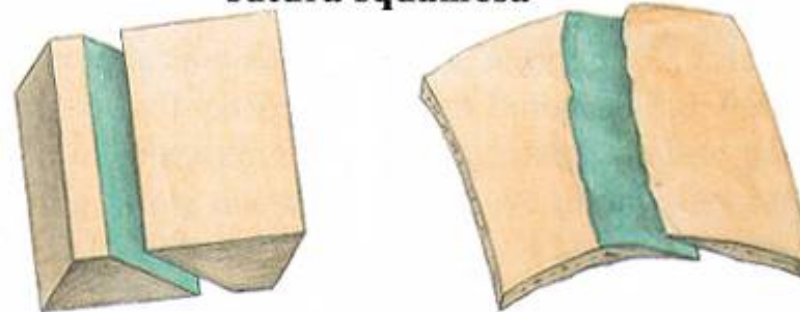
Calva



sutura serrata



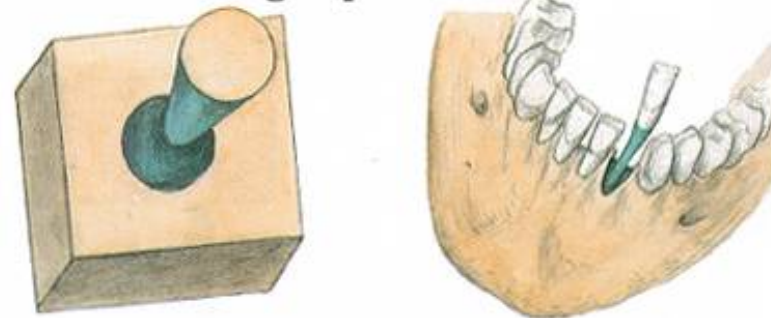
sutura squamosa



sutura plana



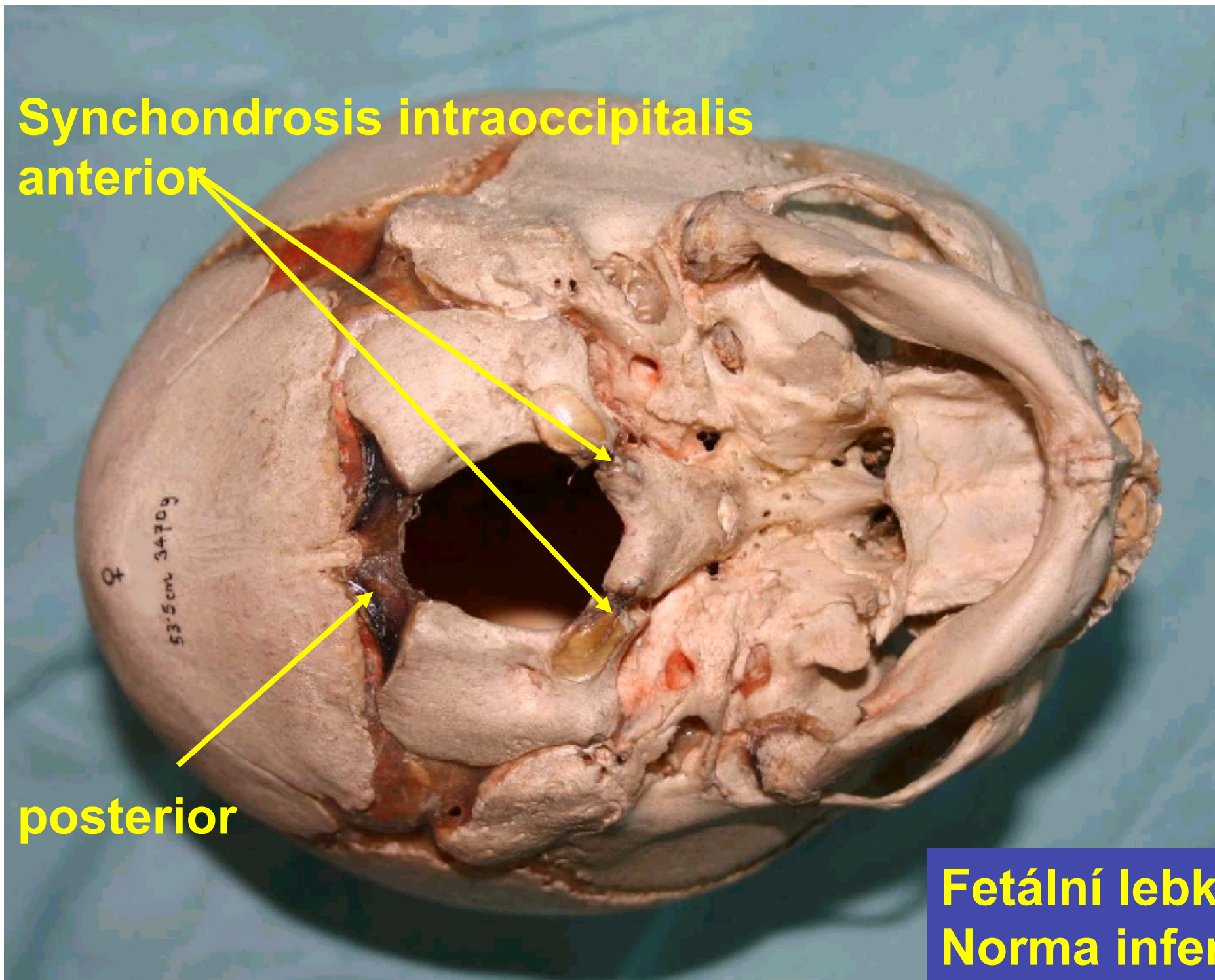
gomphosis

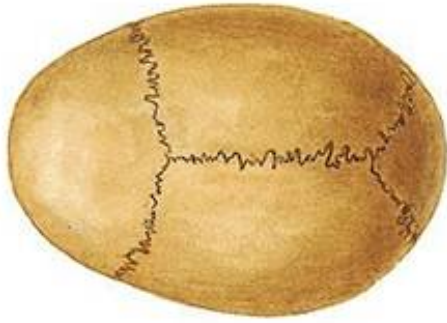


**Synchondrosis intraoccipitalis
anterior**

posterior

**Fetální lebka
Norma inferior**



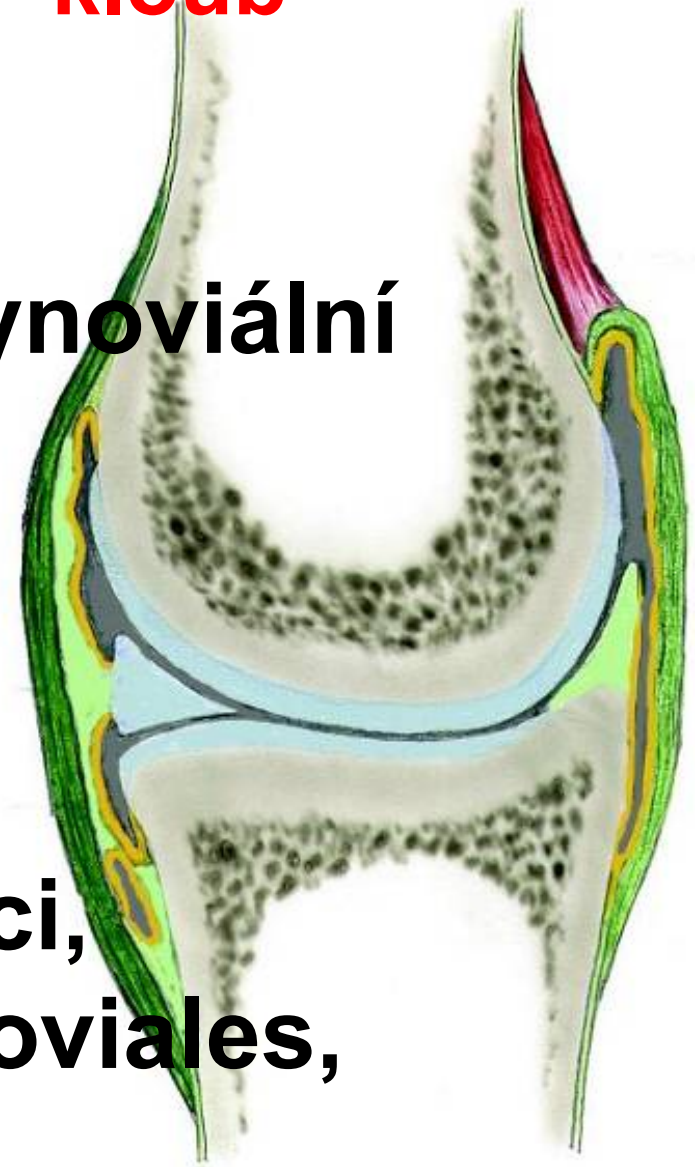


Spojení volné na dotyk articulatio synovialis - kloub

