

Modulární systém dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků JmK v přírodních vědách a informatice CZ.1.07/1.3.10/02.0024

## Současný pohled na evoluci člověka

Prof. PhDr. Jiří Svoboda, DrSc.

[jsvoboda@sci.muni.cz](mailto:jsvoboda@sci.muni.cz)

<http://www.muni.cz/people/36778>



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

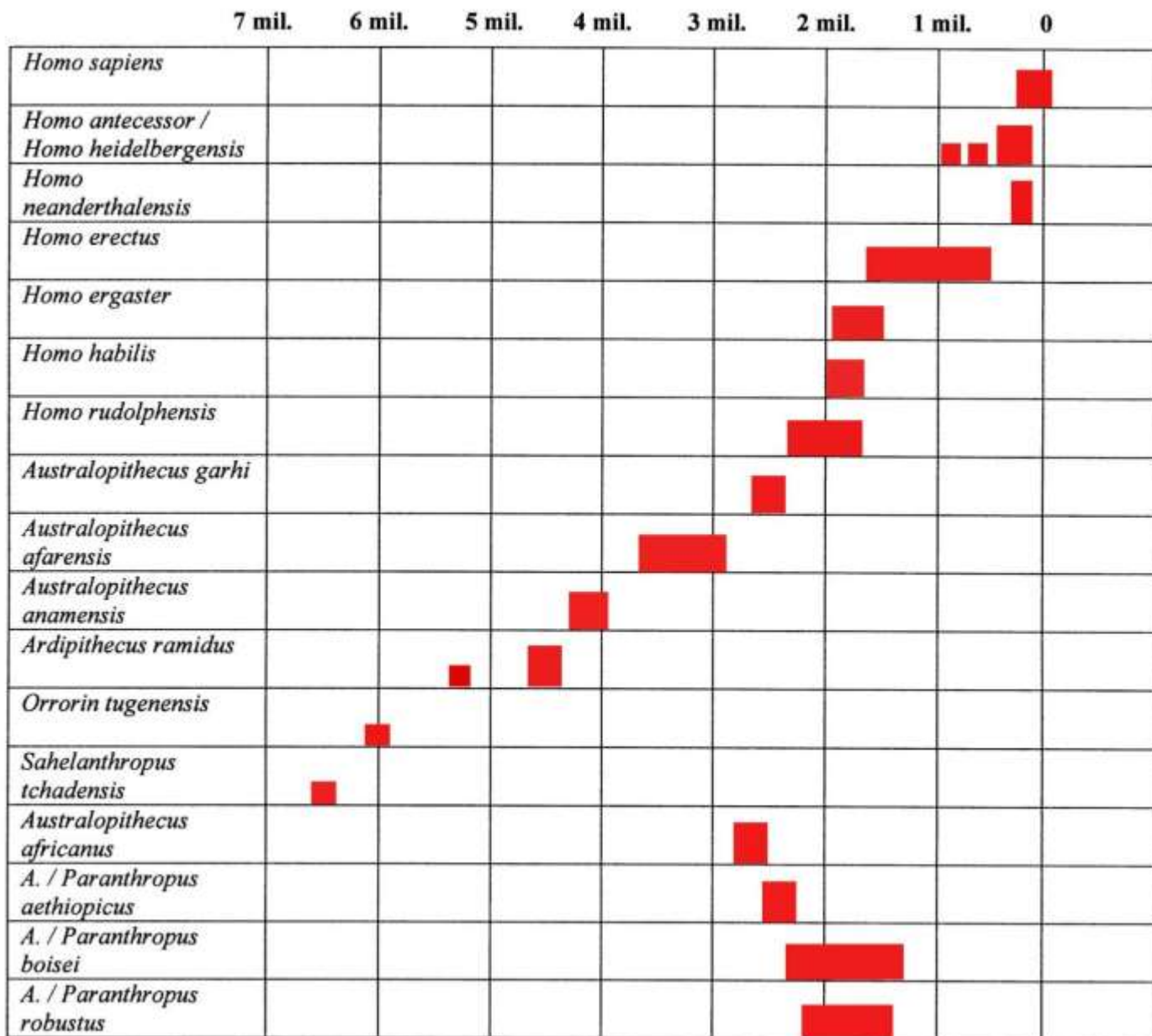
## Taxonomie: co je to „člověk“?

