

ODHAD VĚKU DOŽITÍ Z KOSTRY



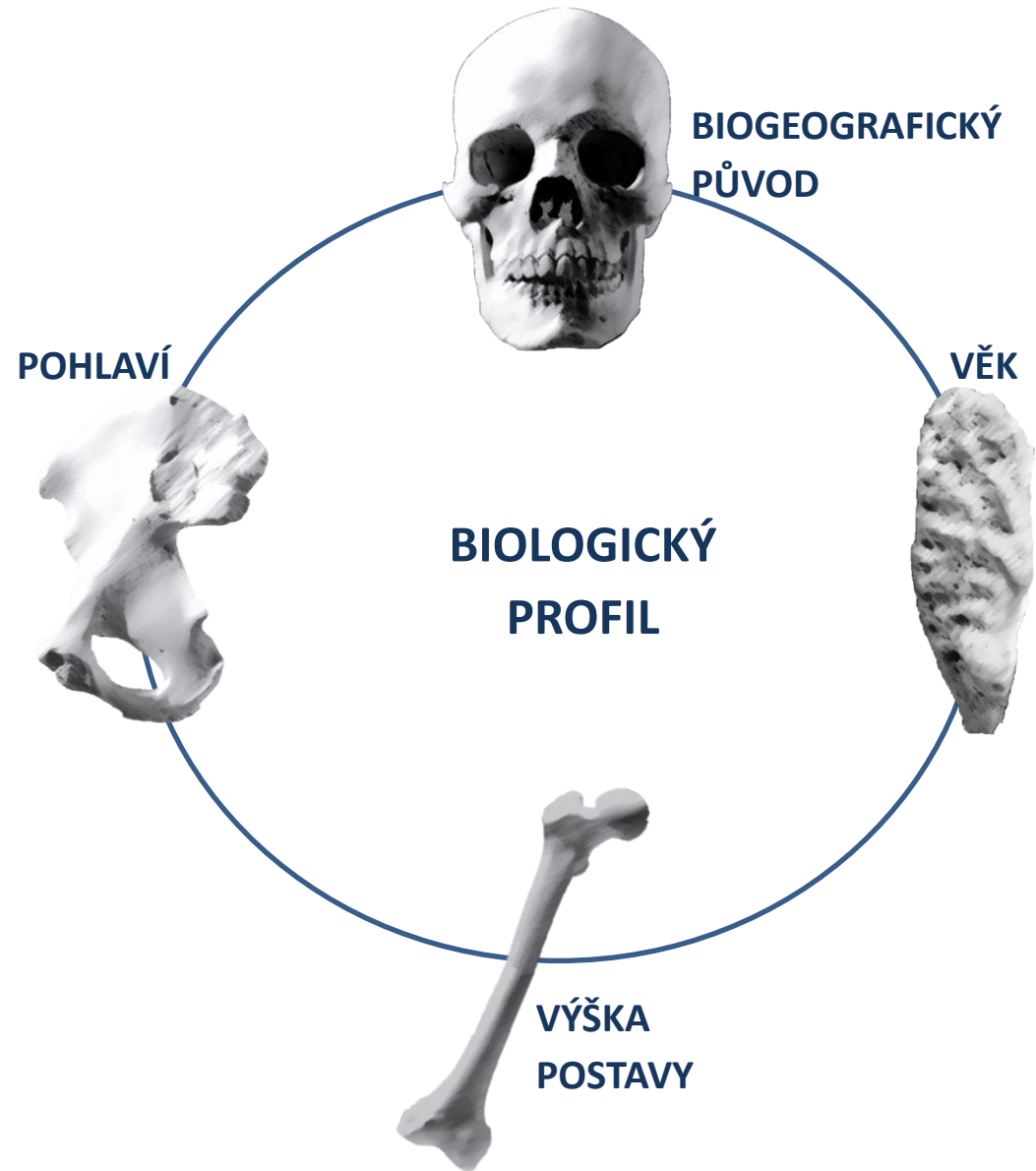
LS 2020/2021

Forenzní antropologie

Anežka Kotěrová (koterova.a@seznam.cz)

Demografické
charakteristiky

„SILNÁ ČTYŘKA“



NENÍ VĚK JAKO VĚK

VĚK CHRONOLOGICKÝ (kalendářní)



= měřený počtem let od narození; nezávislý na okolních faktorech

Neinformuje o stupni biologického vývoje

VĚK BIOLOGICKÝ (fyziologický)

= zhodnocení fyziologického stavu jedince; vyjadřuje souhrn opotřebení; ovlivňován vnitřními i vnějšími faktory (aktivita, výživa, nemoci)

Z kosterních pozůstatků odhadujeme vždy věk **BIOLOGICKÝ**

Dále věk kosterní, dentální...

NENÍ VĚK JAKO VĚK

PRŮBĚH ŽIVOTA

1. Růst organismu

objevování primárních osifikačních center

2. Zrání organismu

spojování původních osifikačních center, kompletace kostry přídatnými osifikacemi

3. Stárnutí organismu

vznik degenerativních změn

4. Smrt organismu

degenerativní změny ve stupni neslučitelném se životem



NENÍ VĚK JAKO VĚK

Odhad věku využívá

Projevy vývoje, růstu a stárnutí organismu, kt. probíhají v určitém pevně daném pořadí, probíhají však různou rychlostí



S chronologickým věkem ale do určité míry korelují

Metody odhadu věku dožití jsou založeny na
korelaci mezi biologickým a chronologickým věkem

Míra korelace se liší v různých obdobích života člověka

NENÍ VĚK JAKO VĚK

Nedospělý věk

- Organismus roste a vyvíjí se – procesy jsou dané geneticky (z většiny)
➡ užší vztah CH a B věku ➡ odhad věku je přesnější a spolehlivější

Dospělý věk

- Růst a vývoj organismu je dokončen
- nastávají degenerativní změny – ovlivňované vnějšími faktory
➡ vztah B a CH věku se rozvolňuje
(s delším působením vnějších vlivů)



číselné hodnoty CH
a B věku se **nemusí
vždy shodovat**

Věk **odhadujeme**, **ne určujeme**

(age-at-death estimation/assessment/evaluation)

Metody odhadu věku v době smrti

Schopnost odhadovat z kosterních pozůstatků pouze biologický věk

Založené na pozorování změn na kostře u populace/vzorku známého věku

➡ zobecnění pozorovaných změn a návrh vlastní metody

Rychlost průběhu degenerativních změn je ovlivnitelná

➡ různé ekogeografické skupiny (populace) mohou stárnout „jinak rychle“

➡ variabilita i v rámci těchto skupin (populací)

Metody odhadu věku v době smrti

při odhadu věku je důležitý:

- ➡ Výběr metody dle zachovalosti pozůstatků, dospělý x nedospělý, charakteru případu (forenzní x bioarcheologický), její finanční dostupnost, náročnost na vybavení,...
- ➡ Znalost metody – z jakého vzorku byla odvozena (populace, pro které pohlaví je určena, její přesnost a jakou poskytuje spolehlivost)
- ➡ Použít více indikátorů – pozor na interpretaci výsledků

Přesnost metod – jak přesné výsledky dává vzhledem k chronologickému věku (shoda mezi odhadem a CH věkem)
(v anglické literatuře často – *accuracy*)

Spolehlivost metod – jak daná metoda funguje v jiné populaci (jestli tak dobře, jako v testovací)
(v anglické literatuře často – *reliability*)

! AJ pojmy často používány v opačném/trochu jiném smyslu ➡ odvodit z daného textu

x **Precision** - se týká přesnosti měření měřidla nebo přesnosti vyhodnocování znaků zahrnutých do metod (shoda mezi odhady)

Metody odhadu věku v době smrti

MORFOLOGICKÉ

Juvenilní období – osifikace skeletu, přirůstání epifýz

Dospělé období – degenerativní změny

METRICKÉ

Juvenilní období – rozměry kostí

HISTOLOGICKÉ

Dospělé období – mikroskopická struktura kostní tkáně

BIOCHEMICKÉ

(CHEMICKÉ A MOLEKULÁRNÍ)

Racemizace kyseliny asparagové, zkracování telomer, methylace DNA,...

KVANTITATIVNÍ ve 3D

Automatické kvantitativní hodnocení morfologických změn

Metody odhadu věku v době smrti

- Metody odhadu věku podle kostry mohou být založeny na různých indikátorech (kosterní, dentální)
- Různé indikátory vykazují různou míru korelace s chronologickým věkem
- V nějakém období života vykazují korelaci vyšší než v jiném (kde je vhodné se obrátit spíše na jiný indikátor)

nejvhodnější kritéria pro výběr indikátorů - kvalitativní změny probíhající v krátkém časovém úseku s malou variabilitou

Použití více indikátorů – ALE není zatím standardizované jak je kombinovat

Referenční vs testovací soubor – riziko tzv. „**age mimicry**“

- Věková distribuce referenčního souboru ovlivňuje distribuci testovacího; metody mají tendenci kopírovat distribuci vzorku, na kterém byly navrženy

Odhad věku

Rozlišení věkových kategorií – různé podle různých autorů

Prenatální vývoj		plod	10 fetálních měsíců
Postnatální vývoj	nedospělí	novorozenec (neonatus)	
			infans I (do 6 let)
		dětství (infans) dospívání (juvenis)	infans II (do 14 let)
	dospělí		do 19 let
		mladý dospělý věk (adultus)	adultus I (do 29 let)
			adultus II (do 39 let)
		dospělý věk (maturus)	maturus I (do 49 let)
			maturus II (do 59 let)
		stařecký věk (senium)	nad 60 let

Dobisíková, 1999

Fetus	
Newborn	
Infant	0–6 years
Child	7–12 years
Adolescent	13–20 years

Baccino et al. 2013

Fetus	
Infant	0–3 years
Child	3–12 years
Adolescent	12–20 years
Young adult	20–34 years
Middle adult	35–49 years
Old adult	50+ years

Buikstra and Ubelaker 1994

ODHAD VĚKU U NEDOSPĚLÝCH JEDINCŮ

- Dochází k růstu a vývoji kostry – na tom je odhad věku založen
 - Vývojová stádia jsou dobře známá s dobře predikovatelným načasováním
- + korelace mezi B a CH věkem je vysoká
-  odhad je možný celkem přesně a spolehlivě

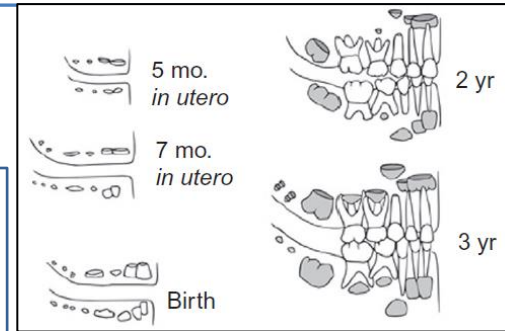
prenatální a časný postnatální období - odhad věku možný v rámci týdnů a měsíců, u mladších dětí 1–3 roky, později rozmezí 4 let

Čím blíže k dospělému věku, tím se vztah CH a B věku začíná více rozvolňovat

Odhad věku u nedospělých jedinců

Odhad na základě **dentice** či **růstu a vývoje skeletu**

1) Dentální vývoj (mineralizace a erupce, vývoj kořene) – silná korelace, nejpresnější a nejspolehlivější odhady věku
(je méně ovlivněn externími faktory než maturace kostry) = **DENTÁLNÍ VĚK**



→ doc. Velemínská

2) Růst a vývoj skeletu (stupeň osifikace, délka dlouhých kostí, připojení epifýz)
– ovlivnitelnější vnějšími faktory
nemoci a malnutrice mohou ovlivnit růst dlouhých kostí (spíše než mineralizaci zubů)
= **KOSTNÍ VĚK**

rozkol mezi dentálním a skeletálním věkem

I za fyziologických podmínek nemusí souhlasit!
Cca do 5 let věku jedince nejmenší rozdíly



Odhad věku u nedospělých jedinců



Odhad věku na základě skeletu
Osteologické metody

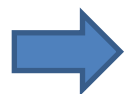
NEDOSPĚLÍ – Růst a vývoj skeletu

- Proces maturace skeletu sestává ze vzniku osifikačních center, růstu a osifikace kosti, srůstu epifýz a apofýz
- Pro odhad věku se využívá chronologie vzniku a fúze osifikačních center, délka dlouhých kostí

Osifikace kostry

- Začíná vytvářením osifikačních jader (na daném místě a cca daném čase)

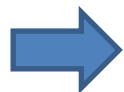
1) **Primární osifikační centra** (jádra)



osifikace těla kostí

Většinou fúzují do 8 let (výjimka např. báze lební, pánevní kosti)

2) **Sekundární osifikační centra** (jádra)



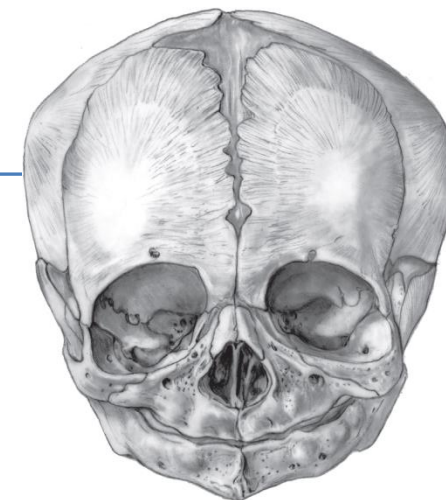
osifikace epifýz (kloubní plochy či hrany kostí)

3) **Centra v alveolech** – zubní folikuly

PLOD A NOVOROZENEK

PLOD

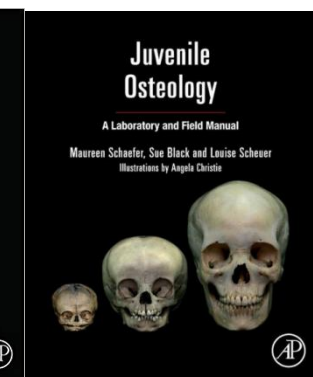
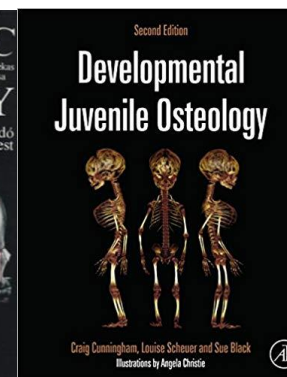
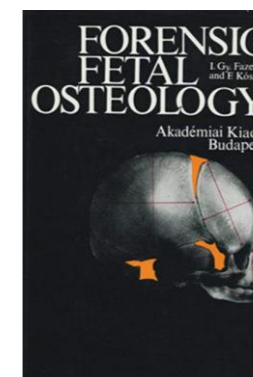
- **Vysoká korelace délek diafýz** s CH věkem během fetálního vývoje (nízká variabilita mezi pohlavími a populacemi) ← ještě tolik nepůsobí vnější vlivy
- Vývoj zubů je ještě minimální (ale jinak pro odhad věku je spolehlivější)



Standardy, manuály

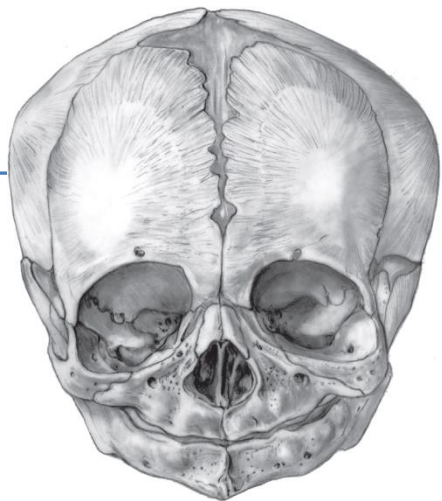
- Fazekas and Kósa, Forensic fetal osteology. Akadémiai Kiadó, 1978
- Cunningham et al., Developmental Juvenile Osteology, 2016
- Schaefer et al., Juvenile osteology, 2009
- + recentní literatura validující metody na nových datech

Zkrácený laboratorní manuál



Odhad věku u nedospělých jedinců - skelet

PLOD A NOVOROZENEK



Age and Length (in mm) of Fetal Long Bone Diaphysis

Age (Weeks)	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Humerus	8.8	12.4	19.5	25.8	31.8	34.5	37.6	39.9	44.2	45.8	50.4	53.1	55.5	61.3	64.9
Radius	6.7	10.1	17.2	21.5	26.2	28.9	31.6	33.4	35.6	38.1	40.8	43.3	45.7	48.8	51.8
Ulna	7.2	11.2	19.0	23.9	29.4	31.6	35.1	37.1	40.2	42.8	46.7	49.1	51.0	55.9	59.3
Femur	8.5	12.4	20.7	26.4	32.6	35.7	40.3	41.9	47.1	48.7	55.5	59.8	62.5	69.0	74.4
Tibia	6.0	10.2	17.4	23.4	28.5	32.6	35.8	38.0	42.0	43.9	48.6	52.7	54.7	60.1	65.2
Fibula	6.0	9.9	16.7	22.6	27.8	31.1	34.3	36.5	40.0	42.8	46.8	50.5	51.6	57.6	62.0

(Adapted from Fazekas, I.Gy., Kosa, F., 1978. Forensic Fetal Osteology. Akademiai Kiado, Budapest.)

