

RETROSPEKTIVNÍ ANTROPOLOGIE

Lidská kostra

Anna Pankowská
LS 2021



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Kost (zub)

- Kost (zub) jako živý orgán
- Kost (zub) jako stopa po živém orgánu



Živý orgán

- Živá jednotka, která se aktivně mění podle podnětů z vnějšího prostředí a potřeb biologického systému.
- Kost jako orgán zahrnuje kostní tkáň, chrupavku, vazivo, nervovou tkáň, svalovou tkáň.
- Funkce kosti jako orgánu resp. kostry jako systému jsou:

1. Stabilizační: opora pro měkké tkáně, pro samu sebe
2. Pohybová: interakce mezi kostrou, svaly a geometrií kloubů
3. Ochranná: chrání vnitřní orgány (mozek, mícha, smyslové orgány, srdce, plíce)
4. Metabolická: ukládání biogenních látek
5. Krvetvorná
6. Depot odpadních látek
7. Zpracování potravy (zuby)

- Kostní tkáň, díky své **dynamické přestavbě během individuálního života jedince**, je schopna plasticity se přizpůsobovat environmentálním stimulům.
- Zkoumáme takové ukazatele, které jsou reakcí na vnější prostředí podmíněné behaviorální specializací (např. strava, způsob její přípravy, pracovní činnost apod.).

Stopa po živém orgánu



What is Rotator Cuff Tendonitis?

Rotator cuff tendonitis refers to the irritation of the rotator cuff tendons and inflammation of the subacromial bursa, which overlies these tendons. This condition may cause tenderness of the shoulder with pain when the arm is raised overhead. It is a common injury that is sustained through repetitive movement of the shoulder, which can occur while playing tennis.



Rotator Cuff Tendonitis

What is Tennis Elbow?

Lateral epicondylitis, or tennis elbow, is a common problem that is sustained through repetitive stress to the lateral elbow. The pain comes from inflammation of the tendon fibers from overuse through repeated arm motions, such as while hitting a backhand stroke in tennis.



Tennis Elbow

- Kost (zub) se v archeologickém záznamu mění, transformuje se do „jiného“ objektu:
 - Dekompozice organismu po uložení do země: odumřou buňky, postupně degradují kolagenní vlákna, DNA, mění se i anorganická část kosti = celková alterace.
 - Projevy na kosti ale nelze hodnotit bez pohledu na kost jako orgán. Např. proč se na některých kostech manifestuje pohlaví jedince? Proč některé kosti a jejich části nesou patologické ukazatele a jiné nikoliv?



Kost a kostra

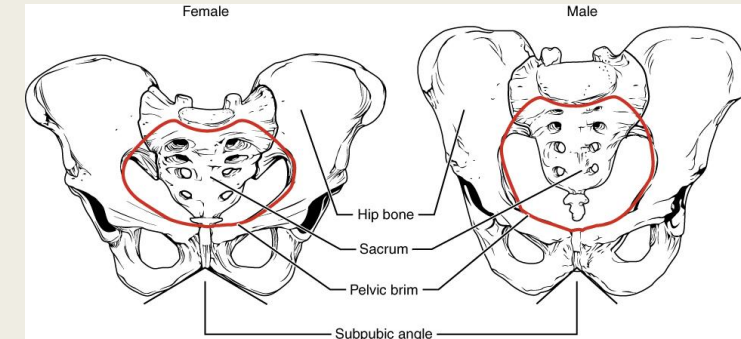
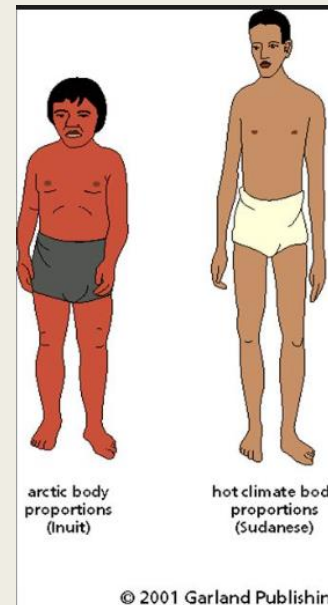
- Pevný a lehký biologický materiál (biomateriál).
- Z mechanického hlediska vykazuje různé mechanické vlastnosti podle své struktury, lokality, směru zatížení, zátěžové historie.
- Kostra tvoří méně než 20 % celkové hmotnosti těla.
- V lidském těle je asi 207 kostí.



Kosti a zuby se liší = *normální* variabilita

Bez variability bychom se nerozeznali!

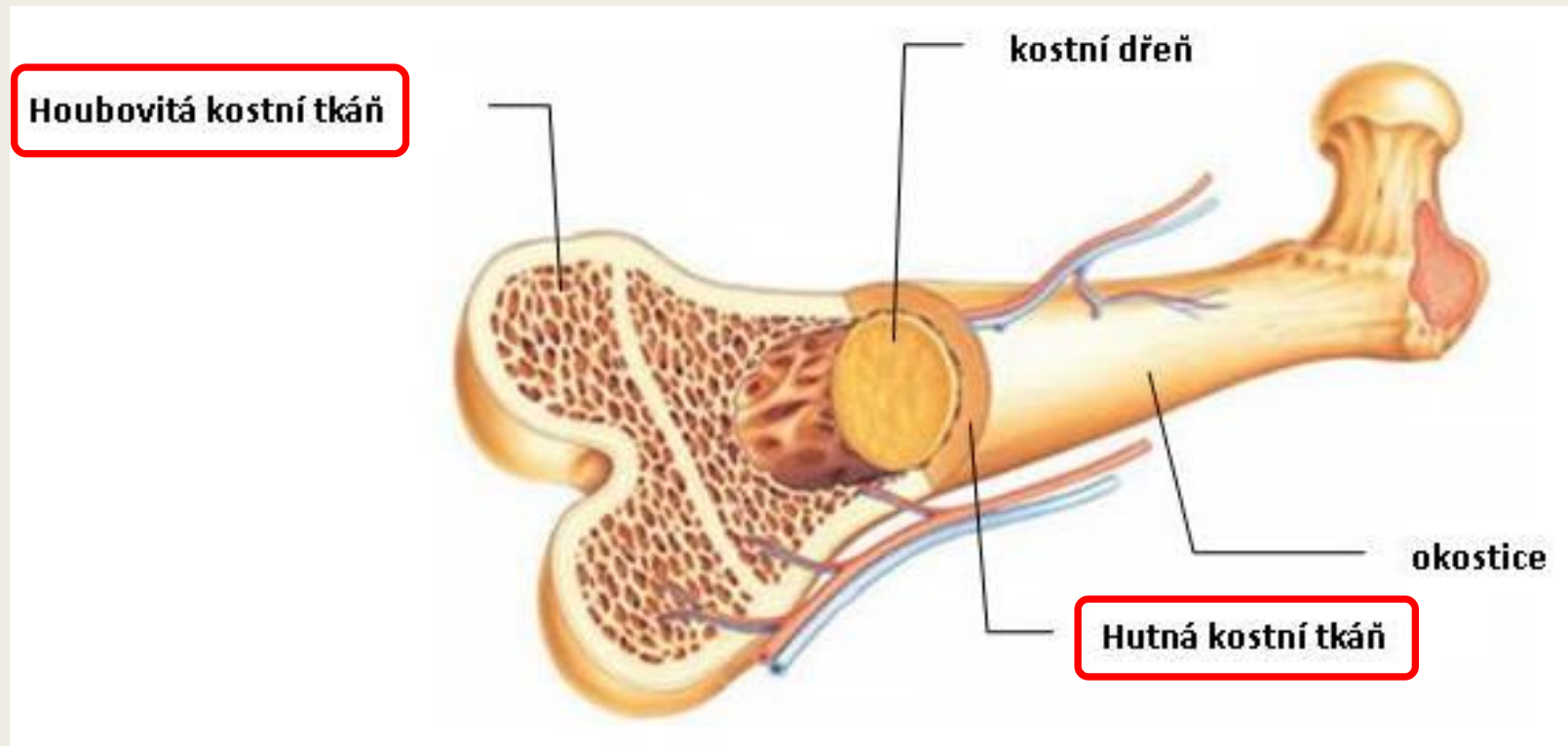
- Individuální
- Ontogenetická
- Pohlavní
- Geografická (populační)



