

# Evoluce lidského skeletu

## Jak se formoval skelet rodu Homo

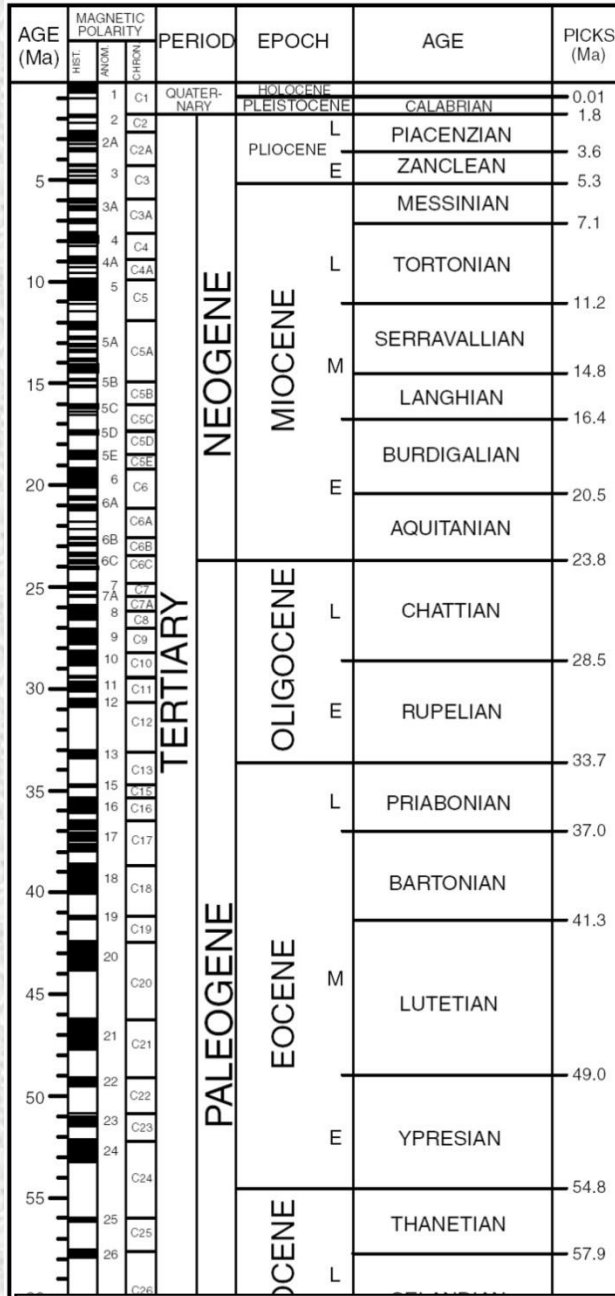


**Doc. Václav Vančata**

*katedra biologie a ekologické Ped F UK*

# Základní období třetihor a evoluce primátů

**Archonta** jsou polyfyletickou skupinou. Letouni nejsou příbuzní primátů ani poletuch a tan (*Tupaidae*)  
 Novou skupinu **Euarchota** tvoří primáti, tany a poletuchy



**Homo**

**Hominidae**

**Dryopithecidae**

**Hominoidea**

**Hominidea**

**Platyrrhina/Catarrhina**

**Anthropoidea a Tarsiiformes**

**Purgatorius a vznik primátů ve svrchní křídě**

**Archiprimates a Euprimates**

# Znaky typické pro primáty

## Znaky charakterizující řád *Primates a euprimáty:*

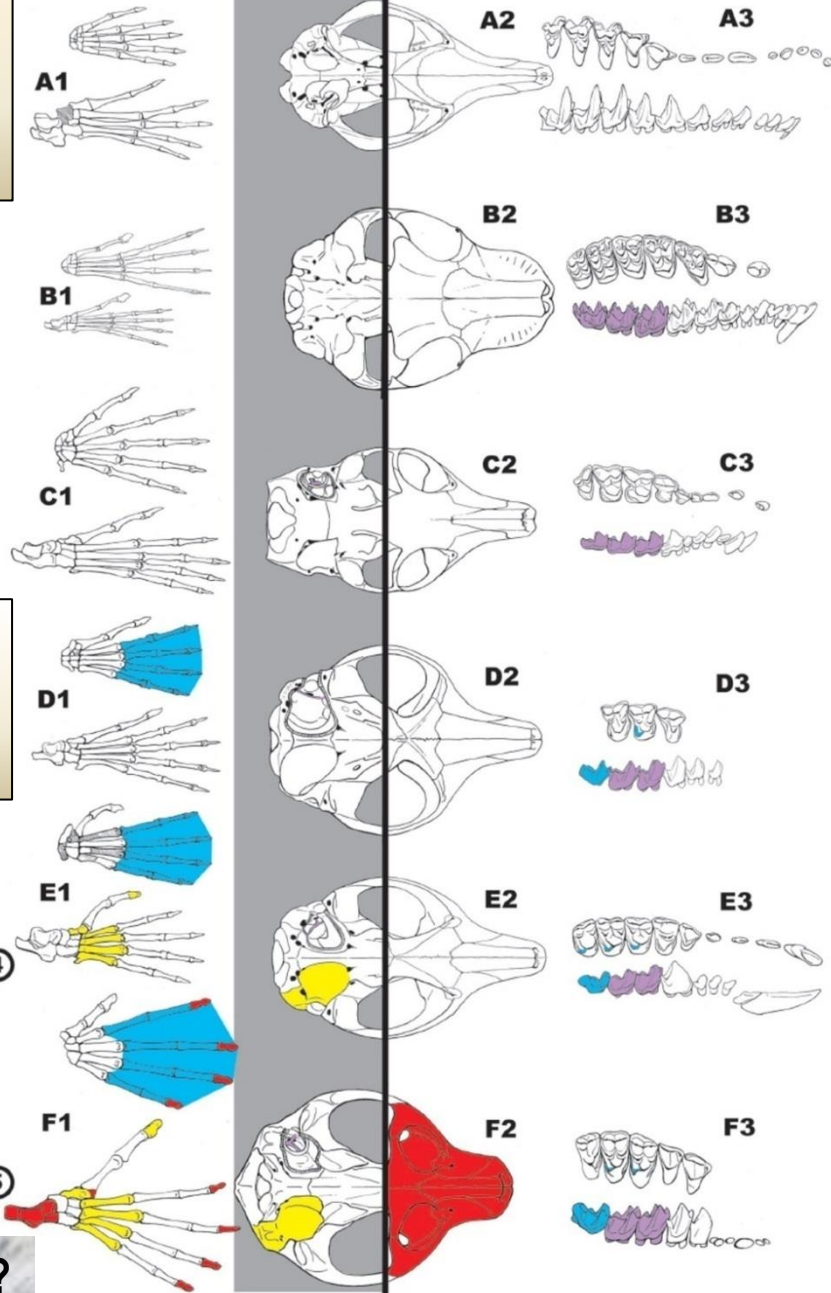
- 1. Prodloužený třetí molár se současným zvětšením hypoconulidu;
- 2. postprotocingulum na horních molárech,
- 3. Prodloužení článků prstů ruky

### U euprimátů k tomu vzniká

- I. Prodloužení tarzů,
- II. Zvětšení processus peroneus na prvním metatarsu (halluxu),
- III. Dopředu směřující alespoň částečně uzavřené orbity a krátké splanchnocranium.

## Archaičtí savci předci primátů

### Nejstarší archaičtí křídoví primáti



Nehty až u euprimátů ?

# Archiprimáti - *Plesiadapiformes*



FIGURE 11.9 Reconstruction of a scene from the late Paleocene of North America showing several plesiadapiforms. A small group of *Plesiadapiformes* feeds in a tree, and *Ignacius* feeds on exudates from the trunk. A small *Ptilodus* subsisting feeds on nectar in a bush. On the ground, *Chiroprobus* which chews on a seed, and a small microscopid grasps its prey.

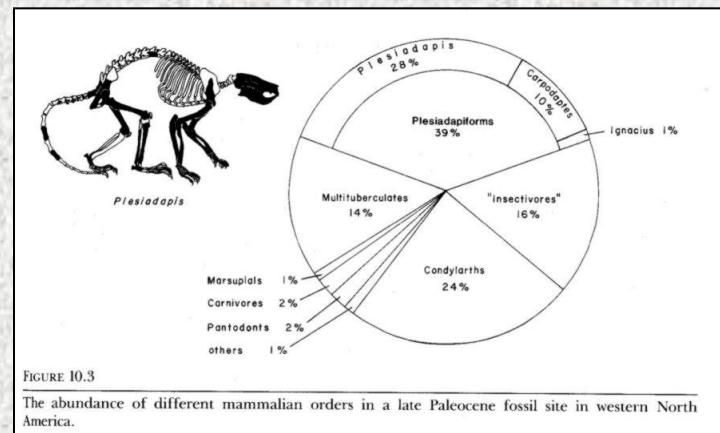
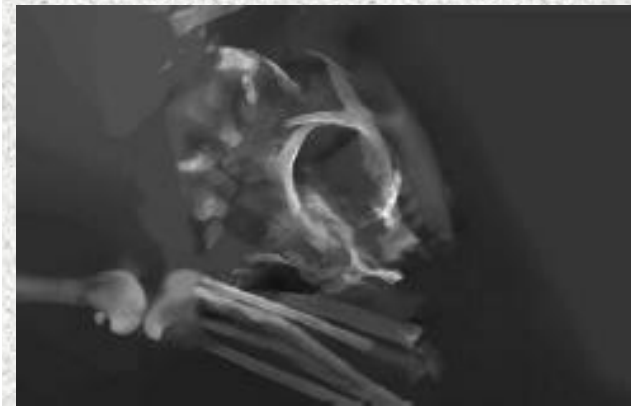
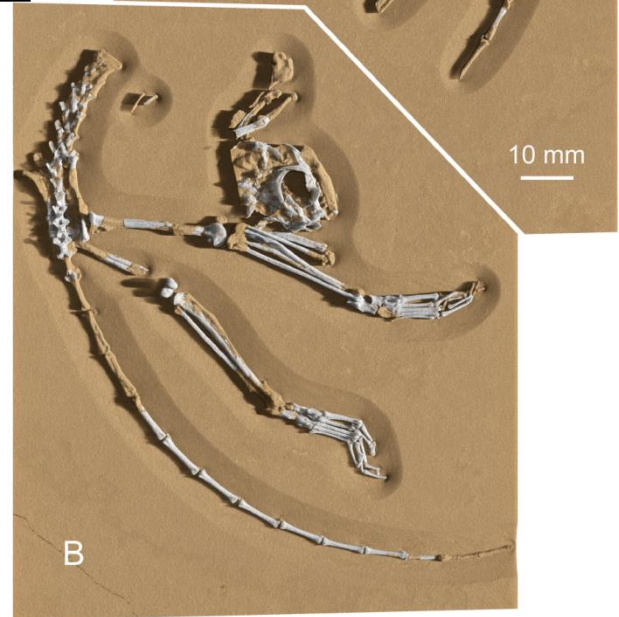
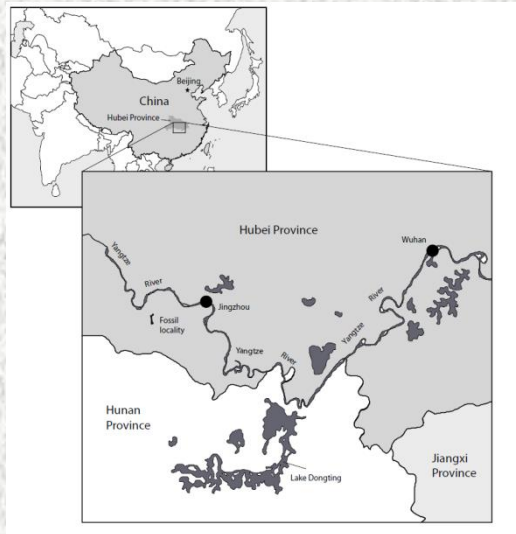
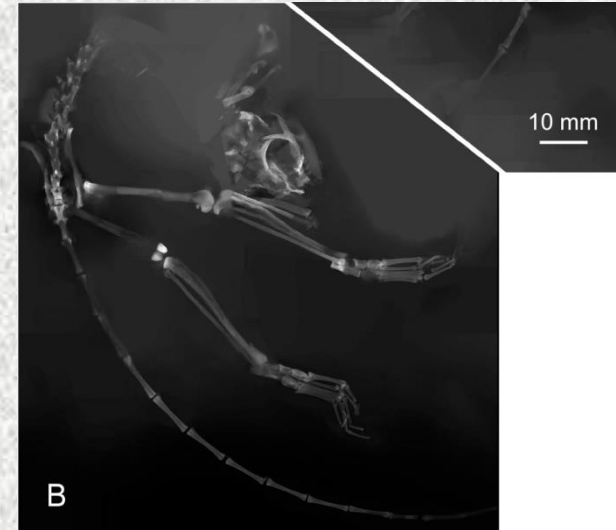
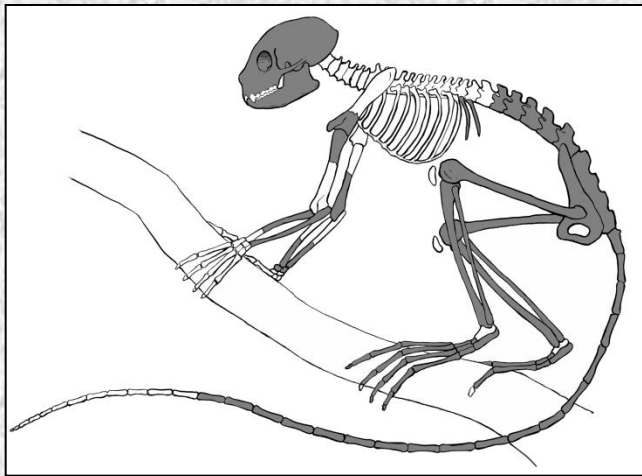


FIGURE 10.3

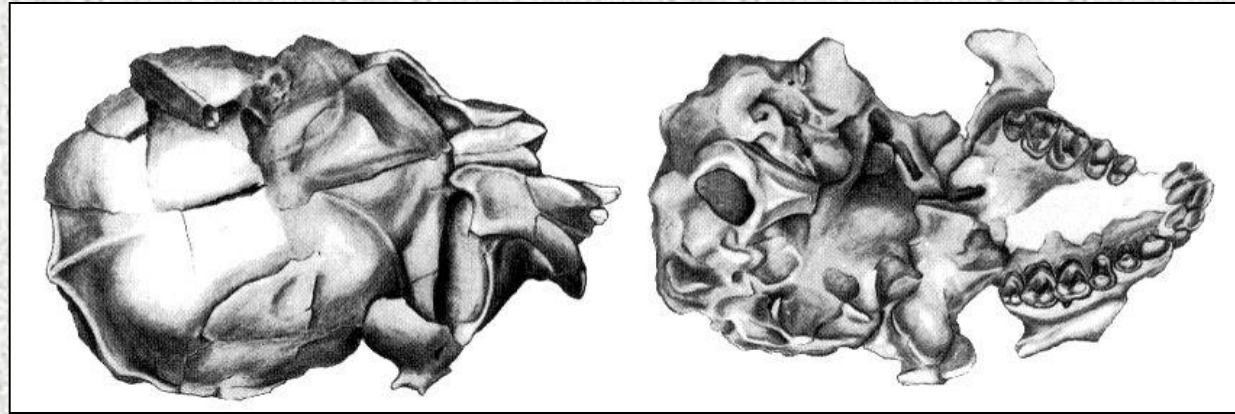
The abundance of different mammalian orders in a late Paleocene fossil site in western North America.

# *Archicebus achilles* - antropoid

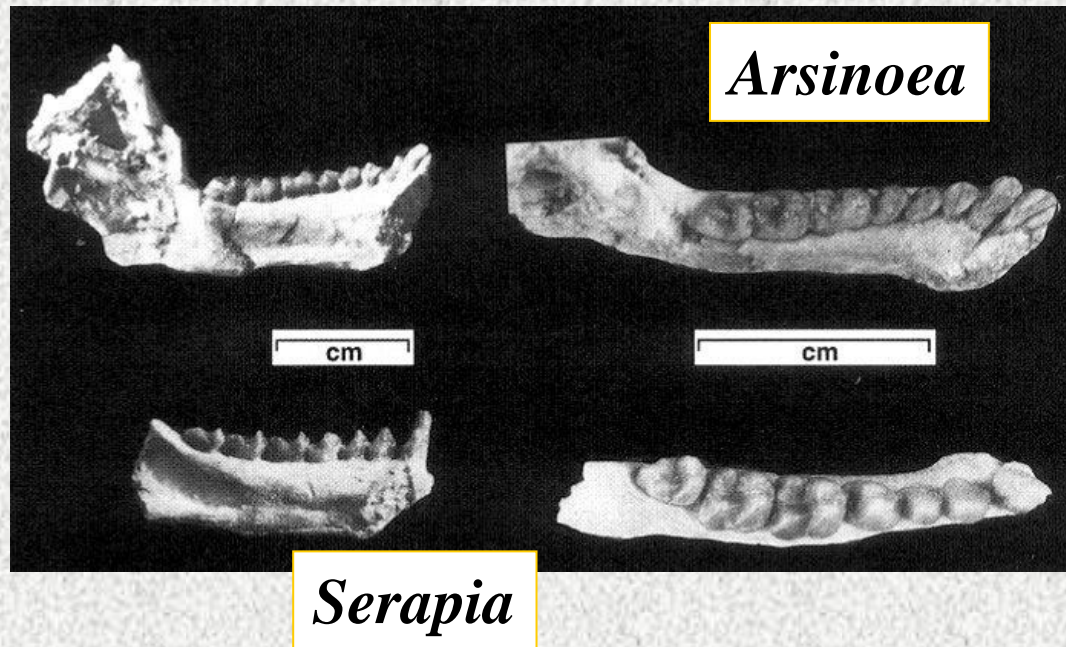
## 55 milionů - Čína



# Eocénní *Anthropoidea* - Fayum

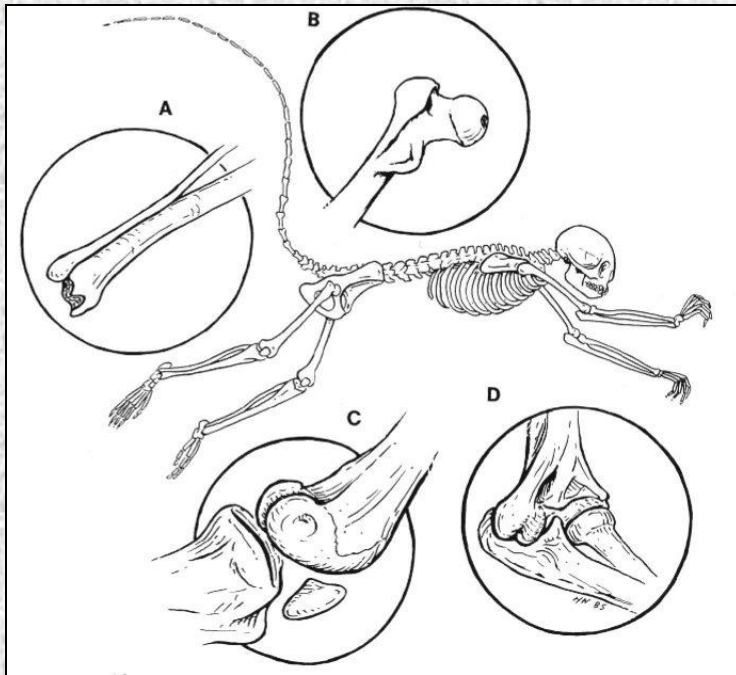


*Catopithecus*



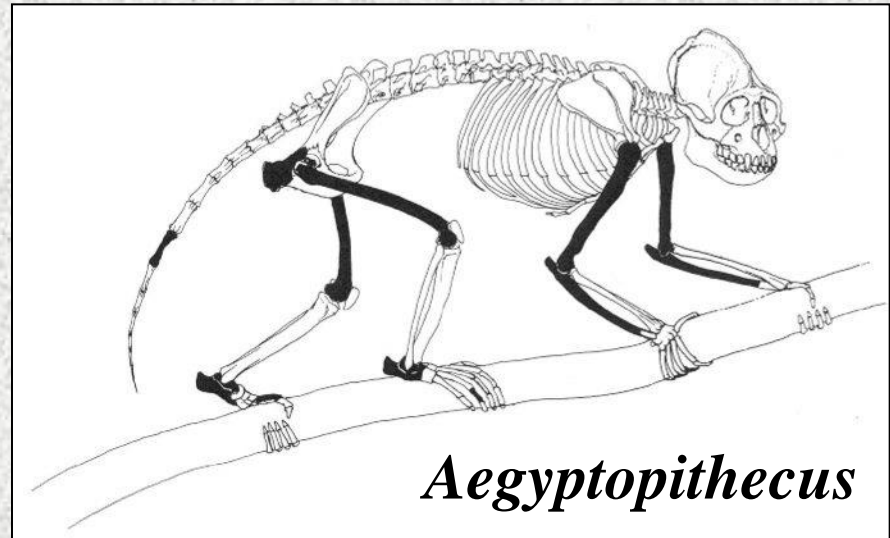
# Adapidae a první zástupci nadčeledi Hominoidea