- ◆ Řád Primates (Linné, Systema naturae, 1758)
- ◆ Nadčeleď Hominoidea (Simpson 1931): člověk a jeho předchůdci, šimpanz, bonobo, gorily, orangutani, giboni
- ◆ Čeleď Hominidae (Gray 1825): člověk, šimpanz, bonobo, gorily, orangutani
- ◆ Podčeleď Homininae: člověk, australopiték, šimpanz, gorily
- ◆ Tribus Hominini: člověk, australopiték, šimpanz
- ◆ Subtribus Hominina: člověk, australopiték a jejich předchůdce
- ◆ Rod *Homo*: člověk
- ◆ Druh: *Homo sapiens*

# Čeďed' Hominoidea fylogenetické vztahy



# Taxonomie / chronologie: stav věcí





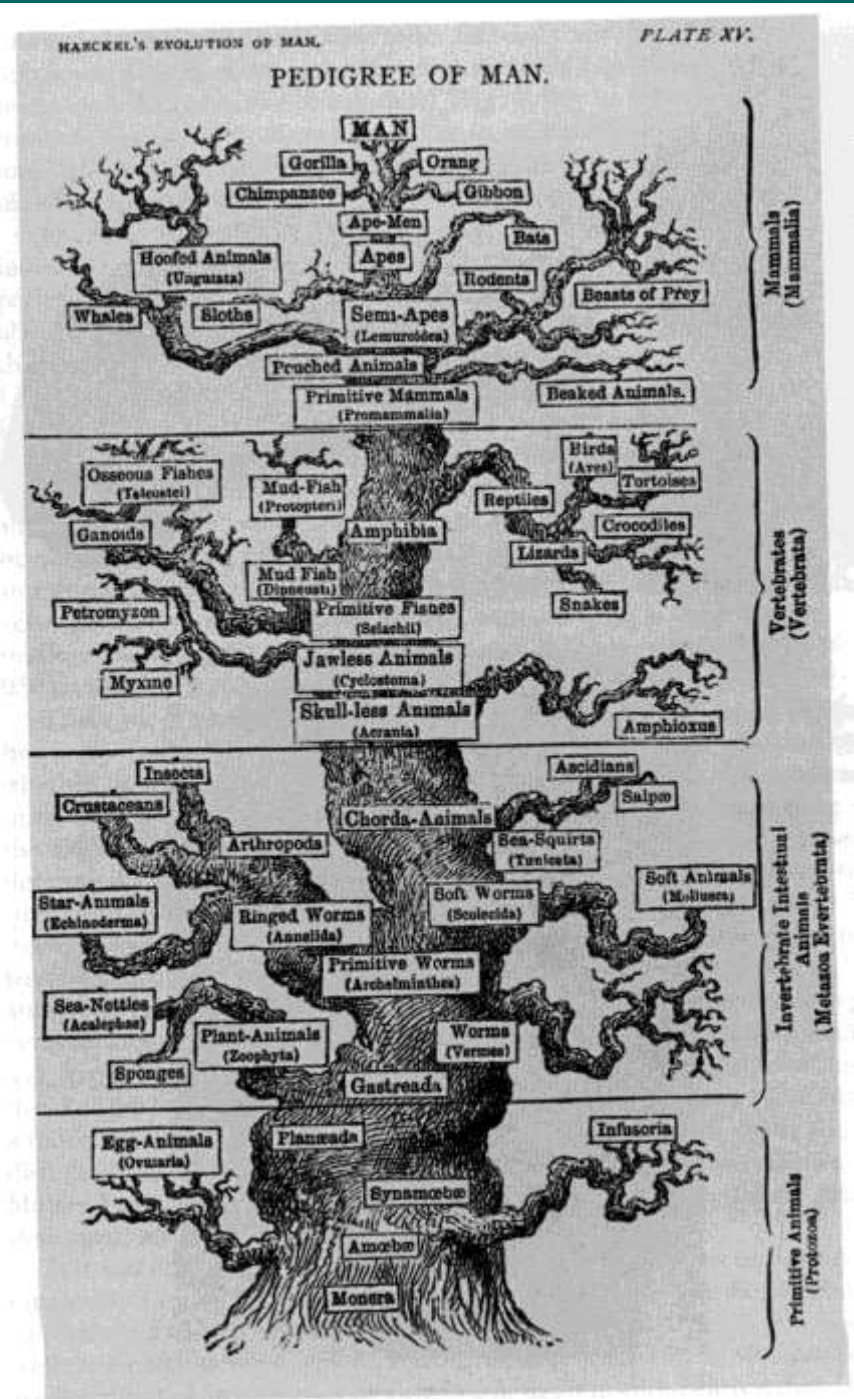
# Fylogeneze

## Evoluční mezičlánek opočlověk

- nikoli neandertálcí, ale  
hypotetická forma  
(Karl Vogt, 1863)