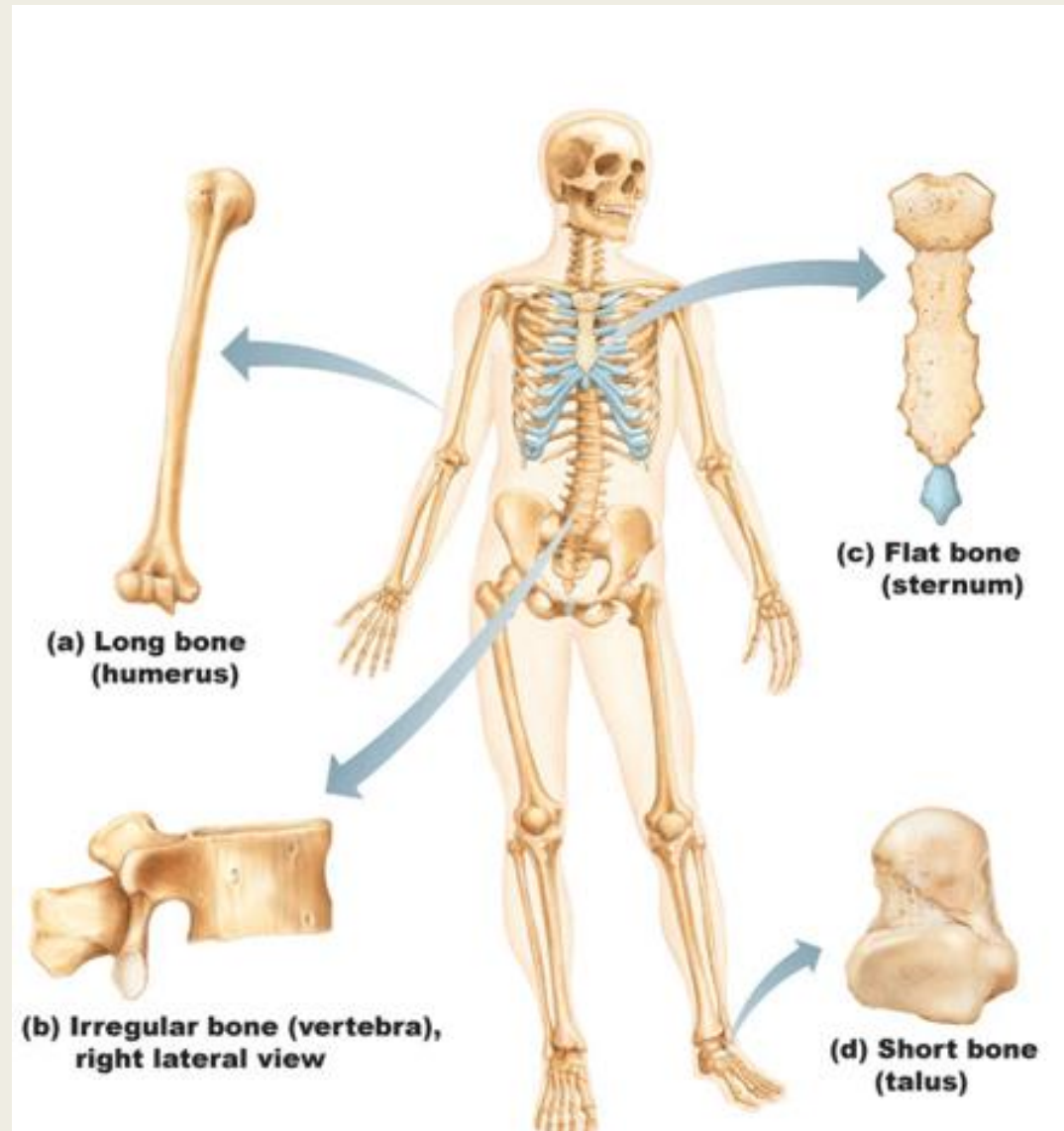
Dělení kostí

- Podle typu kostní tkáně
- Podle typu (morfologie) kosti
- Podle typu spojení

Typ kostní tkáně

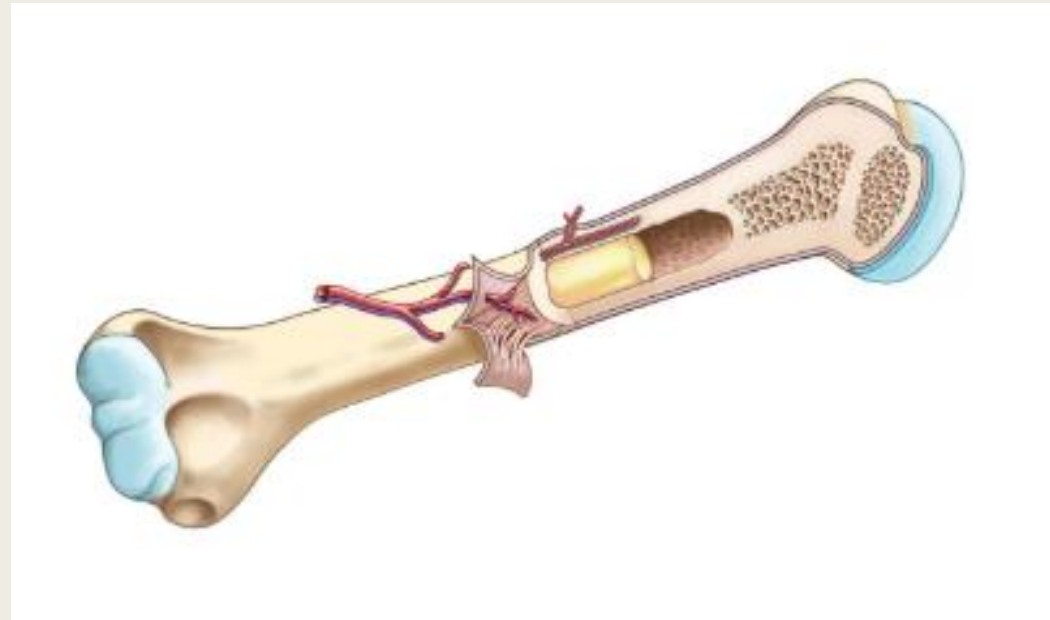


Typy kostí



Dlouhá kost

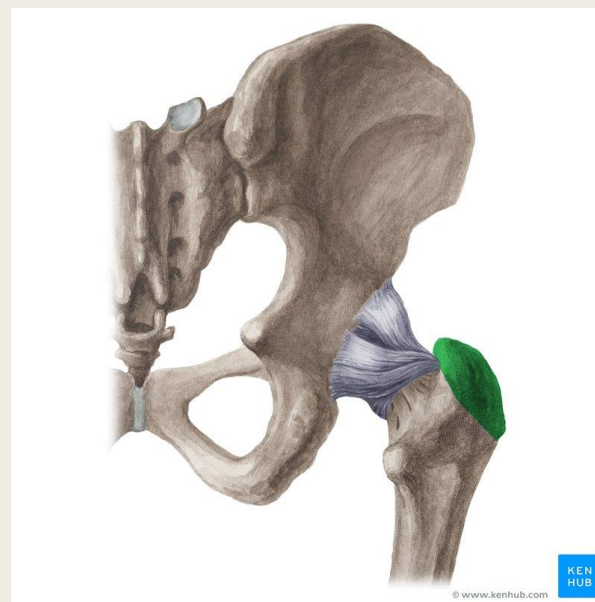
- Jeden rozměr převažuje nad ostatními (př. *femur*, *humerus*).
- Adaptace na kompresi a ohnutí.



- Diaphysis
 - Silný plášť kompaktní kosti.
- Epiphysis
 - Koncová zaoblená část.
 - Za vývoje oddělená růstovou chrupavkou.
 - Tenká vrstva kompaktní kosti.
 - Uvnitř spongiózní kost.
- Metaphysis
 - Úsek na přechodu epifýzy a diafýzy.
 - V dětském období je zde růstová chrupavka.
 - Zásobena vlastními cévami.

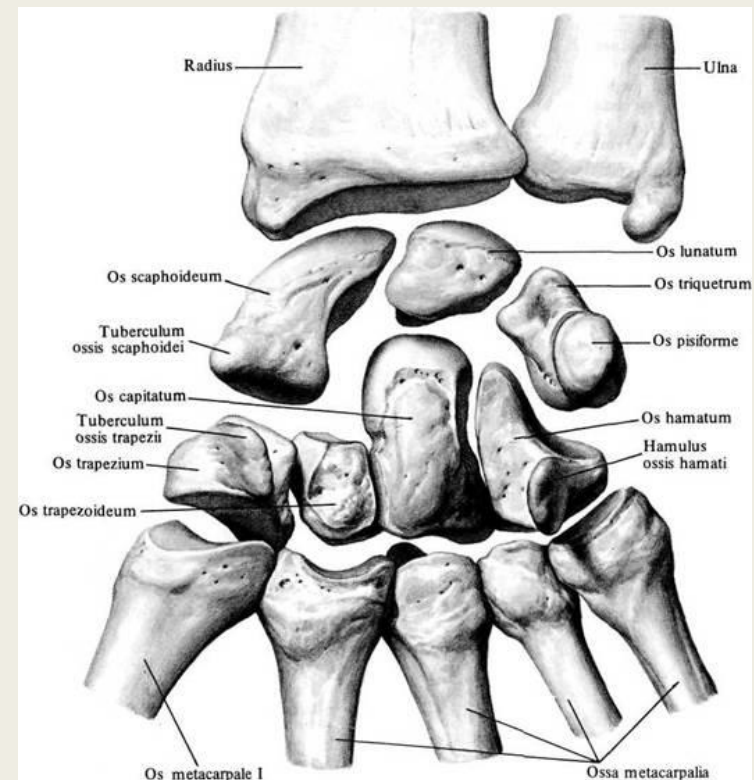


- Apophysis
 - Část kosti se samostatným osifikačním jádrem.
 - Kostní výrůstek, na který se upíná šlacha svalu.



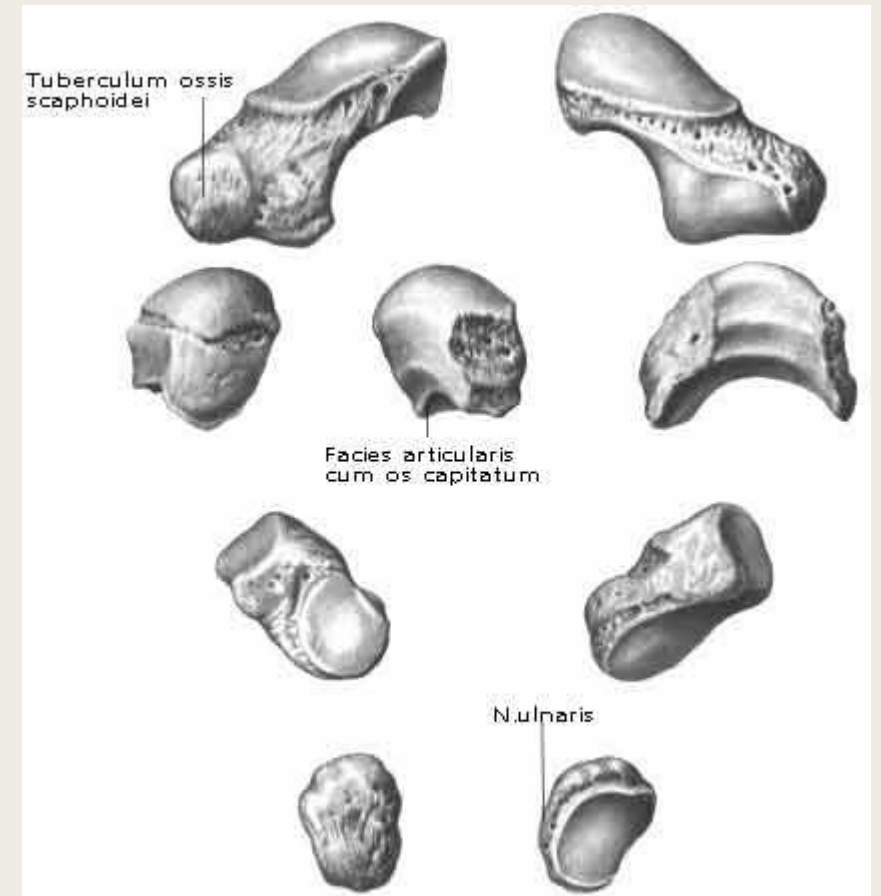
Krátká kost

- Žádný rozměr výrazně nepřevyšuje ostatní (př. karpální kosti).



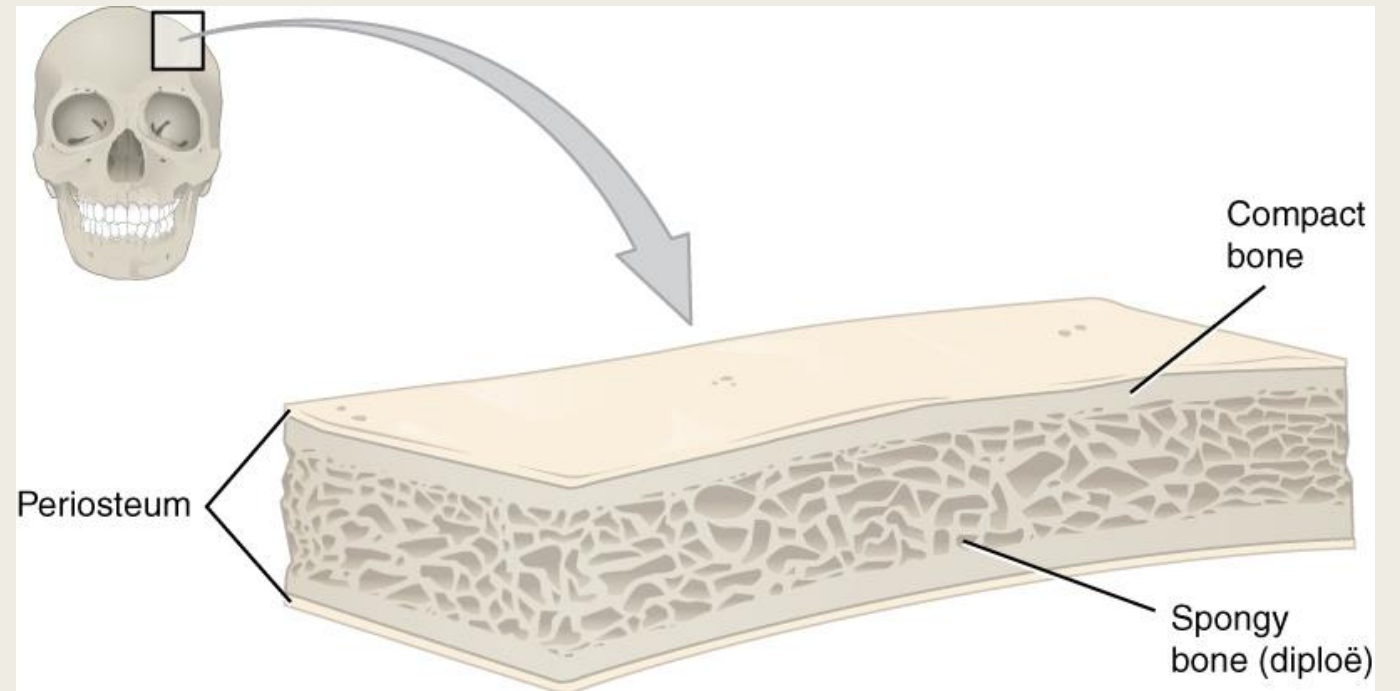
Krátká kost

- Na povrchu tenká vrstva substantia compacta.
 - Uvnitř spongióza.
 - Nepravidelný tvar.
 - Nepravidelné kloubní plochy.
-
- Zápěstní a zánártní kosti.
 - Obratle (těla).