## Parapithecoidea čeleď Parapithecidae

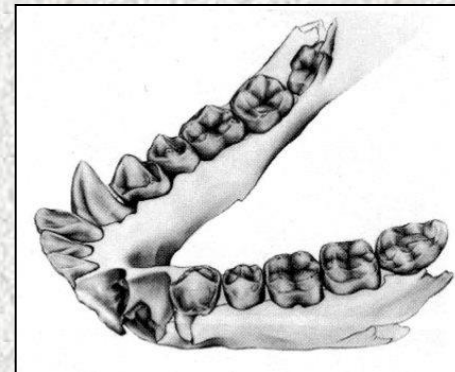


*Apidium*

## Hominoidea čeleď Propliopithecidae



*Aegyptopithecus*

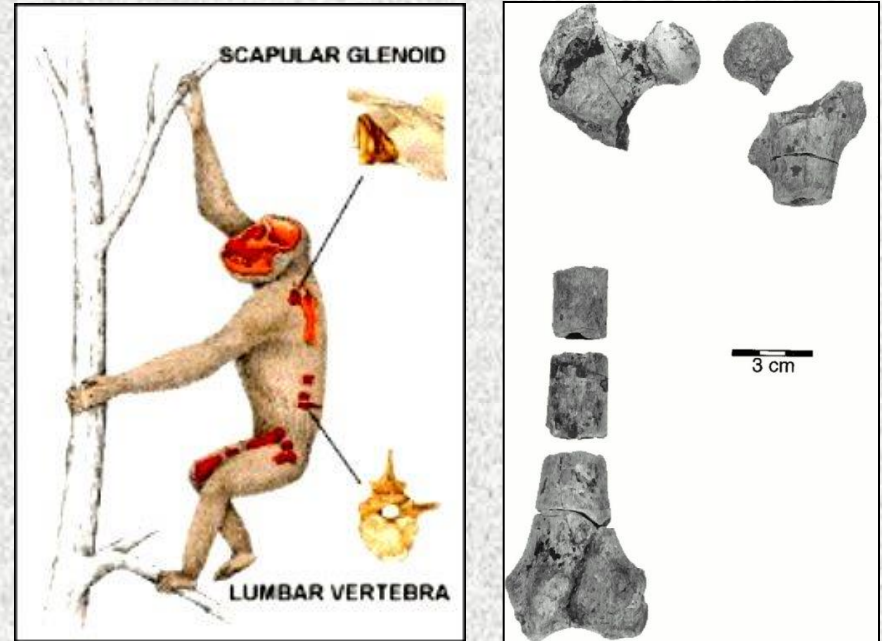
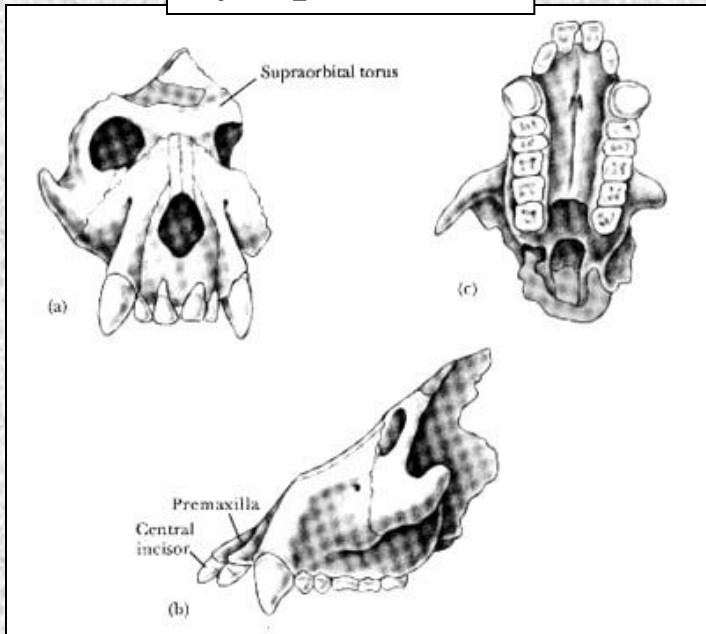


*Propliopithecus*

# Tribus *Afropithecini*

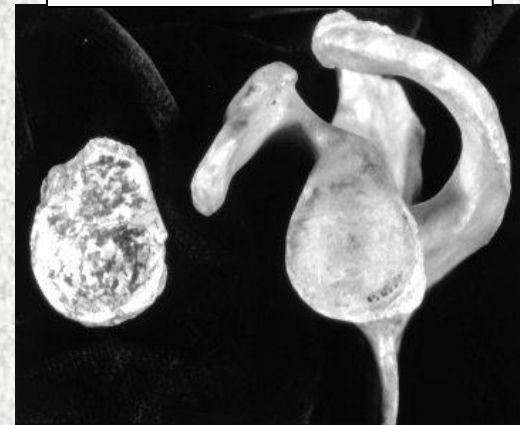
Raní afropitéci - kombinace archaických a moderních znaků

## *Afropithecus*



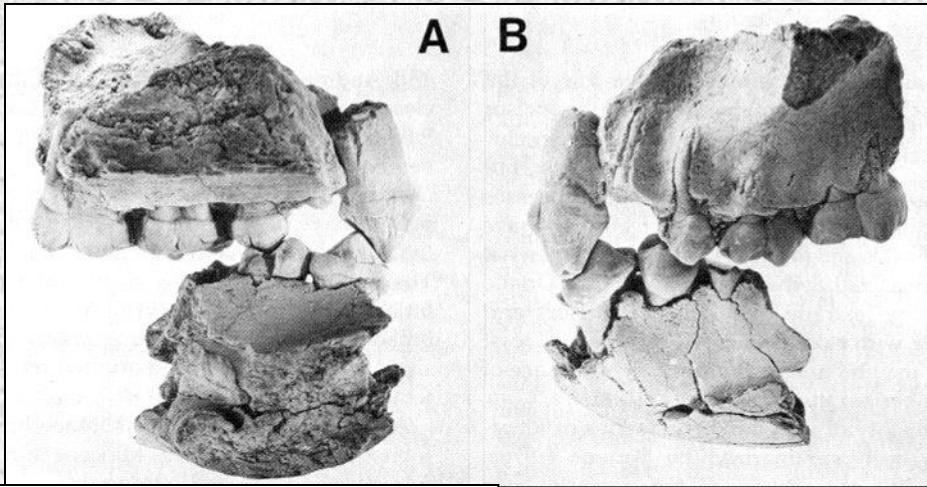
## *Morotopithecus*

Raní afropitéci mají podivuhodnou kombinaci archaických, propliotékům podobných znaků, a poměrně velmi moderní morfologie premolárů a molárů

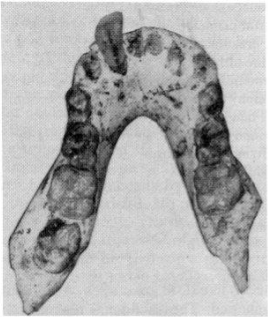




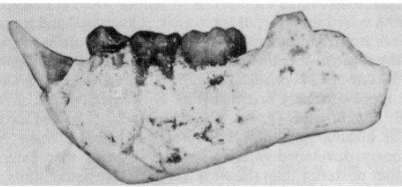
# Kenyapitéci



*Kenyapithecus wickeri*

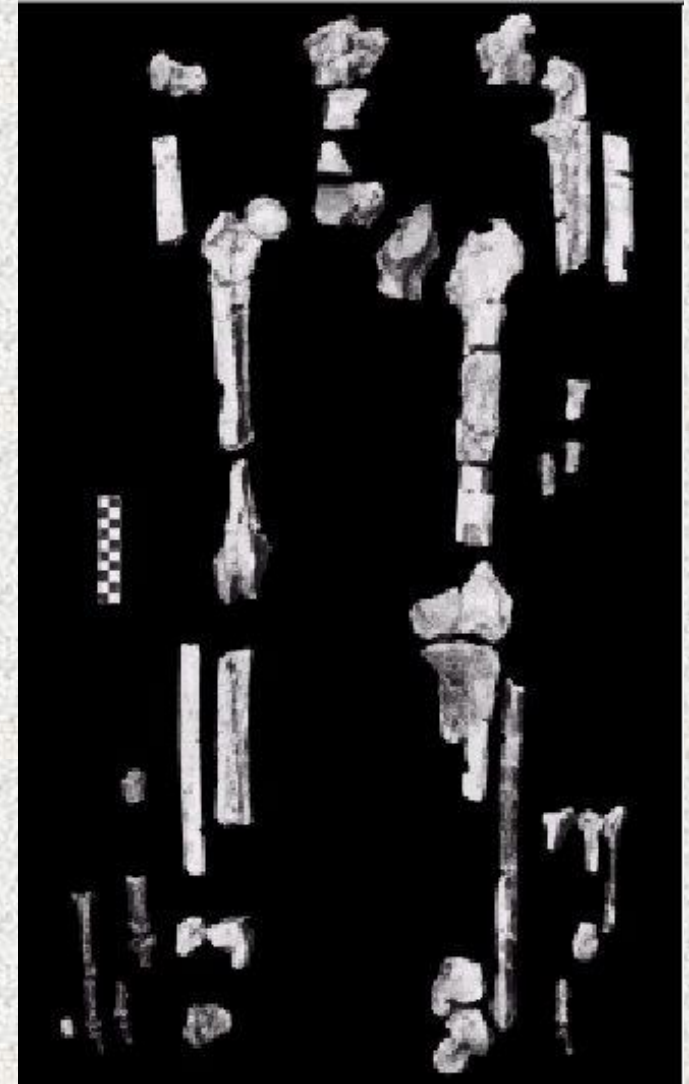


0 2  
cm



0 2  
cm

- Kenyapitéci jsou nejstarší skupinou dryopitékovitých, s mnoha starobylými znaky podobnými rodu *Equatorius*.
- V mnoha případech je jejich taxonomie nejasná, ale je již patrná diferenciací končetin a progresivní změny na chrupu
- Jejich nejbližší příbuzný je *Griphopithecus* ze středního miocénu Evropy a záp. Asie.



*Kenyapithecus (Nacholapithecus)*

# *Oreopithecus* - bipedie ??

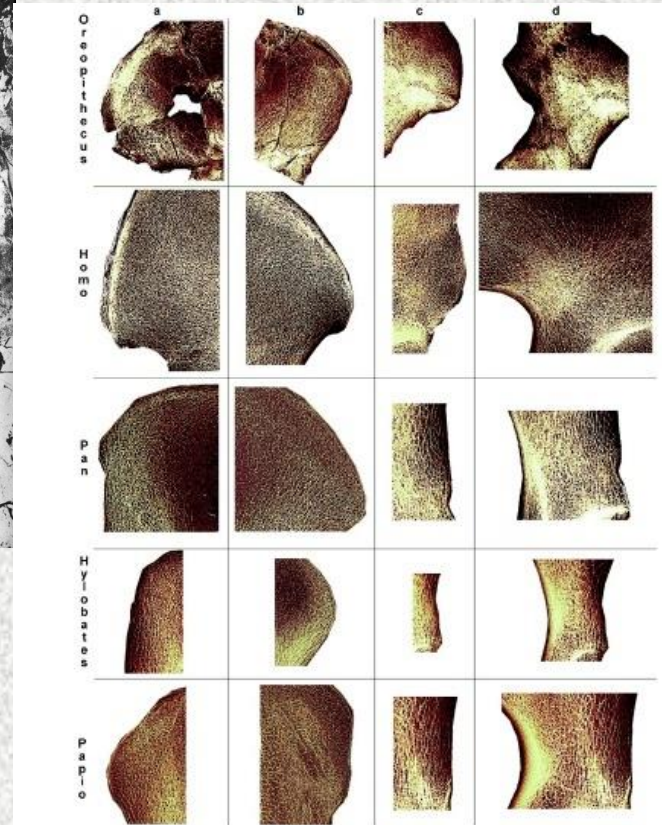
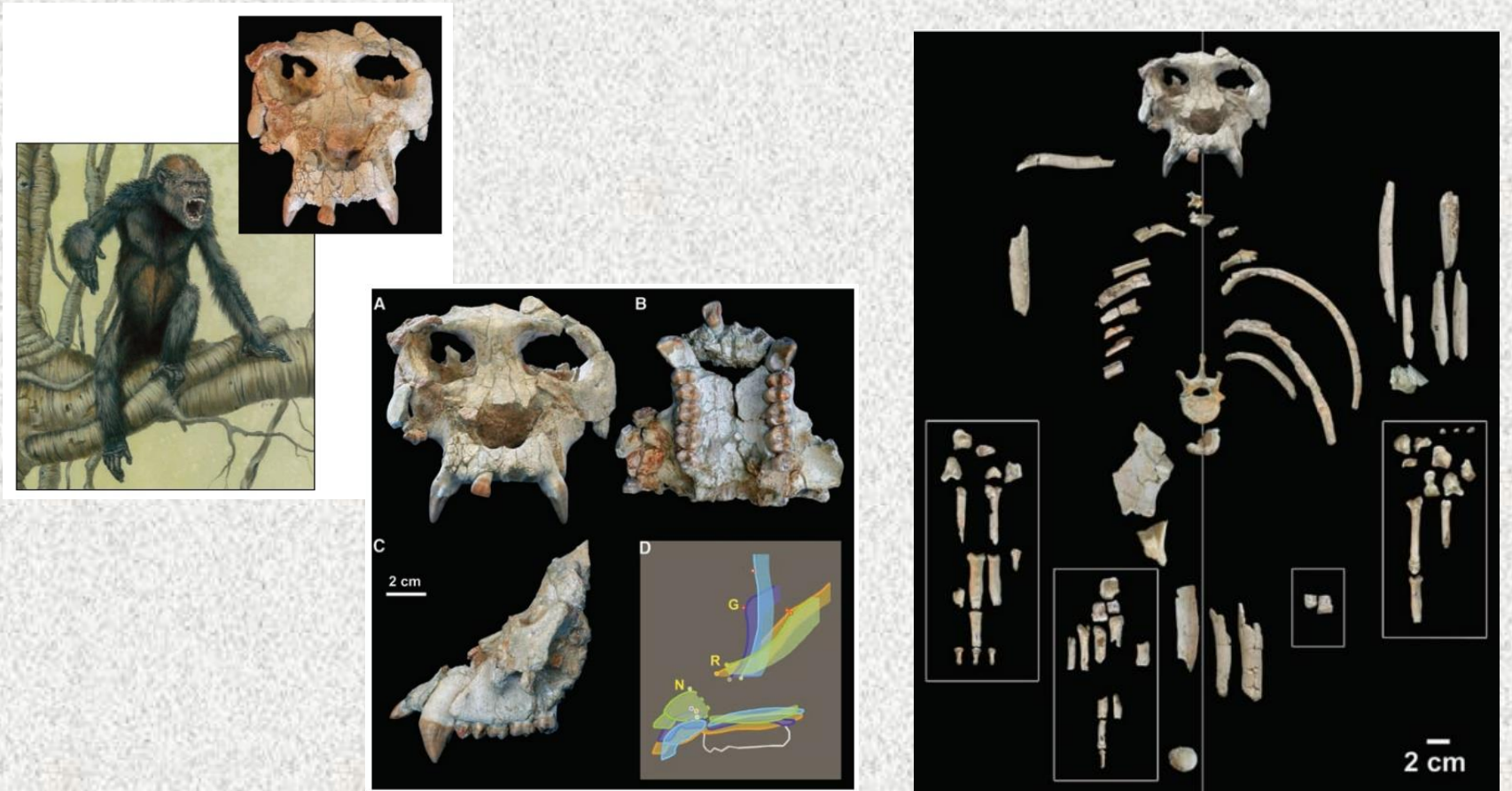


FIG. 5. Comparative site-specific structural morphology of the hip bone in *Oreopithecus* (IGF 11778), *Homo* (SCR 352), *Pan* (PVA 2706), *Australopithecus* (AIZIU 1726), and *Papio* (AIZIU PAL 309). Iliac blade posterosuperior margin (a), anterosuperior margin (b), anteroinferior margin (c), and supraacetabular area (d) are shown. Because specimens are not reproduced to scale, the sizes of the trabecular mesh are not directly comparable.