Regresní rovnice pro odhad fetálního věku od 3 do 9 měsíců na základě délky dlouhých kostí (v mm)

Dle Fazekas a Kósa – největší korelace vykazuje **max výška plodu, tibie, šířka čela, délka mandibuly, délka femuru, temporální výška**

Regression Equation	Standard Error of Estimate
Age = 0.00145 × (humeral length) ² + 0.033 × (humeral length) + 2.71	0.14
Age = 0.00245 × (radial length) ² + 0.0256 × (radial length) + 2.82	0.12
Age = 0.00183 × (ulnar length) ² + 0.0284 × (ulnar length) + 2.79	0.12
Age = 0.00068 × (femoral length) ² + 0.063 × (femoral length) + 2.45	0.18
Age = 0.00113 × (tibial length) ² + 0.0538 × (tibial length) + 2.69	0.14
Age = 0.00135 × (fibular length) ² + 0.05 × (fibular length) + 2.74	0.13

Based on data published by Fazekas G, Kósa F. Forensic fetal osteology. Budapest: Akadémiai Kiadó; 1978.

PLOD A NOVOROZENEK

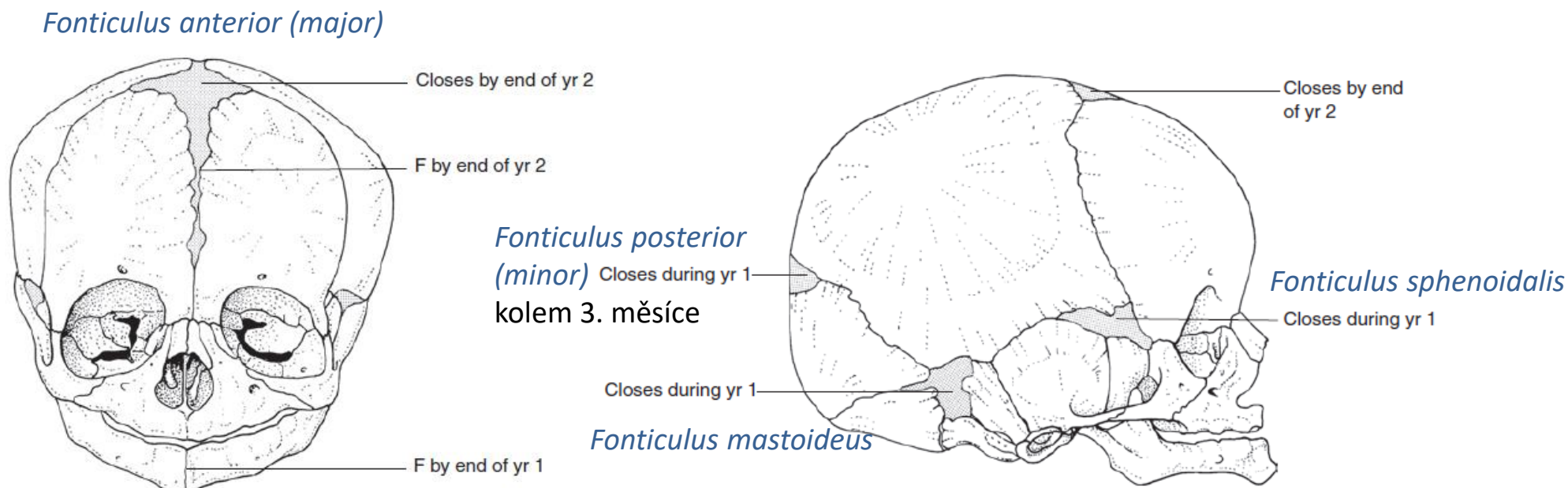
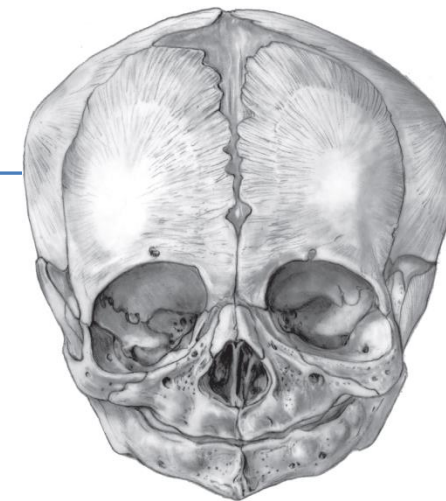
NOVOROZENEK

Znaky donošenosti

- Přítomno **6 osifikačních center**:

3 sekundární osifikační centra: hlavice pažní kosti, dolní epifýza stehenní kosti, hlavice holenní kosti

3 primární osifikační centra: kosti patní, hlezenní, krychlové



Odhad věku u nedospělých jedinců - skelet

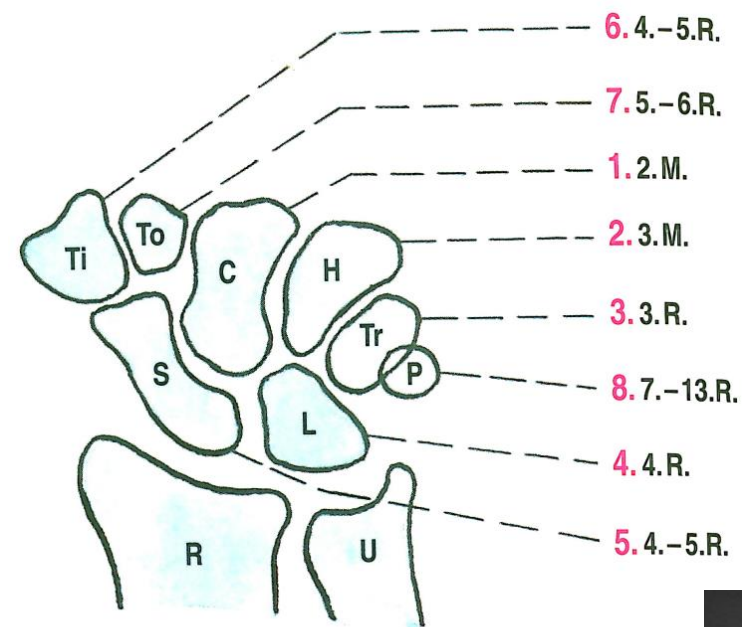
NEDOSPĚLÍ – Růst a vývoj skeletu

OSIFIKACE ZÁPĚSTNÍCH KŮSTEK

- osifikace začíná až postnatálně

Pořadí a doba vzniku osifikačních jader:

<i>os capitatum</i>	2. měsíc
<i>os hamatum</i>	3. měsíc
<i>os triquetrum</i>	3 roky
<i>os lunatum</i>	4 roky
<i>os scaphoideum a trapezium</i>	4 – 5 let
<i>os trapeziodeum</i>	5 – 6 let
<i>os pisiforme</i>	7 – 13 let



Odhad věku u nedospělých jedinců - skelet

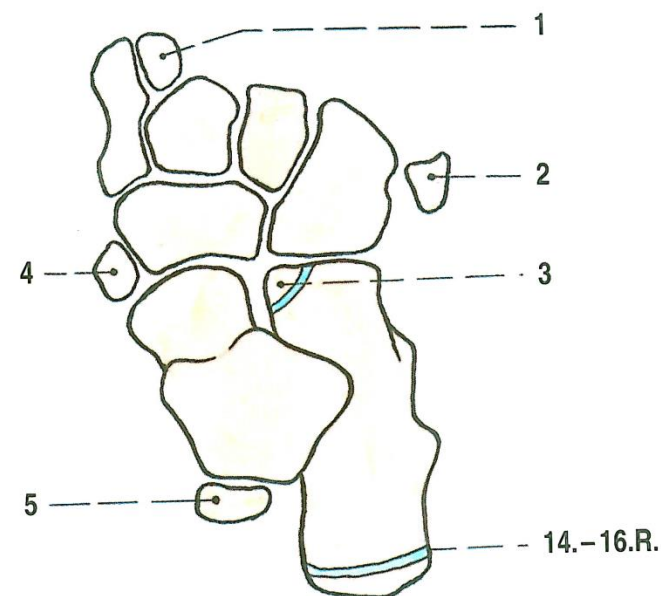
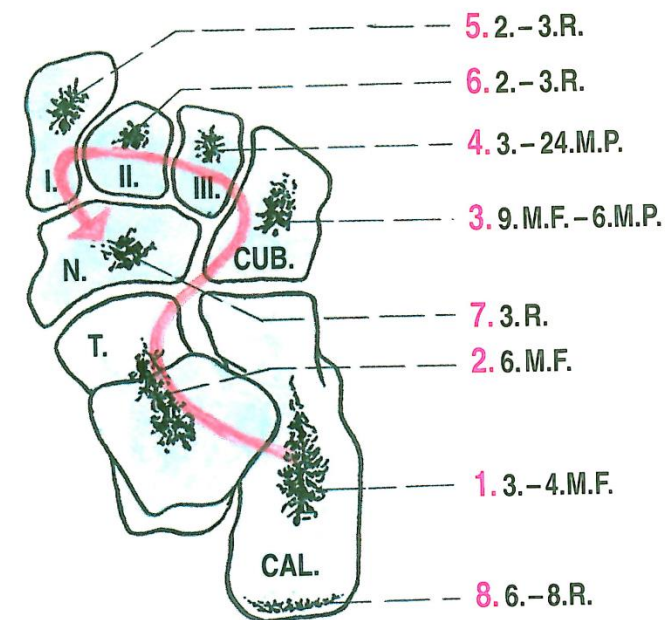
NEDOSPĚLÍ – Růst a vývoj skeletu

OSIFIKACE NOHY

- osifikace začíná **již prenatálně** (známka donošenosti)

Pořadí a doba vzniku osifikačních jader:

<i>calcaneus</i>	3. – 4. fetální měsíc
<i>talus</i>	6. fetální měsíc
<i>os cuboideum</i>	9. fetální měsíc
další kosti	postnatálně

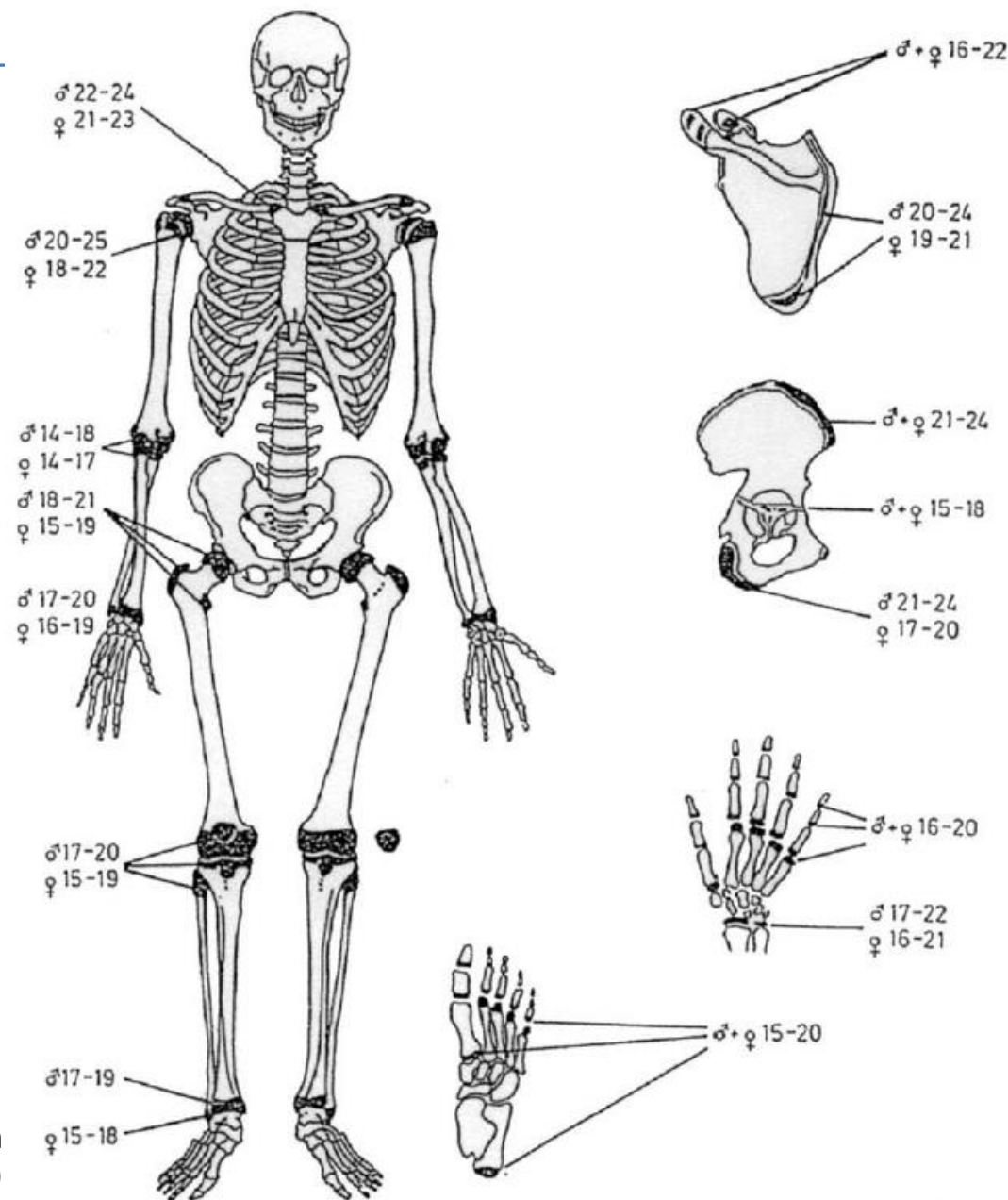


Odhad věku u nedospělých jedinců - skelet

NEDOSPĚLÍ – Růst a vývoj skeletu

PŘIRŮSTÁNÍ EPIFÝZ

- Přirůstání typicky okolo puberty
(výjimky až později → odhad věku mladých dospělých)
- Přirůstání probíhá **v pravidelné sekvenci**
a **známých věkových intervalech**
- Posuzuje se přítomnost epifýz a míra jejich fúze
(žádná, částečná, kompletní)
- Vhodné populačně/regionálně specifické standardy