Plochá kost

- Dva rozměry výrazně převyšují třetí (př. temenní kost, lopatka).
- „Sendvič“ na kostech lebky.



- *Substantia compacta* (hutná)
 - lamina externa
 - lamina interna
- *Substantia spongiosa* (houbovitá)
 - diploe
- Lopatka
- Hrudní kost
- Kosti lebeční klenby



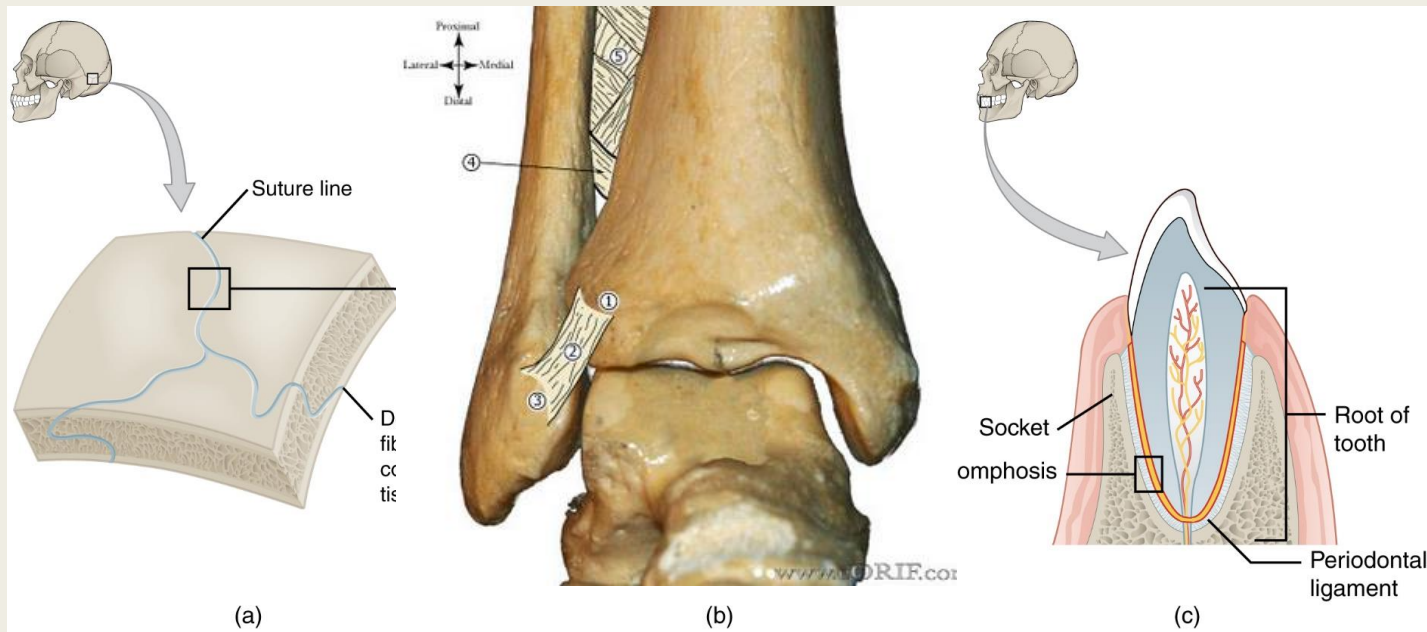
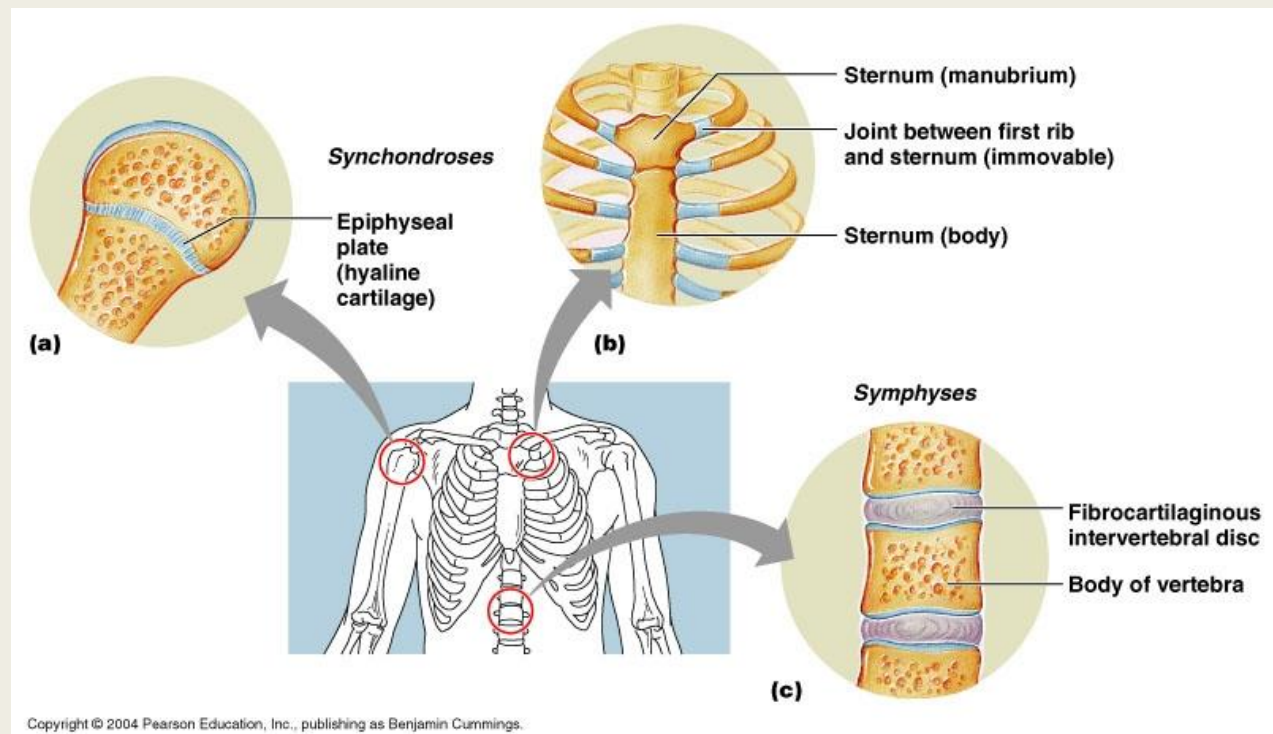
Spojení kostí = Arthrologie

Dvojí spojení:

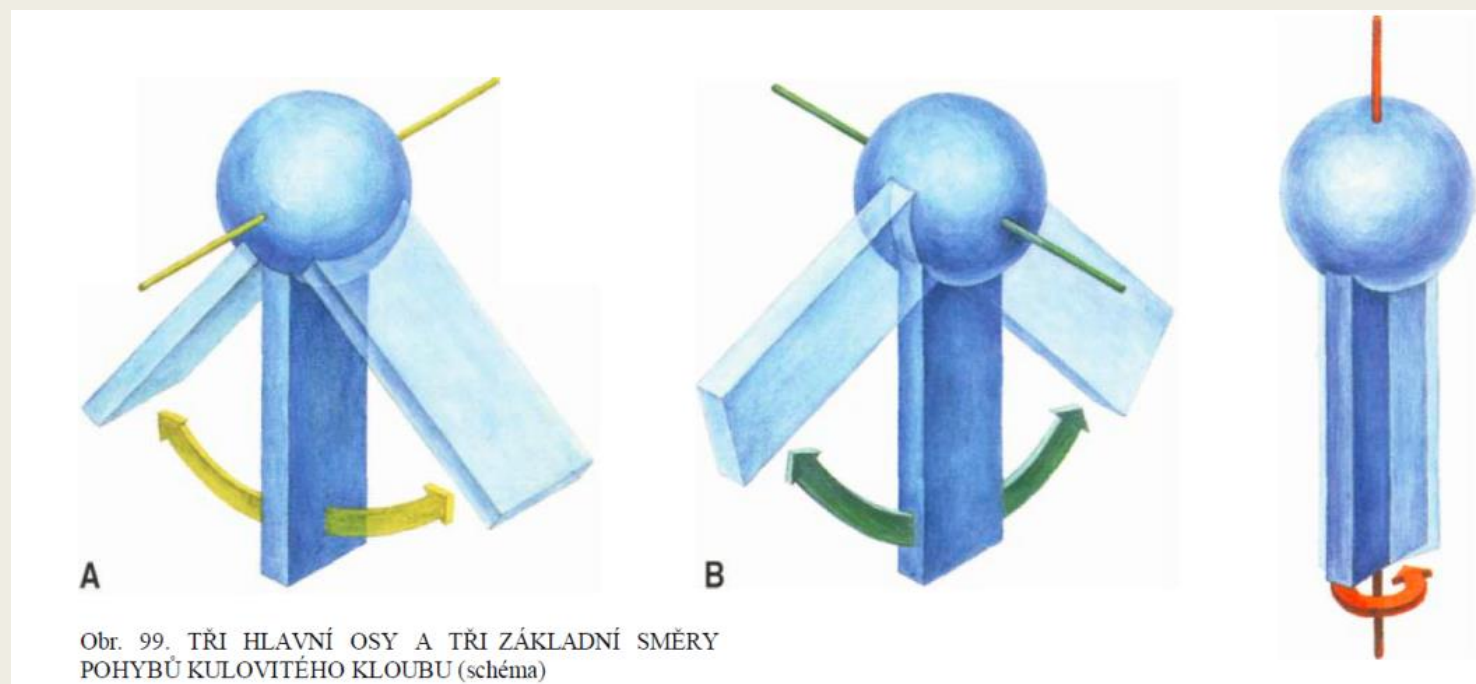
A) **Plynulé** (pevné): spojení pojivy (vazivo, chrupavka, kost); fylogeneticky starší.

B) **Dotykem** (pohyblivé): kosti se dotýkají styčnými plochami, na jejichž obvodu je vazivo = spojení kloubní.