**Kloubní plochy,
pouzdro – fibrovní a synoviální**

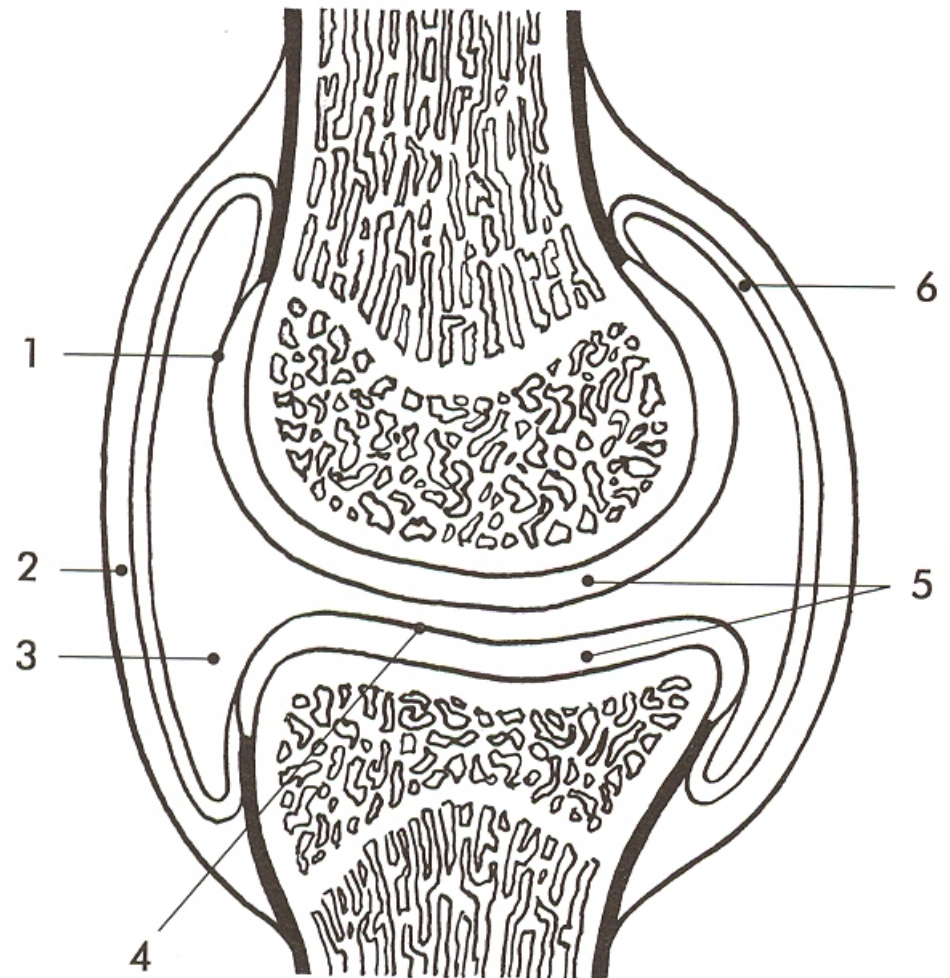
Dutina kloubní

**Pomocná zařízení
labrum, disci et menisci,
ligamenta, bursae synoviales,
musculi articulares**



Obecná anatomie kloubu

KRESLIT



Obr. 1.13. Schéma stavby synoviálního kloubu.
1 – kloubní hlavice, 2 – vazivové kloubní pouzdro,
3 – kloubní dutina, 4 – kloubní jamka, 5 – kloubní
chrupavka, 6 – synoviální vrstva kloubního pouzdra