# *Pierolapithecus catalaunicus*

ze středního miocénu je praprapředek homininů Evropy,  
Afriky i Asie



# Dryopitéci - hominidé před hominidy

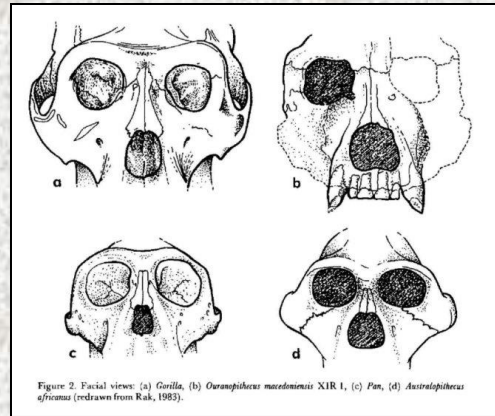
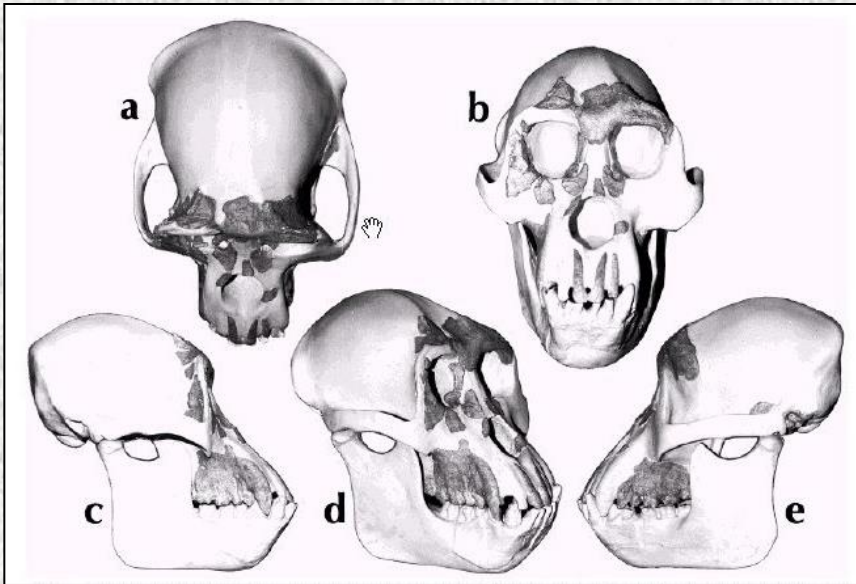
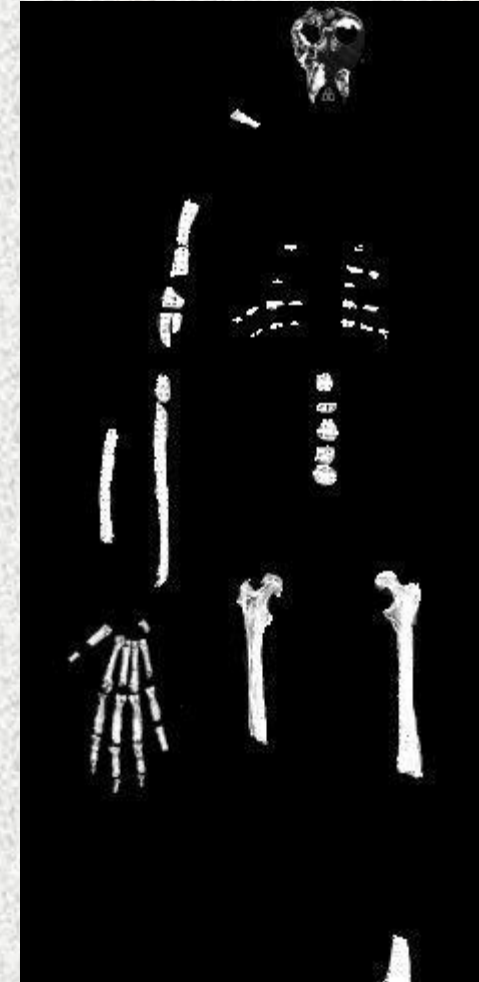
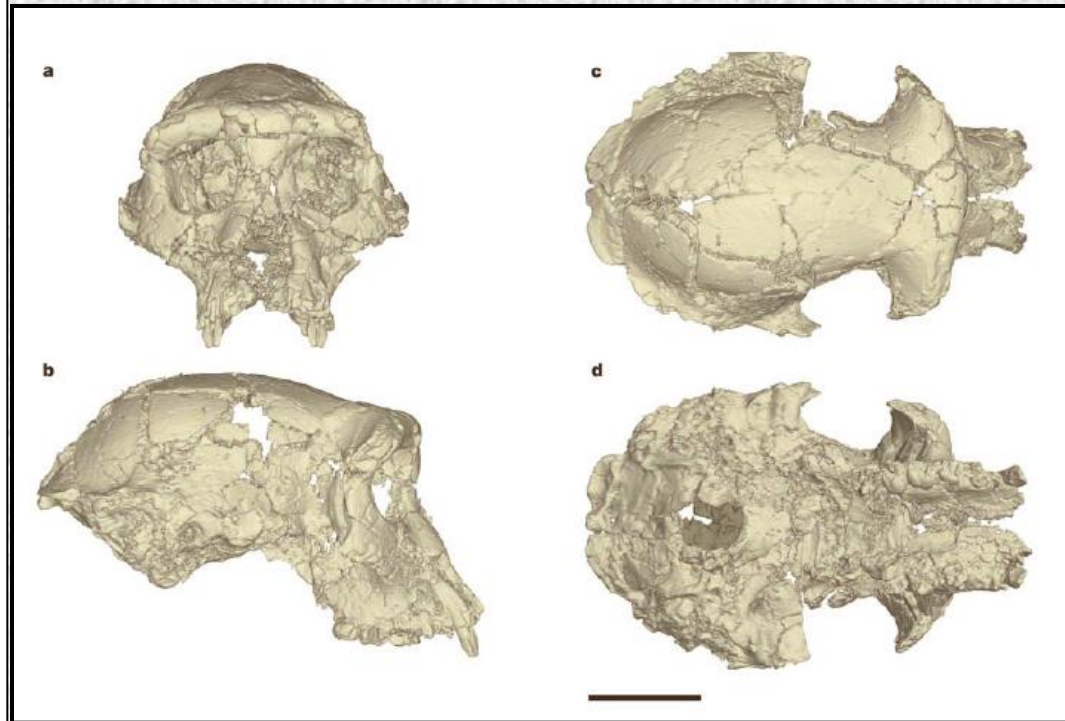
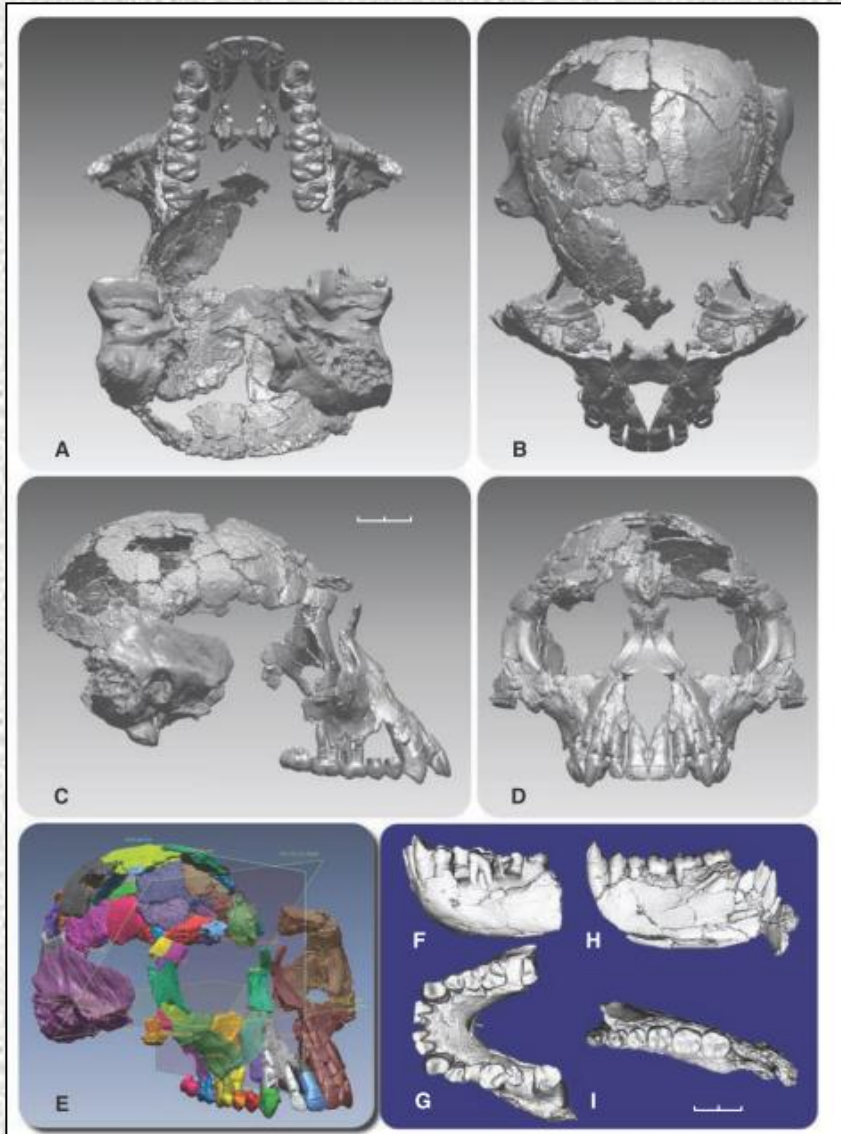
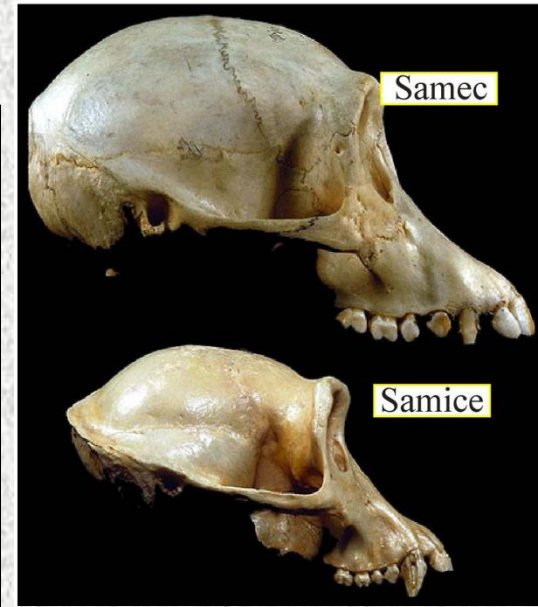
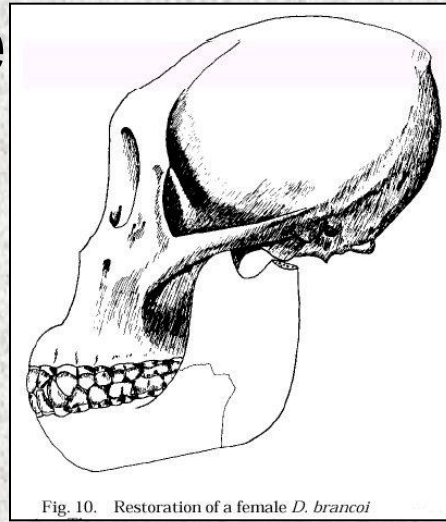


Figure 2. Facial views: (a) *Gorilla*, (b) *Orrorinipithecus macedoniensis* XIR 1, (c) *Pan*, (d) *Australopithecus africanus* (redrawn from Rab, 1993).

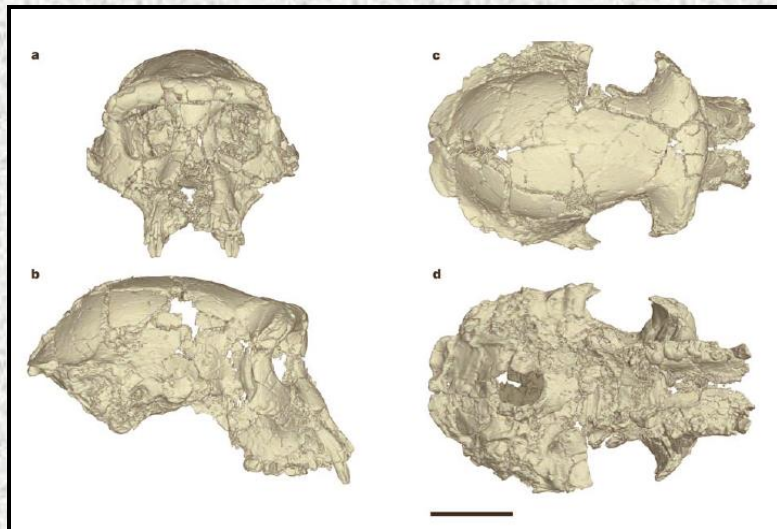
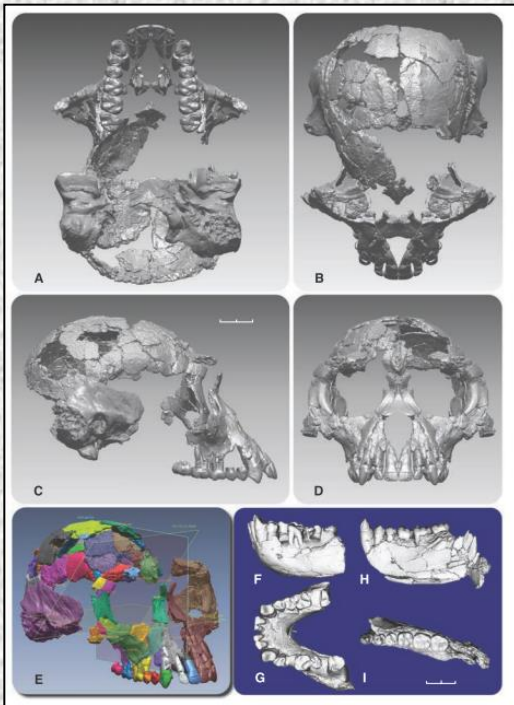
Dryopitéci měli velký mozek  
podle 3D rekonstrukce samice - 320 cm<sup>2</sup>  
Měli diferencovanou funkci končetin  
*D. laietanus* měl velmi dlouhé paže  
a velké ruce jako orangutani  
Stejně jako *Orrorinipithecus* měli již některé  
znaky na lebce i skeletu podobné hominidům



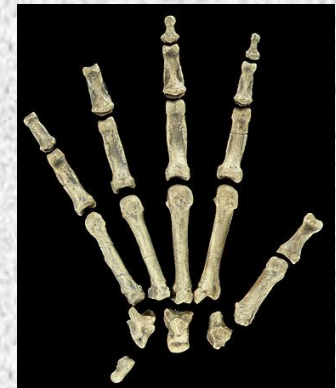
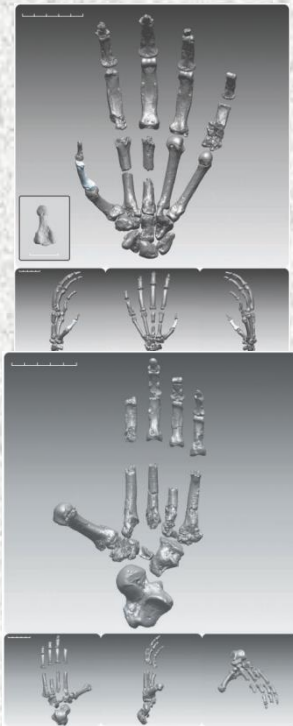
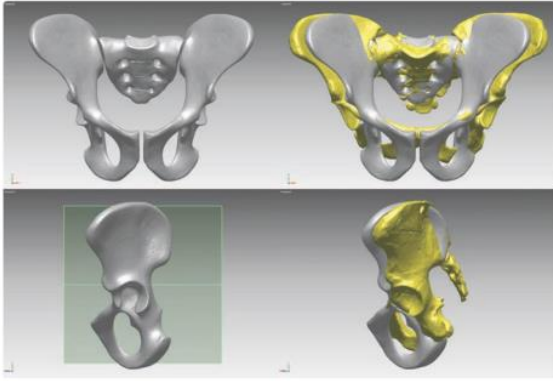
# Porovnání lebky ardipitéka, sahelantropa a šimpanze

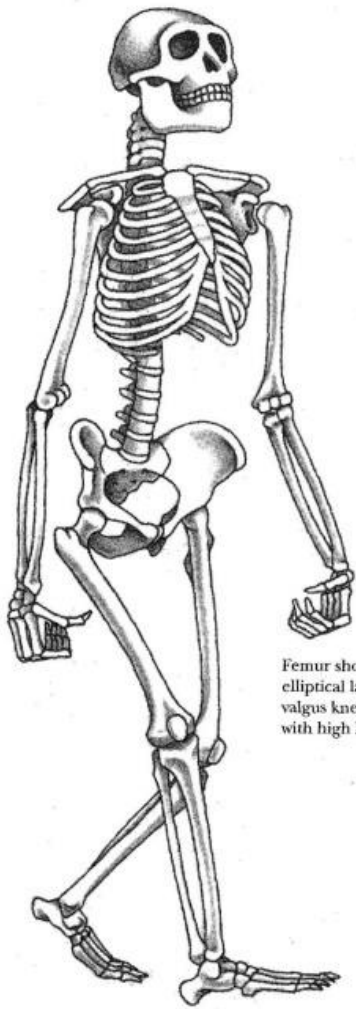


# Porovnání lebky archaických homininů a australopitéků



# Srovnání ardipitéka a australopitéků





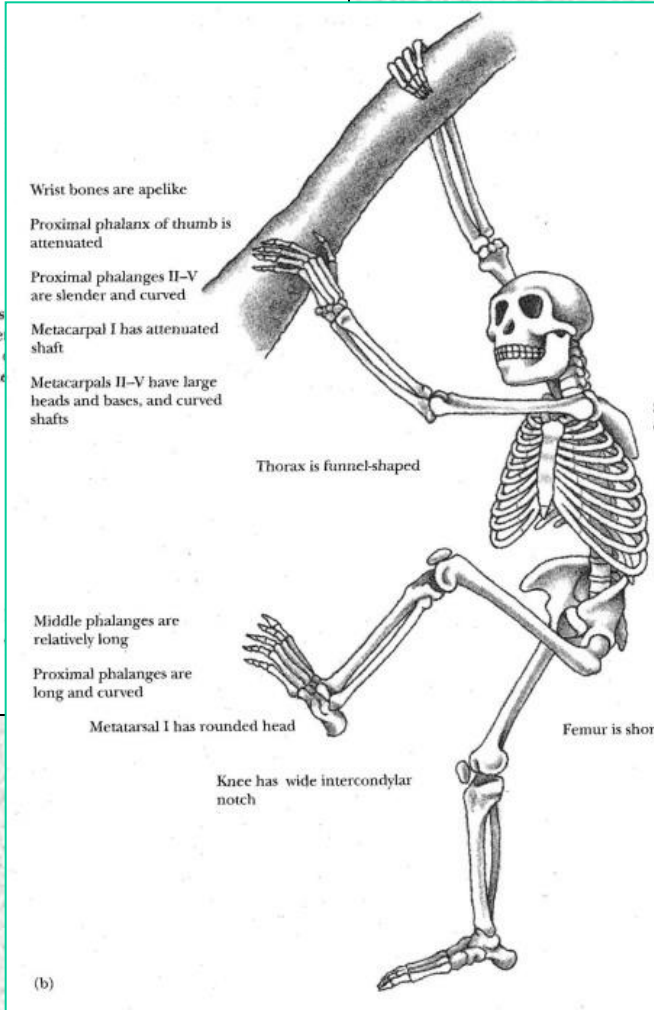
Sacroiliac and hip joints are close together

Pelvis has low, broad ilium, anteriorly rotated iliac blades, robust anterior iliac spines, and distinct sciatic notch

Femur shows elliptical late valgus knee, with high late

Heel bone (calcaneus) is large

(a)



Wrist bones are apelike

Proximal phalanx of thumb is attenuated

Proximal phalanges II-V are slender and curved

Metacarpal I has attenuated shaft

Metacarpals II-V have large heads and bases, and curved shafts

Thorax is funnel-shaped

Middle phalanges are relatively long

Proximal phalanges are long and curved

Metatarsal I has rounded head

Knee has wide intercondylar notch

Femur is short

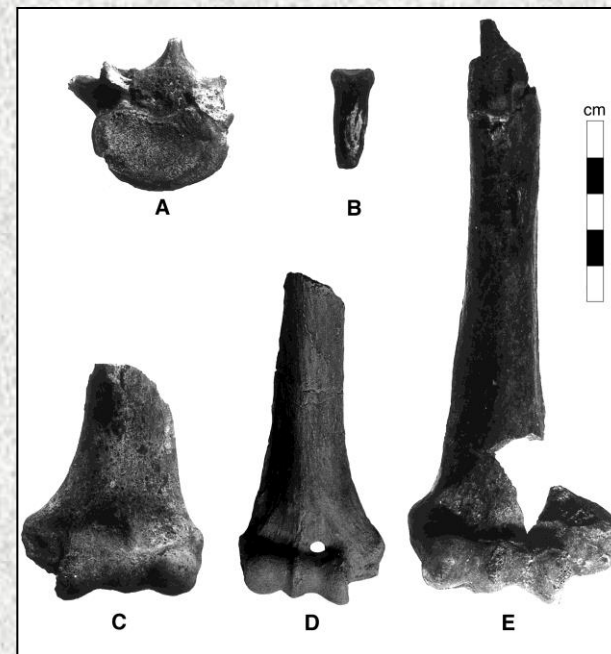
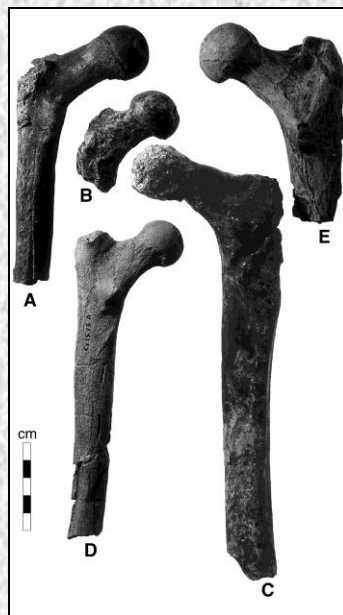
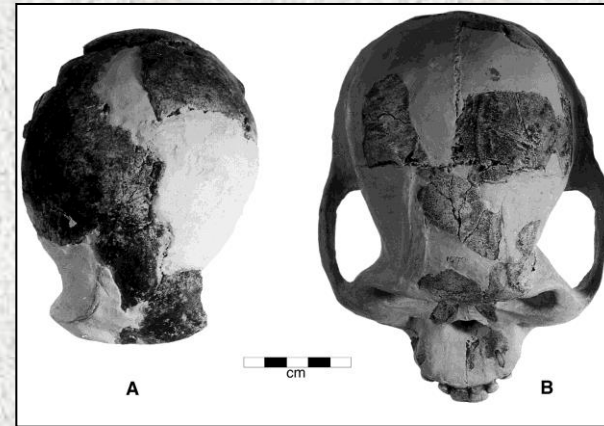
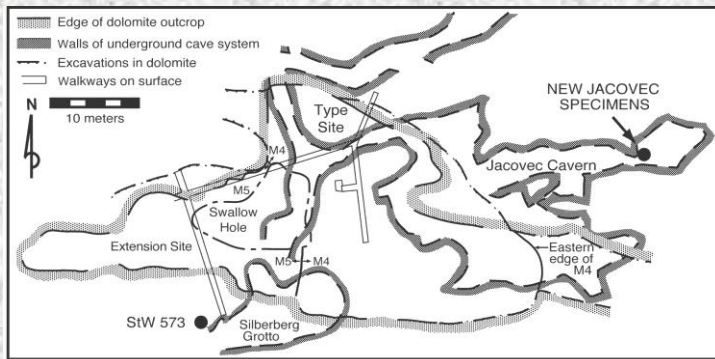
(b)



(M.A. Park 1996:186)