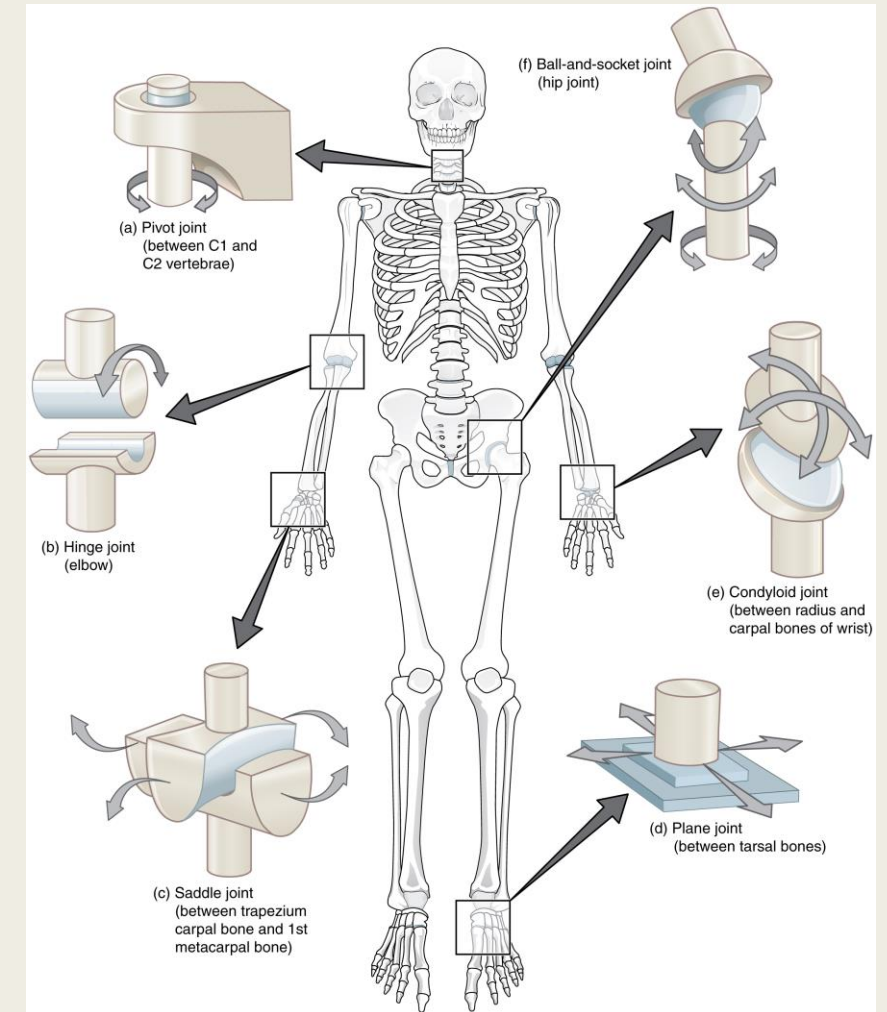
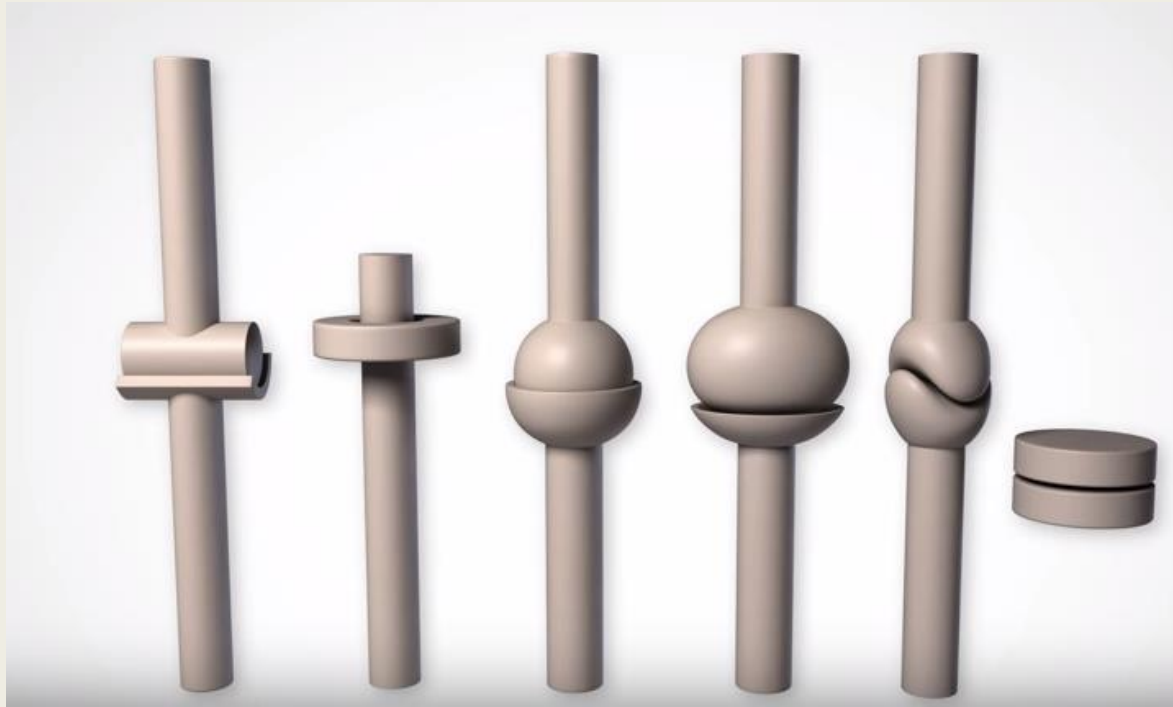
Plynulé



Dotykem



Kloubní spojení



Popis a orientace

- Latinská nomenklatura, *Terminologia anatomica* (TA), 2. vydání je dosud v přípravě.
- 1998: s anglickými ekvivalenty, doplněné o CD.

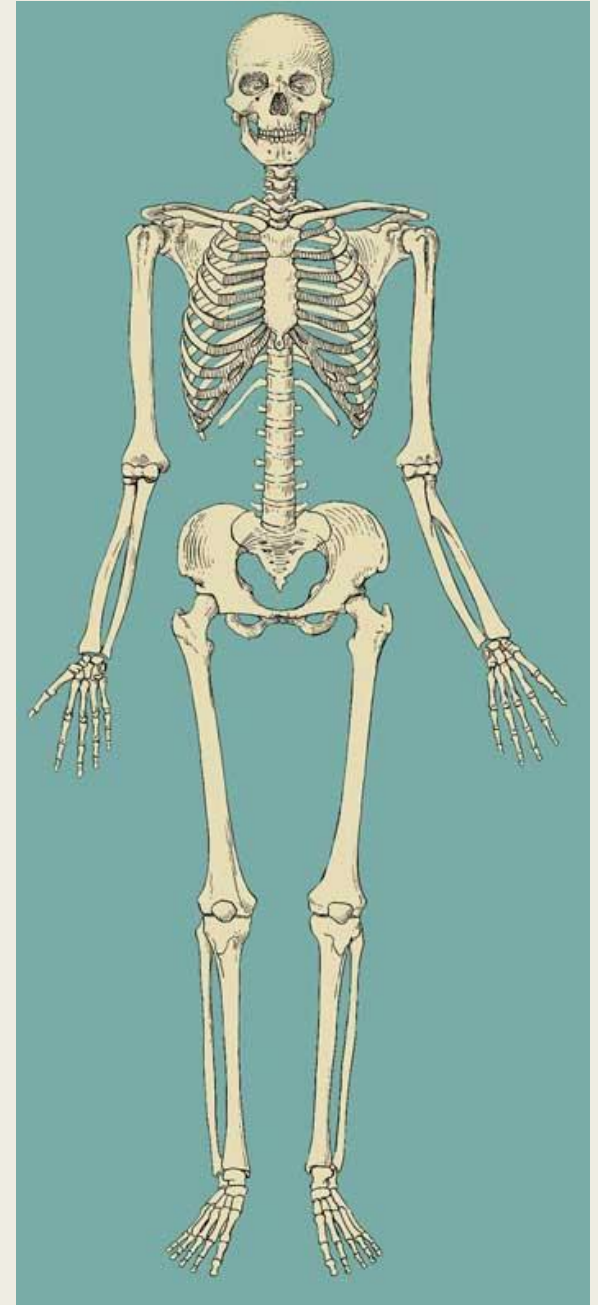
30 Anatomia systemica / Systemic anatomy		
A03.5.11.405	Spatia interossea metacarpi	Interosseous metacarpal spaces
A03.5.11.501	Articulationes metacarpophalangeae	Metacarpophalangeal joints
A03.5.11.502	Ligg. collateralia	Collateral ligaments
A03.5.11.503	Ligg. palmaria	Palmar ligaments
A03.5.11.504	Lig. metacarpale transversum profundum	Deep transverse metacarpal ligament
A03.5.11.601	Articulationes interphalangeae manus	Interphalangeal joints of hand
A03.5.11.602	Ligg. collateralia	Collateral ligaments
A03.5.11.603	Ligg. palmaria	Palmar ligaments
A03.6.00.001 JUNCTURAE MEMBRI INFERIORIS JOINTS OF LOWER LIMB		
A03.6.00.001 JUNCTURAE CINGULI PELVICI JOINTS OF PELVIC GIRDLE		
A03.6.01.001	Syndesmoses cinguli pelvici	Syndesmoses of pelvic girdle
A03.6.01.002	Membrana obturatoria	Obturator membrane
A03.6.01.003	Canalis obturatorius	Obturator canal
A03.6.02.001	Symphysis pubica	Pubic symphysis
A03.6.02.002	Discus interpubicus; Fibrocartilago interpubica	Interpubic disc; Interpubic fibrocartilage
A03.6.02.003	Lig. pubicum superius	Superior pubic ligament
A03.6.02.004	Lig. pubicum inferius	Inferior pubic ligament
A03.6.03.001	Articulatio sacroiliaca	Sacro-iliac joint
A03.6.03.002	Lig. sacroiliacum anterius	Anterior sacro-iliac ligament
A03.6.03.003	Lig. sacroiliacum interosseum	Interosseous sacro-iliac ligament
A03.6.03.004	Lig. sacroiliacum posterius	Posterior sacro-iliac ligament
A03.6.03.005	Lig. sacrotuberale	Sacro-tuberous ligament
A03.6.03.006	Processus falciformis	Falciform process
A03.6.03.007	Lig. sacrospinale	Sacrospinous ligament
A03.6.03.008	Foramen ischiadicum majus	Greater sciatic foramen
A03.6.03.009	Foramen ischiadicum minus	Lesser sciatic foramen
A03.6.04.001 JUNCTURAE MEMBRI INFERIORIS LIBERI JOINTS OF FREE LOWER LIMB		
A03.6.05.001	Syndesmosis tibiofibularis	Tibiofibular syndesmosis; Inferior tibiofibular joint
A03.6.05.002	Membrana interossea cruris	Interosseous membrane of leg
A03.6.05.003	Lig. tibiofibulare anterius	Anterior tibiofibular ligament
A03.6.05.004	Lig. tibiofibulare posterius	Posterior tibiofibular ligament
A03.6.06.001 Articulationes membri inferioris liberi Synovial joints of free lower limb		
A03.6.07.001	Articulatio coxae; Articulatio coxofemoralis	Hip joint
A03.6.07.002	Zona orbicularis	Zona orbicularis
A03.6.07.003	Lig. iliofemorale	Iliofemoral ligament
A03.6.07.004	...	...

- Anatomická nomenklatura (= názvosloví)
- Nomenklatura vychází z antických jazyků (latina, řečtina).
 - Jednoznačná
 - Srozumitelná
 - Mezinárodně přijatelná
- Latina je stabilní, je výrazově bohatá, slouží výhradně jednomu účelu = mezinárodní vědecký jazyk.
- Anatomie jako morfologická věda vyjadřuje tvary struktur názvy jiných, jim podobných, termíny často odrážejí vlastnost útvaru.
- Nomenklatura je logická, deduktivní, rozvíjí prostorové a abstraktní myšlení.