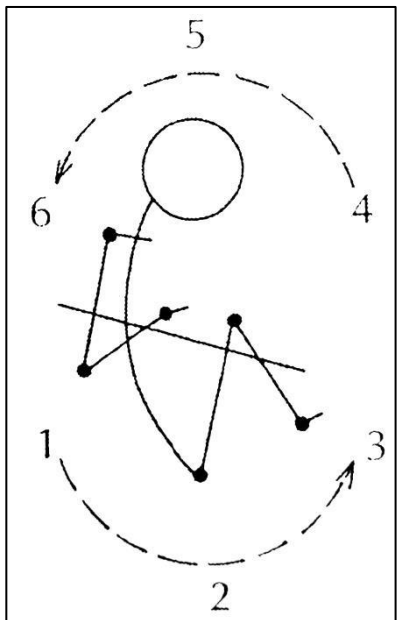
Ferembach et al. 1980 Doporučení evropských antropologů (převzato podle Brothwella 1965)

Načasování přirůstání epifýz se lehce liší u dívek a chlapců

Podrobnější přehled přirůstání epifýz pro chlapce a dívky zvlášť např. Schaefer et al. 2009

Pořadí přirůstání epifýz

- 1. Loketní kloub
- 2. pánevní kost
- 3. Hlezenní kloub
- 4. Kolenní kloub
- 5. Zápěstí
- 6. Ramenní kloub



Stewart 1979 Essentials of Forensic Anthropology

<i>femur</i>	oddělené epifýzy	pod 18 let
<i>tibie</i>	částečné spojení epifýz	17–18 let
<i>fibula</i>	kompletní spojení epifýz	více než 18 let
<i>radius</i>	oddělené epifýzy	pod 19 let
<i>ulna</i>) (distální epifýzy)	částečné spojení epifýz kompletní spojení epifýz	18–19 let více než 20 let
<i>humerus</i>	oddělené hlavice částečně spojené hlavice spojení ale viditelná linie kompletní spojení	pod 20 let 19–20 let 20–21 let více než 20 let
<i>sacrum</i>	oddělení obratle kompletní spojení	pod 20 let více než 20 let
<i>obratlové apofýzy</i> <i>crista iliaca</i>	úplné oddělení částečné spojení kompletní spojení	pod 20 let 19–20 let více než 20 let
<i>tuberculum</i> <i>ischadicum</i>	oddělený částečné spojení kompletní spojení	pod 19 let 18–19 let více než 19 let
<i>clavicula</i>	sternální konec nevytvořen částečně vyvinut a spojen kompletní spojení	pod 20 let 23–24 let více než 26 let

Age (years)	Male			Female			Total Length Including Epiphyses						
	<i>n</i>	Mean	SD	<i>n</i>	Mean	SD	10.0	76	258.3	11.2	83	256.1	14.6
							10.5	76	263.7	11.6	75	262.9	16.1
							11.0	75	270.0	11.5	76	269.6	16.4
Diaphyseal Length							11.5	77	276.3	12.7	75	278.5	17.3
0.125	59	72.4	4.5	69	71.8	3.6	12.0	76	282.0	13.8	75	287.5	18.2
0.25	59	80.6	4.8	65	80.2	3.8	12.5	67	289.2	13.1	65	294.0	17.7
0.50	67	88.4	5.0	78	86.8	4.6	13.0	69	296.6	15.3	69	301.0	17.5
1.00	72	105.5	5.2	81	103.6	4.8	13.5	69	305.0	16.6	62	305.7	17.4
1.5	68	118.8	5.4	84	117.0	5.1	14.0	69	313.3	16.8	64	311.7	16.1
2.0	68	130.0	5.5	84	127.7	5.8	14.5	64	321.4	17.6	42	314.9	17.1
2.5	72	139.0	5.9	82	136.9	6.1	15.0	60	329.0	16.7	57	315.6	17.0
3.0	71	147.5	6.7	79	145.3	6.7	15.5	52	336.5	16.5	12	323.2	19.6
3.5	73	155.0	7.8	78	153.4	7.1	16.0	60	341.0	14.5	40	316.5	18.5
4.0	72	162.7	6.9	80	160.9	7.7	16.5	38	343.4	15.3	3	—	—
4.5	71	169.8	7.4	78	169.1	8.3	17.0	50	347.1	14.6	18	315.4	17.3
5.0	77	177.4	8.2	80	176.3	8.7	18.0	28	350.6	15.6	4	—	—
5.5	73	184.6	8.1	74	182.6	9.0	Maresh, M.M., 1970. Measurements from roentgenograms. In: McCammon, R.W. (Ed.), Human Growth and Development. C.C. Thomas, Springfield, IL, pp. 157–200.						
6.0	71	190.9	7.6	75	190.0	9.6							
6.5	72	197.3	8.1	81	196.7	9.7							
7.0	71	203.6	8.7	86	202.6	10.0							
7.5	76	210.4	8.9	83	209.3	10.5							
8.0	70	217.3	9.8	85	216.3	10.4	American children born between 1915 and 1967						
8.5	72	222.5	9.2	82	221.3	11.2							
9.0	76	228.7	9.6	83	228.0	11.8							
9.5	78	235.1	10.7	83	234.2	12.9							
10.0	77	241.0	10.3	84	239.8	13.2							
10.5	76	245.8	11.0	75	245.9	14.6							
11.0	75	251.7	10.7	76	251.9	14.7							
11.5	76	257.4	11.9	75	259.1	15.3							
12.0	73	263.0	12.8	71	265.6	15.6							

DÉLKA DLOUHÝCH KOSTÍ

Stloukal a Hanáková
1978 – nejznámější
české tabulky

Velkomoravská
populace (Mikulčice)

Tabulka 9

Vztah délky dlouhých kostí končetin a věku dětí od 6 měs. do 14 let (Stloukal a Hanáková 1978)

	pažní kost	vřetenní kost	loketní kost	stehenní kost	holenní kost
věk	průměr	průměr	průměr	průměr	průměr
6 měs.	88.1 (78 -97.0)	69.7 (63 -75.0)	75.9 (72 -80.0)	108.1 (95 -122)	88.8 (84 -93.0)
12 měs.	97.9 (89 -106)	76.7 (68 -85.0)	83.1 (79 -86.0)	122.0 (109-135)	99.2 (93 -105)
18 měs.	108.6 (98 -118)	84.1 (75 -90.0)	91.3 (85 -95.0)	137.5 (122-152)	111.4 (102 -120)
24 měs.	117.5 (106-129)	89.8 (80 -96.0)	98.5 (93 -102)	149.6 (135-166)	121.4 (109 -131)
30 měs.	124.9 (113-138)	95.1 (86 -103)	104.7 (98 -110)	160.9 (143-182)	131.7 (117 -144)
3 roky	133.5 (120-147)	101.6 (93 -110)	111.4 (104-117)	174.1 (156-196)	142.2 (127 -156)
4 roky	142.7 (128-159)	108.3 (98 -120)	119.8 (111-129)	188.3 (169-213)	151.9 (136 -171)
5 let	152.4 (136-170)	116.0 (105-130)	128.0 (118-139)	203.2 (183-230)	164.1 (146 -184)
6 let	163.8 (147-181)	125.1 (114-140)	137.3 (125-152)	221.1 (198-146)	177.1 (158 -201)
7 let	174.8 (157-192)	133.5 (121-152)	147.2 (134-164)	238.1 (214-263)	188.9 (168 -216)
8 let	184.6 (169-210)	141.9 (130-160)	157.1 (145-174)	253.0 (228-278)	202.0 (180 -227)
9 let	194.3 (178-210)	149.2 (139-163)	164.4 (154-178)	266.5 (241-290)	213.6 (191 -235)
10 let	203.9 (186-218)	156.9 (149-168)	172.4 (163-186)	281.2 (254-305)	224.3 (202 -246)
11 let	211.9 (196-224)	163.3 (156-175)	178.1 (169-193)	292.5 (265-323)	235.1 (212 -259)
12 let	219.9 (202-234)	168.8 (160-179)	182.9 (173-198)	302.9 (279-337)	244.4 (218 -368)
13 let	231.2 (211-247)	175.7 (165-188)	190.7 (178-208)	319.0 (286-358)	256.1 (227 -283)
14 let	240.8 (220-257)	182.5 (166-200)	198.0 (183-221)	333.3 (296-382)	269.8 (235 -301)

Převzato ze Stloukal a kol. 1999, Antropologie, příručka pro studium kostry

Odhad věku u nedospělých jedinců

SOUHRN

- **Nejpřesnější a nejspolehlivější** odhady věku u nedospělých – na základě **dentice**
- **U fétů** (vývoj dentice minimální) – **délka dlouhých kostí** (diafýz)
- **U dětí** dále **vznik osifikačních center**, délky diafýz dlouhých kostí (než začnou přirůstat epifýzy), **stupeň přirůstání epifýz**
- Ideální současné populačně-specifické standardy

ODHAD VĚKU U DOSPĚLÝCH JEDINCŮ

Odhad věku na základě skeletu a dentice

Osteologické a dentální metody

MLADÍ DOSPĚLÍ (Tranziční/přechodová fáze)

- Jedinec je **dospělým legálně** (různé věkové hranice mezi různými státy), stále ale „**dobíhá**“ **skeletální vývoj a vývoj M3**
- POZOR na populační variabilitu a rozdíly mezi pohlavími
- **Pozdně fúzující epifýzy (Late fusing epiphyses):**

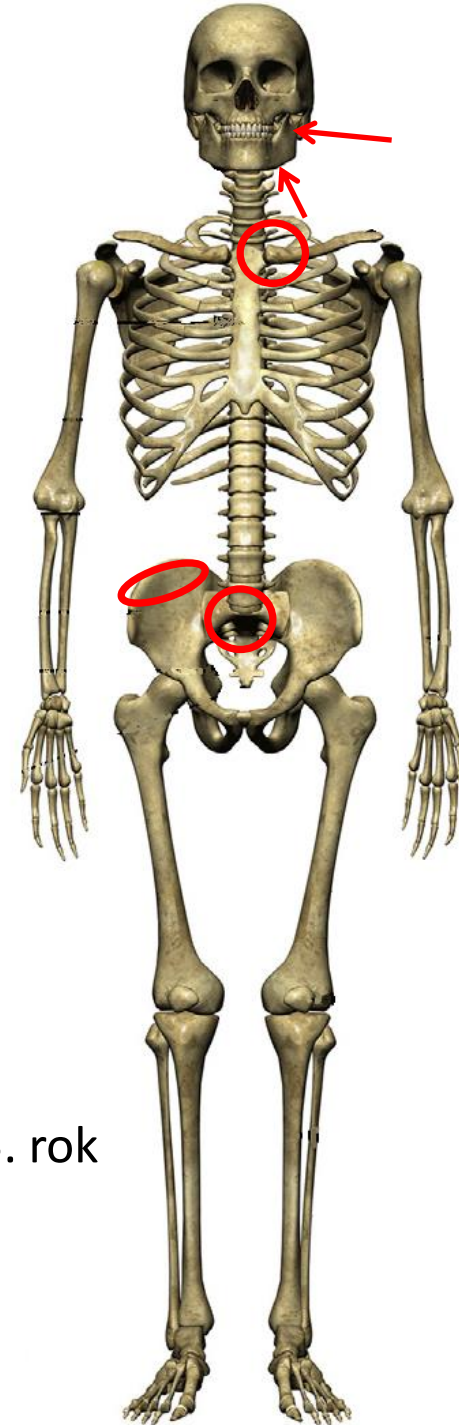
crista iliaca pánevní kosti – dokončení fúze 20–23 let

synchondrosis sphenooccipitalis – fúze je typicky považovaná za přechodný bod mezi juvenilním a dospělým obdobím; srostlé okolo 18 roku (ale až 25 let)

mediální konec klavikuly – obvykle poslední srůstající epifýzou; Fúze probíhá až do 26. roku (někdy až 35 let)

Sacrum, *hrudní obratle* – Poslední fúzuje 1. a 2. S obratel; kompletní spojení cca 25. rok

třetí molár (M3) – erupce okolo 18 roku, dokončení vývoje kořene i po 25. roce; nejvariabilnější načasování vývoje



DOSPĚLÍ

- Růstové a vývojové procesy ukončeny, začínají **degenerativní procesy**
- Vliv vnějších faktorů (aktivita, obezita, patologie, povolání?)
- Odlišit patologické změny vs opotřebení s věkem
- Dentice patří k nejlepším ukazatelům



DOSPĚLÍ

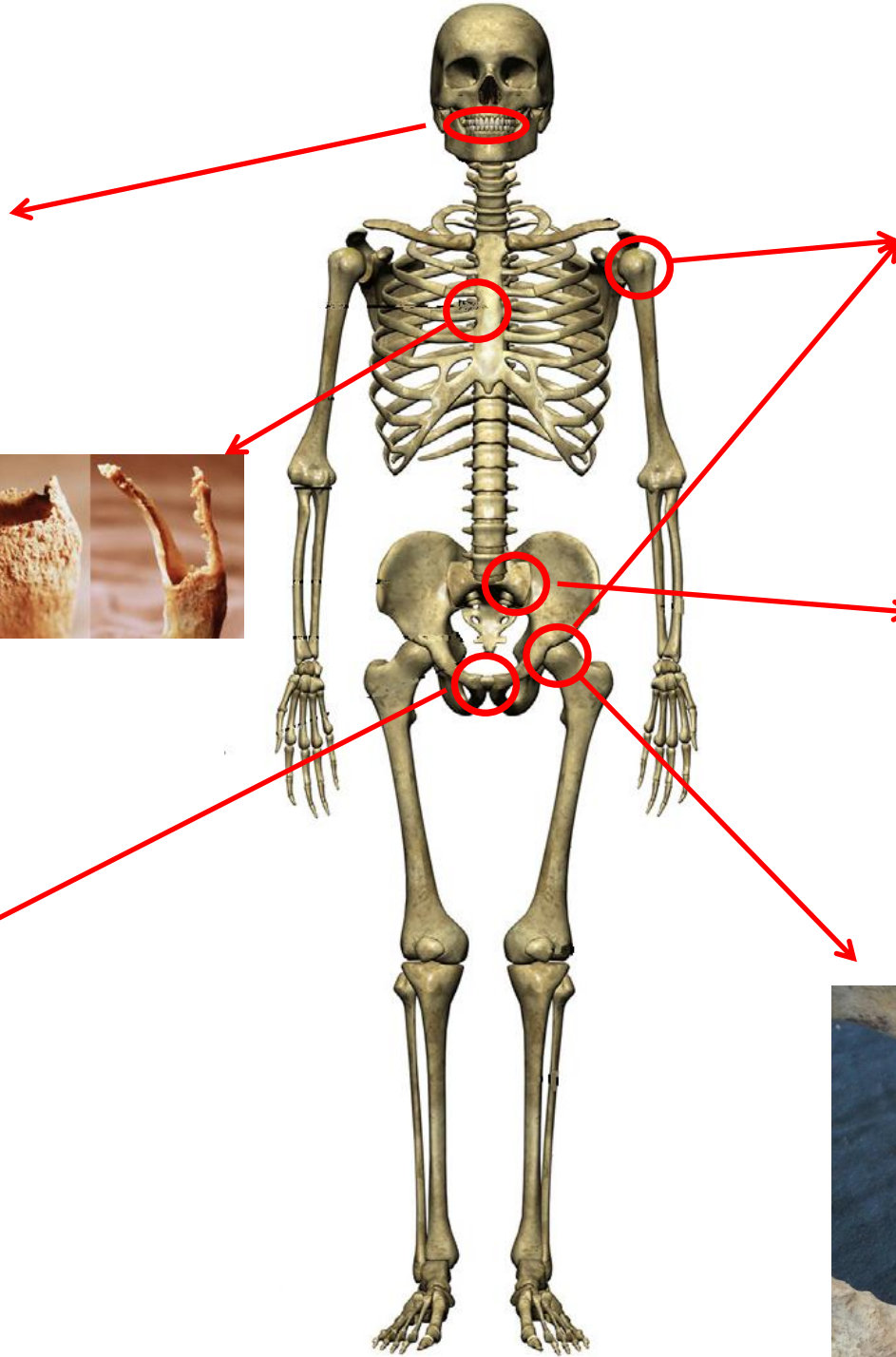
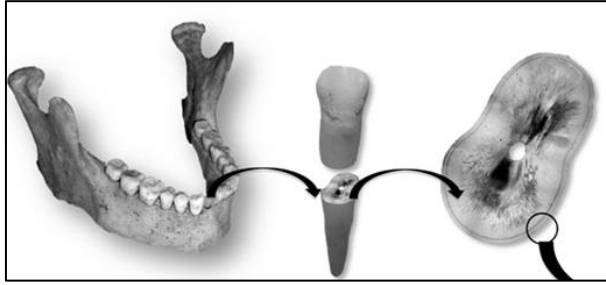
Tradiční metody *Fázové vs komponentní metody*