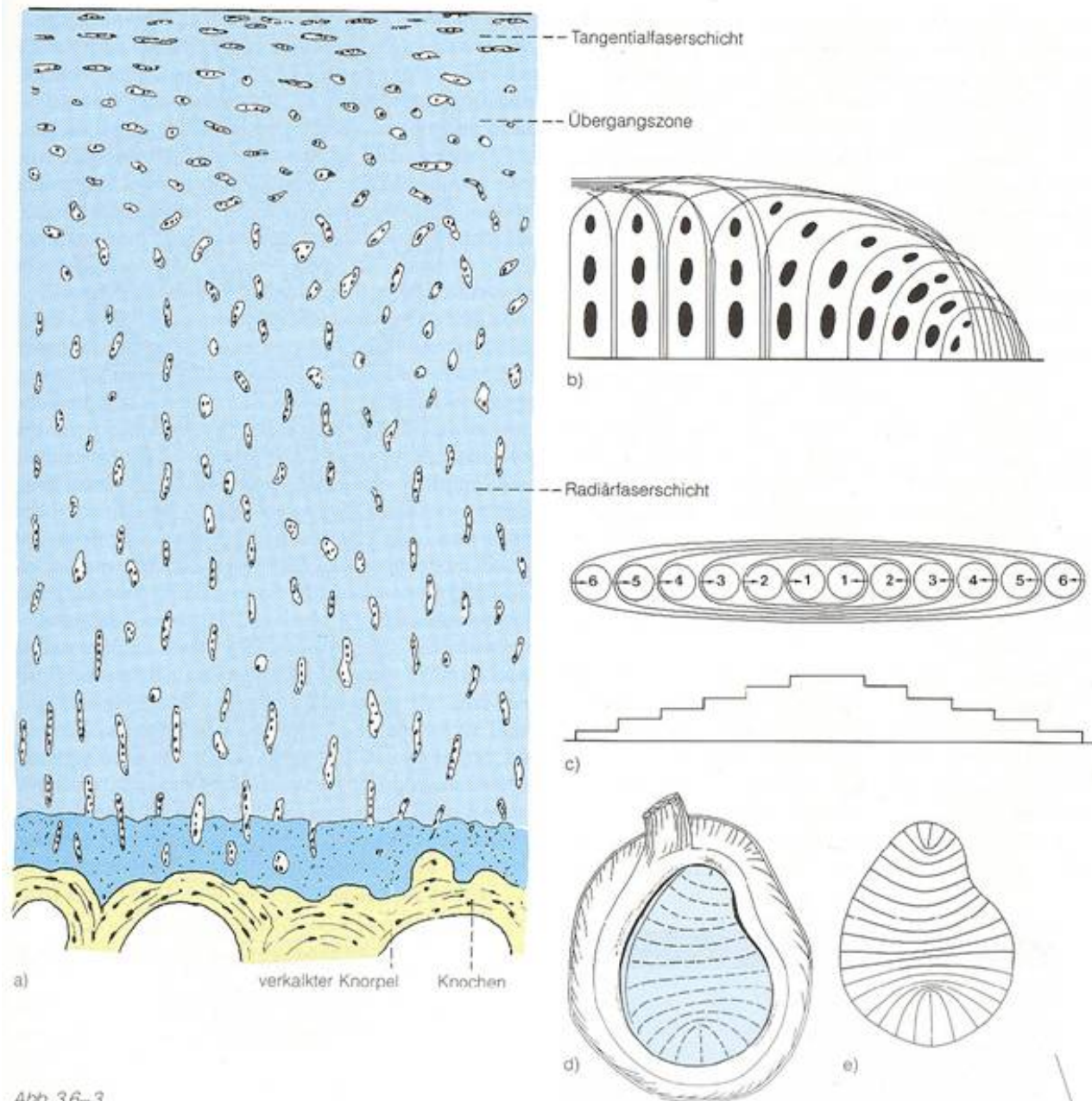
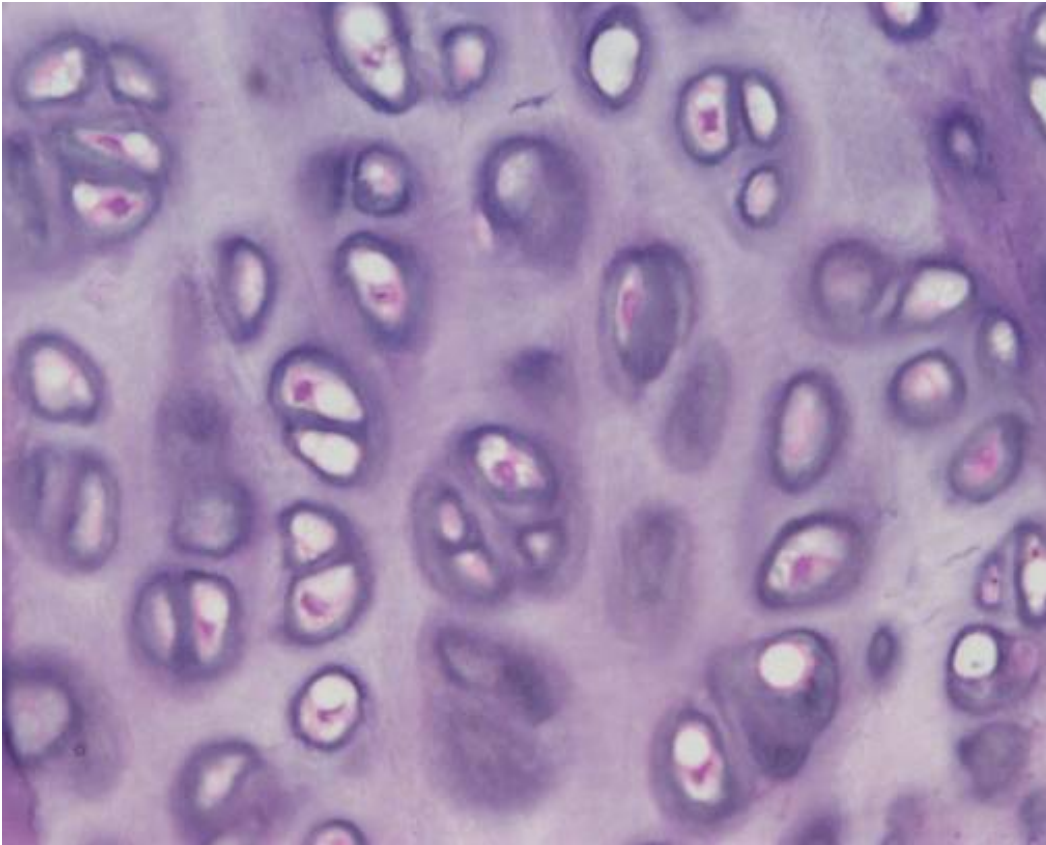


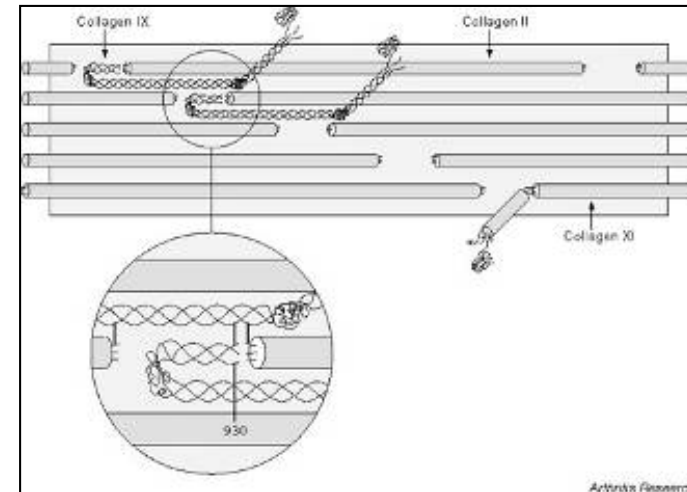
Abb. 3.6-3.

a) Senkrecht zur Oberfläche geführter Schnitt durch den Gelenkknorpel des Tibiakopfes. Man beachte Gestalt und Anord-