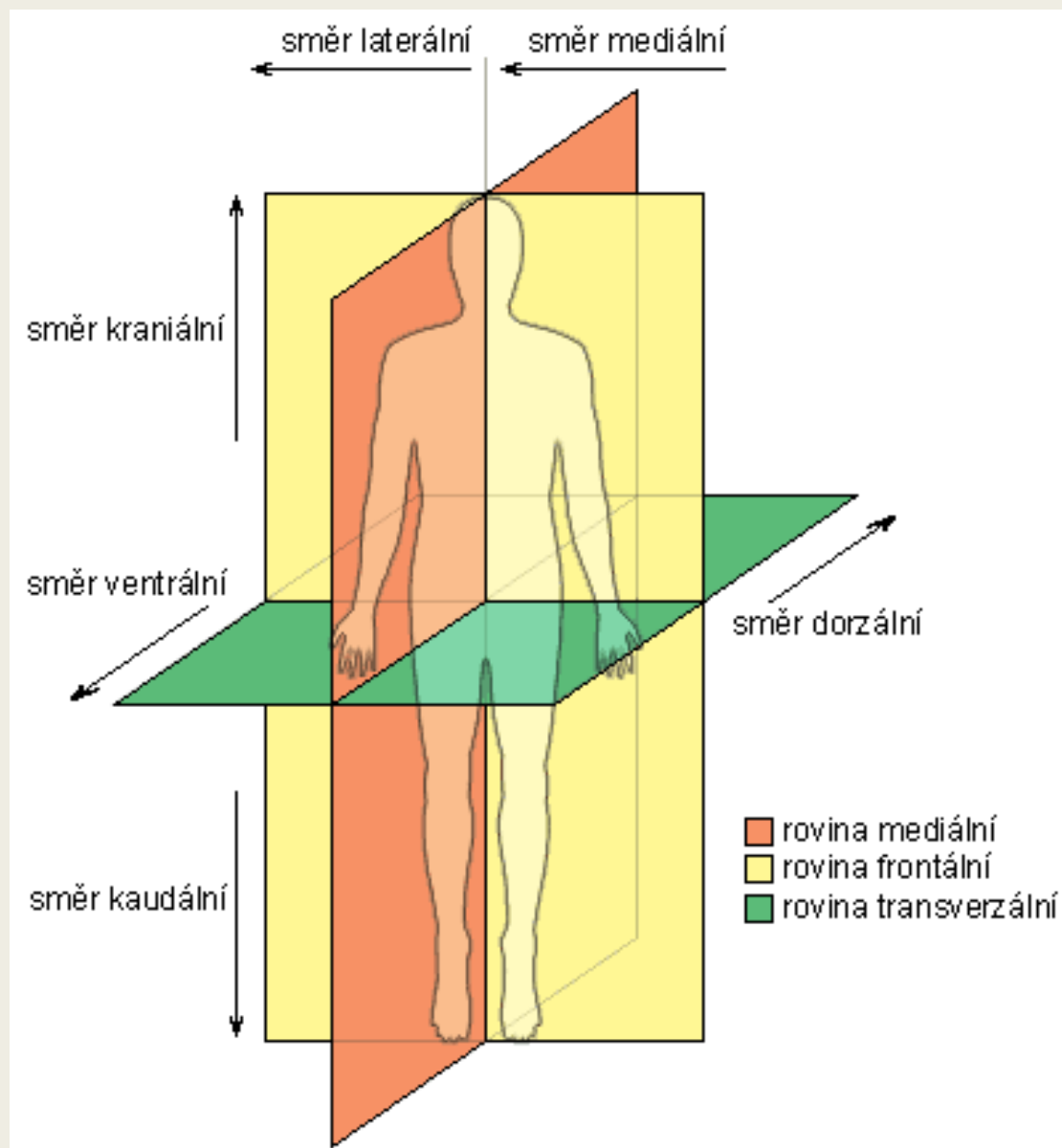
Popis směrů a rovin

Základní poloha těla

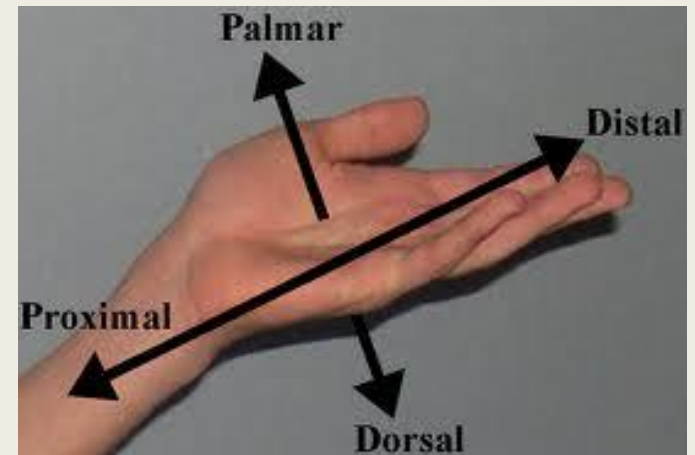
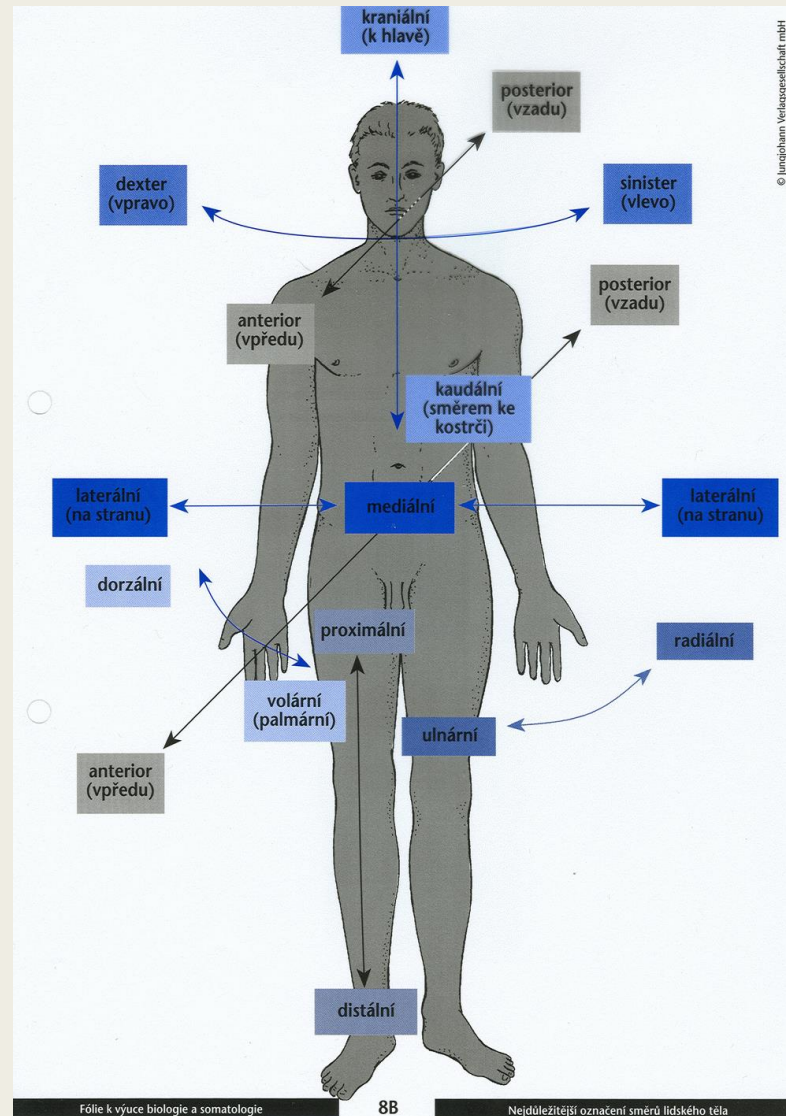
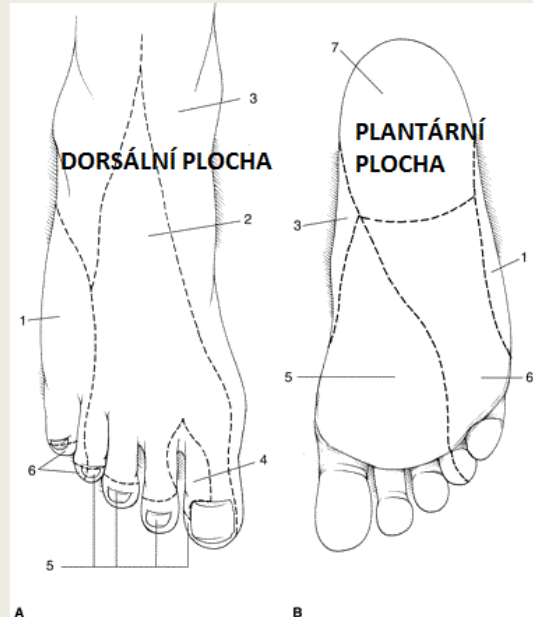
- Stoj vzpřímený
- Horní končetiny podél těla
- Dlaně obrácenými dopředu
 - **supinace**, palec je vnější



Roviny těla



SMĚRY TĚLA



Algoritmus popisu kostry

- Uurčitý sled úkonů, ze kterého se bude skládat anatomický popis.

Jak postupovat:

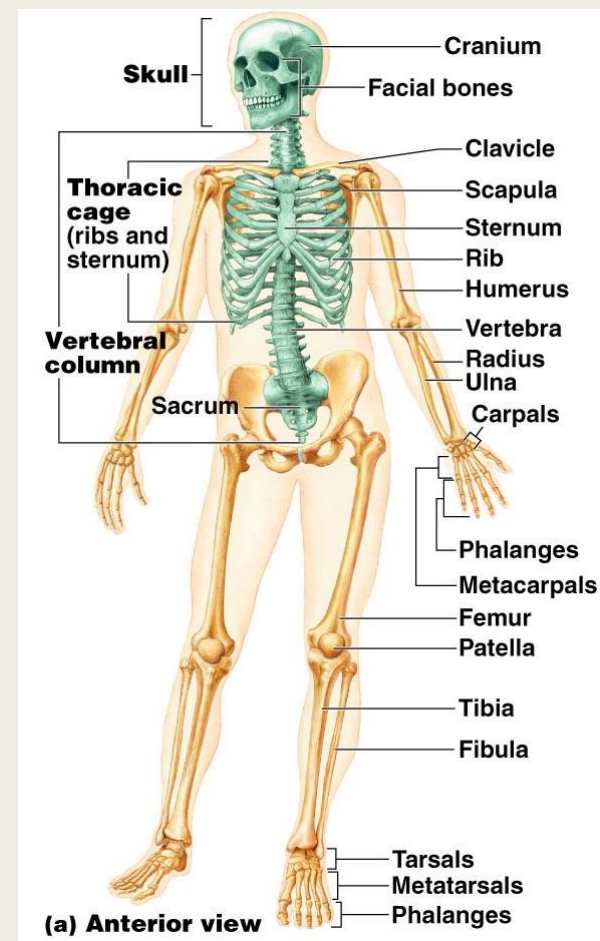
- 1) název kosti
- 2) zařazení do kostrové soustavy
- 3) typ kosti a vymezení abstraktního plánu popisu
- 4) popis reliéfu na kosti v pořadí vyplývajících z abstraktního plánu
- 5) ostatní podrobnosti