Metody založené na fázích

- Sleduje a popisuje věkový indikátor jako celek (např. celou pubickou symfýzu)
- Starší přístup
- Např. Suchey a Brooks, 1990 (symfýza)

Komponentní metody

- Rozděluje věkový indikátor na několik komponent (např. textura, mikro a makroporozita,...) a hodnotí každou zvlášť
- Předpoklad: větší objektivita, snížení risku intraobservační chyby
- Např. McKern et Stewart, 1957 ; Gilbert et Mc Kern, 1973 (symfýza), Passalacqua, 2009 (sacrum)



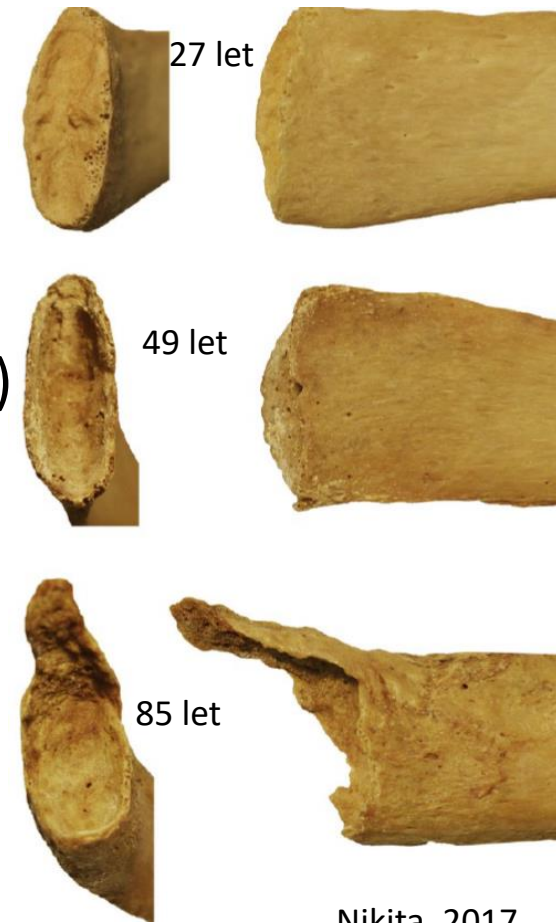
DOSPĚLÍ

Sternální konce žeber

- Nejprve mělký-rovný zvlněný povrch s okrouhlým okrajem; později okraj nepravidelný, ostrý (osteofyty), rýhování povrchu mizí a prohlubuje se
- První metoda navržena pouze pro pravé 4. žebro (İşcan et al., 1984, 1985)
 - Vyvinul 2 systémy komponentní i fázový (9 fází)
- Později rozšířeno na obě strany a další žebra
- Dlouhá perioda, kdy probíhá metamorfóza

ALE

Často špatný stav zachovalosti

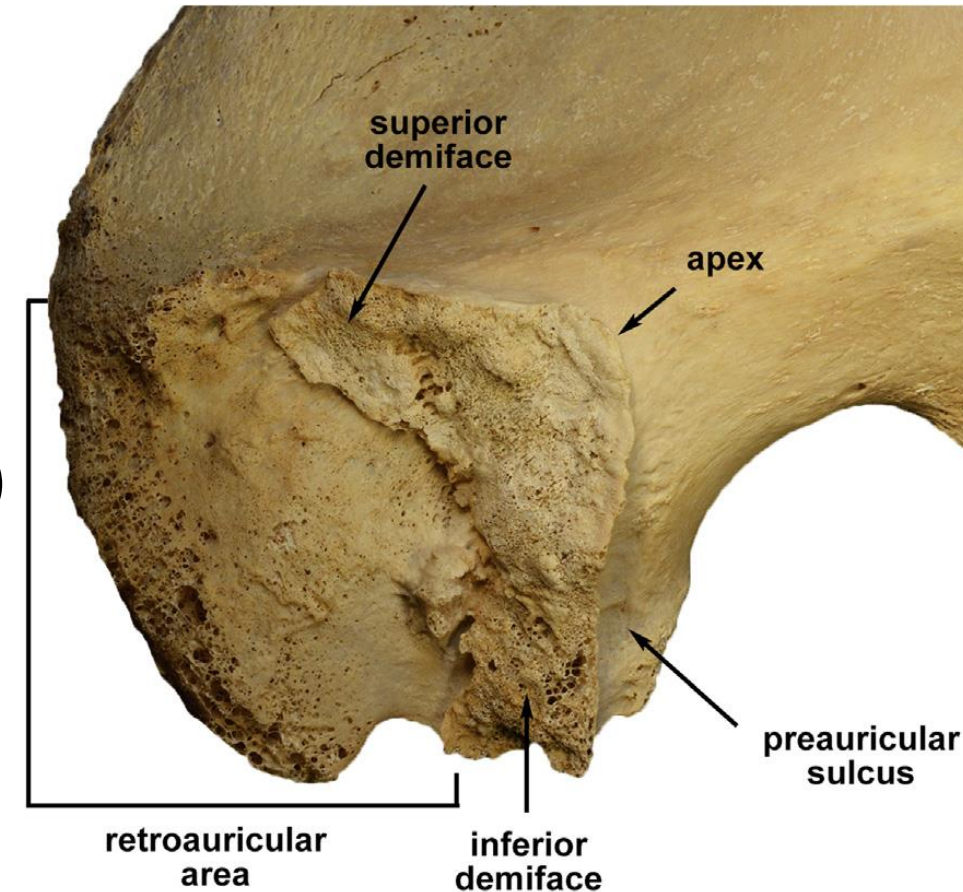


Nikita, 2017

DOSPĚLÍ

Facies auricularis pánevní kosti

- Nejprve je povrch pravidelně rýhován (transverzální organizace)
 - postupně se vytrácí
- rozvíjí se mikroporozita, později makroporozita
- Apex je nejprve ostrý a jasně ohraničený, později se ztlušťuje, až pak není zřetelně ohraničený
- Povrch se z jemně granulárního mění na hrubě granulární, objevují se ostrůvky „dense bone“ (vyhlazení)



Odhad věku u dospělých jedinců

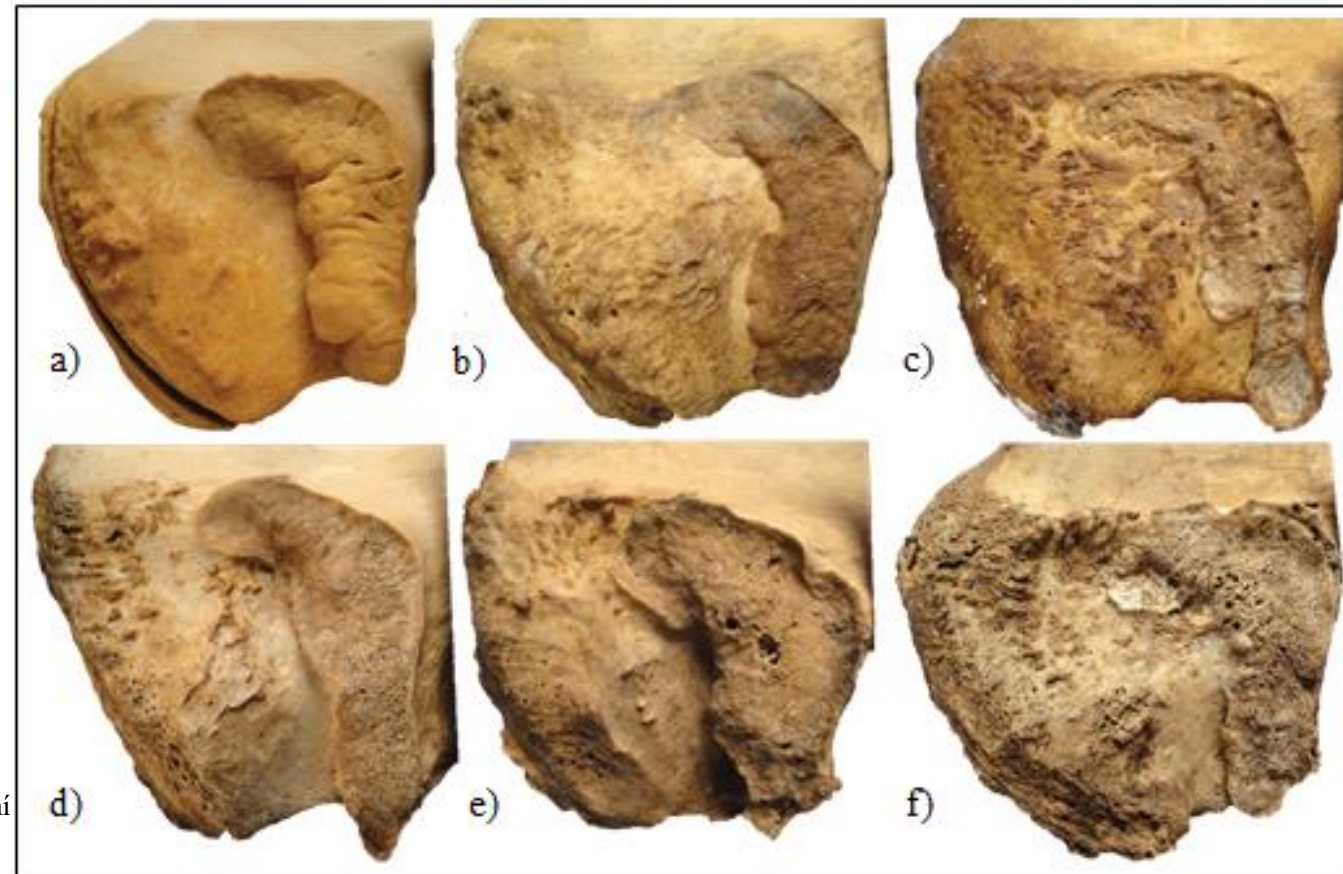
DOSPĚLÍ – *Facies auricularis*

♂ **Lovejoy et al. 1985** – 5 fázový systém

♂ **Buckberry a Chamberlain 2002** – revize a zjednodušení Lovejoye;
komponentní ♂

♀ **Schmitt 2001, 2005** – revize a zjednodušení
Lovejoye, komponentní hodnocení

...



Degenerativní změny (a–f) na příkladu levé aurikulární plochy a retroaurikulární oblasti. Upraveno podle (Langley et al., 2017b).

DOSPĚLÍ – *Facies auricularis*

Buckberry a Chamberlain 2002

- revize a zjednodušení Lovejoye, komponentní hodnocení
- Navržena pro odhad věku na pohřebištích (pro plošný screening)
- Hodnotí 5 znaků, každému je přiřazeno numerické skóre

Transverzální organizace (skóre 1–4)

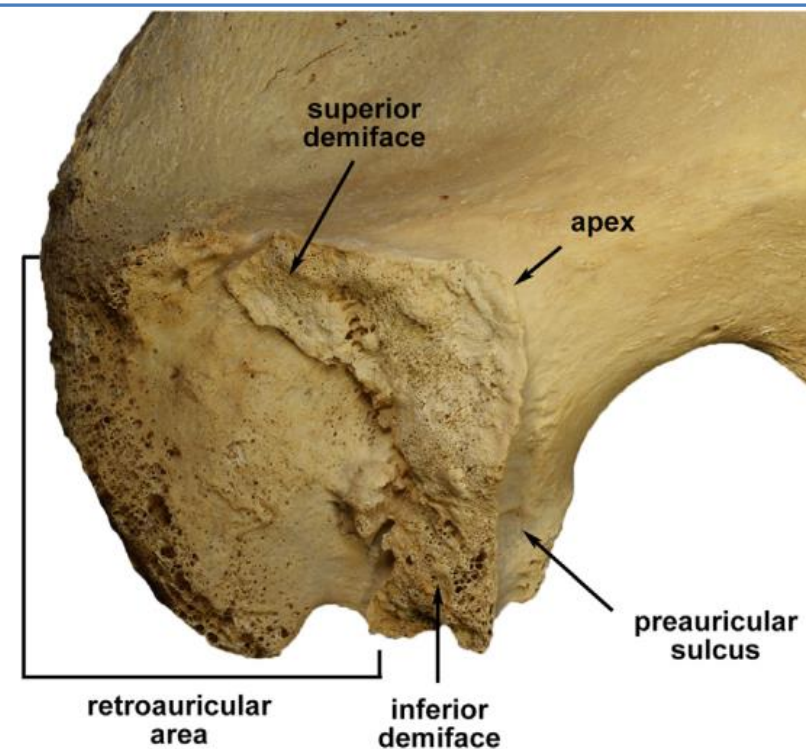
Textura povrchu (skóre 1–5)

Mikroporozita (skóre 1–3)

Makroporozita (skóre 1–3)

Apikální změny (skóre 1–3)

Podle výsledného
skóre -> převedu do 7
věkových kategorií



DOSPĚLÍ – *Facies auricularis*

Schmitt 2001, 2005

- revize a zjednodušení Lovejoye, komponentní hodnocení
- Hodnotí 4 znaky, každý je skórován zvlášť

Transverzální organizace (SSPIA)

skóre 1–2

Modifikace aurikulárního povrchu (SSPIB)

skóre 1–4

Modifikace apexu (SSPIC)

skóre 1–2

Modifikace tuberositas iliaca (SSPID)

skóre 1–2

Podle kombinace
skóre odvodím z
tabulky
pravděpodobnost
náležitosti do dané
věkové třídy



Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ – *Facies auricularis*

Dle tabulky se odvodí věková skupina s
posteriorní pravděpodobností

SKÓRE				POSTERIORNÍ PRAVDĚPODOBNOST					ODHAD
SSPIA	SSPIB	SSPIC	SSPID	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	
1	1	1	1	0.88	0.09	0.02	0.01	0.00	20-29
1	1	1	2	0.47	0.32	0.13	0.08	0.00	20-49
1	1	2	1	0.83	0.09	0.05	0.04	0.00	20-29
1	1	2	2	0.29	0.21	0.20	0.30	0.00	<60
1	2	1	1	0.42	0.38	0.13	0.06	0.01	20-39
1	2	1	2	0.07	0.39	0.25	0.22	0.08	30-59
1	2	2	1	0.26	0.24	0.21	0.22	0.07	<60
1	2	2	2	0.02	0.13	0.21	0.42	0.22	>40
2	1	1	2	0.23	0.39	0.22	0.16	0.00	20-49
2	1	2	1	0.60	0.16	0.12	0.11	0.00	20-49
2	1	2	2	0.11	0.19	0.27	0.43	0.00	30-59
2	1	1	1	0.73	0.19	0.06	0.02	0.00	20-39
2	2	1	1	0.19	0.41	0.21	0.11	0.08	20-49
2	2	1	2	0.02	0.26	0.24	0.23	0.26	>30
2	2	2	1	0.08	0.18	0.22	0.27	0.26	>30
2	2	2	2	0.00	0.06	0.15	0.31	0.47	>40
1	3	1	1	0.24	0.10	0.32	0.15	0.19	<60
1	3	1	2	0.02	0.05	0.27	0.23	0.44	>40
1	3	2	1	0.07	0.03	0.23	0.25	0.42	>40
1	3	2	2	0.00	0.01	0.12	0.24	0.62	>50
2	3	1	1	0.05	0.06	0.26	0.14	0.49	>40
2	3	1	2	0.00	0.02	0.14	0.13	0.72	>50
2	3	2	1	0.01	0.01	0.12	0.15	0.71	>50
2	3	2	2	0.00	0.00	0.05	0.11	0.84	>60
1	4	1	1	0.00	0.20	0.09	0.28	0.43	>40
1	4	1	2	0.00	0.06	0.05	0.27	0.63	>50
1	4	2	1	0.00	0.04	0.04	0.30	0.62	>50
1	4	2	2	0.00	0.01	0.02	0.24	0.74	>50
2	4	1	1	0.00	0.07	0.05	0.16	0.72	>50
2	4	2	1	0.00	0.01	0.02	0.14	0.83	>60
2	4	1	2	0.00	0.02	0.02	0.12	0.84	>60
2	4	2	2	0.00	0.00	0.01	0.10	0.90	>60

DOSPĚLÍ

Pubická symfýza

- Postupně se redukuje rýhování plošky (pravidelné zvlnění), přes vznik nodulů až k úplnému vyhlazení
- Ploška se postupně oplošťuje, až propadá
- Formuje se ventrální val, kontury plošky se stávají více zřetelnými (u mladších není zřetelná hranice oddělující plošku od zbytku kosti)
- Později se povrch stává drsnatým, porotickým (mikro a makroporozita), na okraji vzniká „osteophytic lipping“
- Až úplná degenerace plošky, eroze
- Dnes víme - degenerativní změny vypovídají o věku POUZE do 40–45 let



Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ – Pubická symfýza

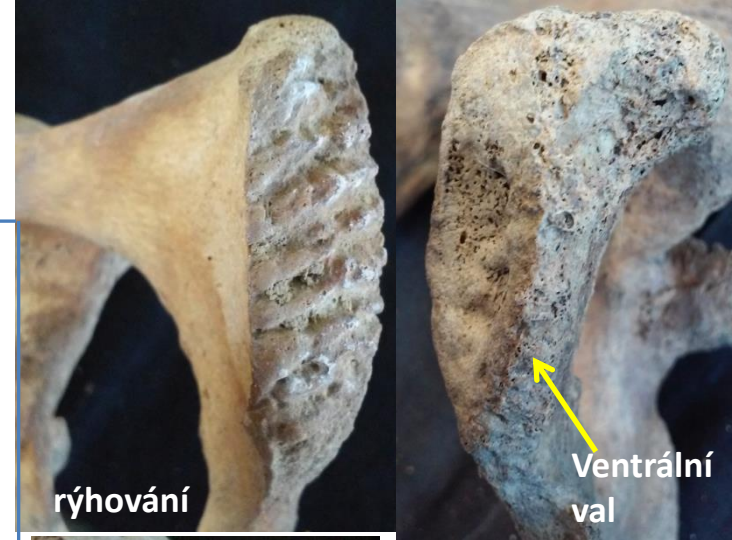
- První metoda vznikla už 1920 (Todd 1920)
- nespočet testů, validací a modifikací a nových přístupů
- Nejpoužívanější indikátor **x** často se ale vůbec nedochová

Suchey a Brooks 1990 – 6 fázový systém
♀

Schmitt 2001, 2008 – komponentní systém
♀

Stoyanova et al. 2015, 2017 – kvantitativní přístup,
♀ automatické hodnocení 3D modelů

...



DOSPĚLÍ – Pubická symfýza

Suchey a Brooks 1990

- 6 fázový systém
- Zvlášť pro muže a ženy
- Fáze 1 – nejmladší
- Fáze 6 – nejstarší
- Pro usnadnění hodnocení vyrobeny odlitky

Phase	Female (n=273)			Male (n=739)		
	Mean	S.D.	95% range	Mean	S.D.	95% range
I	19.4	2.6	15–24	18.5	2.1	15–23
II	25.0	4.9	19–40	23.4	3.6	19–34
III	30.7	8.1	21–53	28.7	6.5	21–46
IV	38.2	10.9	26–70	35.2	9.4	23–57
V	48.1	14.6	25–83	45.6	10.4	27–66
VI	60.0	12.4	42–87	61.2	12.2	34–86

Každá fáze vyobrazena
v min a max projevu



- Mnohokrát revidováno, Hartnett (2010) přidává 7. fázi

Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ – Pubická symfýza

Schmitt 2001, 2008

- komponentní (kompozitní hodnocení)
- Vychází ze Suchey-Brooks 1986 a McKern et Stewart 1957
- Hodnotí 3 znaky – každý je skórován zvlášť:

Posteriovní demi-face (SPUA)

skóre 1–3

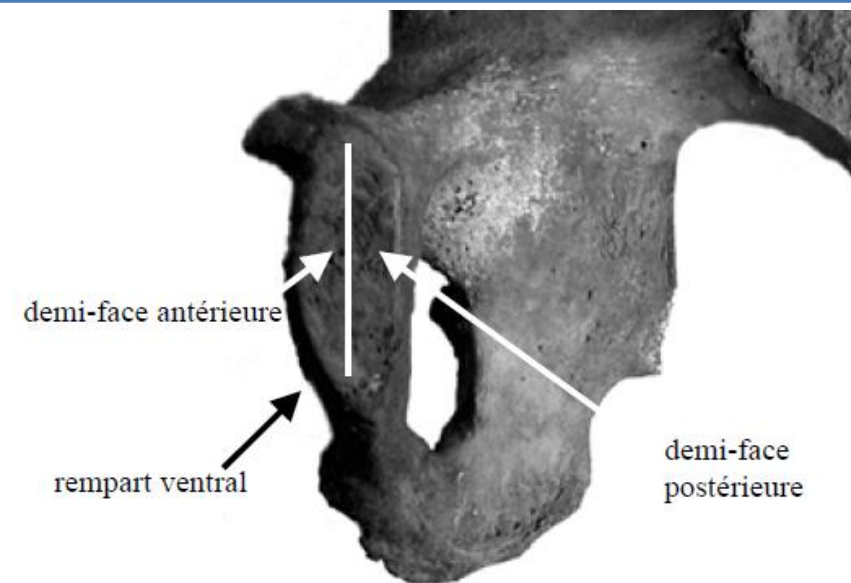
Anteriorní demi-face a ventrální val (SPUB)

skóre 1–3

Posteriovní okraj (SPUC)

skóre 1–2

Dle tabulky se odvodí věková skupina s
posteriovní pravděpodobností



skórování	20-29	30-39	40-49	50-59	>60	odhadnutý věk
111	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	20-29
211	0.91	0.07	0.01	0.01	0.00	20-29
221	0.41	0.26	0.17	0.10	0.06	20-39
321	0.05	0.19	0.23	0.22	0.30	>40
331	0.02	0.18	0.19	0.25	0.36	>40
332	0.01	0.10	0.15	0.22	0.52	>40

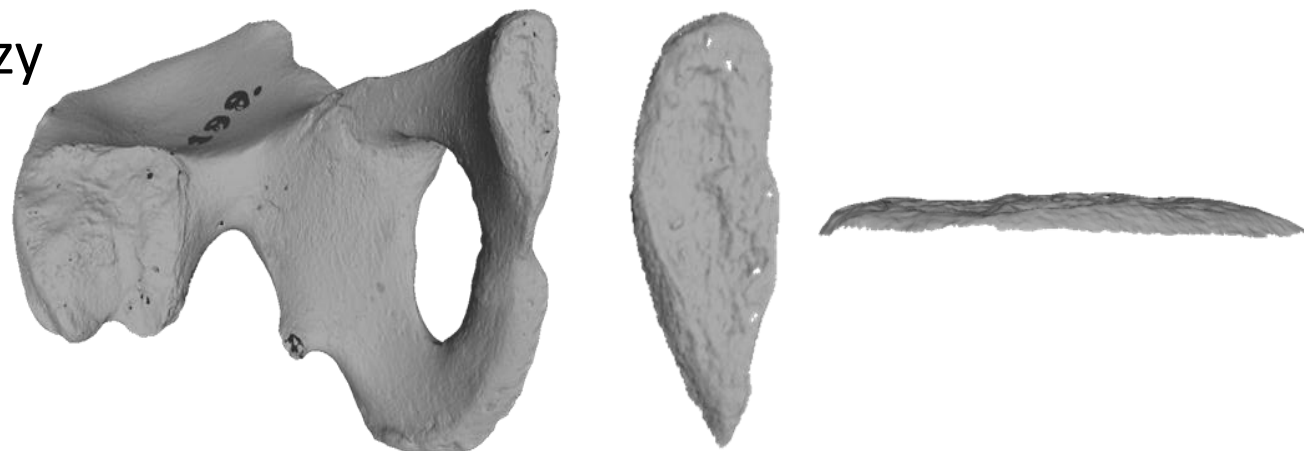
DOSPĚLÍ – Pubická symfýza

Stoyanova et al. 2015, 2017

Kvantitativní analýza povrchu pubické symfýzy

Program forAGE

Vstupní data - 3D modely pubické symfýzy



5 regresních modelů

TPS/BE analýza

SAH skóre

Analýza ventrálního okraje



zachycují „plochost“

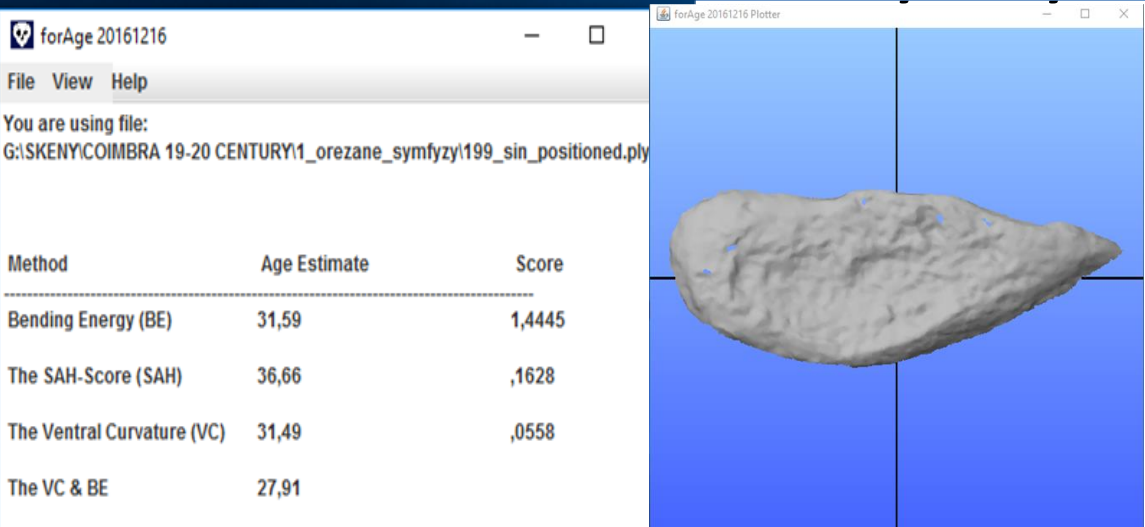
povrchu

- zakřivení okraje

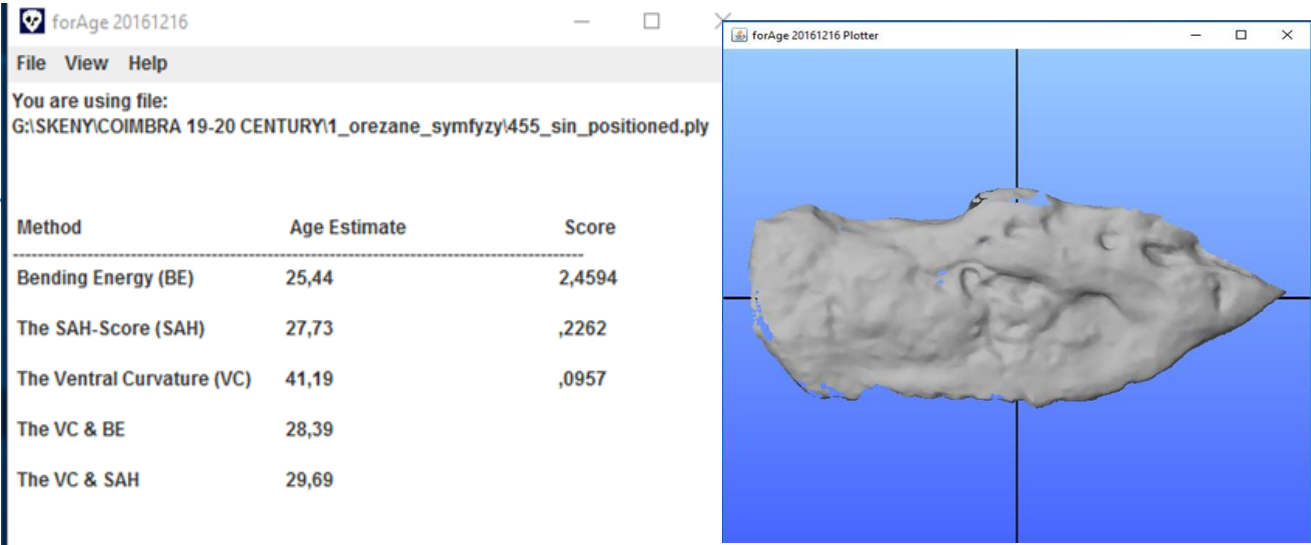
+ 2 multivariační (kombinují předešlé)

Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ – Pubická symfýza



Jedinec č. 199, levá pánevní kost, skutečný věk 29 let



Jedinec č. 455, levá pánevní kost, skutečný věk 63 let

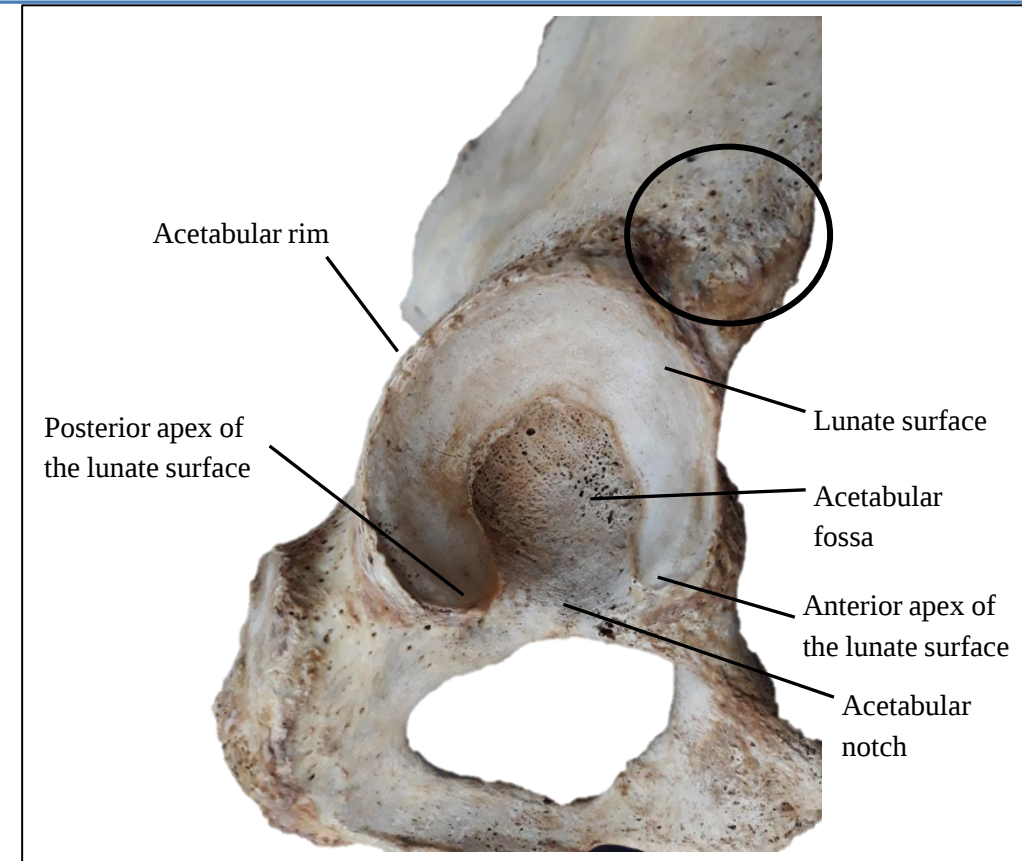
		Whole dataset		20–40 years	
Regression model		Kotěrová et al. (2018b)	Stoyanova et al. (2017)	Kotěrová et al. (2018b)	Stoyanova et al. (2017)
TPS/BE	RMSE	22.09	16.38	5.93	–
	Bias	–15.54	–2.51	–1.64	8.47
	Inaccuracy	16.75	12.58	4.47	9.08
SAH	RMSE	20.91	14.15	7.34	–
	Bias	–13.58	–1.96	–0.78	5.71
	Inaccuracy	15.70	10.81	5.75	8.10
VC	RMSE	18.35	16.55	9.49	–
	Bias	–8.43	–2.73	5.90	5.84
	Inaccuracy	14.15	12.86	7.07	9.89
TPS/BE+VC	RMSE	22.25	15.07	6.37	–
	Bias	–15.67	–2.21	– 1.77	7.76
	Inaccuracy	16.96	11.39	4.79	8.93
SAH+VC	RMSE	21.8	13.68	7.48	–
	Bias	– 13.67	–1.82	–0.70	5.76
	Inaccuracy	15.99	10.79	6.13	8.36

Jedinec č. 455, levá pánevní kost, skutečný věk 63 let

DOSPĚLÍ

Acetabulum

- „mladý“ indikátor (1. metoda 2004)
- Vzniká žlábek pod okrajem acetabula, prohlubuje se (s tím, jak dochází k aditivnímu nárůstu okraje)
- Vznik a rozvoj osteofytů mezi *facies lunata* a *spina iliaca anterior inferior*
- Aktivita apexu – nárůst kostních spikul
- *Fossa acetabuli* – narůstá makroporozita, může být destrukce kortikální kosti (ztrácí se denzita kosti)
- Vhodný pro odhad věku starších jedinců?



Acetabulum – klíčové oblasti věkově vázaných změn na povrchu surface používaných v metodách odhadu věku dožití dospělých. Příklad na pravém acetabulu (upraveno podle Kotěrová 2020).

Odhad věku u dospělých jedinců

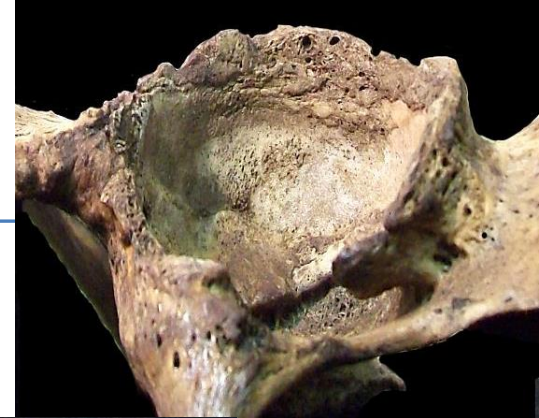
DOSPĚLÍ – Acetabulum

Rougé-Maillart et al., 2004, 2007, 2009 – komponentní systém (dohromady s aurikulární ploškou)

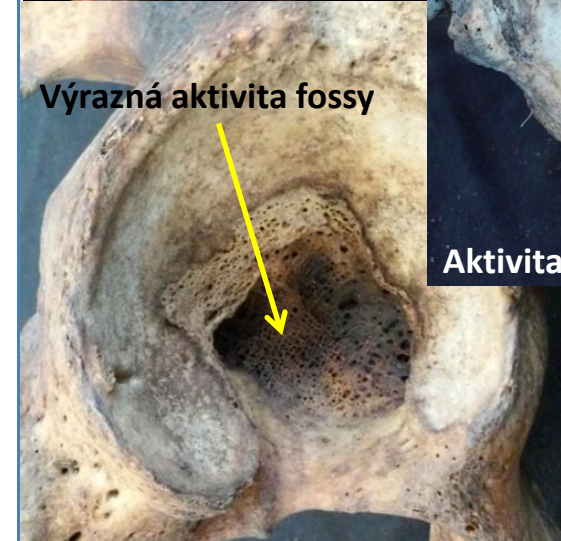
Rissech et al., 2006 – komponentní systém

Calce 2012 – zjednodušení Rissech, přidání žen

San-Millán et al. 2017 – revize Rissech, komponentní systém



Lipping okraje



Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ – Acetabulum

San-Millán et al. 2017 – revize Rissech, komponentní systém

Bayesovská statistika; SW IDADE2

7 komponent

Acetabulární žlábek (skóre 0–3)

Tvar acetabulárního okraje (0–6)

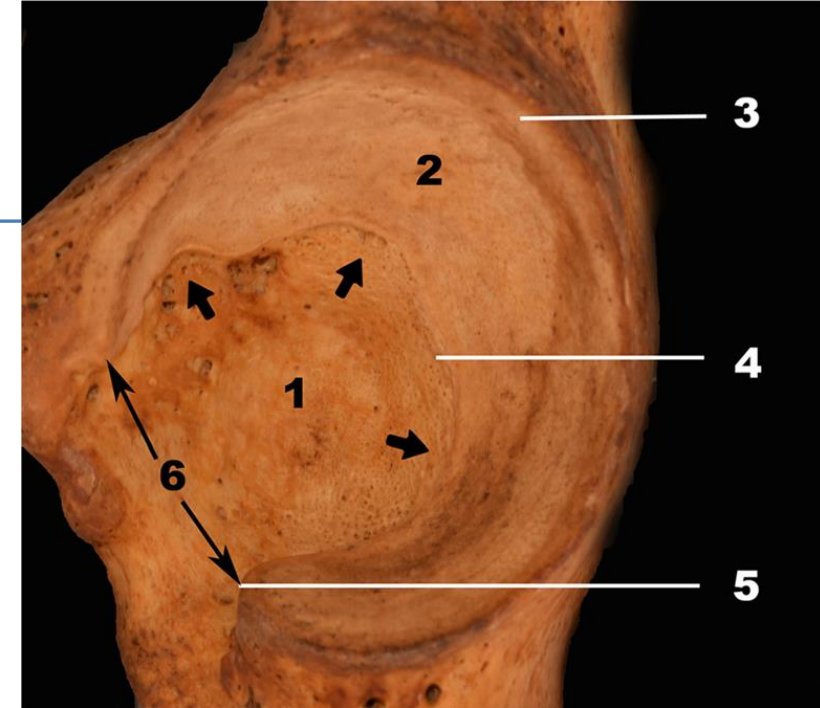
Porozita acetabulárního okraje (0–5)

Aktivita apexu (0–4)

Aktivita vnějšího okraje fossa (0–2)

Textura a densita kosti ve fossa (0–3)

Aktivita v acetabulární fossa (0–4)



1 acetabulární fossa; 2 facies lunata; 3 okraj/lem acetabula; 4 vnější okraj fossa; 5 apex posteriorního ramene; 6 ac. zářez

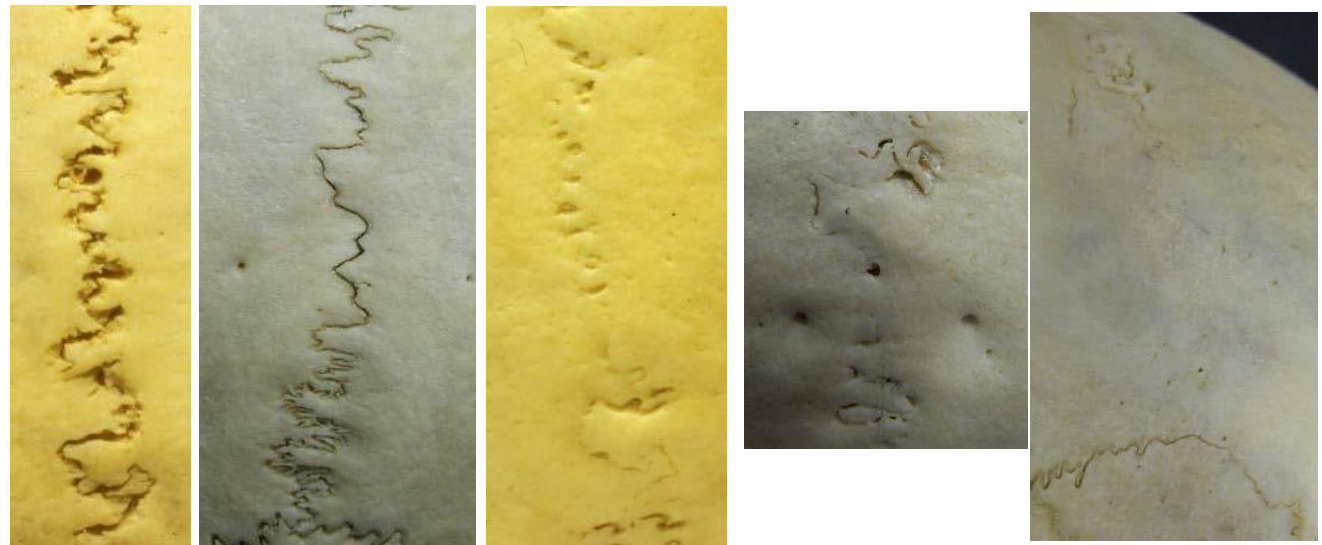
úplně nové definice oproti Rissech

Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ

Lebeční švy (endo i ektocranium)

- Obliterace dříve hojně užívaná, na lamina interna i externa
- později potvrzena **velmi volná korelace** s věkem – **není již pro odhad doporučováno**
- Např. metoda Meindl a Lovejoy 1985



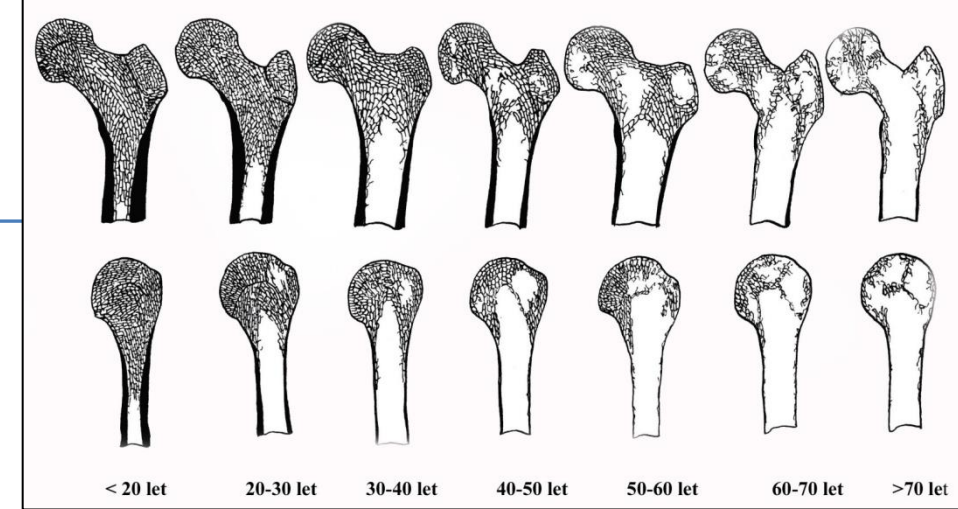
SW ADBOU 2002 v 2.1 (Boldsen a Milner)

Odhad věku u dospělých jedinců

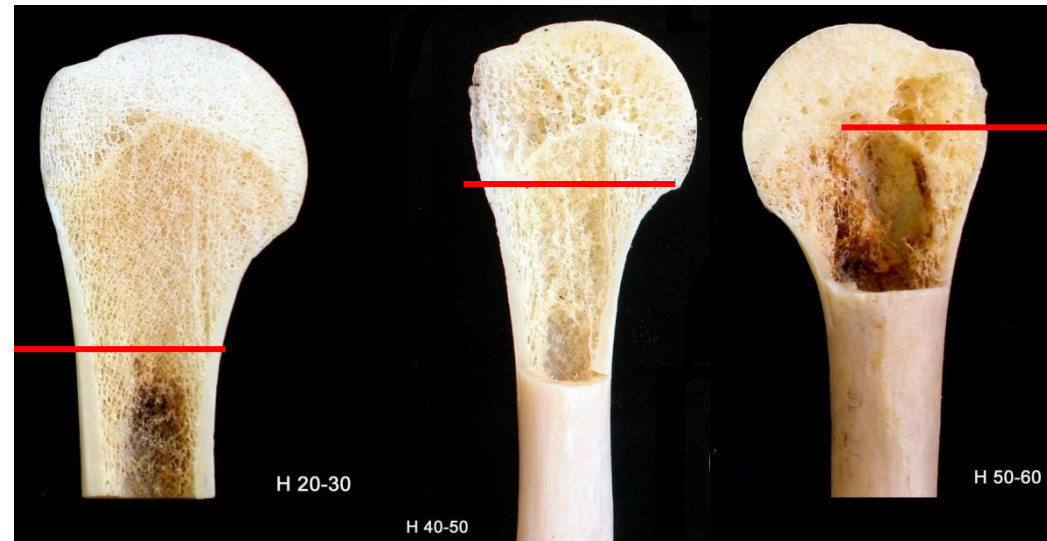
DOSPĚLÍ

Vnitřní struktura hlavic dlouhých kostí

- Hodnotí se struktura spongiózy proximálních epifýz femuru a humeru (s rostoucím věkem hustota ubývá)
- Destruktivní metoda, či RTG, recentní forenzní manuály tento přístup spíš nezmiňují
- např. Acsádi a Nemeskéri 1970 (součást komplexní metody); Szilvássy a Kraitscher 1990