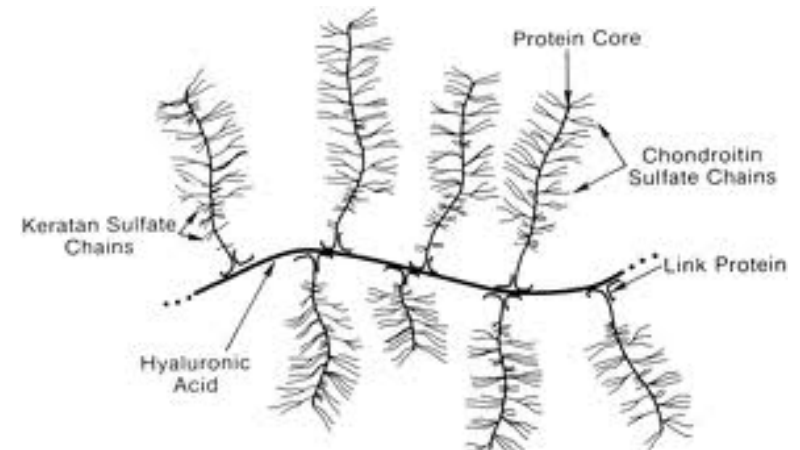
Hyalinní chrupavka



<http://histologyolm.stevegallik.org>

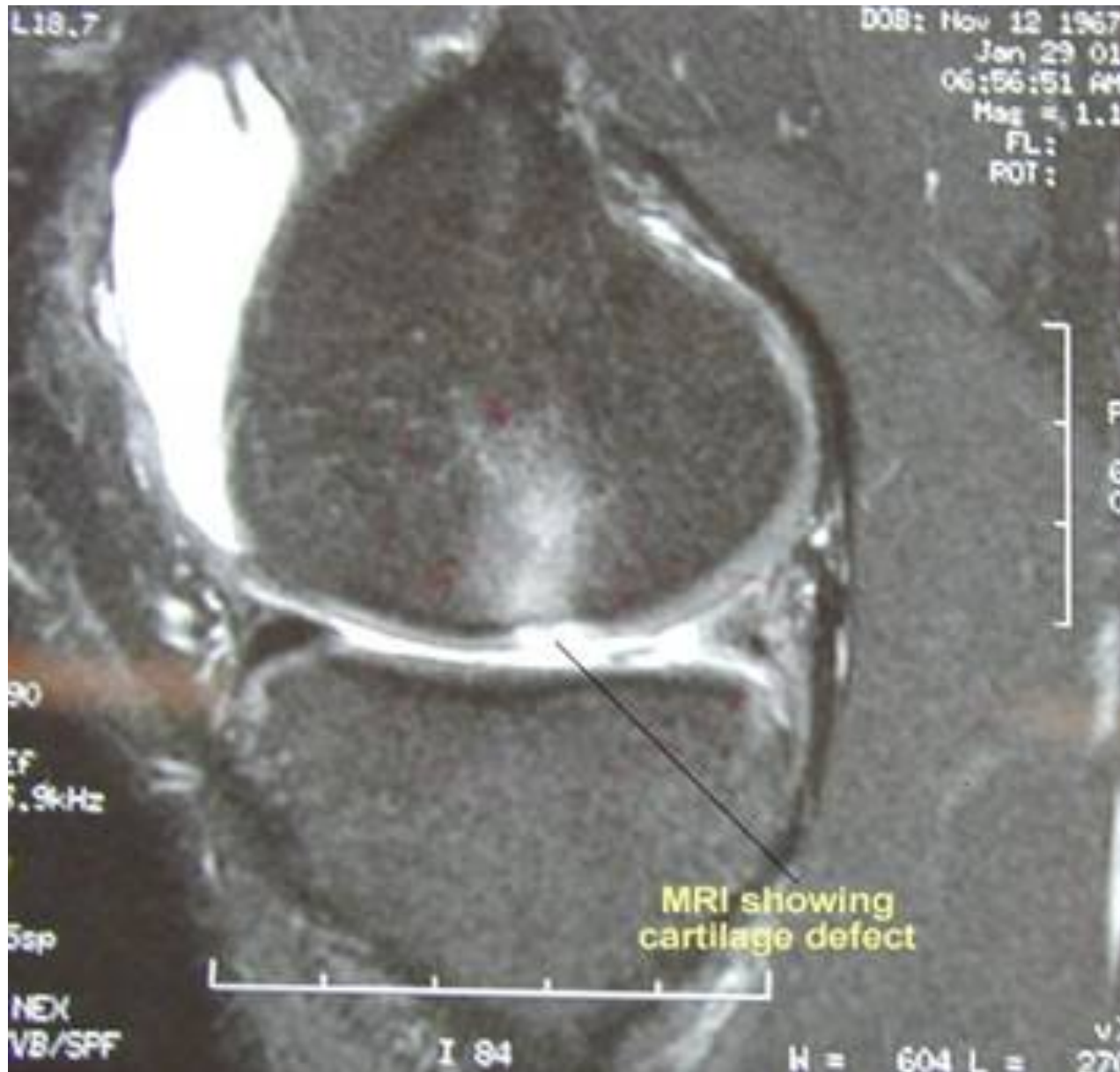


arthritis-research.com



http://www.ilo.org/safework_bookshelf/english?content&nd=857170059

Kloubní chrupavka - MRI



http://www.steadman-hawkins.com/virtual/education/assets/MRI_large.jpg

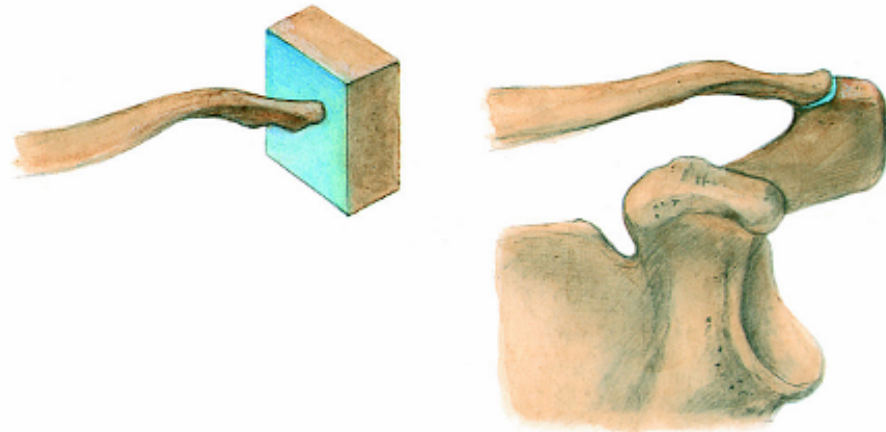
Typy kloubů

- **počet prvků:**
 - **jednoduché** /art. simplices/ 2 kosti
 - **složené** /art. compositae/ >2 kosti, 2 kosti + discus nebo meniscus
- **pohyb a rozsah**
 - tuhé /amphiarthrosis/
 - více pohyblivé – ostatní
 - základní postavení, střední postavení
- **tvar styčných ploch**

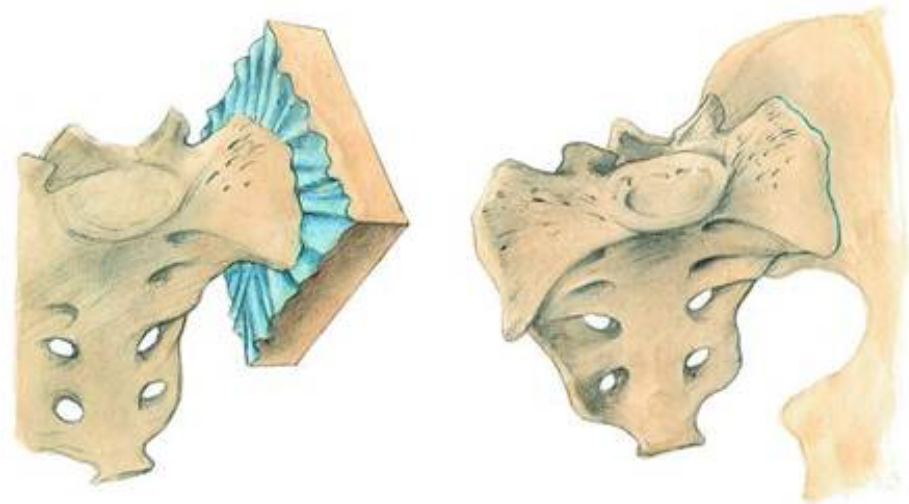
Rozdělení kloubů podle tvaru styčných ploch

Art. plana /plochý, plane joint/		Art. acromioclavicularis, sacroiliaca, intermetatarsales, zygapophysiales
Art. cylindrica	Ginglymus /válcovitý, hinge joint/ <i>patří sem i kladkový kloub</i>	Art. interphalangeae proximales et distales, humero-ulnaris, subtalaris
	A. trochoidea /kolový, pivot joint/	Art. radioulnaris proximalis et distalis, atlantoaxialis mediana
Art. bicondylaris /dvojhrbolový/		Art. genus, temporomandibularis
Art. sellaris /sedlovitý, saddle joint/		Art. carpometacarpalis pollicis
Art. ellipsoidea /elipsovitý/		Art. radiocarpalis, metacarpophalangeae, atlantooccipitalis
Art. spherioidea /kulovitý, ball-and-socket joint/	kulovitý volný	Art. humeri, humeroradialis, sternoclavicularis
	kulovitý omezený	Art. coxae