# Sterkfontain - Jacovec - 4,2 milionu let na skeletu neexistují žádné znaky související se šplháním



# AL 333-160 *A. afarensis* - 3.2 milionu let archaičtí australopitéci byli jednoznačně bipední

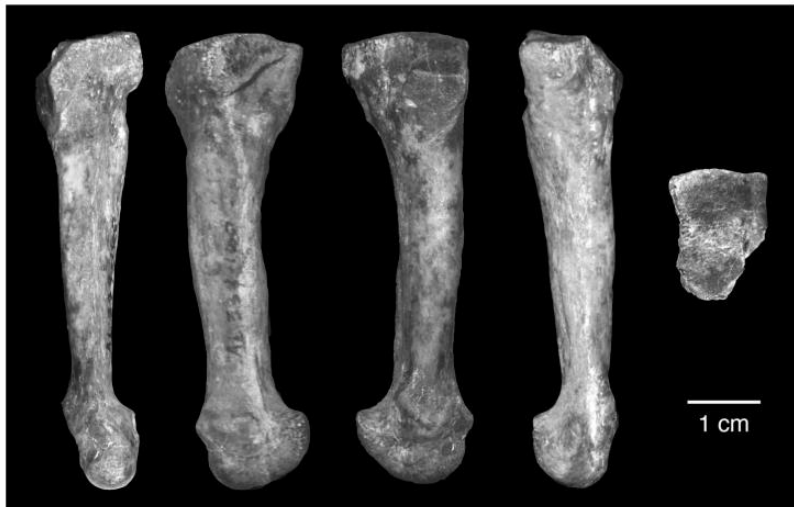
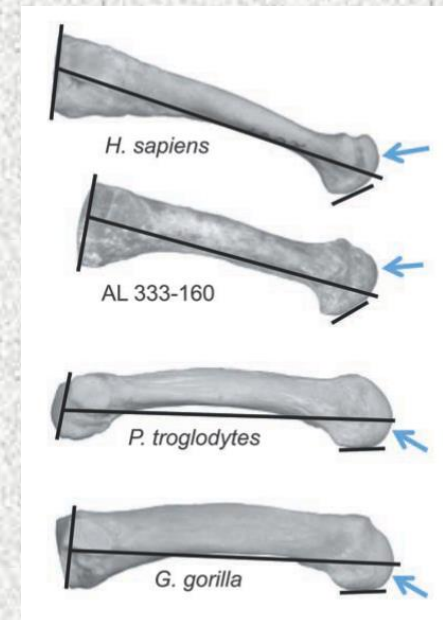
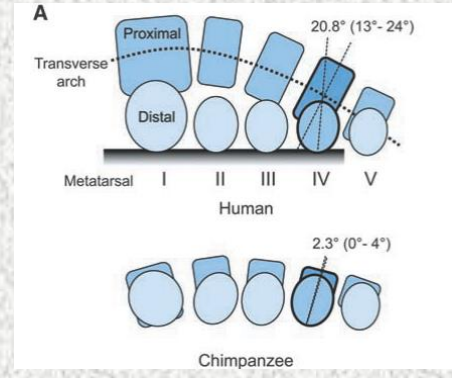
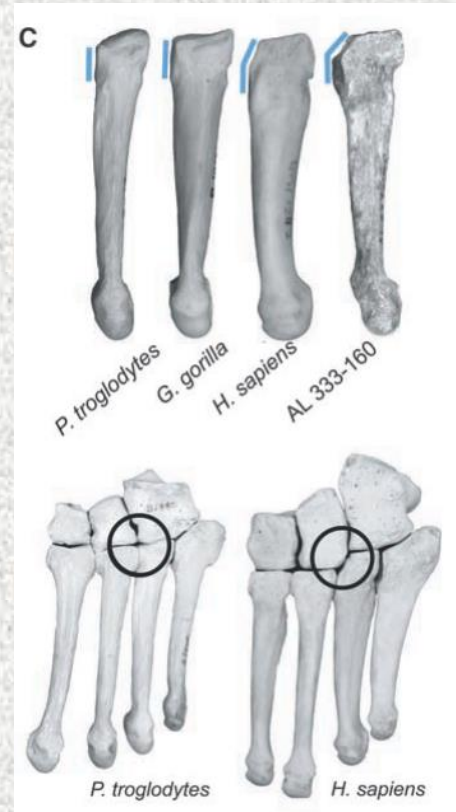
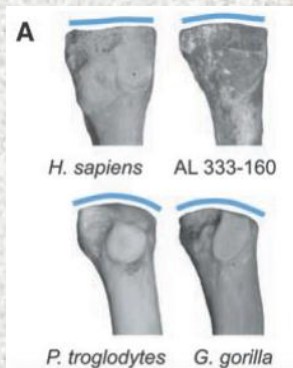


Fig. 1. AL 333-160 left fourth metatarsal in dorsal, lateral, medial, plantar, and proximal views.



# Skelet KSD-VP-1/1 - *A. afarensis*

## Woranso-Mille, Ethiopia - 3.58 Ma



Fig. 1. Anatomically arranged elements of KSD-VP-1/1. A list of all elements is provided in *SI Appendix*, Table S1.

Výška postavy – 153 – 157 cm

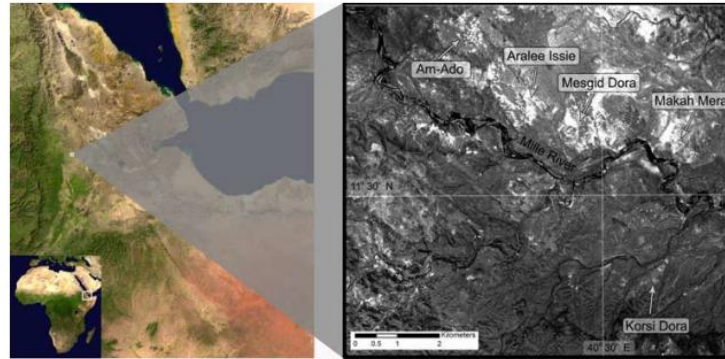


Figure S1. Satellite imagery location map of the Woranso-Mille study area. Korsi Dora is the locality where the partial skeleton (KSD-VP-1/1) was found. Other fossil collection areas are indicated.

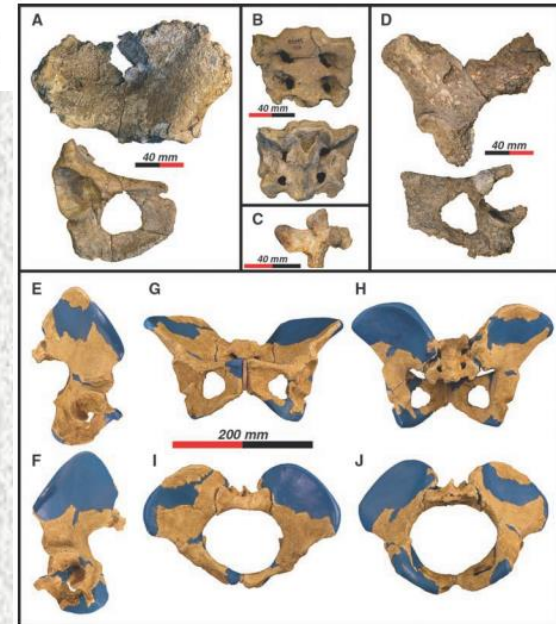
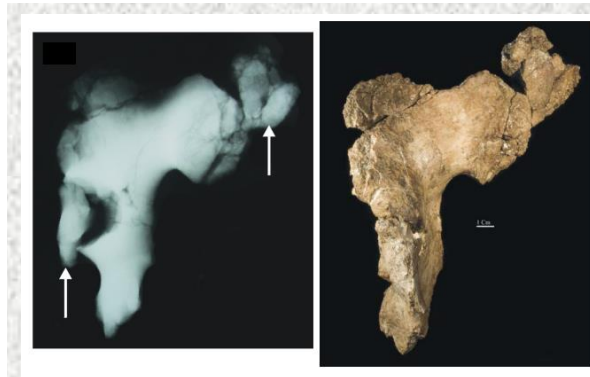


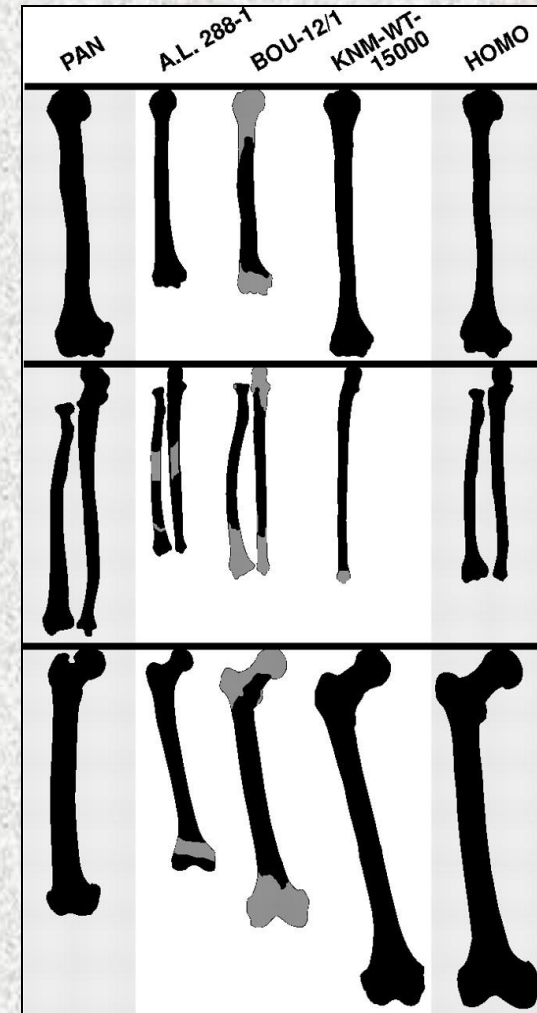
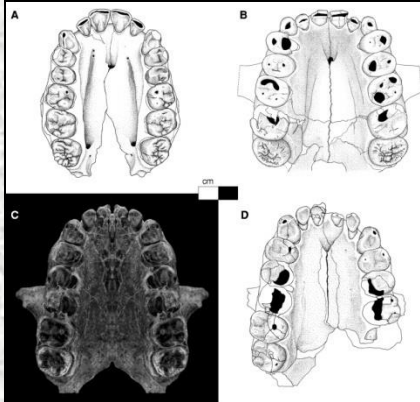
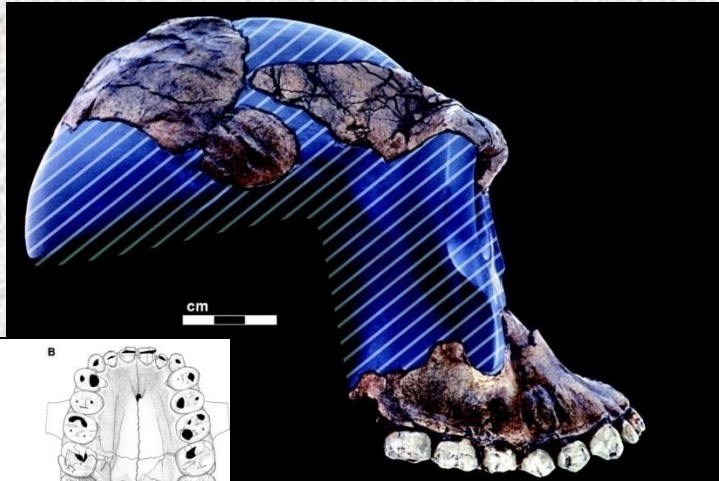
Fig. 2. Illustrations of major elements of the BSN49/P27 pelvis and lumbar vertebra and reconstruction

Bushidima  
pánev *Homo erectus*

# Australopitéci s člověku podobnými znaky

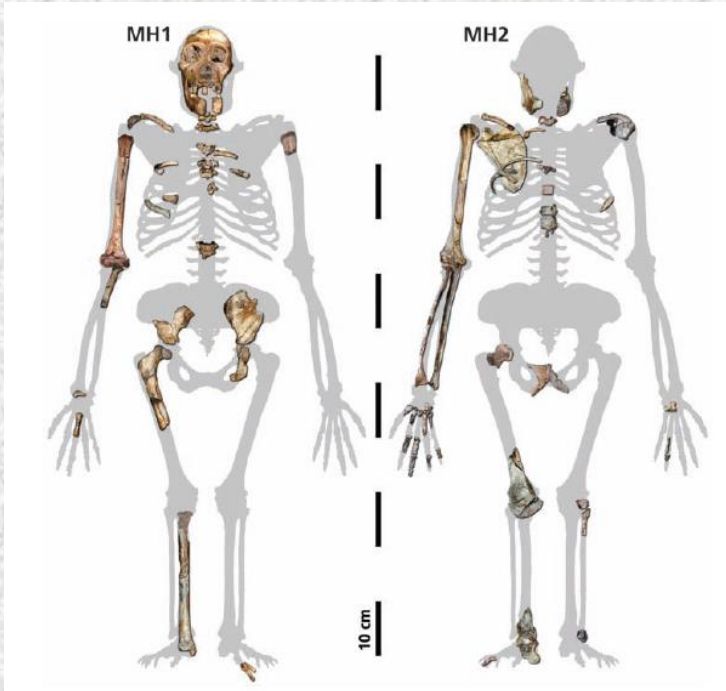
- Mezi 3 a 2,6 miliony lety se začal výrazně měnit klimát, ochlazovalo se a snižovalo se množství srážek. Začínají se objevovat rozsáhlé oblasti pokryté savanovými a stepními formacemi. Objevuje se *mnoho nových* druhů pozemních opic, většinou zástupců tribu *Papionini*.
- Hominini v tomto období prodělali další adaptivní radiaci, v jejímž průběhu se u některých druhů australopitéků poprvé objevují typicky lidské znaky na lebce, zubech i postkraniálním skeletu.
- Objevují se „gracilní“ australopitéci s některými znaky podobnými rodu *Homo* (*A. sediba*, některé nálezy připisované *Homo habilis*) a různé formy rodu *Homo*. Moderní formy spodně pleistocénních homininů vyvinuly z afarských australopitéků, a mají mnoho společných znaků. Robustní australopitéci velmi pravděpodobně vznikli ze svrchně pliocénního *A. aethiopicus*, druhu s mnoha archaickými znaky.

# *Australopithecus garhi* – dlouhoruký předčlověk???

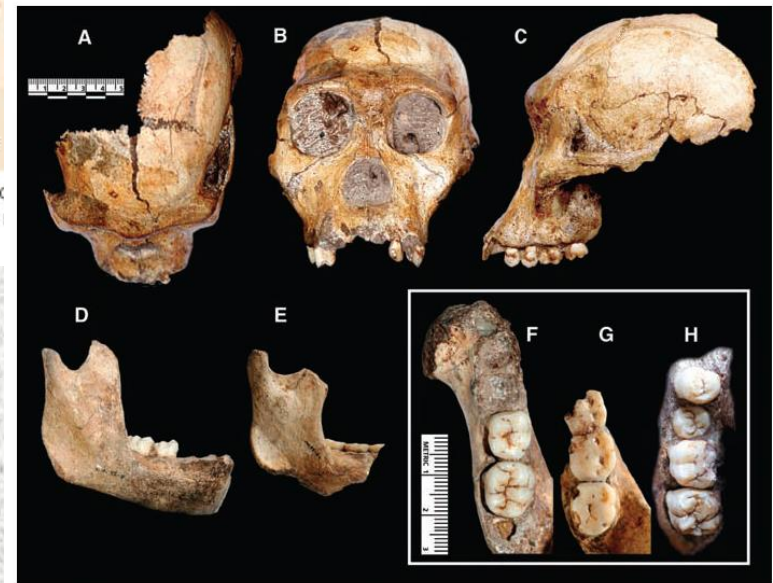


- *A. garhi* měl dlouhé dolní končetiny
- Velmi dlouhé horní končetiny
- Dlouhé čelisti, obsah mozkovny 450 - 500 cm<sup>3</sup>
- Byl vysoký asi 130 - 140 cm
- Jedl maso, vyráběl kamenné nástroje

# *Australopithecus sediba* – Malapa, Jižní Afrika



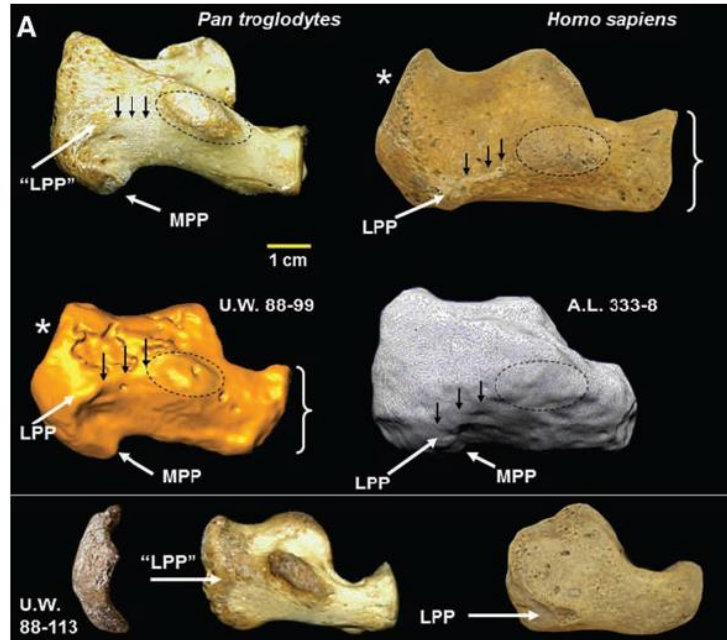
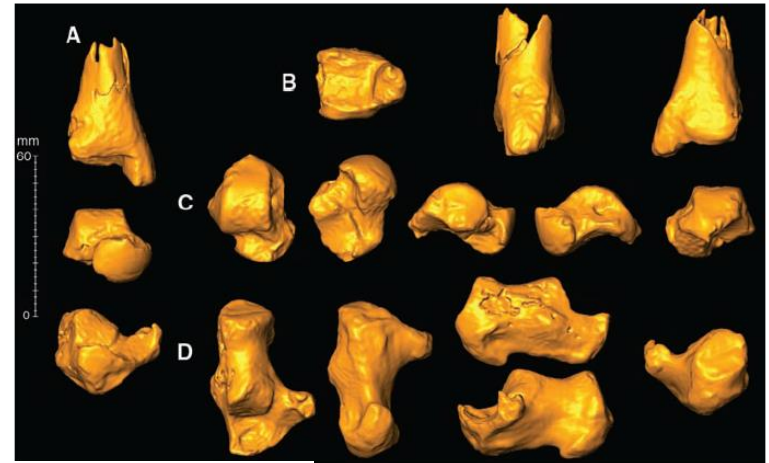
Cradle of humankind. One group of hominids, *Australopithecus*, somewhere in Africa, gave rise to *Homo* before 2 million years ago.



**Fig. 1.** Craniodental elements of *Au. sediba*. UW88-50 (MH1) juvenile cranium in (A) superior, (B) frontal, and (C) left lateral views. (D) UW88-8 (MH1) juvenile mandible in right lateral view, (E) UW88-54 (MH2) adult mandible in right lateral view, (F) UW88-8 mandible in occlusal view, (G) UW 88-54 mandible in occlusal view, and (H) UW 88-50 right maxilla in occlusal view (scale bars are in centimeters).



# A. sediba – skelet nohy talus a tibie lidská – calcaneus skoro šimpanzí



Right distal tibia, talus, and calcaneus of MH2. Separation of tibia and calcaneus, bottom. All anterior views. (B) Tibia views from left to right: superior, inferior, lateral, medial, posterior. (C) Talus views from left to right: superior, inferior, lateral (top), medial (bottom), posterior.