Szilvássy a Kraitscher 1990



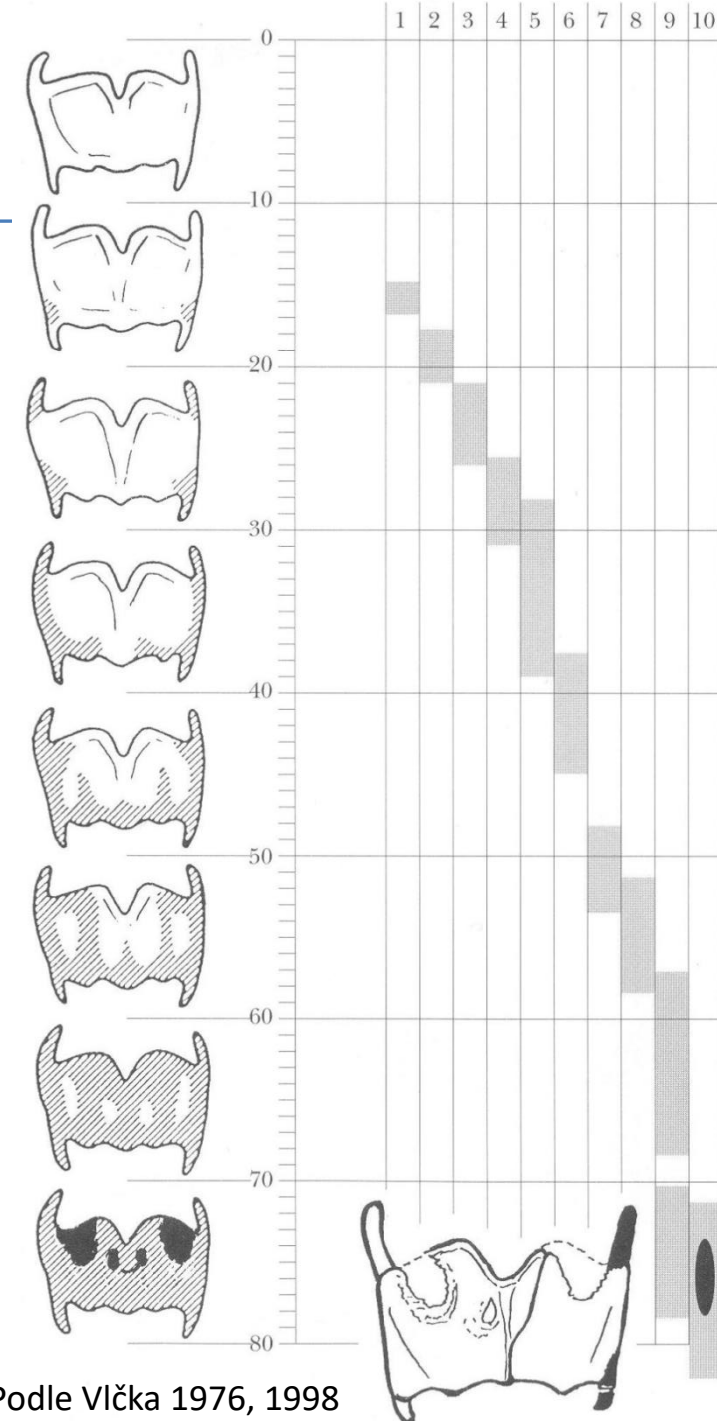
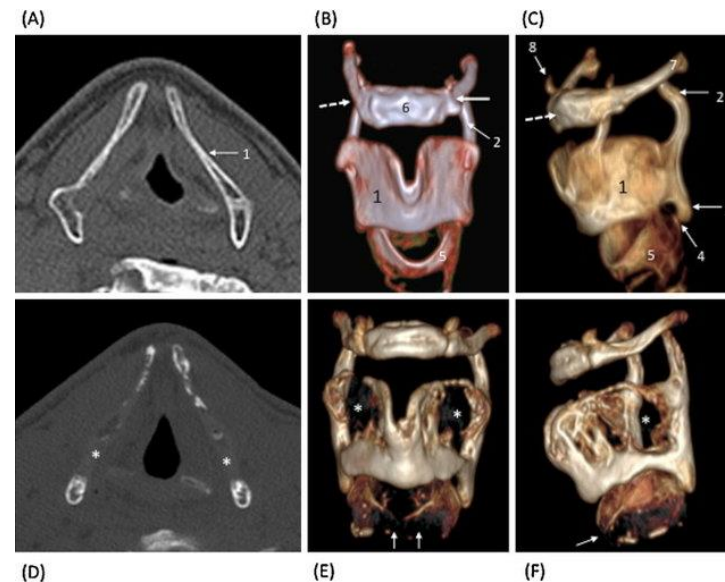
Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ

Osifikace štítné chrupavky

Úplné zcostnatění pouze u mužů

U žen pouze dolní větve

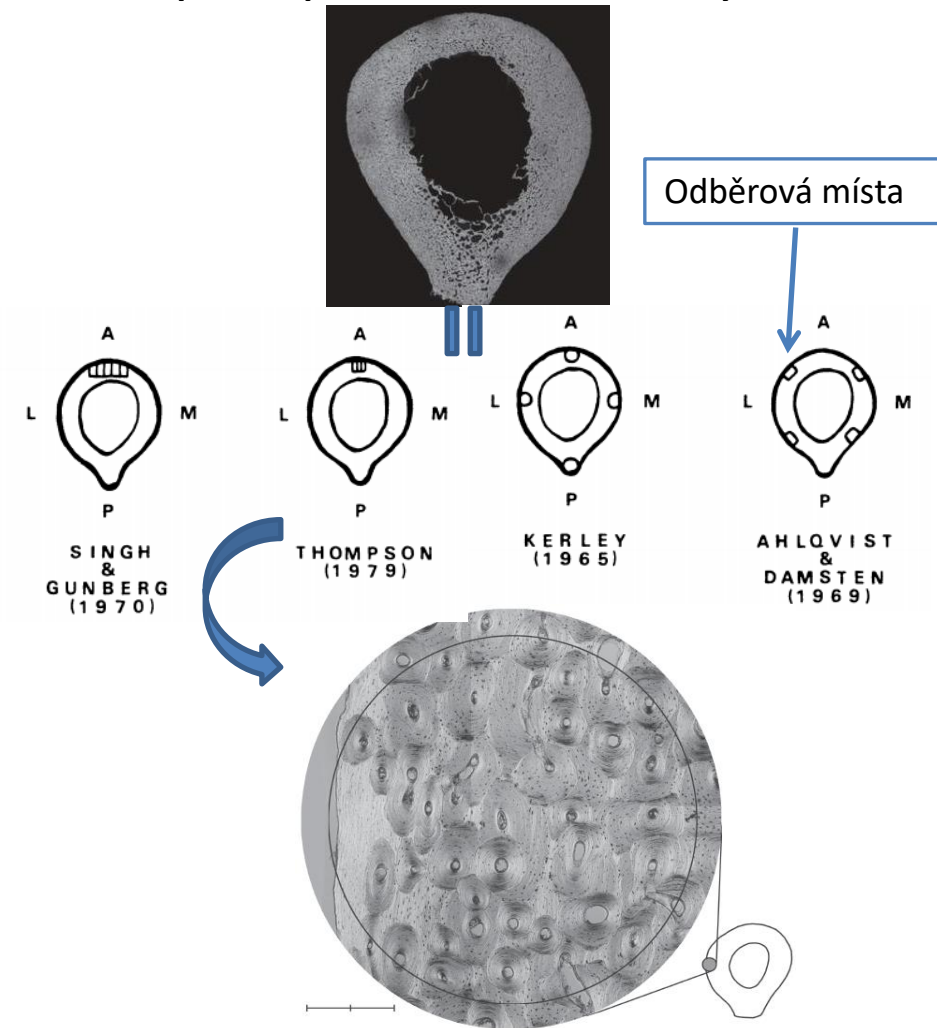


Podle Vlčka 1976, 1998

Histologické metody – hodnocení mikroskopické struktury

Histomorfometrie

- Kost se v průběhu života přestavuje z primární lamerní kosti, přes primární osteony k sekundárním osteonům
- Proporce remodelované kosti se mění s věkem
- Bone-specific
- Počítá se množství různých struktur/jejich densita
 - počet osteonů
 - počet fragmentů starých osteonů
 - procento obvodové lamelární kosti, ...
- Využití u fragmentárních ostatků
- Invazivní metody ➡ příčný řez kostí a odběr vzorku



DOSPĚLÍ – Multifaktoriální přístup

Tranziční analýza Boldsen a Milner 2002 (v. 2.1)

- Multifaktoriální metoda (vstupuje více indikátorů)
- Využívá komponentní přístup a prior distribuci věku z referenčních vzorků
- SW ADBOU 2.1 (volně stažitelný - <http://statsmachine.net/software/ADBOU2/>)
- Skórují se 3 oblasti
 - Lebeční švy (5 segmentů)
 - Pubická symfýza (5 částí, každá strana zvlášť)
 - Aurikulární oblast (9 částí, každá strana zvlášť)
- Možné použít i na fragmen. pozůstatky, není nutné skórovat vše
- odhad věku s využitím informative prior distribuce věku - založené na pohlaví, etnické příslušnosti, archeo či forenzní kontext (výběr ze 2 ref. vzorků)

více odpovídají úmrtnostnímu vzorci

➡ eliminace age mimicry (kopírování ref. vzorku)

ADBOU Age estimation 2.1.046

Data Table | Analysis

Case/Specimen Number
ECH 13

Model Characteristics

Sex: Female, Male, Unknown

Ancestry: White, Black, Unknown

Mortality Model: Archeological, Forensic

Skeleton id no.
ECH 13
BIE 28
Primer
MC-09-107
ECH 13
bla
Test2
TRE 5
pokus2

Cranial Sutures (1-5)

Analyze Cranial Data

Coronal Pterica min MAX

Sagittal Obelica min MAX

Lambdoidal Asterica min MAX

Interpalatine suture min MAX

Zygomaticomaxillary suture min MAX

Pubic Symphysis

Analyze Pubic Data

Left min MAX Right min MAX

Topography (1-6) 5 5

Texture (1-4) 2 2

Superior protuberance (1-4) 4 4

Ventral margin (1-7) 4 4 5

Dorsal margin (1-5) 4 4

Auricular Area

Analyze Auricular Data

Left min MAX Right min MAX

Superior Topography (1-3) 3 3

Inferior Topography (1-3) 2 2

Superior Characteristics (1-5) 4 4

Apical Characteristics (1-5) 4 4

Inferior Characteristics (1-5) 5 5

Inferior Texture (1-3) 2 2

Superior Exostoses (1-6) 2 3 2

Inferior Exostoses (1-6) 2 2

Posterior Exostoses (1-3) 2 2

Notes

New Skeleton

Procedures | Illustrations | Manual | Analyze

DOSPĚLÍ – Multifaktoriální přístup

- pokročilé statistické analýzy
- parametrická metoda - využívá změny/tranzice jednotlivých proměnných z 1 fáze do následující (př. kdy dochází k přechodu fáze IV do fáze V u pubické symfýzy)
 - ➡ s jakou pstí se vyskytuje v další fázi
- ➡ je to nějaké rozmezí věků, ve kterých u různých jedinců dochází k přechodu do vyšší fáze -> pokud je toto rozmezí známé -> můžeme vypočítat pst „náležitosti“ v určité fázi

Odhad věku u dospělých jedinců

DOSPĚLÍ

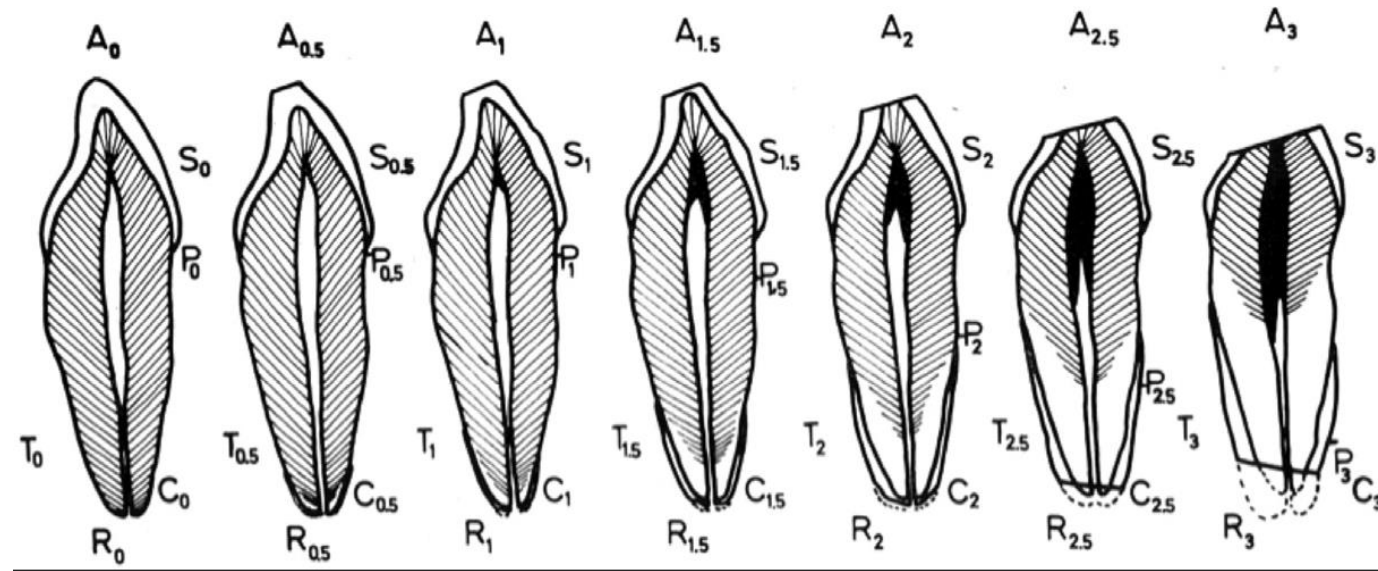
Dentice

- Dříve se hodnotilo opotřebení chrupu (tzv. dental wear)

ALE závislé na stravovacích návycích, stravě...

Morfologické hodnocení dentice

Gustafson 1950 – atrice (A), formace sekundárního dentinu (S), periodontální recese (P), apozice cementu (C), resorpce kořene (R), transparence (průsvitnost) kořene (T)



Johanson 1971

- nutný longitudinální řez a výbrus pro hodnocení některých ze znaků
- každé kritérium hodnoceno 0–3
- slabina – stejná váha všech znaků
- mnoho modifikací (Johanson 1971, Lamendin 1988, 1992, Kilián et al. 1981)



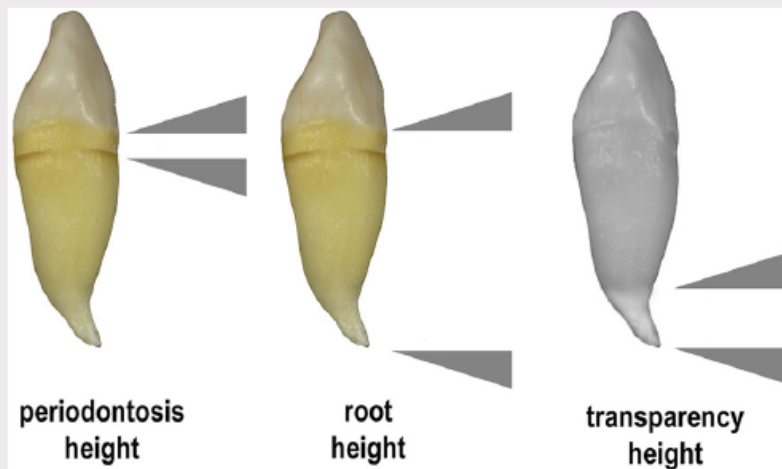
DOSPĚLÍ – Dentice

Lamendin 1988, 1992

- transparence kořene, periodontální recese
- modifikace Gustafsona
- Neinvazivní
- Vhodné pro jedince nad 40 let (transparence se vyvíjí později)

BOX 4.3.3 Steps for Age Estimation From Intact Teeth

1. Extract the tooth carefully.
2. Measure the periodontosis height (distance from the cemento-enamel junction to the periodontal attachment line; in skeletal remains this line is yellowish, and stain and dental calculus deposits may be found across its length).