Kloub plochý – AC skloubení
Kývavé pohyby a posuny, vloženy
disky

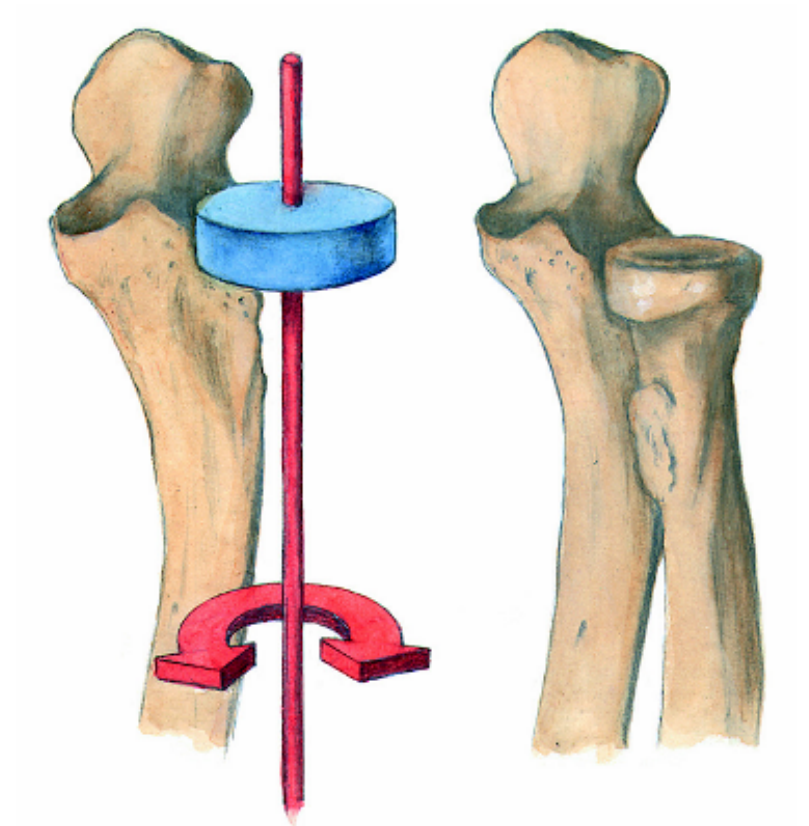


Kloub tuhý – SI skloubení
Nepravidelné plochy, pohyby
minimální



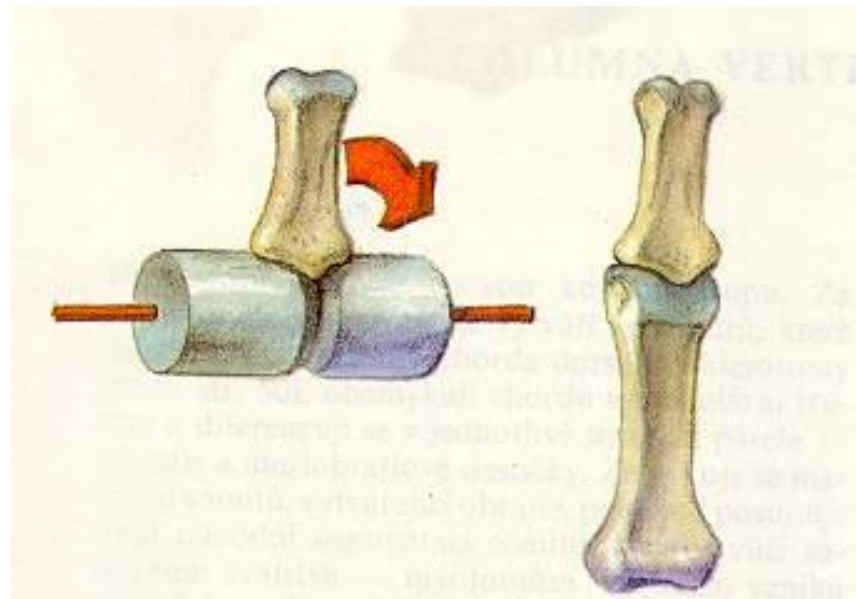
Kloub kolový

R-U skloubení

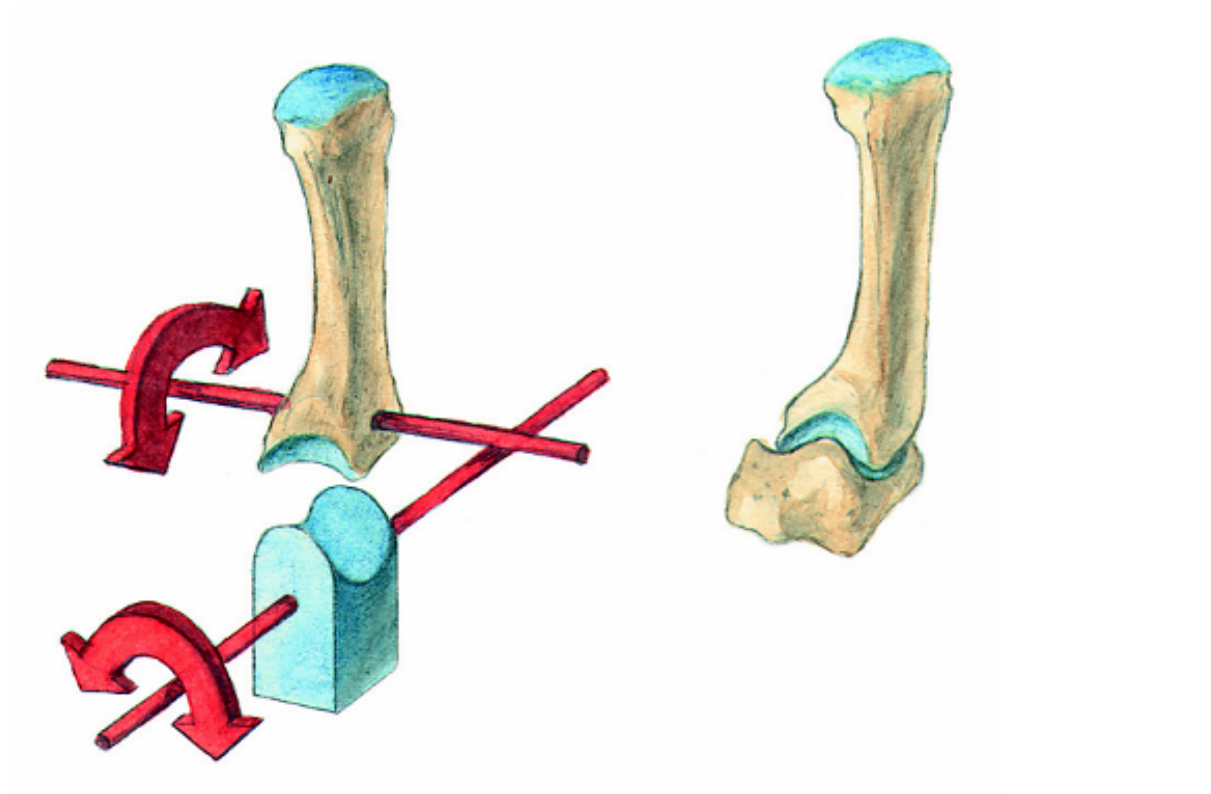


Kloub kladkový

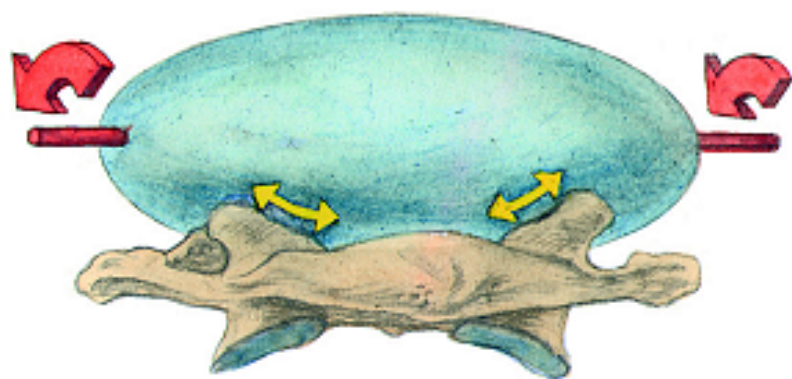
IP klouby



Kloub sedlový – Art . CMTC I.