# A. sediba – pánev neuvěřitelně moderní

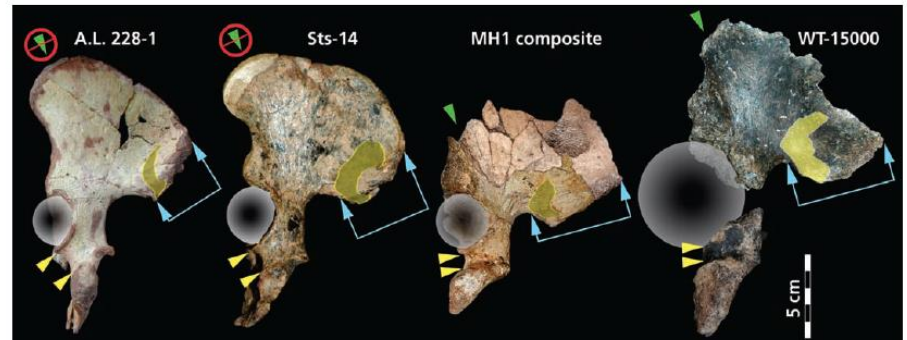
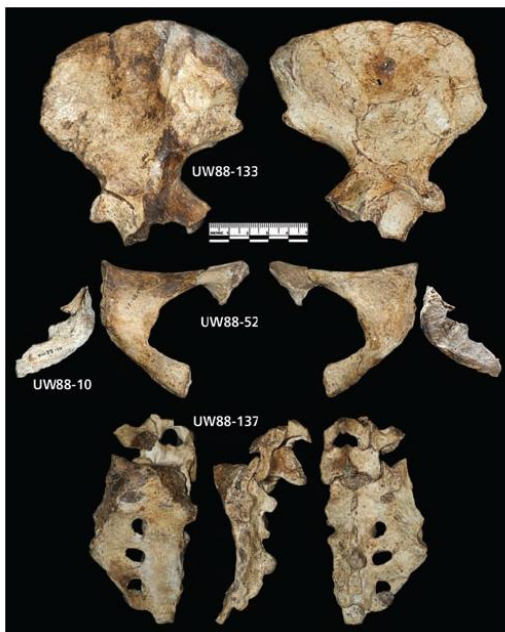
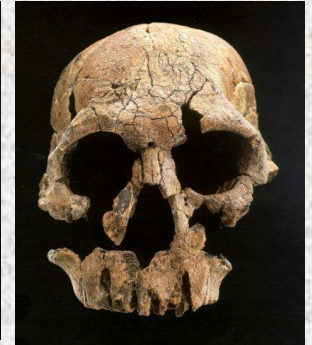


Fig. 4. Representative ossa coxae, in lateral view, from left to right, of *Au. afarensis* (AL 288-1), *Au. africanus* (Sts 14), *Au. sediba* (MH1), and *H. erectus* (KNM-WT 15000). The specimens are oriented so that the iliac blades all lie in the plane of the photograph (which thus leads to differences between specimens in the orientation of the acetabula and ischial tuberosities). MH1 possesses derived, *Homo*-like morphology compared to other australopithecines, including a relative reduction in the weight transfer distance from the sacroiliac (yellow) to hip (circle) joints; expansion of the retroauricular surface of the ilium (blue arrows) (determined by striking a line from the center of the sphere representing the femoral head to the most distant point on the posterior ilium; the superior arrow marks the terminus of this line, and the inferior arrow marks the intersection of this line with the most anterior point on the auricular face); narrowing of the tuberoacetabular sulcus (delimited by yellow arrows); and pronouncement of the acetabulocrystal (green arrows) and acetabulosacral buttresses.





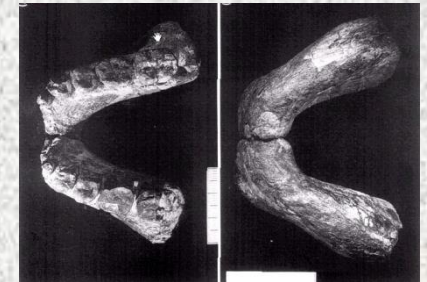
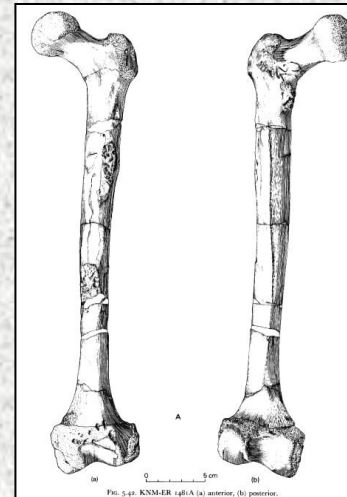
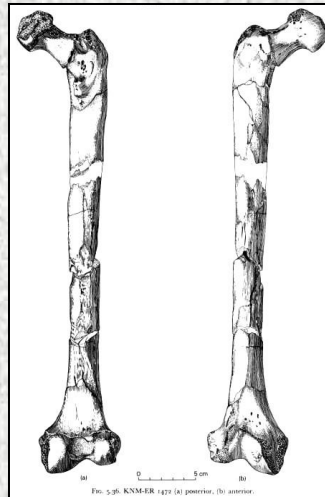
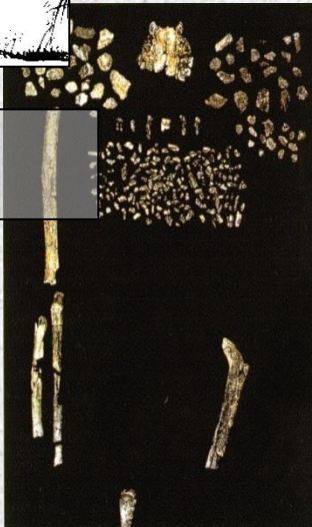
# Homo habilis – paralelní druh nebo australopiték ?



*Homo habilis*

*Homo rudolfensis*

Dlouhý humerus  
Krátký femur



OH-62 - australopiték??

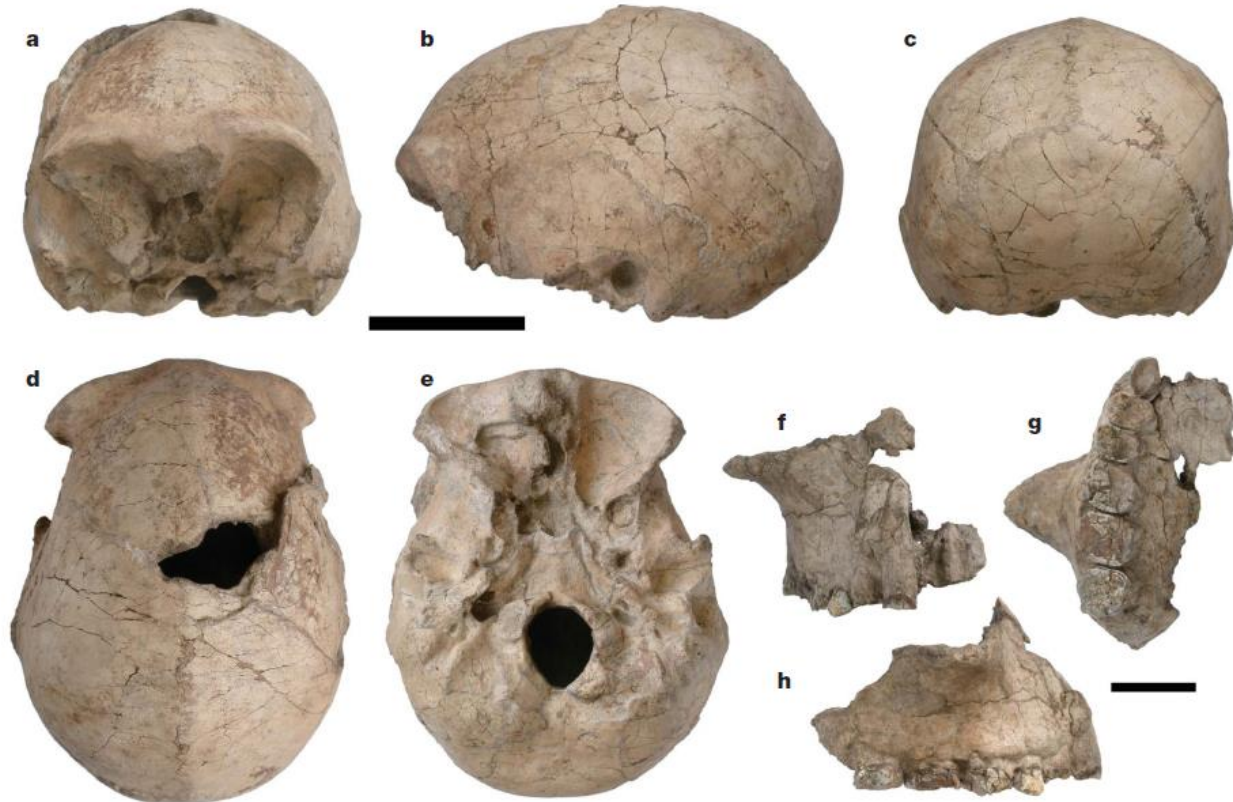


## Lake Turkana

Velmi malá lebka KNM-ER 42700 - H. ergaster – 1.55 m.y.

KNM-ER 42703 pravá maxilla H. habilis ?? – 1,44 m.y.

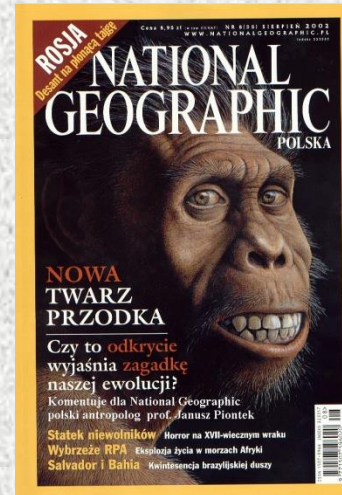
**Homo habilis vznikl paralelně s Homo ergaster/erectus  
rod Homo se objevuje až před 2 miliony let**



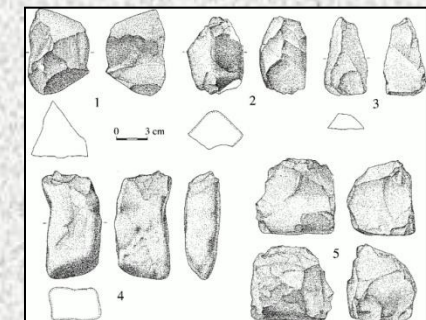
**Figure 1 | The KNM-ER 42700 calvaria and KNM-ER 42703 partial maxilla.**  
a, Anterior, b, left lateral, c, posterior, d, superior and e, inferior views of

KNM-ER 42700 (scale bar, 5 cm). f, Anterior, g, occlusal and h, right lateral views of KNM-ER 42703 (scale bar, 2 cm).

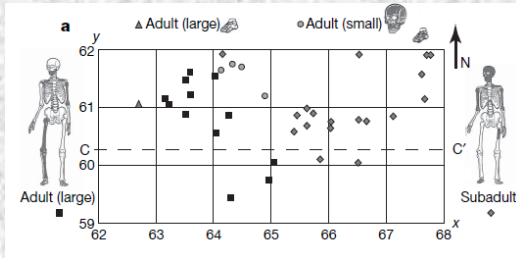
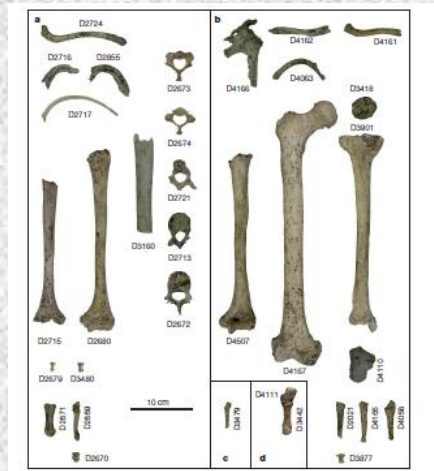
# Homo ergaster - nejstarší skutečný člověk



- *Homo ergaster* měl vysokou štíhlou postavu, možná i 180 cm. Byl větší než *Homo habilis*.
- Měl malý mozek (600 - 900 cm<sup>3</sup>), velikost se mohla pohybovat od 500 do 950 cm<sup>3</sup>. Některé znaky skeletu se výrazně liší od *H. erectus* a připomínají *H. habilis*.
- Nálezy z Dmanisi prokazují, že tento druh homininů migroval z Afriky těsně po svém vzniku a měl ještě málo vypsělou kamennou kulturu.

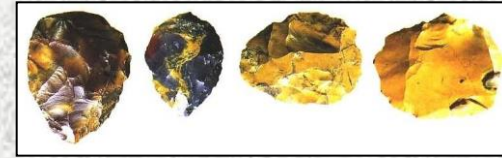


# Dmanisi – archaické znaky prokazují nezávislý vznik moderních forem rodu Homo na Homo habilis a to již na počátku pleistocénu



- Lebky mají řadu archaických znaků a malý mozek
- Postkrania mají mozaiku pokročilých, archaických a specifických znaků
- Tito zástupci „Homo ergaster“ jsou poměrně malí a rozhodně nemají tropickou adaptaci postavy

# *Homo heidelbergensis*/archaický *Homo sapiens*



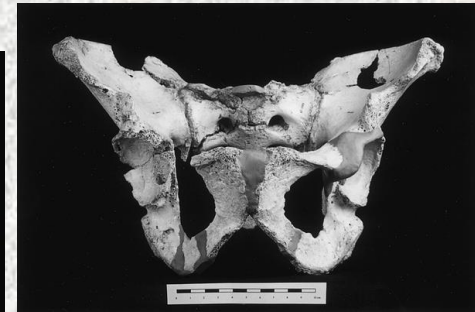
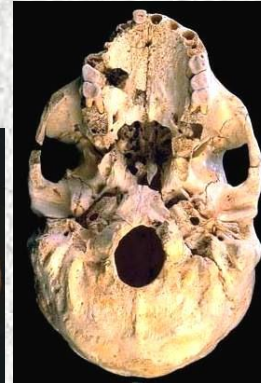
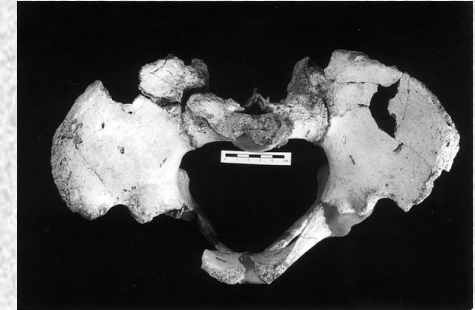
- Lebka si zachovává zpočátku některé starobylé znaky, ale prokazatelně se zvětšuje mozek.
- Kostra končetin i pánev je tvarem i proporcemi velmi podobná anatomicky modernímu měl však užší vchod pánevní a obecně robustnější kosti než AMČ. Byl vysoký a měl poměrně robustní stavbu těla.
- Lovec, používal kompozitní nástroje, oštěpy, ašelén – pěstní klíny



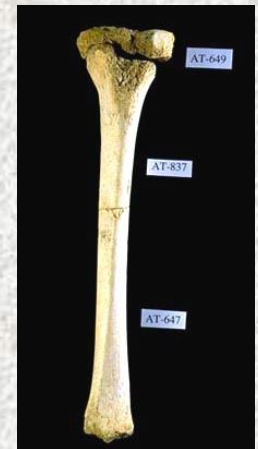
# První skutečná kolonizace Evropy



# Atapuerca - Sima de los Huesos (Jeskyně kostí) epochální nález v historii paleoantropologie

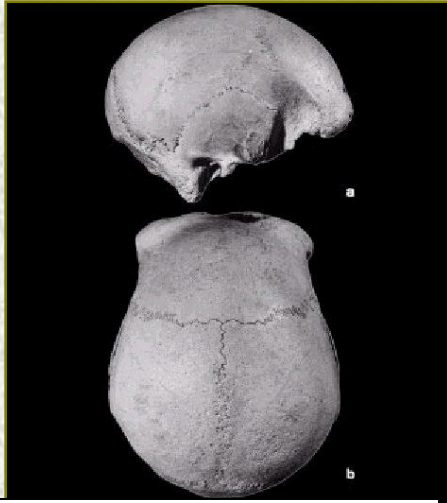


Kosterní pozůstatky staré nikoliv 350, ale 500 tisíc let. Jde o nejméně 32 jedinců, kteří zemřeli v jednom okamžiku. Máme tedy údaje o první skutečně pravěké populaci.

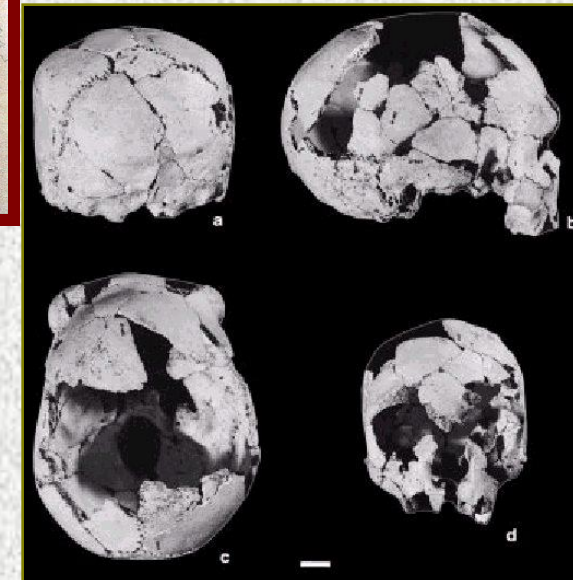
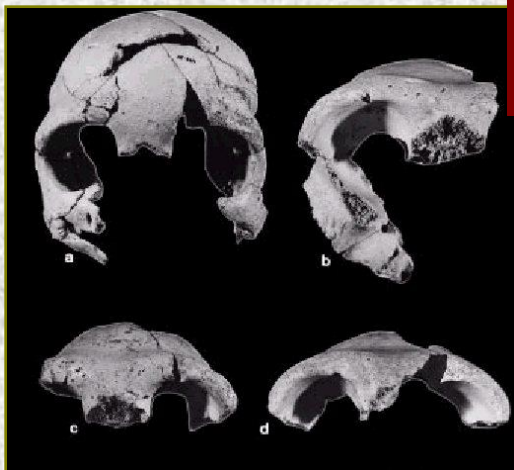
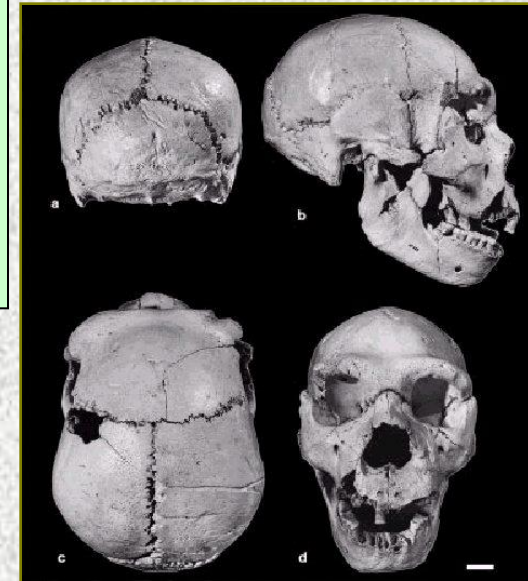
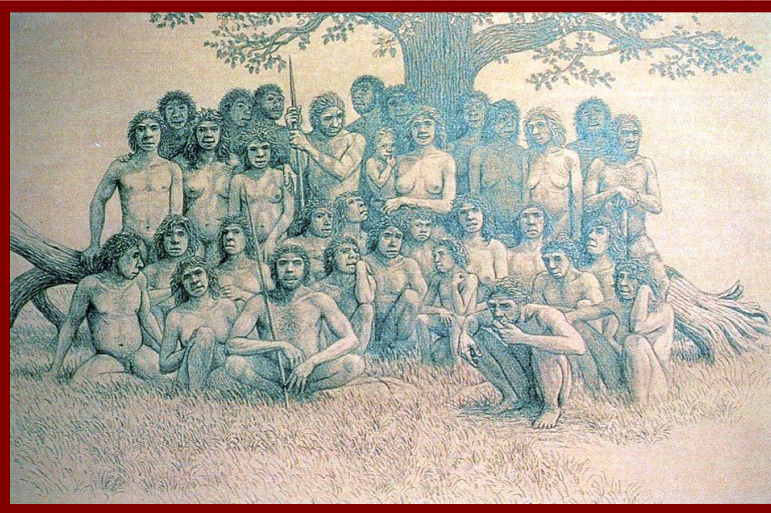


# Sima de los Huesos - nečekaná variabilita

Populace z jeskyně Sima de los Huesos představuje podivuhodnou směs znaků od znaků *Homo heidelbergensis* přes neandrtálské až po jedince s překvapivě moderní morfologií. Tito lidé byli velcí a robustní a měli relativně malý mozek