3. Measure the transparency height (distance from the root apex to the maximum height of transparency; viewed under transmitted light).
4. Measure the root height.
5. Apply the following formula:
$$\text{Age (years)} = 0.18 \times P + 0.42 \times T + 25.53,$$

where $P = (\text{periodontosis height} \times 100) / \text{root height}$ and
 $T = (\text{root transparency height} \times 100) / \text{root height}.$

Note: All measurements are in millimeters.

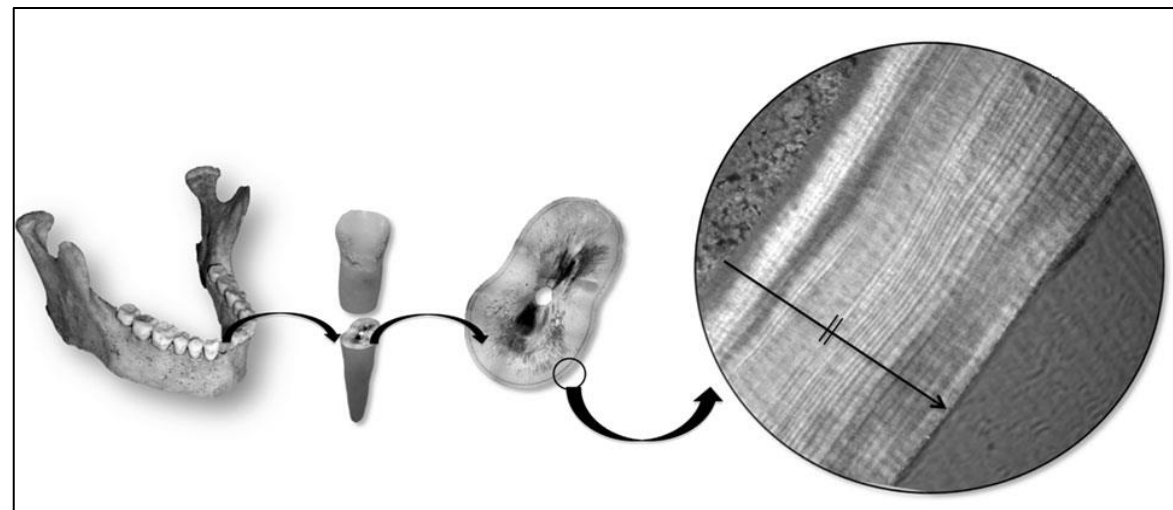
From Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Tavernier JC, Nossintchouk RM, Zerilli A. A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. Journal of Forensic Sciences 1992;37:1373–9.

Kilián et al. 1981

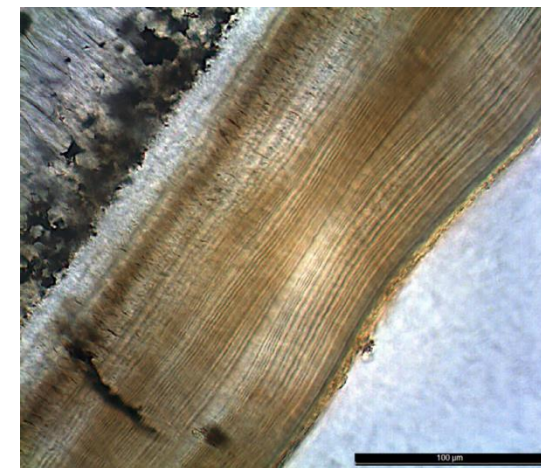
DOSPĚLÍ – Dentice

Cementochronologie

- Základem je pravidelná roční apozice cementu ke kořeni zubu (1 světlý a 1 tmavý proužek)
- Velmi dobrá korelace s CH věkem (0,927)
- Příčný řez, jednokořenné zuby
- **Součet proužků (1 rok = 1 tm + 1 sv) + průměrný věk erupce**
- Přesnost a spolehlivost klesá s věkem + klesá i čitelnost linií
- Destruktivní metoda; náročnější příprava vzorků
- Mechanismus, či vliv periodontálních onemocnění nebyl plně osvětlen
- Bertrand et al., 2019; ...



Princip přípravy vzorku v cementochronologii: jednokořenný zub, transverzální řez, incrementální linie v cementu. Upraveno podle (Colard et al., 2015).



Bertrand et al., 2019

Odhad věku u dospělých jedinců

Biochemické metody odhadu věku

Odhad věku u dospělých jedinců

1) Chemické metody

- a) Racemizace kyseliny asparagové

2) Molekulární metody

- a) Zkracování telomer
- b) Epigenetické modifikace (methylace DNA)

Chemické metody

Racemizace kyseliny asparagové

- L-aminokyseliny se s věkem mění na D formu
(to platí pro všechny metabolicky aktivní proteiny)
- U kys. asparagové je racemizace jedna z nejrychlejších
- Pro odhad věku se využívá poměr L a D forem
- Jedna z nejpreciznějších metod odhadu věku
- Nejvhodnější tkáň – **dentin**
silná korelace s věkem
+ dobře se dochovává
- Nelze použít u spálených pozůstatků (vliv teploty na racemizaci); pokud je dlouhý interval od smrti
- Vyžaduje zkušenosti, vybavení laboratoře, finance
- Chyba odhadu cca 1,5–4 roky

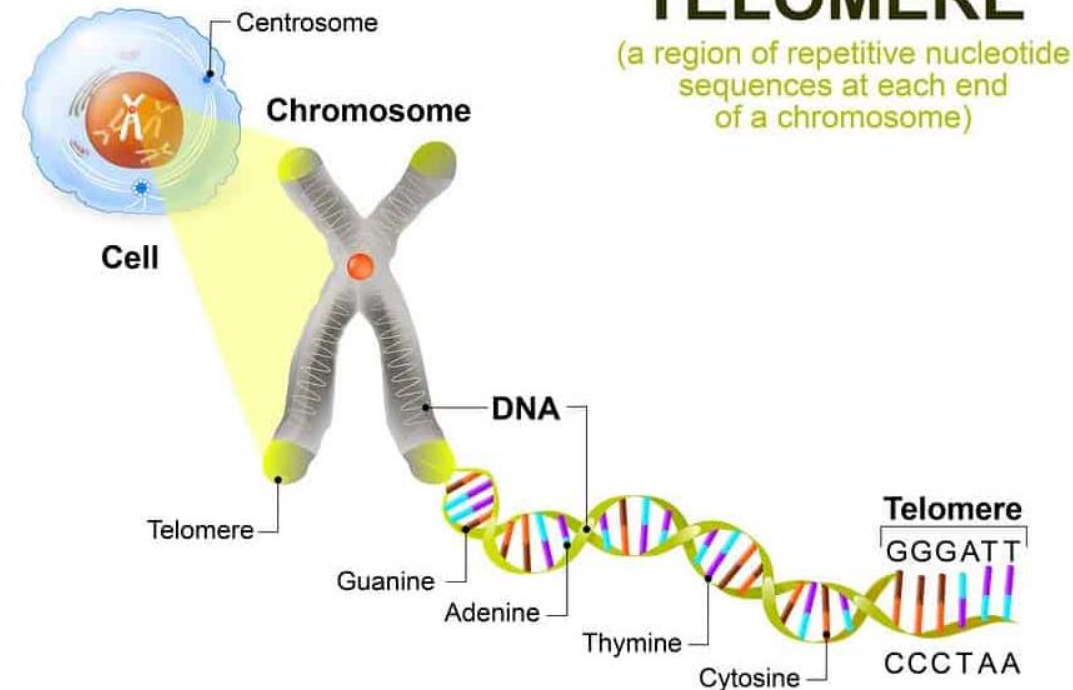
Racemizace

Přirozený proces, opticky aktivní látky se mění na opticky neaktivní

Molekulární metody

Zkracování telomer

- S každým dělením buněk se zkracuje délka koncových struktur chromozomů
- Nakonec se zkrátí tak, že další buněčné dělení už není možné
- Jejich fce – ochrana chromozomů před ztrátou kódujících sekvencí
- Při narození mají délku 15–20 tisíc párů bazí (sekvenční motiv TTAGGG)
 - Zkrácení při každém dělení o cca 50–100 pb
- Výsledky snah o nalezení korelace rozporuplné
- Chyba odhadu cca 7 let

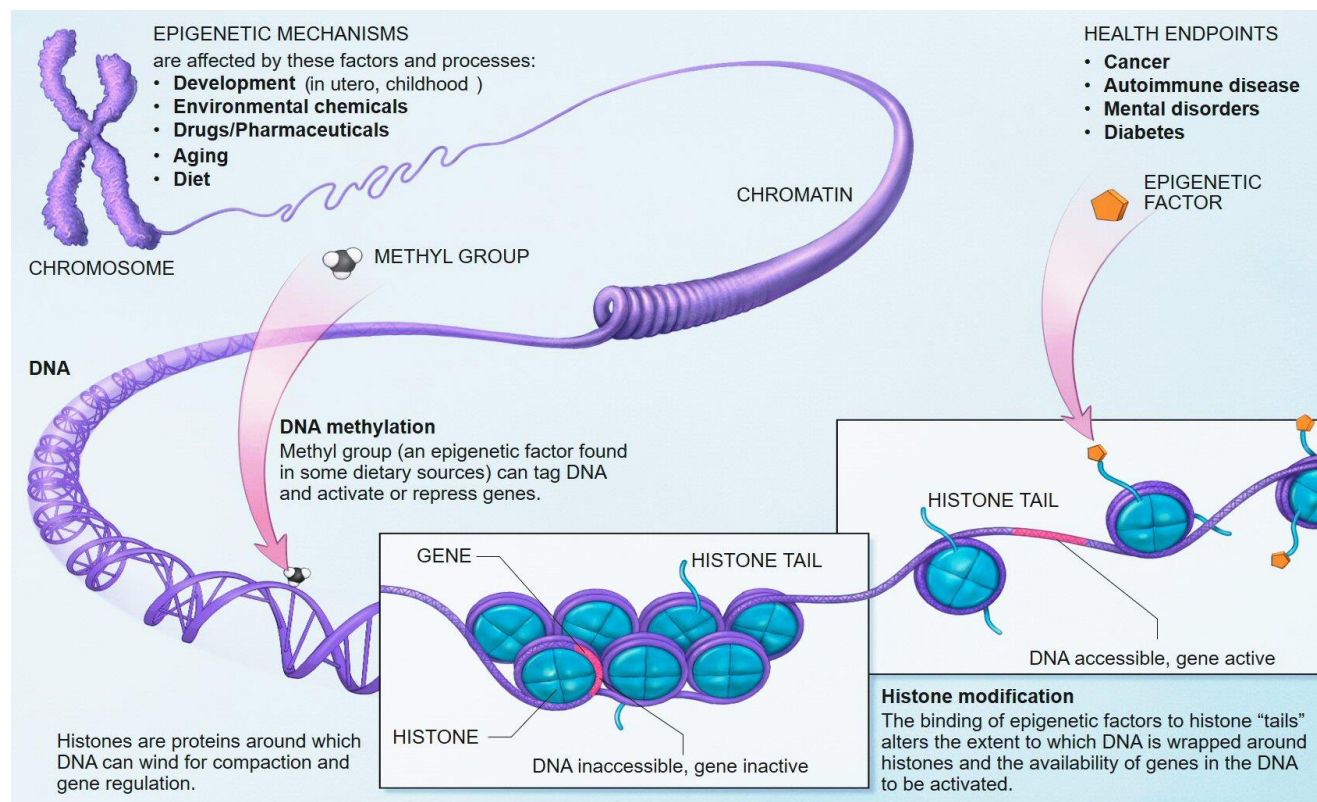


Molekulární metody

Methylace DNA

- Epigenetická modifikace
- Poměrně nový molekulární marker věku
- Vykazuje vysokou korelaci a nízké chyby
- Zkoumá se úroveň metylace specifických CpG ostrůvků lokalizovaných na určitých genech
- Nejpresnější výsledky zubní dřev (chyba **2,25 let**), zubní cement (chyba 2,45 let)
- Sliny, krev chyba cca 5 let
- Náročné na přípravu, vybavení, finance
- Využitelnost v kriminalistické praxi, forenzní antropologie

CpG - Dinukleotid akumulovaný často v oblasti promotoru



DŮLEŽITÉ BODY

- Degenerativní změny – vysoce variabilní, ovlivněné mnoha faktory
- Jeden indikátor nemůže postihnout celý život jedince
 - ➔ zapojit více indikátorů, zohlednit věkové rozmezí, kde o věku vypovídají (hierarchizace indikátorů) – otázka je, jak je kombinovat
 - Př. pubická symfýza o věku vypovídá max do 40 až 45 let
 - ➔ pak je třeba využít jiných indikátorů
 - Acetabulum by mohlo být vhodné pro jedince starší 60 let
- Lebeční švy – nespolehlivé – nepoužívat!
- Vizuální metody – vždy subjektivní, rozvoj metod kvantifikujících povrch kloubních plošek může přinést nové poznatky
- V současnosti přesný a spolehlivý odhad cca do 3 věkových skupin (př. <30 let, 30–60 let, 60+)
- Problém odhadu především u starších osob

DŮLEŽITÉ BODY

- Odhad věku nikdy není jedno číslo

Ve forenzním kontextu vyžadován vždy interval s uvedením psti. náležitosti

- V US legislativě platí tzv. **Daubertova kritéria**

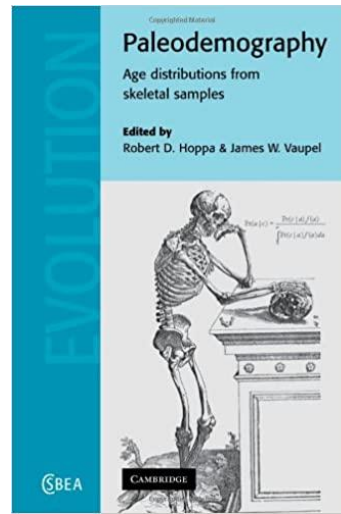
Použité metody musí být **testované, testovatelné, všeobecně přijímané vědeckou komunitou (prošly peer review, publikace v uznávaných časopisech), jejich přesnost musí být známa, musí být spolehlivé**

(vychází z případu Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc. (1993))

- 2. milník tzv. Rostocký manifest – cílem integrovat biostatistické přístupy (Bayesovský přístup) do paleodemografických analýz, hl. odhad věku

➔ vliv i na forenzní antropologii

- „slibné“ metody – např. cementochronologie, methylace DNA



DOPORUČENÁ VIDEO

- ODHAD VĚKU NEDOSPĚLÝCH

<https://www.youtube.com/watch?v=g8w-IKUFoSU&list=PLV8Xi2CnRCUm0QOaRfPuMzFNUVxmYIEiV&index=4&t=0s>

- ODHAD VĚKU DOSPĚLÝCH

<https://www.youtube.com/watch?v=D4PGqxGWCT0&list=PLV8Xi2CnRCUm0QOaRfPuMzFNUVxmYIEiV&index=5&t=0s>

Youtube kanál Vanessi Campanacho -

<https://www.youtube.com/channel/UCqyapR19Way4UyoISP6R-iA/videos>

Něco navíc

Případ Daubert vs Merrell

<https://www.youtube.com/watch?v=JnjmNCstCjw>

Většinu uváděné literatury mám v pdf, pokud máte o něco zájem, pište!