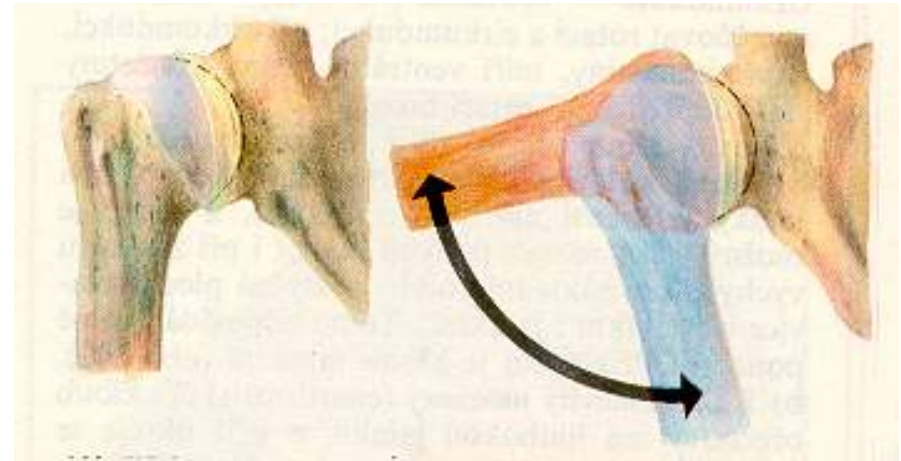


Pohyby ve dvou na
sebe kolmých rovinách

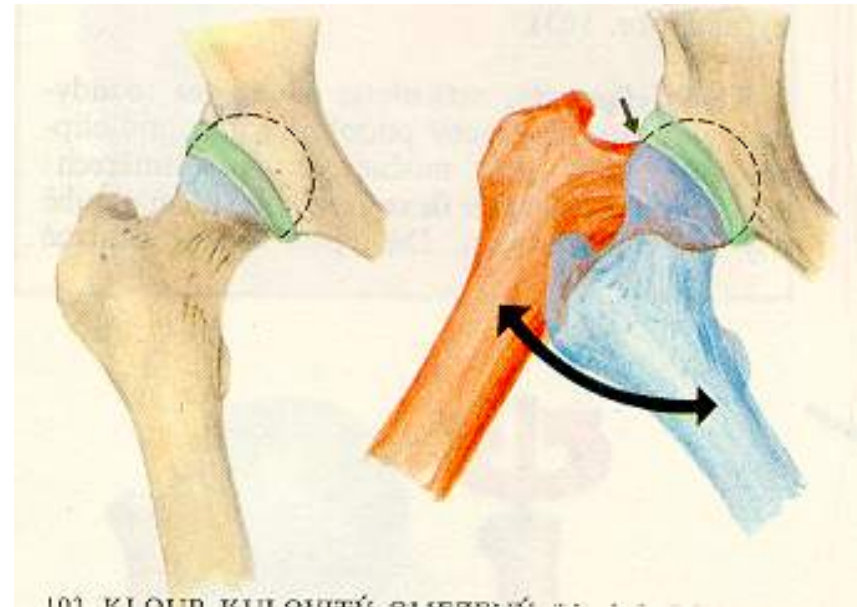


Elipsovité kloub – atlanto-occipitální

Kloub kulový volný



Kloub kulový s omezením

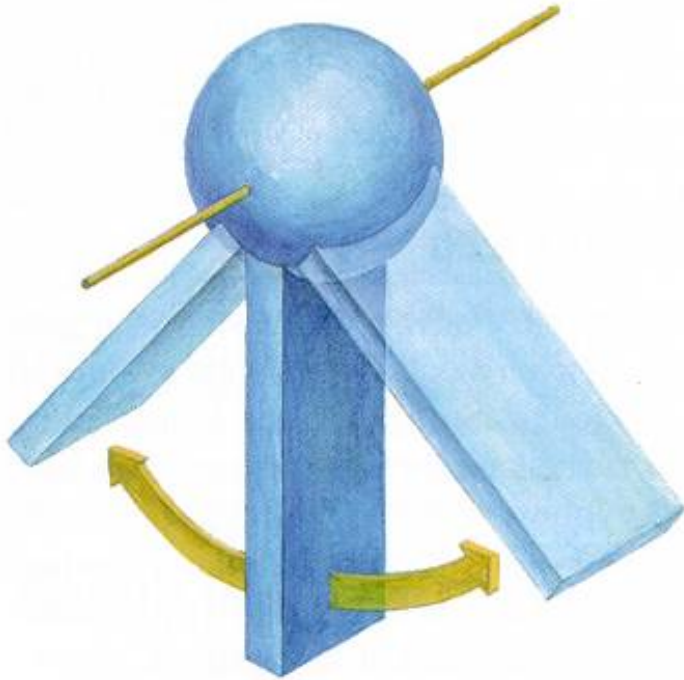


Pohyby v kloubech

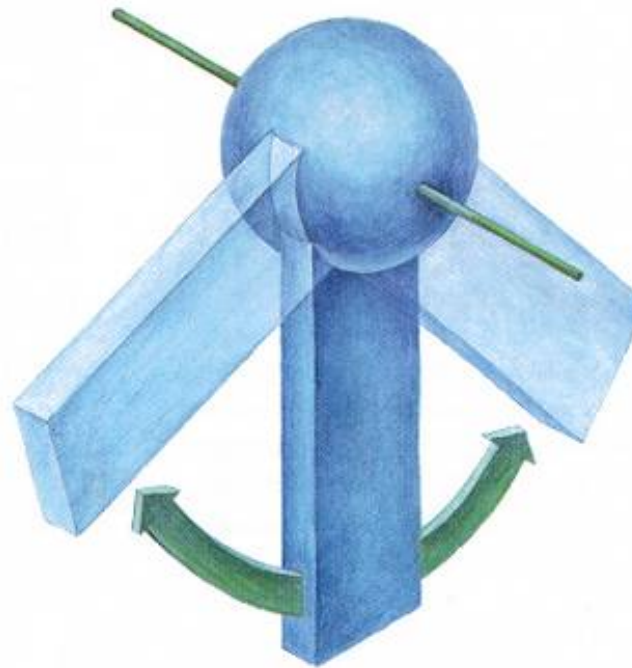
- pohyby podle os – jednoosé, dvojosé, trojosé
- základní postavení – odpovídá základnímu anatomickému postavení
- střední postavení – kloubní pouzdro nejvíce volné
- rozsah pohybu – omezuje tvar jamky a hlavice, vazy, okolní kostní výběžky, velikost měkkých tkání v okolí (tuk, svaly)

Pohyby v kloubech I.