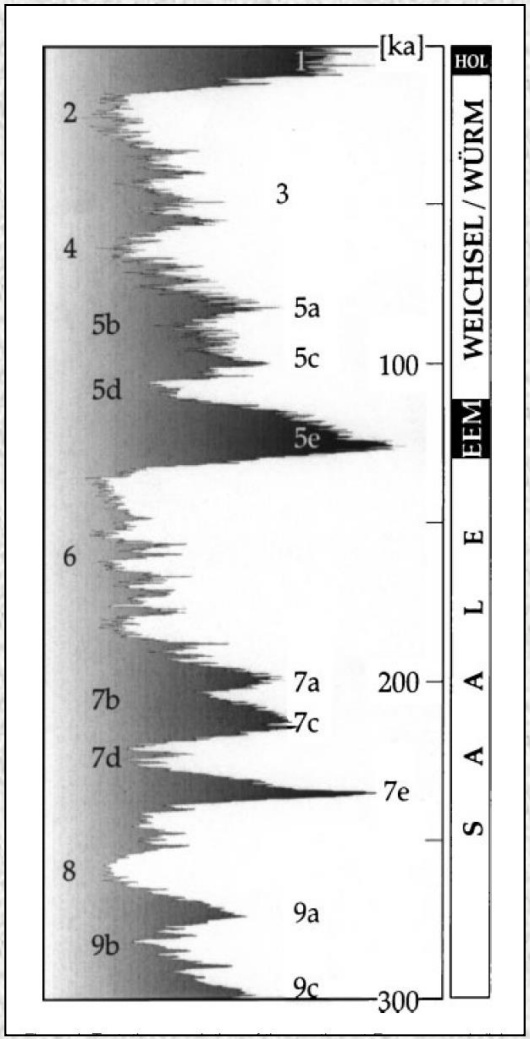
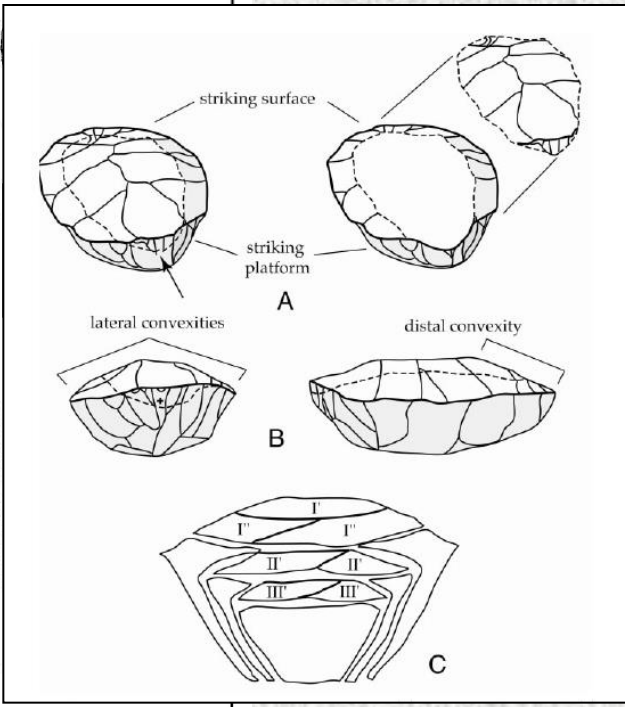
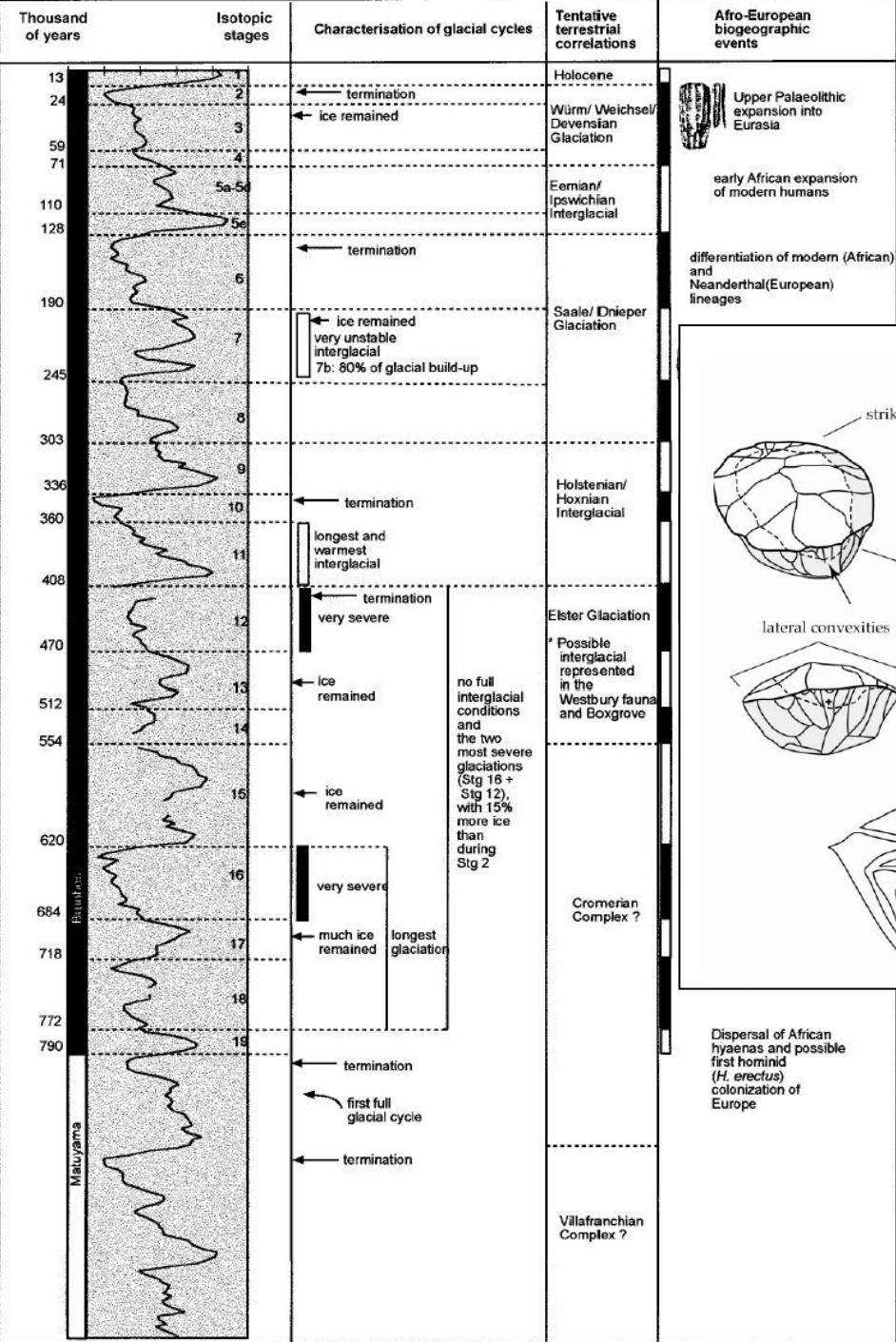


Tento jedinec byl od raného dětství hluchý

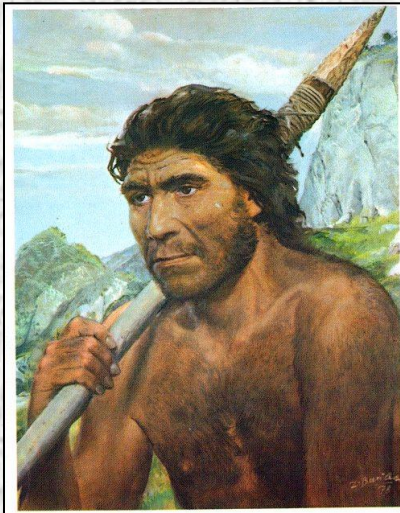




# Klimatické změny a evoluce rodu Homo



# Vznik moderních forem člověka



U neandrtálců velmi pravděpodobně došlo k mutaci HOX genů a RUNX2 genu

- projevíly ve změnách stavby těla

Začala se uplatňovat funkce ACPI\*A genu

- významně ovlivnila nárůst svalové hmoty a odolnost proti chladu.

Působení genů ovlivňujících růst mozkové kůry se v počátečních fázích významně nelišilo od anatomicky moderního člověka.

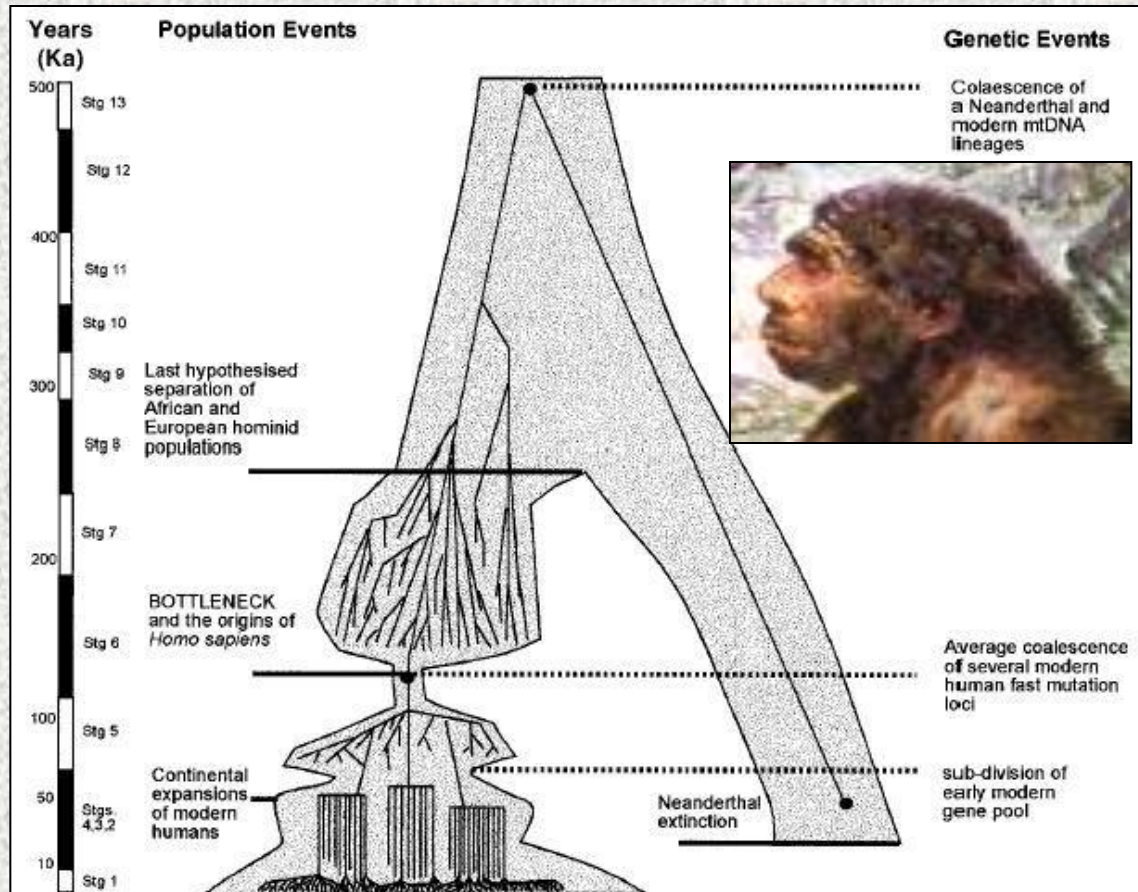
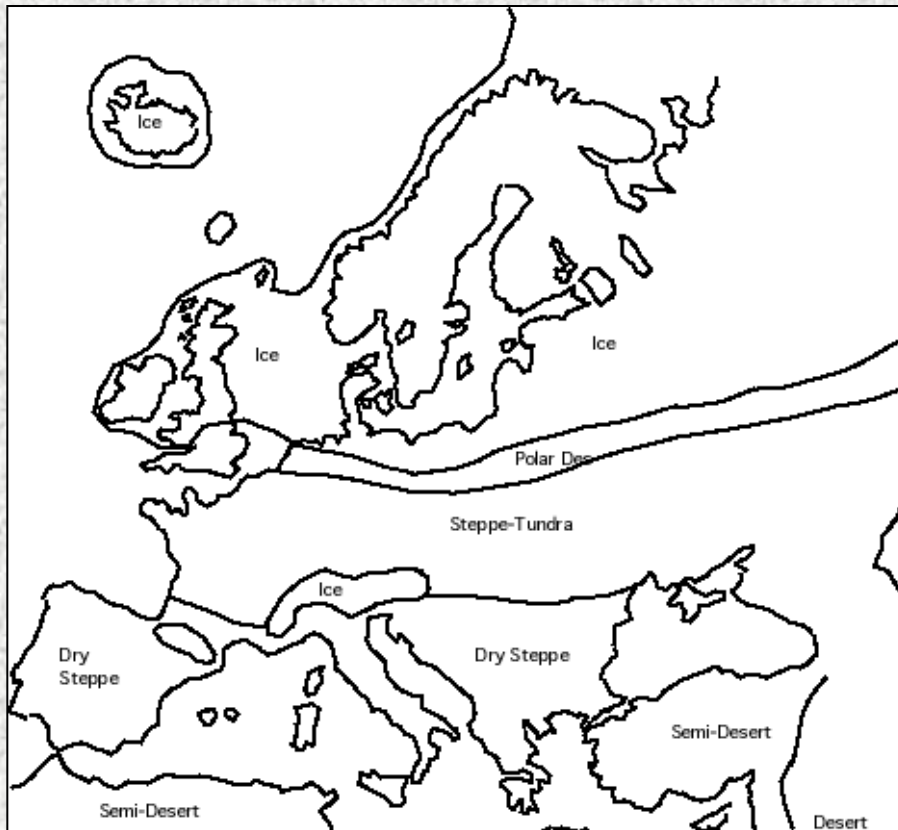
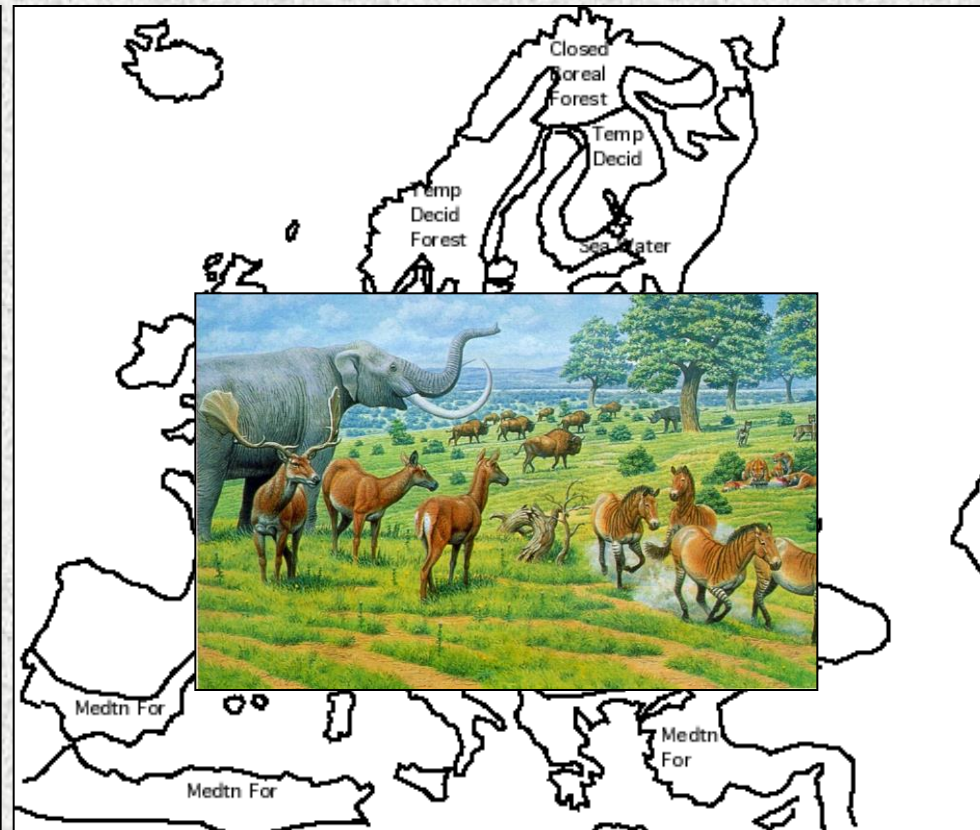


Fig. 5. Schematic representation of the relationship between the population history of humans and Neanderthals and mtDNA genealogy highlighting the likelihood that the time of mtDNA coalescence between a Neanderthal and modern lineages preceded population vicariance, whereas the time of coalescence of human mtDNA, Y-chromosome loci, and microsatellites could coincide with the demographic bottleneck that separated early modern humans from late archaic African hominids.

# Situace v Evropě před 150 a 120 tis. lety - Riss



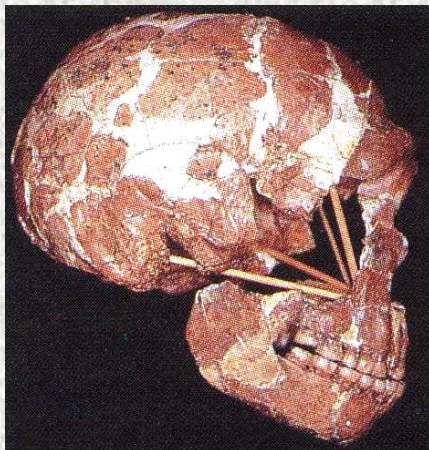
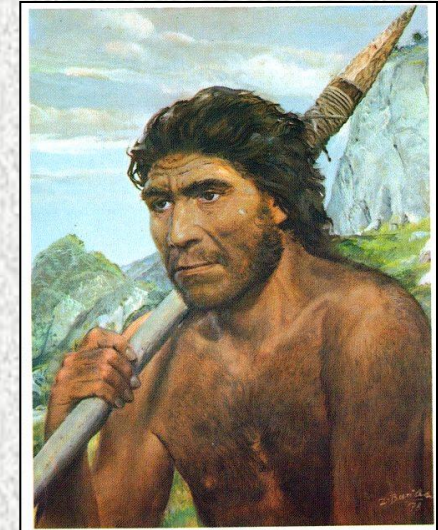
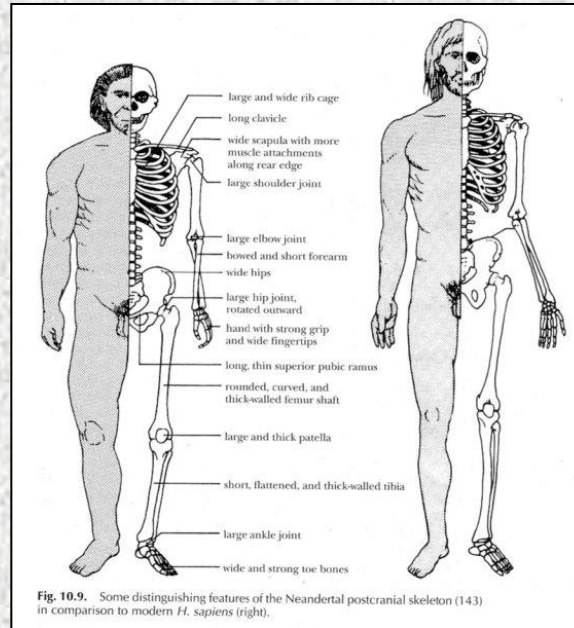
Penultimate glacial maximum, 150,000 y.a. (Isotope Stage 6). After van Andel & Tzedakis (in press). Sea level was more than 100m below present, but modern-day coastlines are shown here.



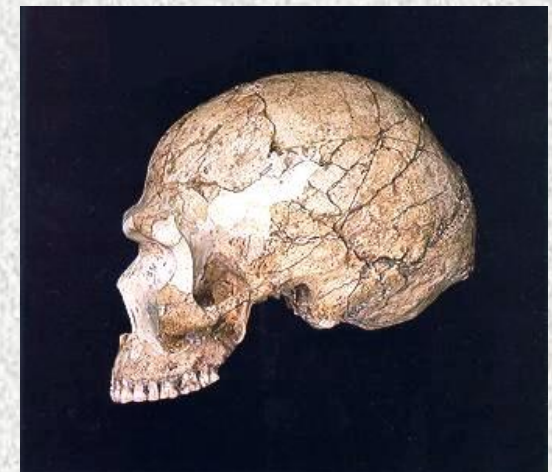
Eemian interglacial optimum (125,000-120,000 y.a.) (Isotope Stage 5e). From van Andel & Tzedakis (in press). Temperate forest extended much further north than at present. Scandinavia was an island cut off by an extended Baltic seaway.