Kostra

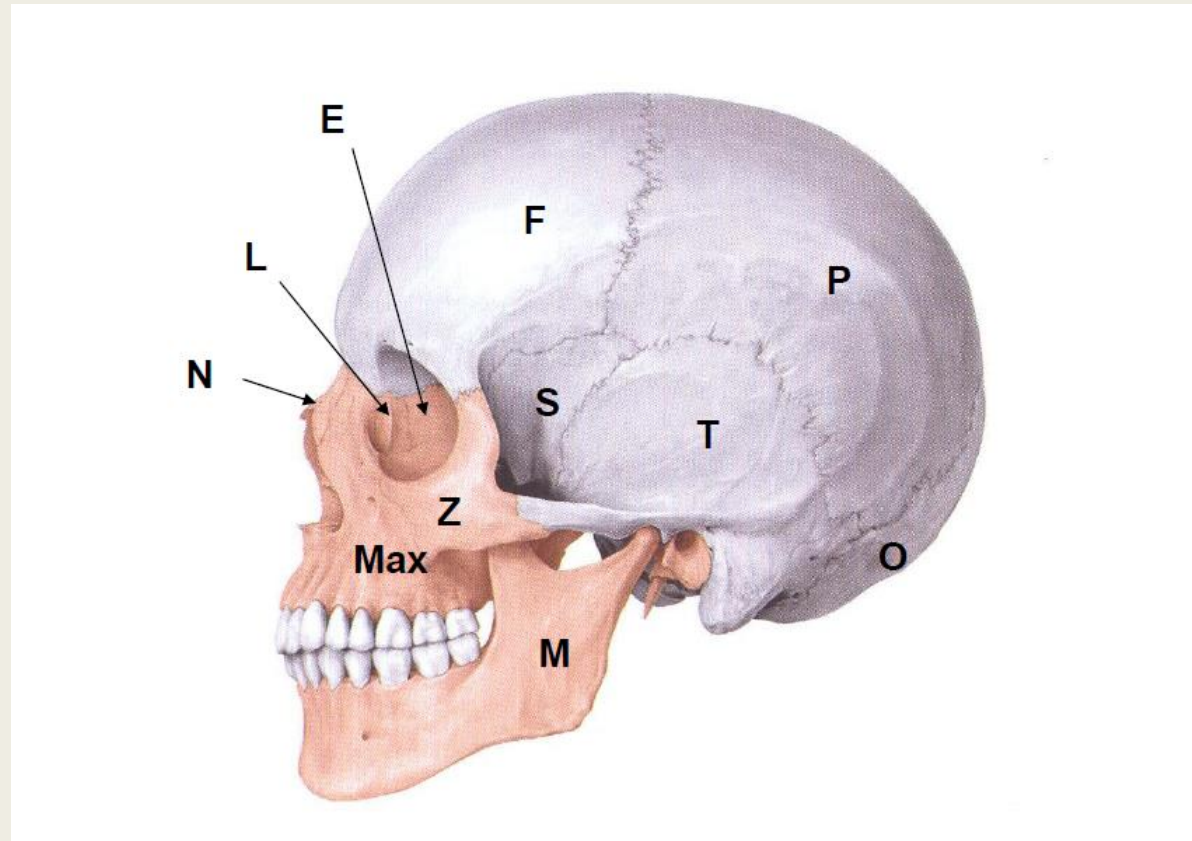
1. Osová kostra

- a) kostra hlavy, lebka
- b) páteř
- b) kostra hrudníku, tj. žebra s kostí hrudní

2. Kostra končetin

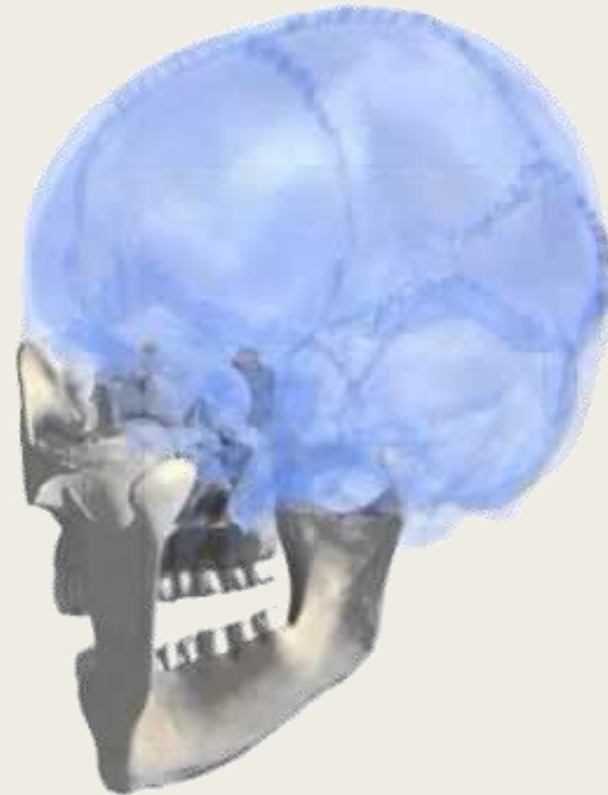


Lebka



Neurocranium (mozková část)

1. Týlní kost
2. Temenní kost
3. Čelní kost
4. Nosní kost
5. Slzní kost
6. Spánková kost
7. Klínová kost
8. Čichová kost
9. Dolní skořepa
10. Vomer (radličná kost)

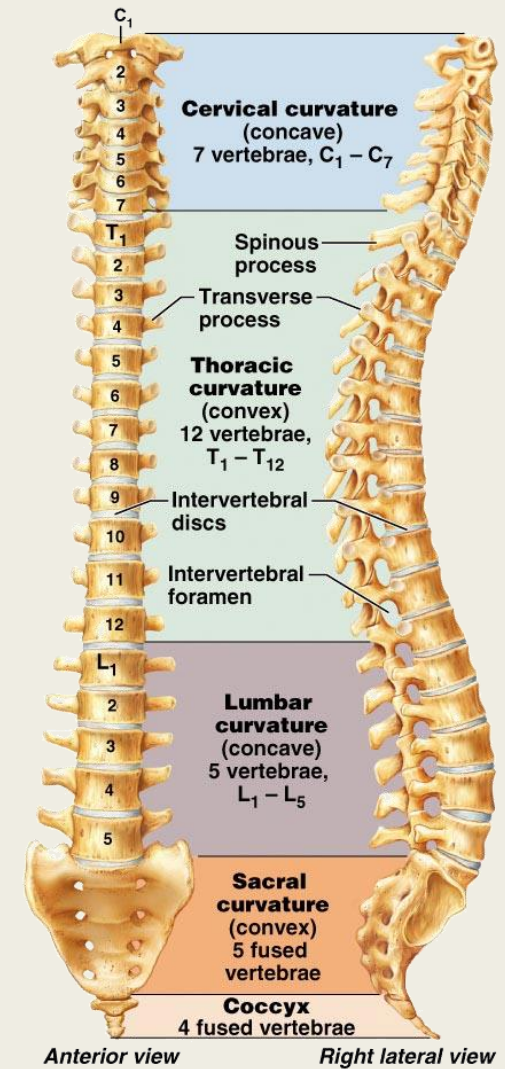
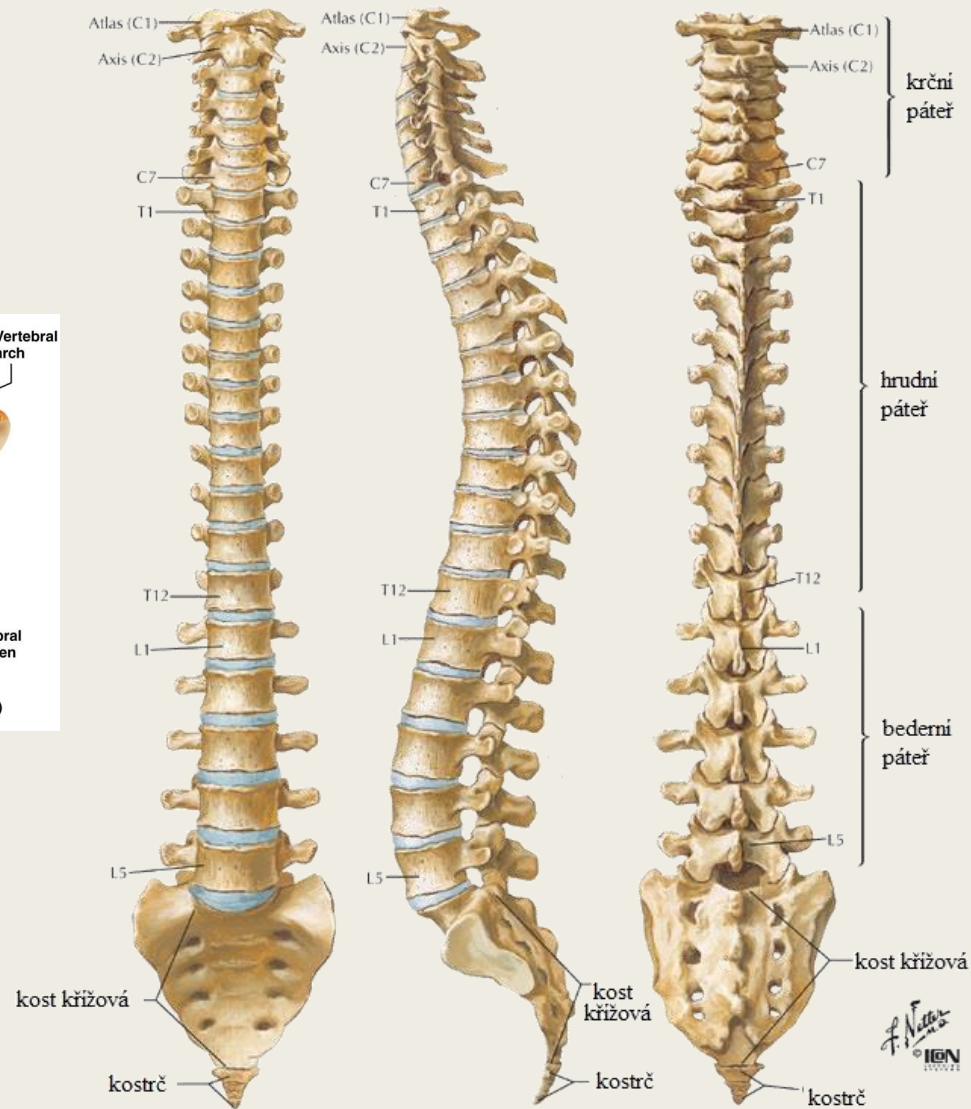
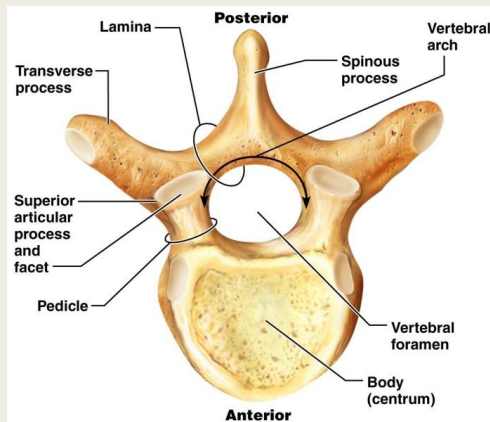


Splanchnocranium (obličejová část)

1. Horní čelist
2. Dolní čelist
3. Lícní kost
4. Jazyk
5. Patrová kost
6. Sluchové kůstky



Páteř



Kostra hrudníku

- Hrudní obratle (Th1–Th12)
- Dvanáct párů žebér kloubně připojených k hrudním obratlům
- Hrudní kost