flexe - extenze



abdukce - addukce



rotace



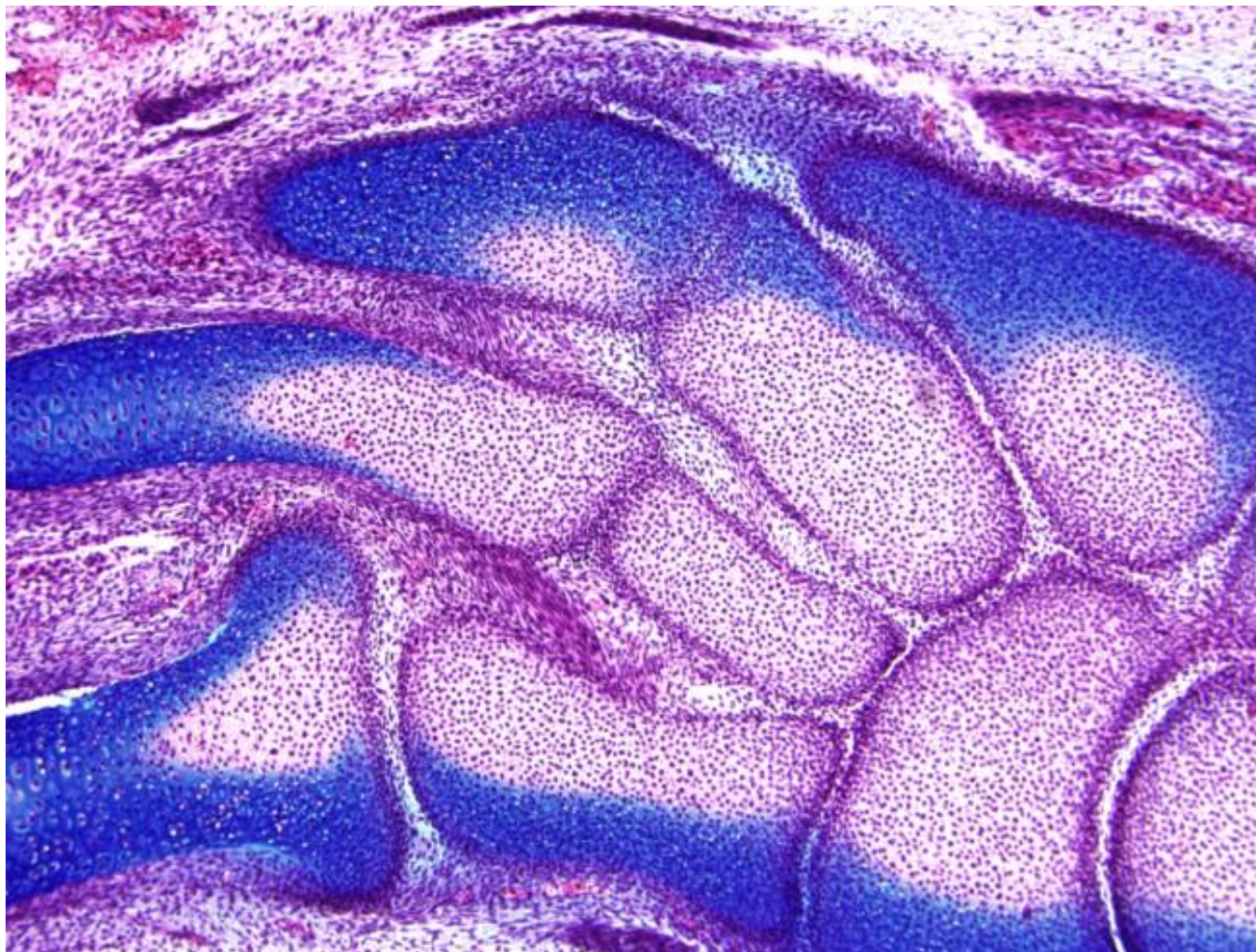
ulnární dukce x radiální dukce

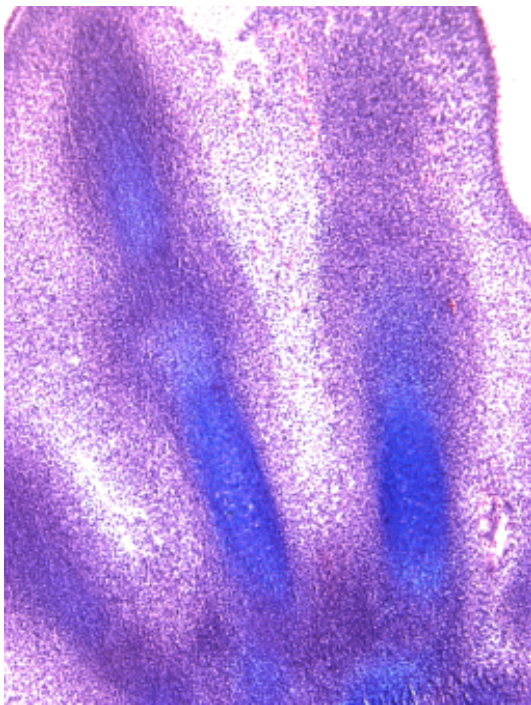
= abdukce x addukce v zápěstním kloubu

Cévní a nervové zásobení kloubu

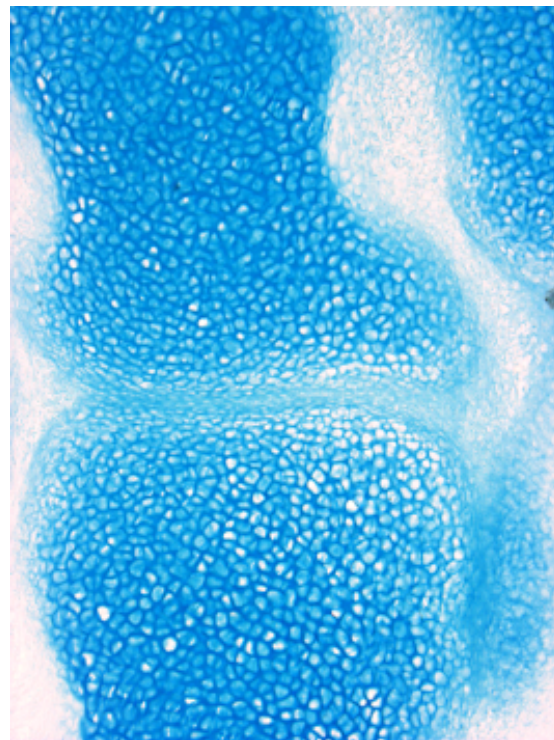
- krevní cévy: rete articulare z okolních tepen, kapiláry těsně k povrchu
- mízní cévy: slepé začátky hlouběji v pouzdře
- nervy:
 - dostředivá senzitivní vlákna
 - informace o poloze kloubu, směru a stupni pohybu, úhlové rychlosti pohybu, stupni napětí pouzdra a vazů
(= **polohocit** = **propriocepce**)
 - informace o bolesti a tlaku
 - odstředivá autonomní vlákna (regulace průsvitu cév)