# Neandrtálci a anatomicky moderní člověk

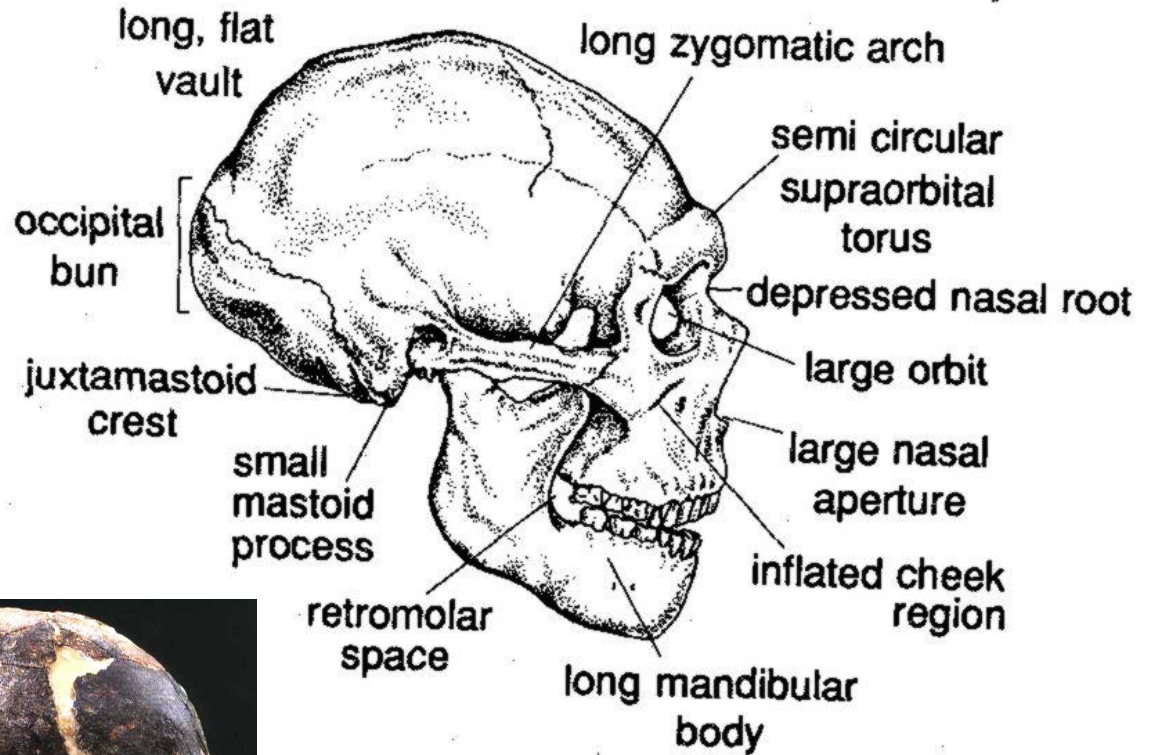
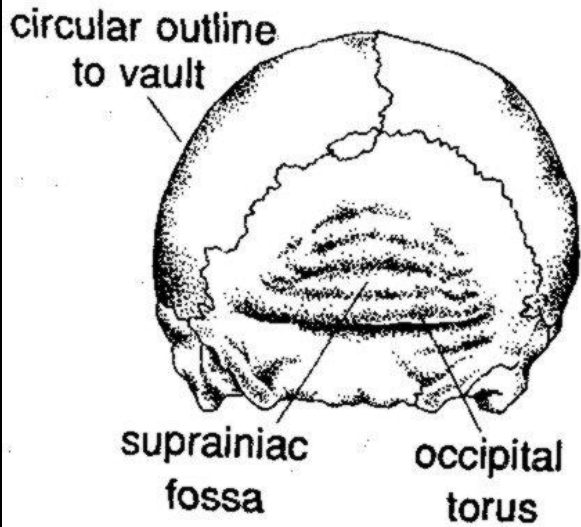
*Proč vznikly dvě vysoce inteligentní ale ekologicky zcela odlišné lidské formy?*



- Kdy obě skupiny vznikly?
- Kde a proč vznikly?
- Jak jsou si příbuzné a mohly se navzájem křížit?
- Proč měly podobnou kulturu, ale velmi odlišnou stavbu těla?



# V čem se lišila lebka neandrtálců a anatomicky moderního člověka?



# Jak se lišila stavba těla neandrtálců od anatomicky moderního člověka?

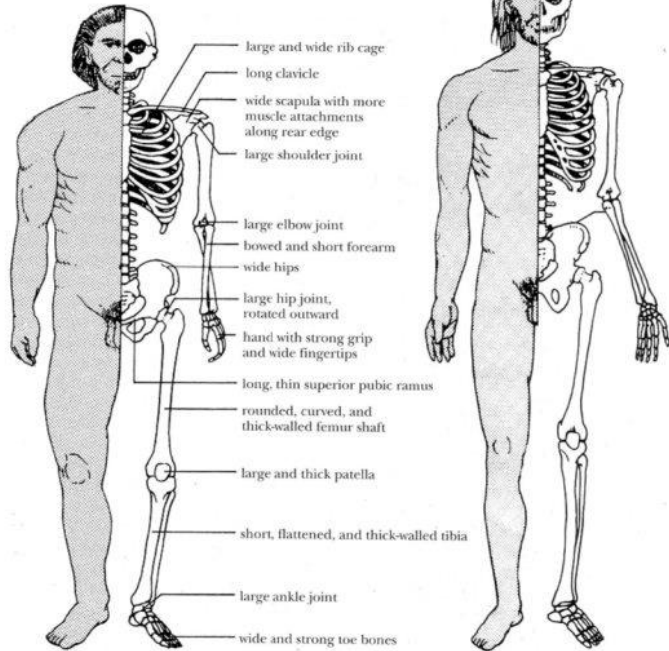
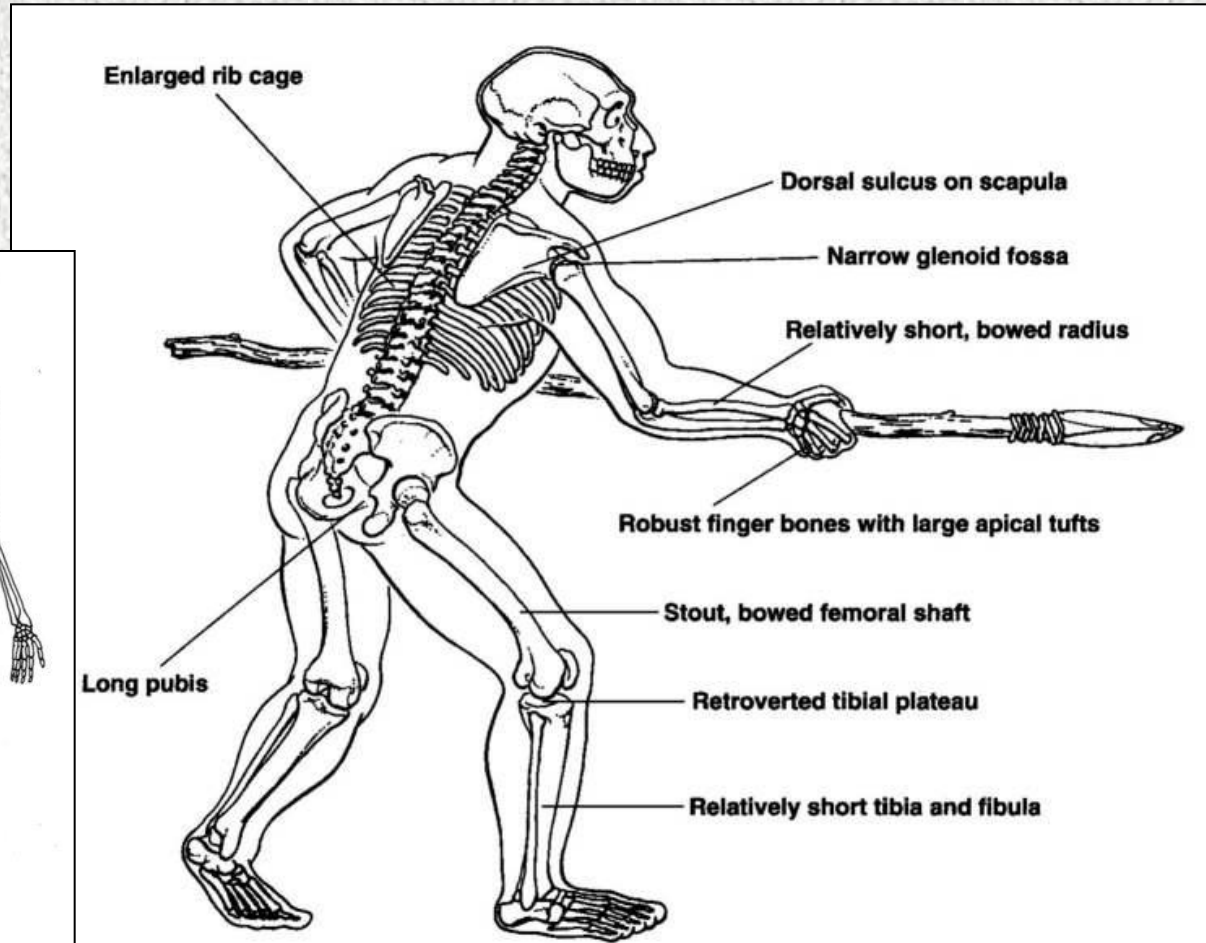


Fig. 10.9. Some distinguishing features of the Neanderthal postcranial skeleton (143) in comparison to modern *H. sapiens* (right).



# Výbuch supervulkánu Toba

- **Výbuch supervulkánu Toba – 72 000 let b.p.**
- **The dense rock equivalent (DRE) tedy objem vulkanického popela vypuštěného do atmosféry byl odhadnut na 800 km<sup>3</sup> (Huff et al., 1992), Krakatau - 15 km<sup>3</sup>**
- **Genetický bottleneck efekt po výbuchu zahrnoval minimálně 20 generací, ale možná i přes 500 generací – podobný ekvivalent platí i u dalších druhů velkých a středních savců – pokud nevyhynuli**

# Genetika neandrtálců – čím se lišíme?

- Odlišnosti ve genech se týkají především specificky lidských funkcí mozku, metabolismu a růstu



## SEPARATING THEM FROM US

Some genes that differ between modern humans and Neandertals

Gene	Significance
<i>RPTN</i>	Encodes the protein repetin, expressed in skin, sweat glands, hair roots, and tongue papilli
<i>TRPM1</i>	Encodes melastatin, a protein that helps maintain skin pigmentation
<i>THADA</i>	Associated with type 2 diabetes in humans; evolutionary changes may have affected energy metabolism
<i>DYRK1A</i>	Found in an area critical for causing Down syndrome
<i>NRG3</i>	Mutations associated with schizophrenia
<i>CADPS2, AUTS2</i>	Mutations implicated in autism
<i>RUNX2 (CBRA1)</i>	Causes cleidocranial dysplasia, characterized by delayed closure of cranial sutures, malformed clavicles, bell-shaped rib cage, and dental abnormalities
<i>SPAG17</i>	Protein important for the beating of the sperm flagellum



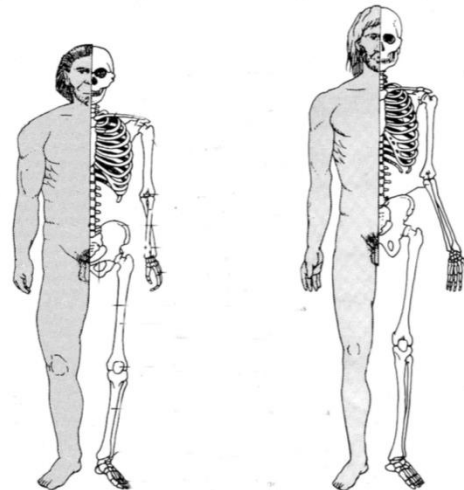
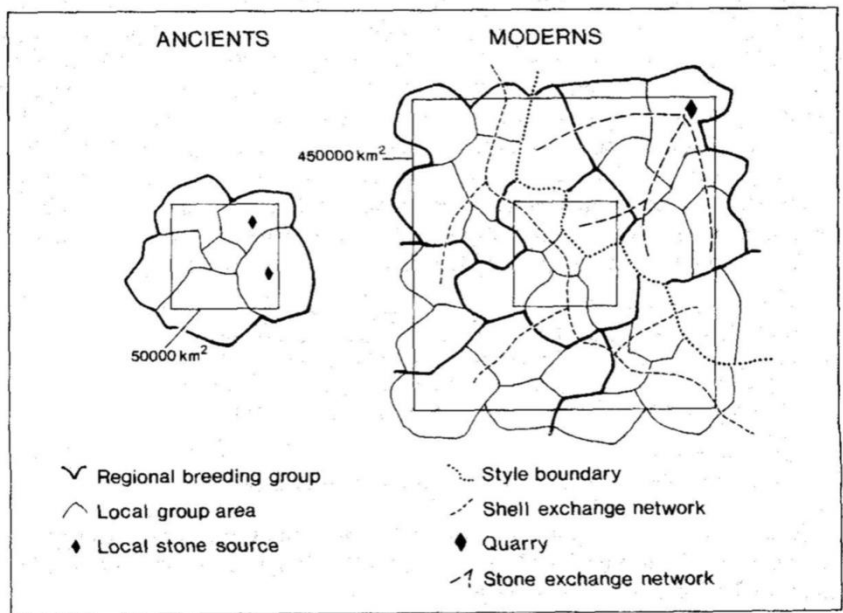


# Genetika neandrtálců – co sdílíme?

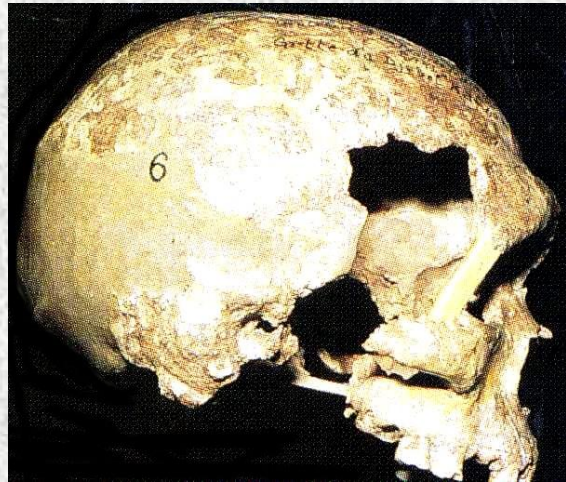
- **Sdílíme 85% genomu typického pro AMČ**
  - některé geny mají neandrtálci v tzv. ancestrální formě,
  - jiné vznikly už u předků obou skupin, některé jsou totožné
- **Sdílíme FOXP2 (vývoj jazyka a řeči) a to v moderní „lidské“ formě – tento gen ale vznikl téměř jistě již u archaických forem Homo sapiens - cca před 300000 lety**
- **Některé „ne-africké“ haplotypy – hybridizace ??**

# Co vlastně jedli neandrtálci?

- Poměr stabilních C a N isotopů v kolagenech jasně ukazuje, že neandrtálci jedli „červené“ netučné maso,
- zatímco první lidé (AMČ) měli pestrou potravu, ve které byly také ryby



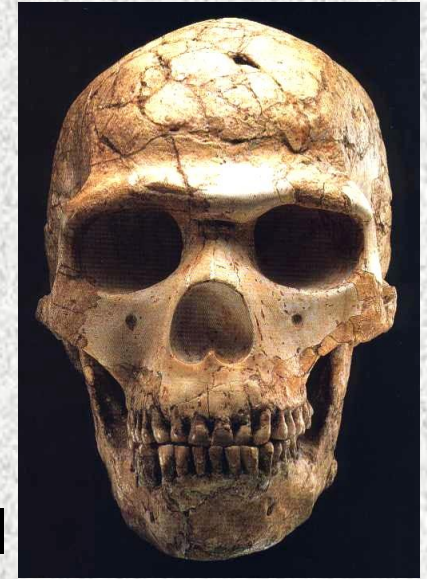
# První pionýři - Anatomicky moderní člověk - Palestina



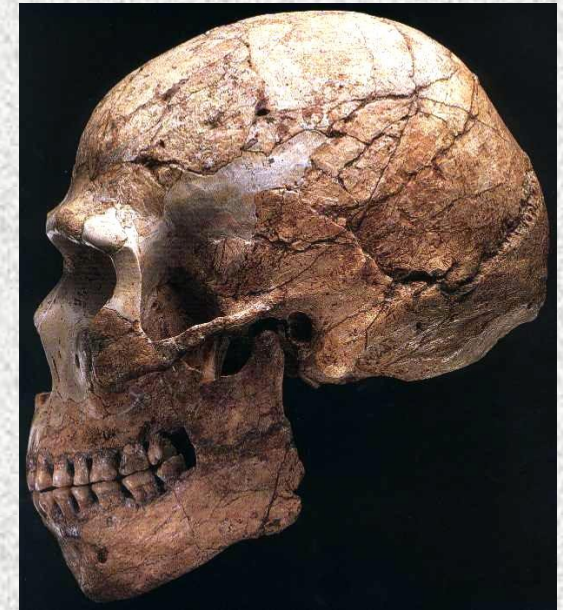
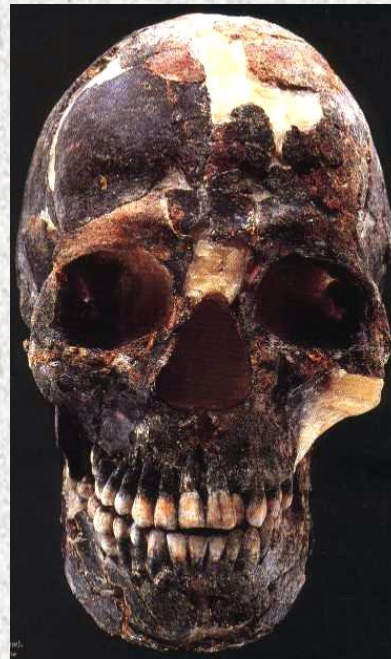
**100 - 90 000 let**

**Anatomicky moderní člověk**  
- byl vysoký  
- poměrně robustně stavěný  
- měl mousterskou kulturu

**Qafseh**



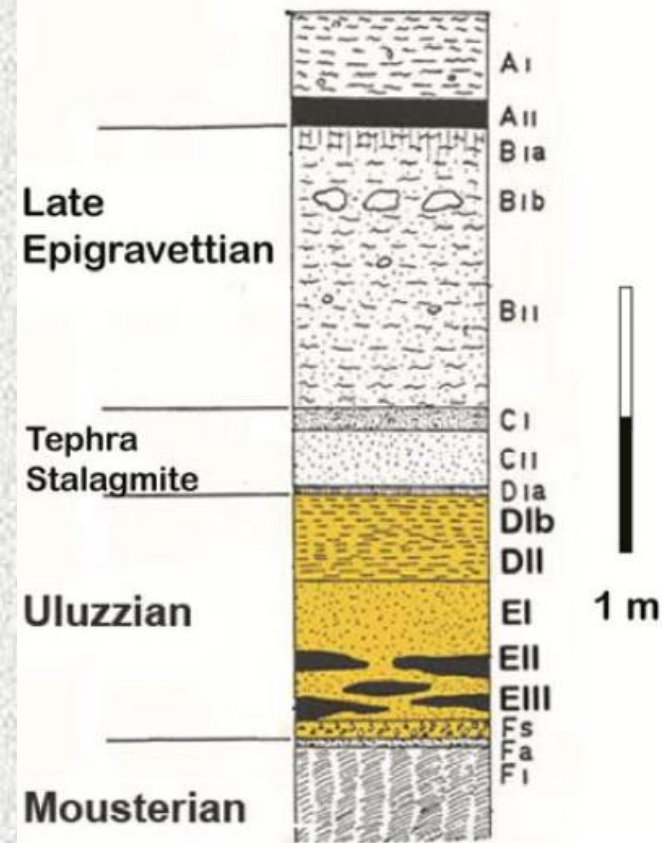
**Skhul**



# Grotta di Cavallo – 43 -45 tisíc let kamenná kultura - uluzzian

b.