Kostra končetin

- Horní končetina
 - Dolní končetina
-
- Pletenec
 - Volná dolní končetina

Pletenec

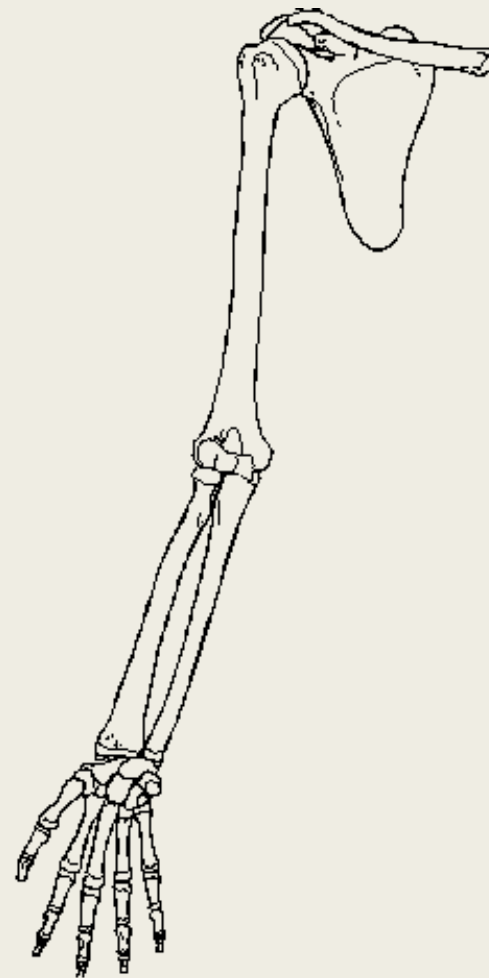
- Pánevní kost
- Lopatka a klíční kost

Volná dolní končetina

Stylopodium: jedna kost

Zeugopodium: dvě kosti

Autopodium: pětipaprsečný plán



Horní končetina (volná část)

- Pažní kost
- Vřetení kost
- Loketní kost

- Zápěstní kosti
- Záprstní kosti
- Čláanky prstů

Dolní končetina

- Stehenní kost
 - Čéška
 - Holenní kost
 - Lýtková kost
-
- Nártní kosti
 - Zánártní kosti
 - Čláanky prstů

Složení lidské kosti

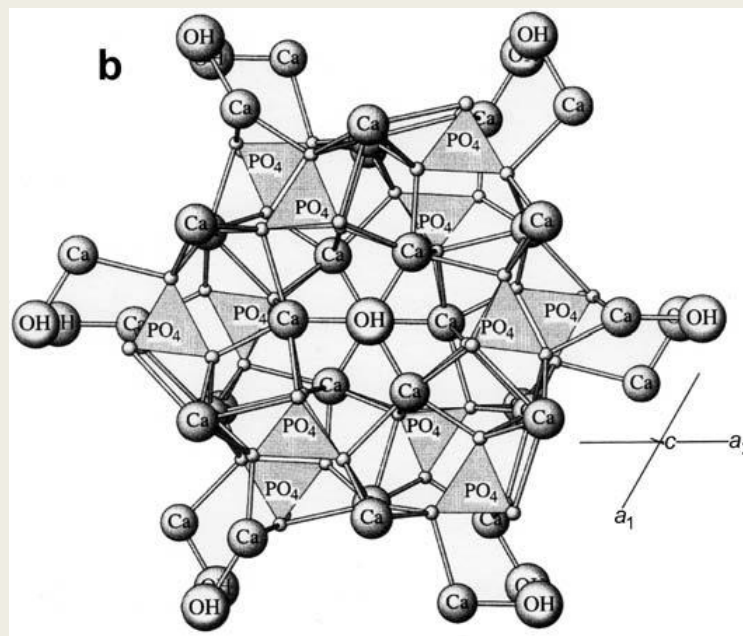
- V kostní tkáni je obsaženo více jak 28 prvků.
- Tyto prvky mohou být vázány v **krystalické mřížce biominerálů (anorganická složka)** nebo v **organické složce kosti**.
- **Organická složka:** bílkoviny, tvoří 1/3 hmoty, zajišťují PRUŽNOST A PEVNOST.
- **Anorganická složka:** fosforečnan vápenatý, uhličitán vápenatý, hydrogenfluorid vápenatý, zajišťují TVRDOST.

Organická složka kosti

- Makromolekuly: lipidy, cukry a proteiny = **kolagen (95 % typ I.)**, proteoglykany, glykoproteiny, osteokalcin atd.
- 5–8 % vody.

Anorganická složka

■ Hydroxyapatit



Struktura hydroxyapatitu, (Skinner 2005).

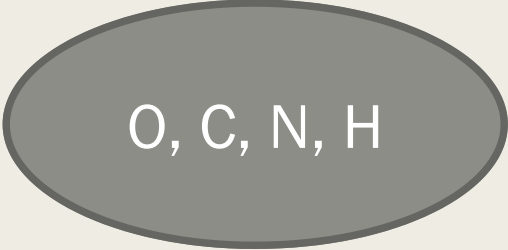
Anorganická složka kosti

- Biominerál **hydroxyapatit** $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$.
- Velikost a tvar hydroxyapatitových krystalů se mění mezi kostní tkání a zuby.
- Tyto rozdílnosti jsou zodpovědné za větší diagenetickou citlivost kostí oproti zubům.
- Další změny ve velikosti krystalů souvisí s věkem a mění se i v různých částech jedné kosti jednoho jedince.
- Hydroxyapatit je nerozpustný při $\text{pH} > 8$.
- Je schopen přijímat široké spektrum kovových kationtů do své krystalové mřížky. Uplatňuje se převážně substituce za Ca_2^+ .

- 1) Kost je zpočátku nemineralizovaná (osteoid).
- 2) Kalciotropní hormony ovlivňují metabolismus minerálních látek a udržují homeostázu.
- 3) Obsah minerálů je u různých kostí různý a stupeň mineralizace je rozdílný i v rámci stavby jedné kosti.
 - Obecně platí, že méně mineralizovány jsou kostní trámce než kostní lamely a proto i kosti s převahou trámčiny (obratle), mají celkově nižší obsah minerálních látek.

Minerální složení

- Biogenní prvky
 - Makro (Ca, P)
 - Mikro (Na, Mg, K)
- Ostatní
 - Stopové prvky (F, Fe, Cu, Zn, Mn, Sr, Ba, Al aj.)



O, C, N, H

Zuby

- Zuby jako celek = dentice (dělení, složení).
- Zub na makroskopické úrovni (skladba zubu).
- Zub jako stopa po živém orgánu; chemické složení živého zubu a vliv diagenese.
- *Zub na mikroskopické úrovni (geneze tkání)*

ZUBY JAKO CELEK



Horní zubní oblouk
(*Arcus dentalis superior*)



Dolní zubní oblouk
(*Arcus dentalis inferior*)



Dělení zubů

A. Podle tvaru

- A. homodontní: všechny zuby v dutině jsou stejné (dravé ryby, kytovci).
- B. heterodontní: každý zub je jiný podle své funkce (savci).

B. Podle výměny

- A. monofyodontní: zub není nahrazován (hlodavci, lidské stoličky).
- B. Polyfiodontní: zub je nahrazen pokaždé, když vypadne (žraloci).
- C. Difyodontní: nejprve dočasné zuby, poté stálé.

C. Podle růstu

- A. brachyodontní: po prořezání nedorůstají.
- B. semihypselodontní: prodloužená doba růstu (stoličky a řezáky koně).
- C. hypselodontní: dorůstají (řezáky hlodavců, kly prasat a slonů).

Typy lidských zubů:

Řezáky (*dentes incisivi*)

Špičáky (*dentes canini*)

Třenové zuby (*dentes praemolares*)

Stoličky (*dentes molares*)

Dočasné a stálé zuby:

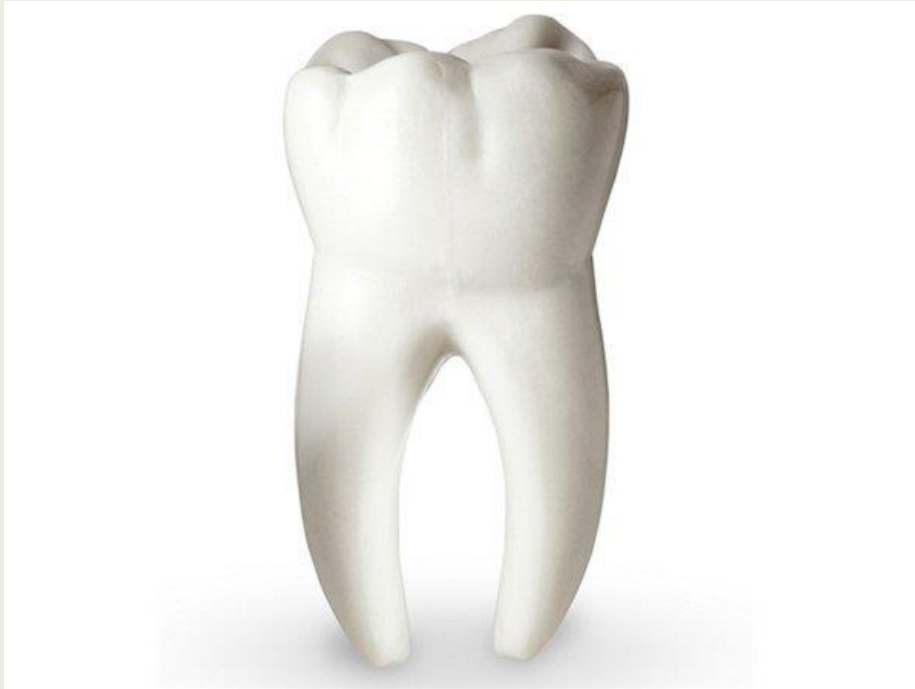
Dočasné (*dentes decidui*) – 20 (i1, i2, c, m1, m2)

Stálé (*dentes permanentes*) – 32 (I1, I2, C, P3, P4, M1, M2, M3)

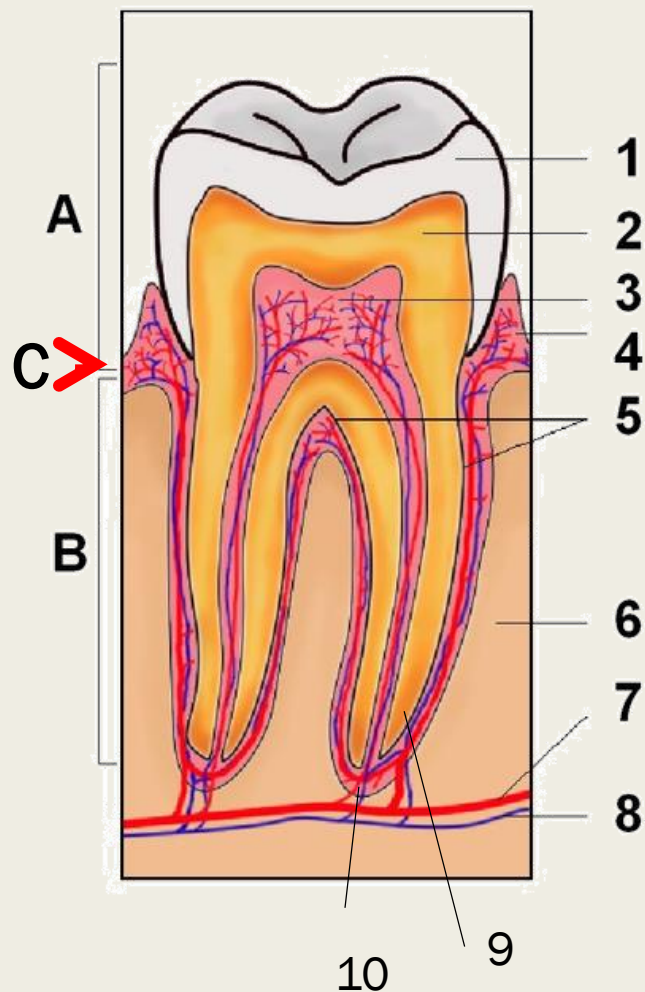
→ dočasný, smíšený, stálý chrup

→ úplný, neúplný

Zub na makroskopické úrovni



Stavba zubu



A - korunka, *corona dentis*

B - kořen, *radix dentis*

C - krček, *collum dentis* (odděluje korunku od kořene)