Vývoj kloubů

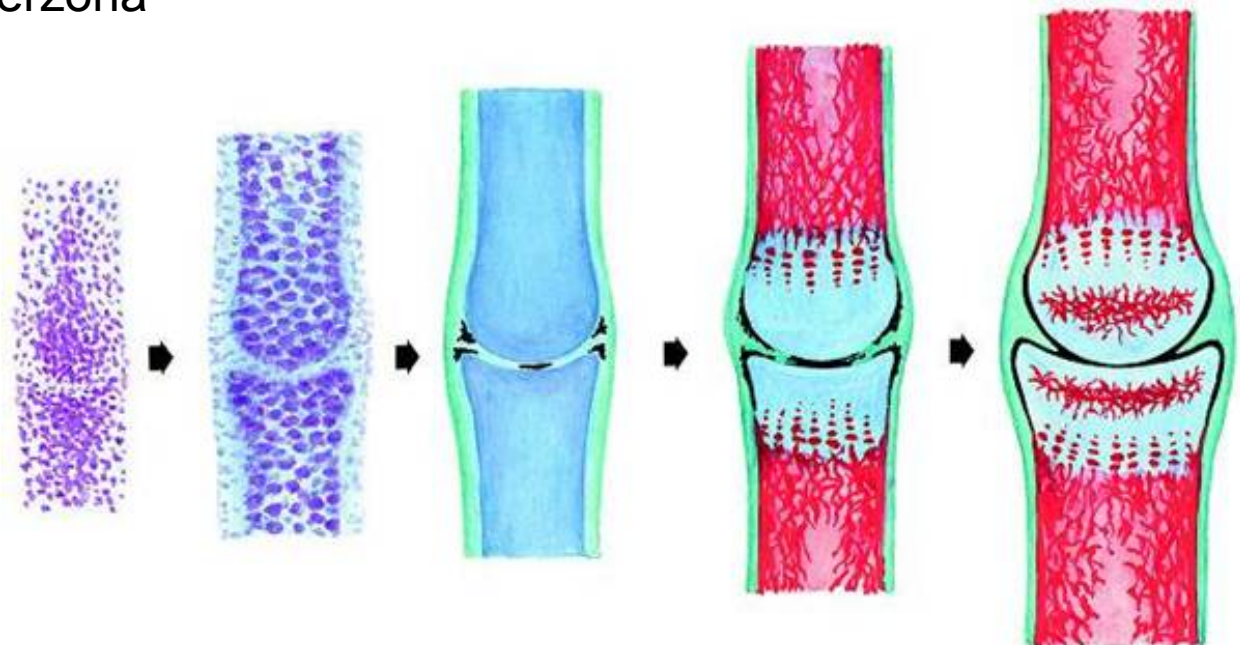
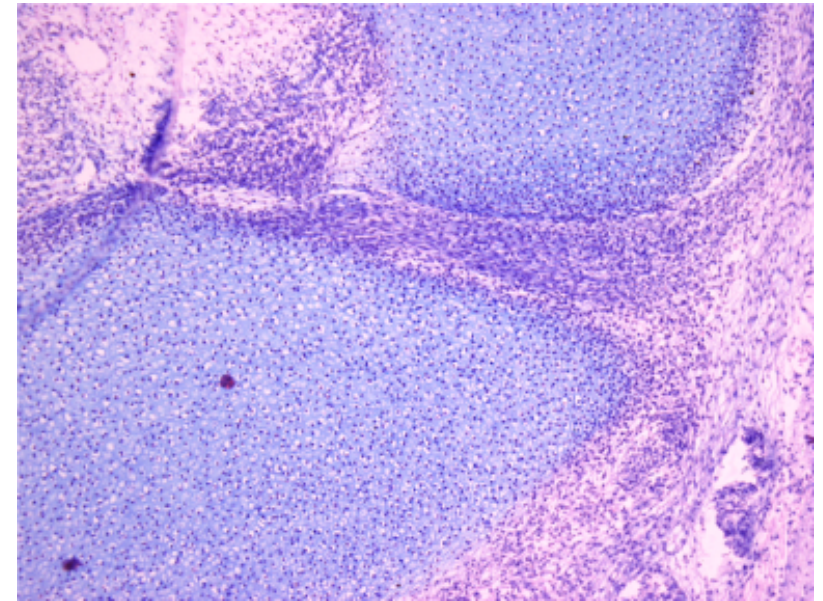


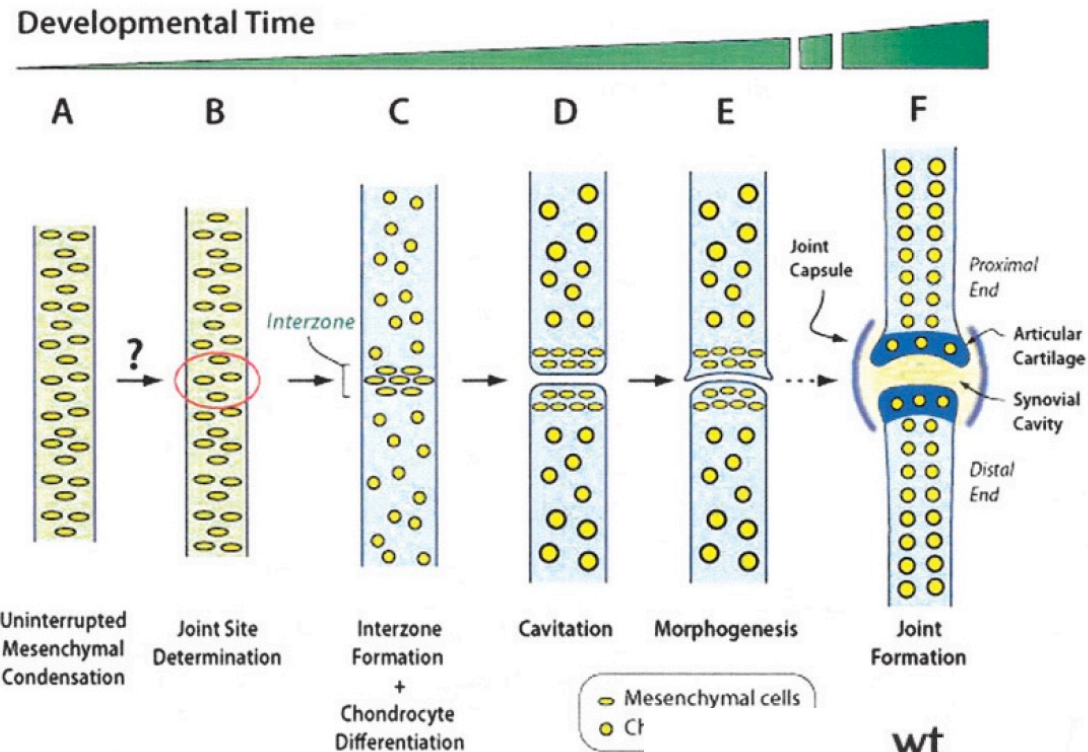


Prochondrál ní
blastém



interzona





za indukční signál je považována molekula WNT14.

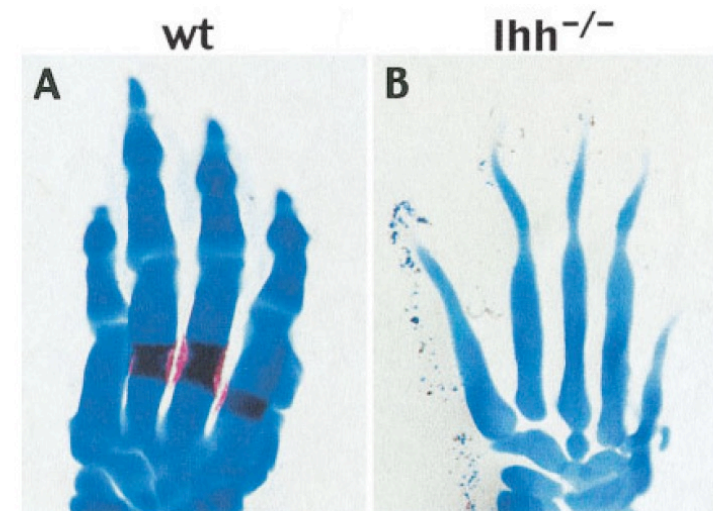


Figure 2. Anatomical examination of forelimb autopods from E17.5 wild-type and *Ihh*-null mouse embryos. Specimens were stained with alcian blue and alizarin red to reveal cartilaginous and bone structures. **A:** Wild-type digits. Note that they are interrupted at each joint site by weakly-staining interzone tissue and contain alizarin red-positive bone tissue at each diaphysis. **B:** *Ihh*-null digits. Note that they stain uniformly with alcian blue and are seemingly uninterrupted.

Použité materiály:

archiv Doc. Naňky a Prof. Smetany

Bartoníček J, Heřt J: Základy klinické anatomie pohybového aparátu,
Maxdorf, Praha, 2004

Čihák R: Anatomie 1. Praha, Grada, 2011

Jirásek Jan Ev.: Human Pregnancy and Developmental Stages.
Farmakon, 2010

Sadler: Langmannova lékařská embryologie, Grada, 2011

Ross M, Pavlina W: Histology - a Text and Atlas, 2011