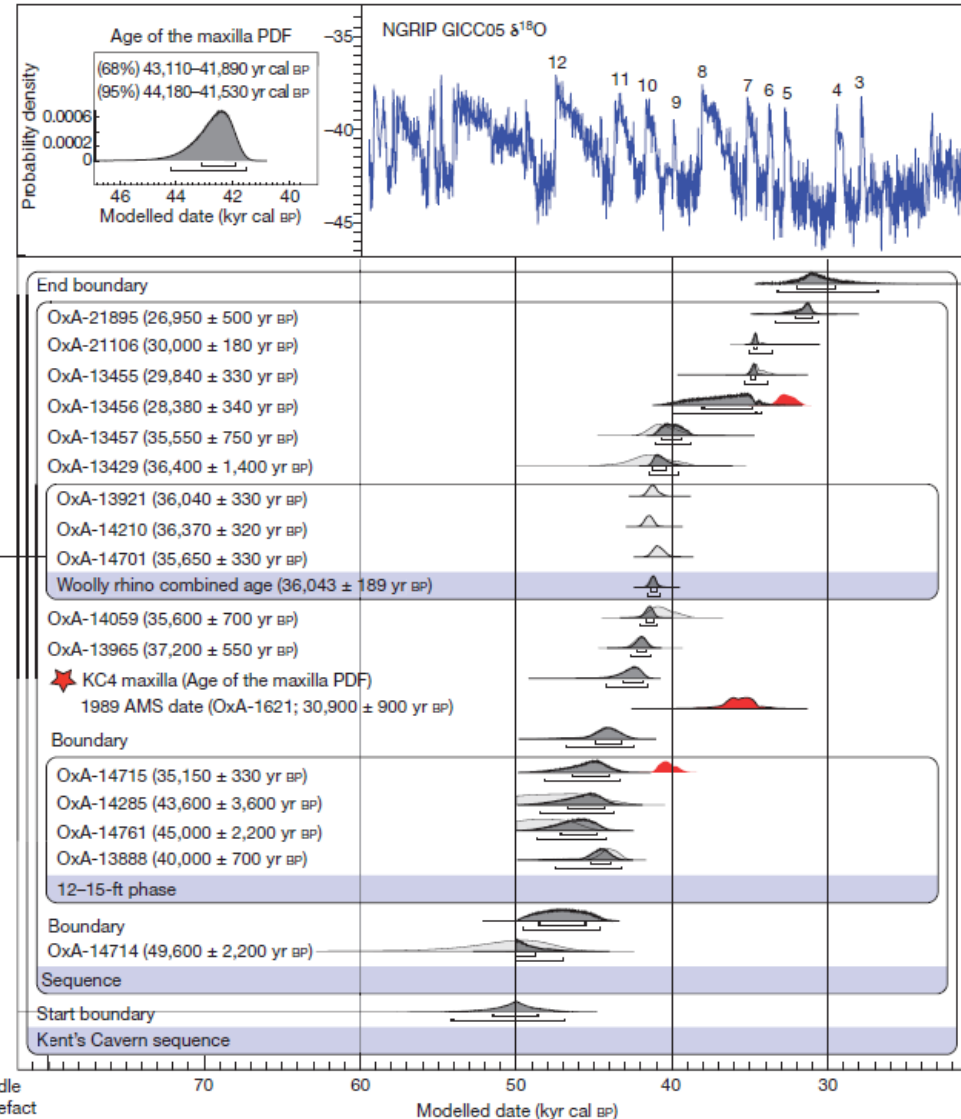
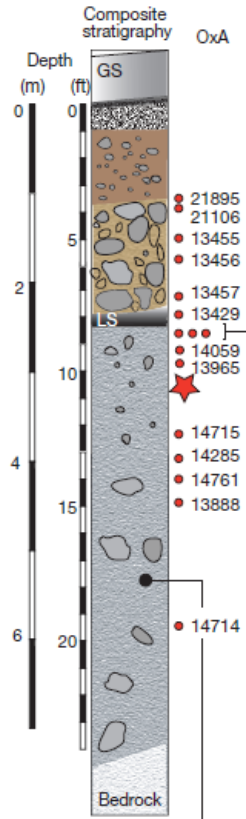
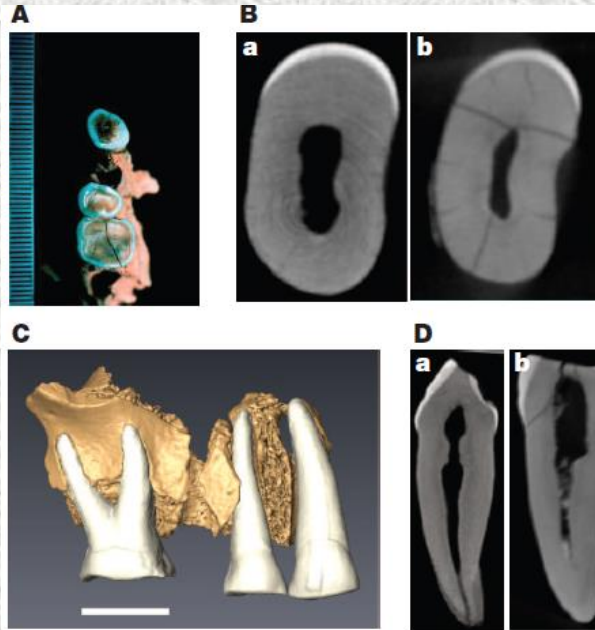
c.



Grotta del Cavallo  
stratigraphic section in 1964



# Kent's Cavern site, UK, maxilla KC4, aurignacién



# Pestera cu Oase, Rumunsko

nejstarší evropský nález AMH – 42 – 35 tisíc let



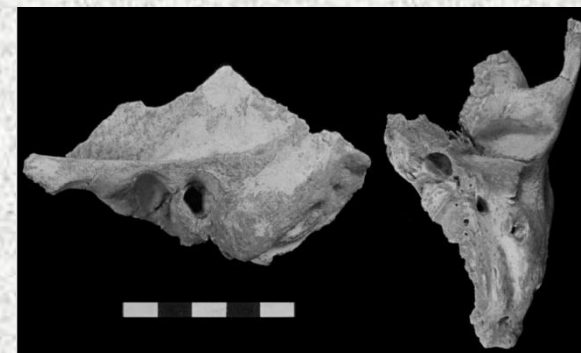
Oase 1 – 42 tisíc let



Oase 2 – 36 tisíc let



Oase 3



# Aurignacien a nejstarší moderní evropané

**Aurignacien 45 – 38 tisíc let**

(podle franc. Naleziště Aurignac)

**nejstarší evropská čepelová kamenná industrie,  
která prokazatelně patřila  
anatomicky modernímu člověku.**

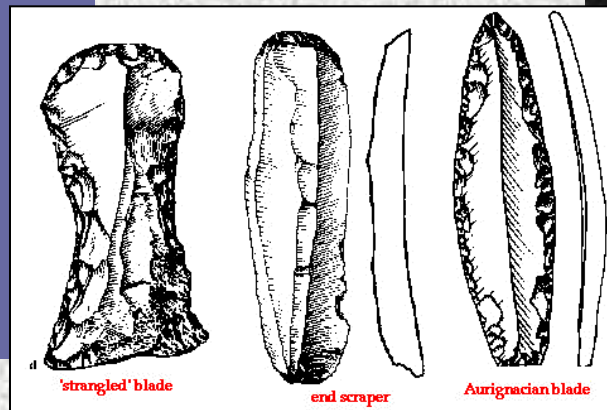
**Aurignacští lidé i kultura měli některé  
starobylé znaky. Žili v záp. a zvláště ve stř. Evropě**



**Mladeč 35 – 38 tisíc let**



**Kelsterbach**

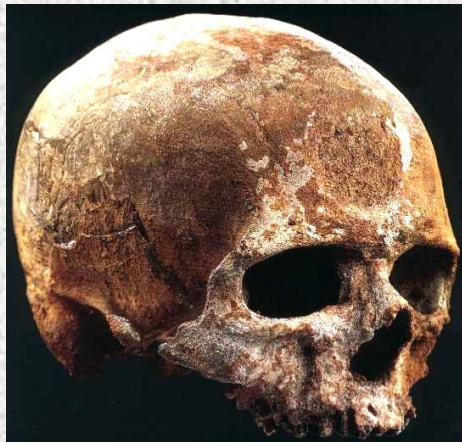


'strangled' blade

end scraper

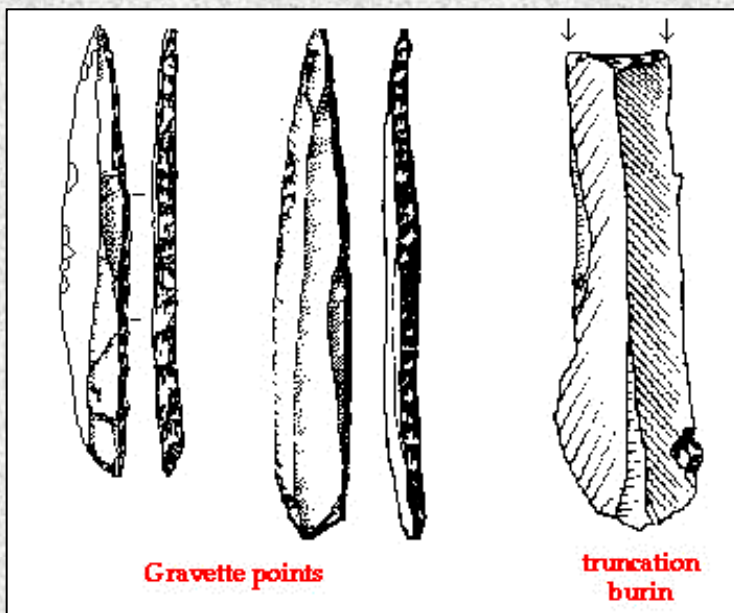
Aurignacian blade

# Gravetién – kromaňonci – 38 – 22 tisíc let



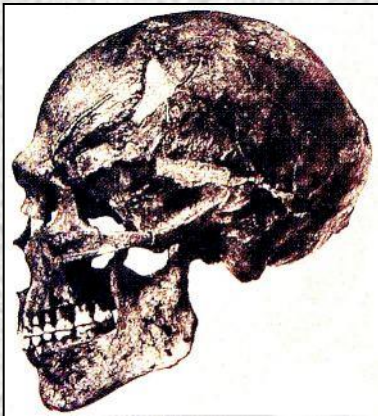
Cro-Magnon

Vedle čepelových měli lidé z období gravetiénu industrií měli moderní lidé řadu nových zbraní i technologií, například vrhače oštěpů, keramiku, látky a běžné bylo umění; sošky, rytiny do kostí a skály i malby

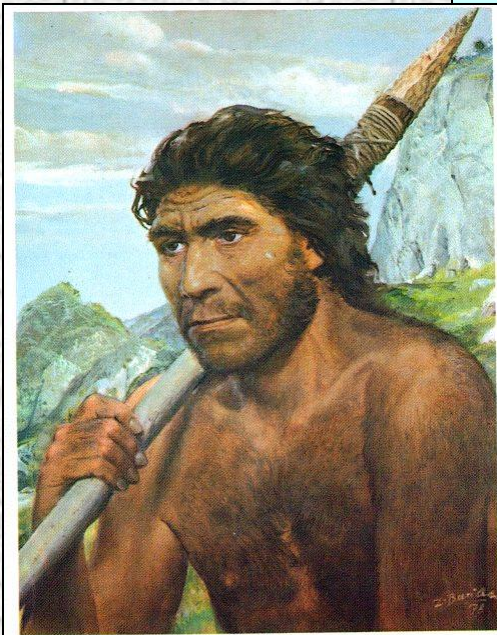




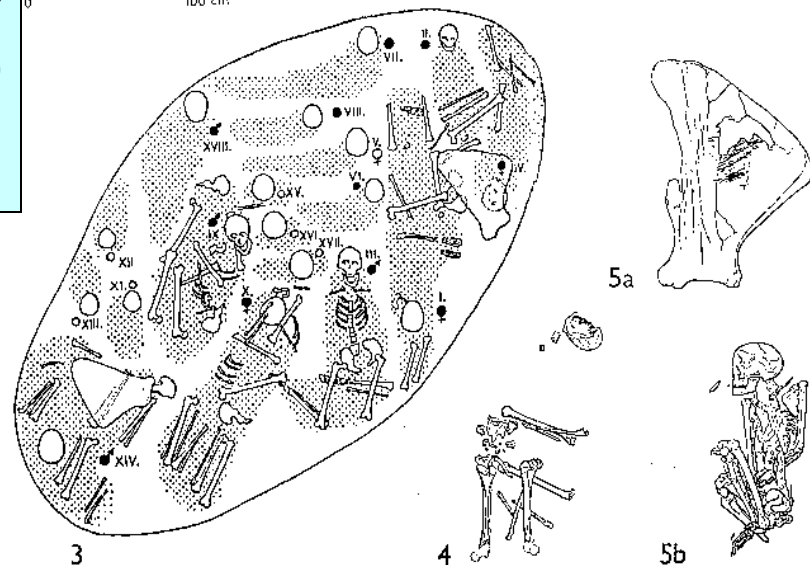
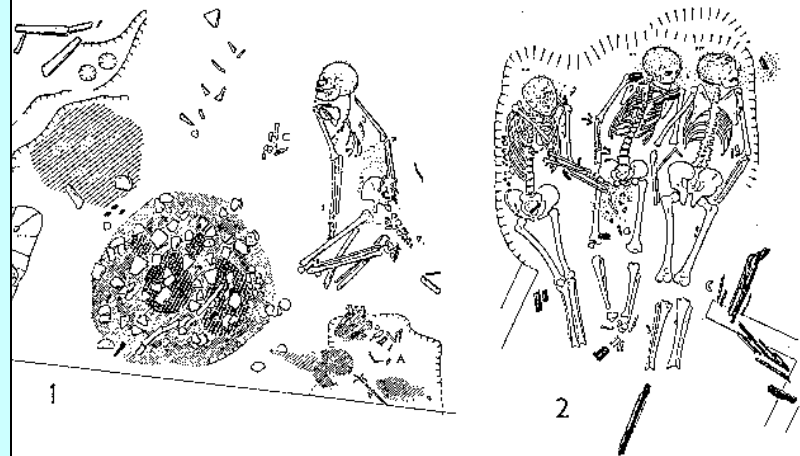
# Středoevropský gravetién



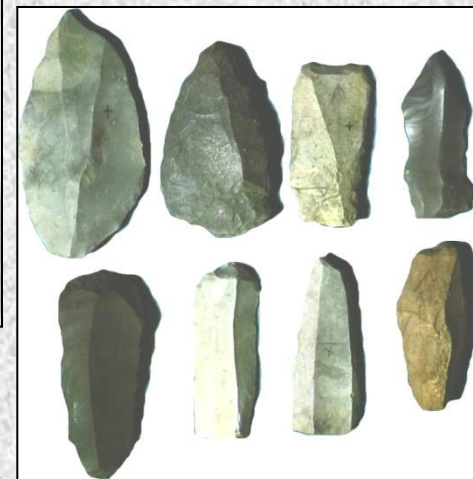
**Předmostí**



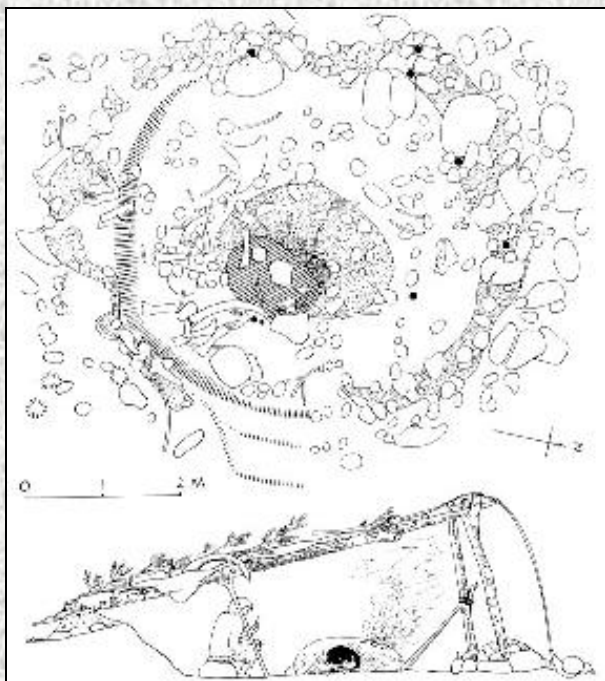
- 1 - Dolní Věstonice II - západní svah: DV 16
- 2 - Dolní Věstonice II: trojhrob - DV 13, 14 a 15
- 3 - Předmostí: společný hrob
- 4 - Pavlov I: Pavlov 1
- 5 - Dolní Věstonice I: 5a) hrob DV 3 překrytý mamutí lopatkou, 5b) odkrytý hrob DV 3



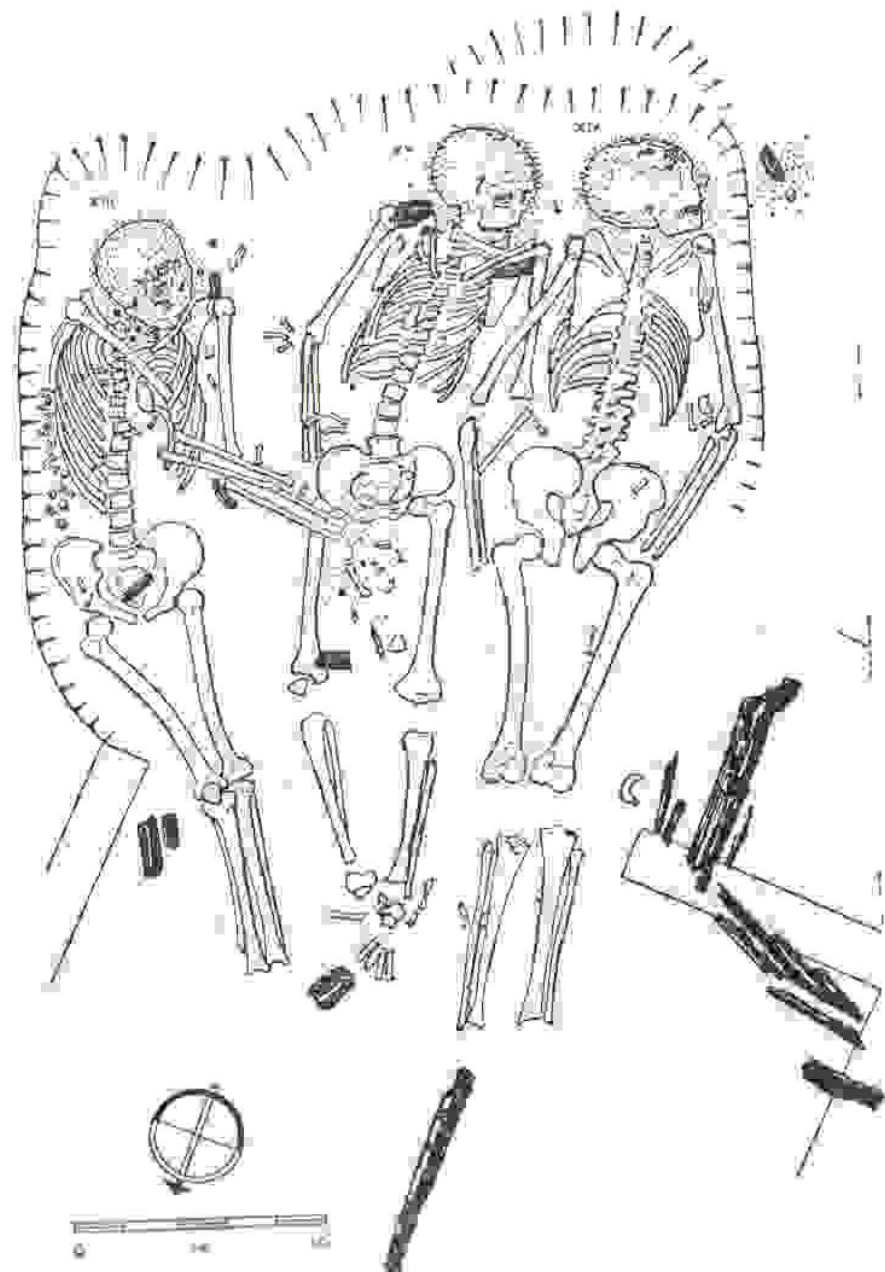
# Dolní Věstonice (a Pavlov) - pavlovién



DV 15 - žena??



Trojhrób  
velká variabilita  
podobnost  
DV 15 a  
Sungir 2



obr. 1. Trojhrób v jeskyni Sungir, nález z roku 1951. XIII, XIV, XV – tři lidské kostry. Měřítko 1:10. (Zdroj: [neznámý])

# Magdalenien - evropská deprese



Kostěnki - Markina Gora



Zlatý kůň - Koněprusy



San Teodoro - Sicilie



# Jak vypadal člověk ve svrchním paleolitu a mezolitu?

	Výška těla	Hmotnost	BMI	Rohr. index	Femur	Tibie	Humerus	Radius
Neandertálcí - muži	166,0	65,2	23,69	1,429	443,0	352,4	311,4	243,9
Neandertálcí - ženy	155,3	54,2	22,44	1,446	399,3	310,0	299,0	226,8
Raný anat. moderní člověk-muži	181,9	69,3	20,91	1,150	495,0	429,5	338,3	240,2
Raný anat. moderní člověk-ženy	166,2	53,5	19,30	1,165	441,3	378,5	337,0	253,0
Gravetské populace AMČ-muži	179,0	67,4	21,08	1,181	477,7	403,4	347,0	268,1
Gravetské populace AMČ-ženy	158,3	54,5	22,11	1,401	416,1	361,2	306,4	242,5
Magdalénské populace AMČ-muži	166,5	61,9	21,89	1,319	443,5	379,8	308,8	242,8
Magdalénské populace AMČ-ženy	157,3	52,5	21,21	1,348	416,7	343,9	289,4	236,1
Mesolit-muži	168,8	63,4	21,73	1,292	447,9	372,7	324,9	251,1
Mesolit-ženy	157,5	52,7	21,14	1,342	417,0	349,3	293,8	225,2