1.- zubní sklovina = *enamelum*

2.- zubovina = *dentinum*

3.- zubní dřevina = *pulpa dentis* v *cavum dentis*

4.- dásen

5.- zubní cement = *cementum*

6.- čelistní kost

7.- céva

8.- nerv

9. - *canalis radialis dentis*

10. - *foramen radialis dentis*

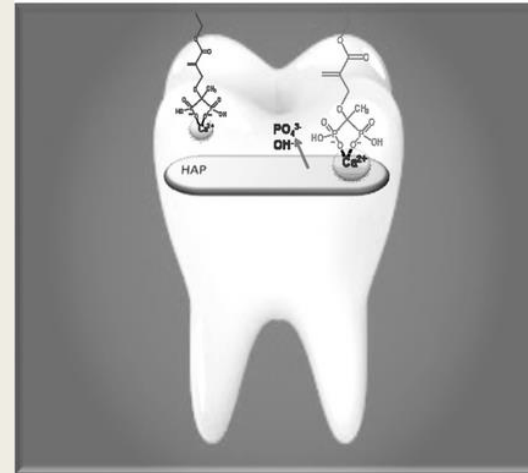
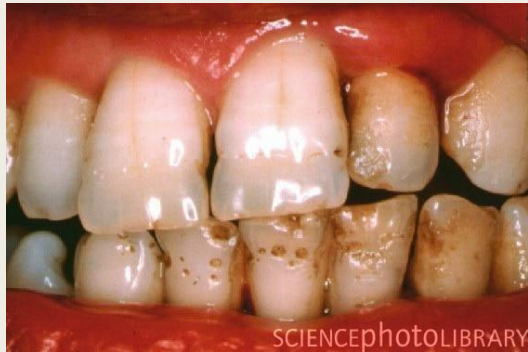
Spojení (přechody):

CEJ = cemento-enamelové spojení

DEJ = dentino-enamelové spojení

CDJ = cemento-dentinové spojení

Zub jako stopa po živém orgánu



Průměrné složení prvků v zubu

Organická a **anorganická složka**

Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, dále např. **Ca₁₀(PO₄)₆F**

- **VÁPŇÍK (34–39 %_{hm})**
- **FOSFOR (16–18 %_{hm})**
- SODÍK (0,9 %_{hm})
- FLUOR (0,7 %_{hm})
- HOŘČÍK (0,4 %_{hm})
- CHLOR (0,3 %_{hm})
- 40 stopových prvků

$$\text{Ca/P} = \varnothing 2,15$$

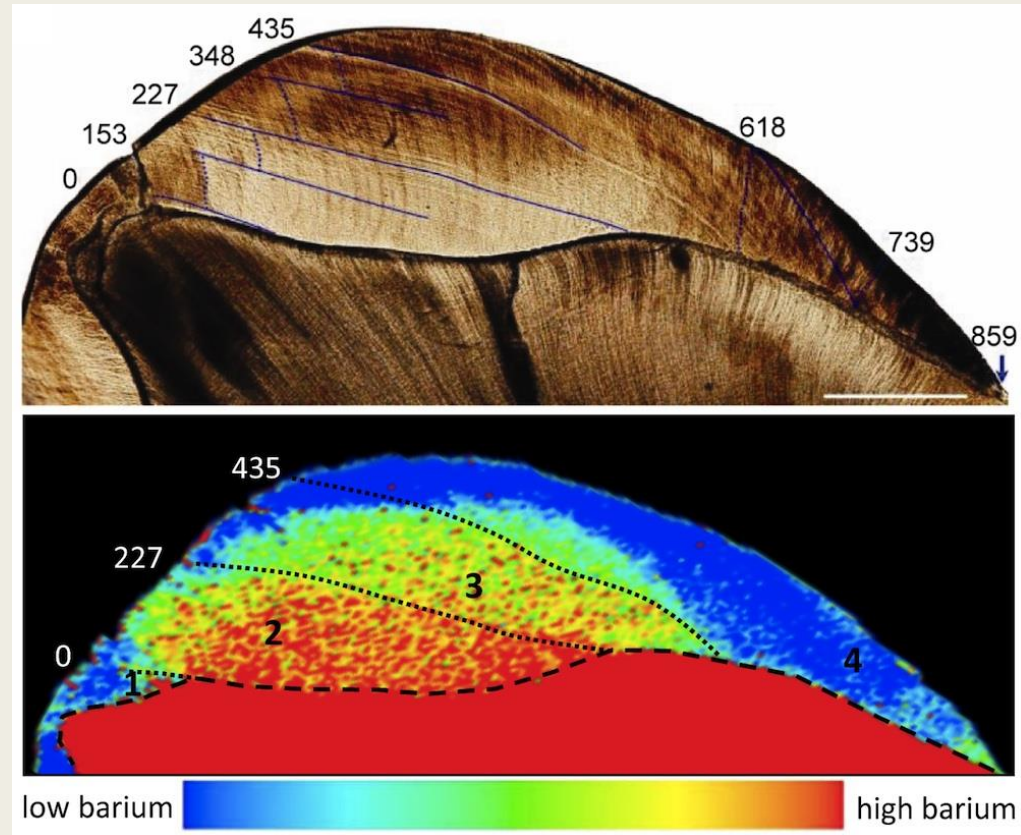
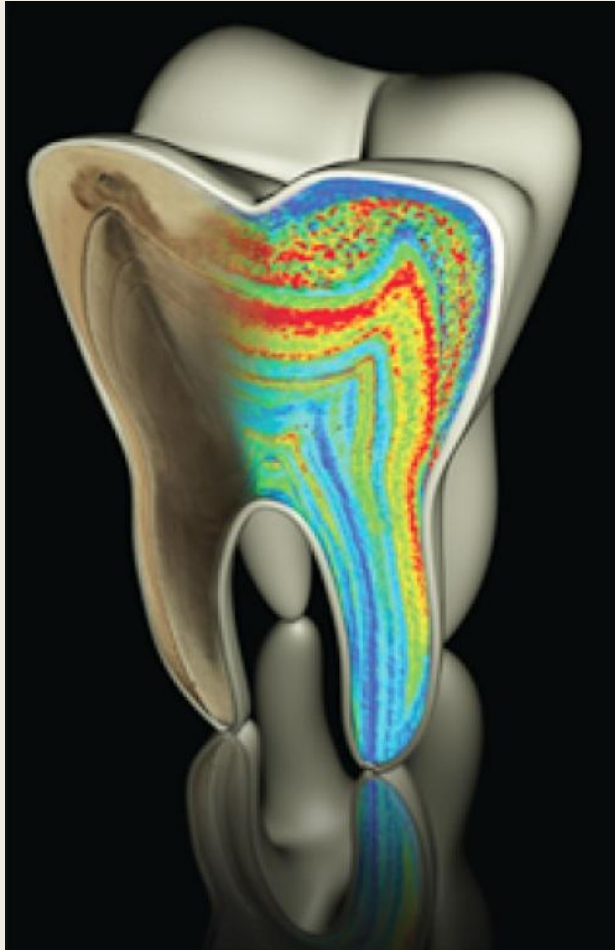
H₂O (cca 4 %)

Kyslík
Vodík
Uhlík
Dusík

Ca/P

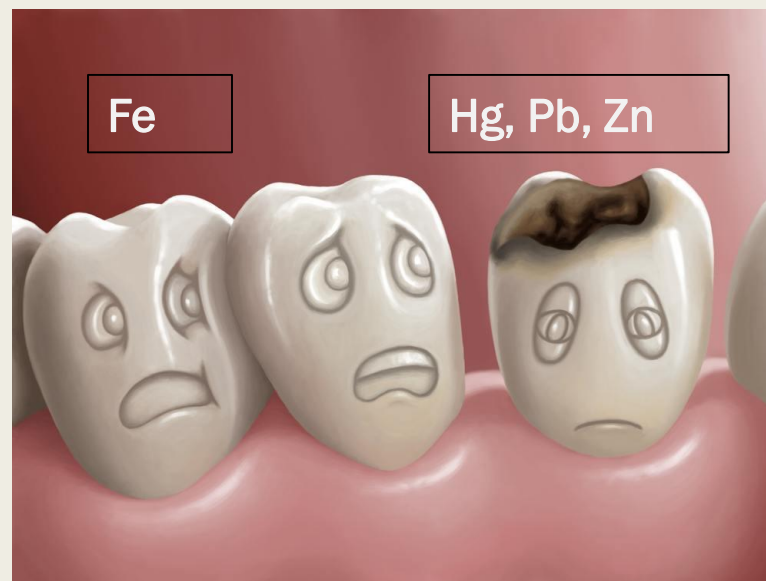
Tabulka 1. Vzorec hydroxyapatitu, bioapatitu a ostatních kalciumfosfátových fází a poměr Ca/P		
Název	Vzorec	Ca/P (hmot. %)
Hydroxyapatit	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	2,15
Bioapatit ^a	$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{Mg}, \text{[]})_{10}(\text{PO}_4, \text{HPO}_4, \text{CO}_3)_6(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl}, \text{CO}_3, \text{O}, \text{[]})_2$	1,33-2,25
Monetit	CaHPO_4	1,25
Brushit	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	1,25
Oktakalciumfosfát	$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1,33
Trikalciumfosfát	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,875
Whitlockit	$\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{PO}_3\text{OH})(\text{PO}_4)_5$	1,11-1,456
Kalciumpyrofosfát dihydrát	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	1,25
Tetrakalciumfosfát	$\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$	2,5
Dahllit	$(\text{Ca}, \text{X})_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6(\text{O}, \text{OH})_{26}^b \text{CO}_2 > 1\% \text{ F} < 1\%$	2,08
Frankolit	$(\text{Ca}, \text{X})_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6(\text{O}, \text{F})_{26}^b \text{F} > 1\% \text{ CO}_2 > 1\%$	2,08

Variabilita



Faktory ovlivňující složení prvků v zubech

- Strava a spodní voda (geologické podloží)
- Věk a pohlaví (Sr, Fe, Cu)
- Onemocnění (kazy)
- Jednotlivé zuby (míra expozice)



Diagenese

- Rozpouštění, srážení, adsorpce a rekrystalizace tkáně.
- Okolní podmínky (pH, teplota, tlak, typ půdy atd.).
- $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ je jemnozrnný v kosti, dentinu a cementu = pórovitost tkání X sklovina.
- Nárůst Fe, Mn, Si, Al a Ba.
- Substituce = pokles vody, nárůst uhličitánů, Ca je nahrazen často Na, Mg, Zn, Sr, Ba, prvky vzácných zemin, U a Pb.
- Změna struktury brushit, whitlockit aj.

■ Řešení:

- a) analyzovat okolní půdu;
- b) Ca/P;
- c) metody analýzy povrchu ICP MS, FTIR aj.