Vývojový strom  
a biogenetický zákon  
fylogeneze - ontogeneze  
(E. Haeckel  
1896)

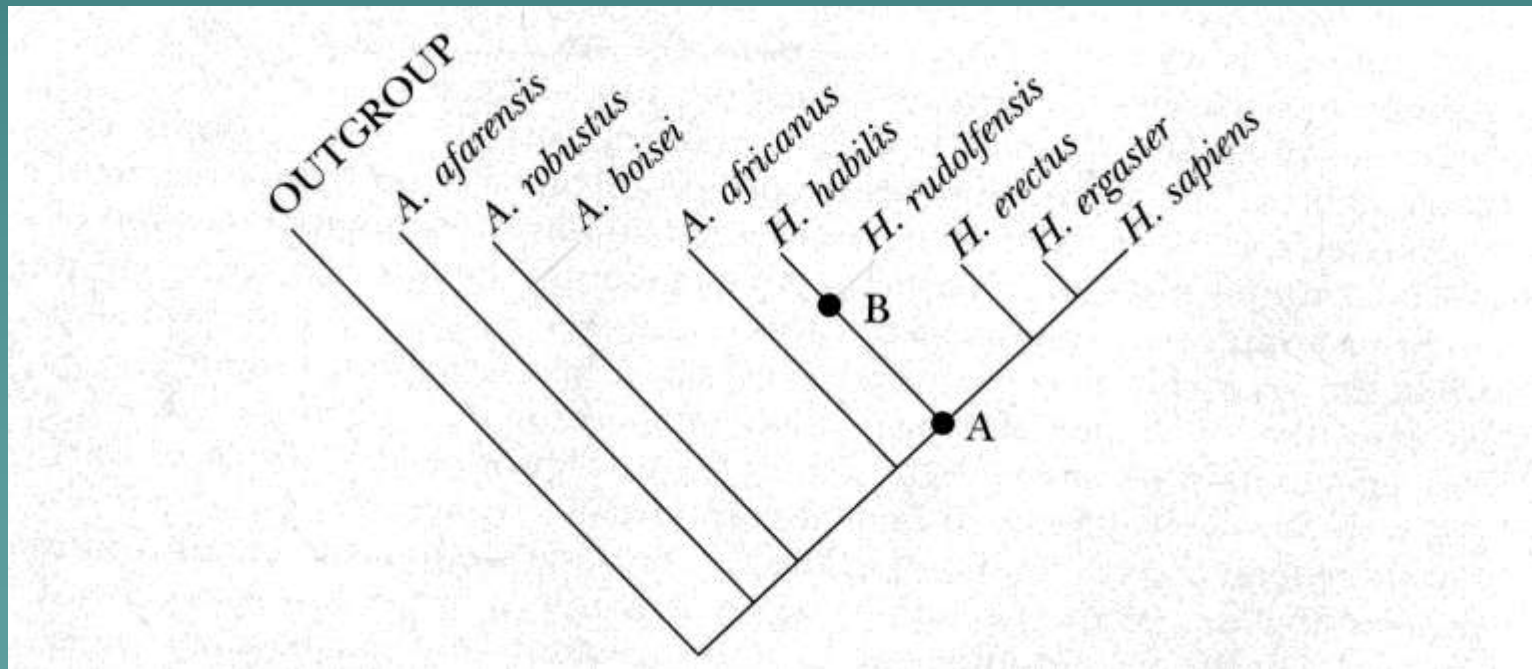
„*Pithecanthropus alalus*“



# Kladogram - Hierarchizace znaků

90 znaků morfologie lebky, mandibuly a zubů:

1. silnější kost klenby lebeční
2. vymezení očnic (v souvislosti s binokulárním viděním)
3. zvyšuje se vliv týlní kosti na celkovou délku lebečního sagitálního oblouku
4. vyšší klenba lebeční
5. Foramen magnum se posouvá vpřed
6. Snižuje se obličejový prognatismus
7. Užší zubní korunka (hlavně u spodních premolárů)
8. kratší délka řady molárů

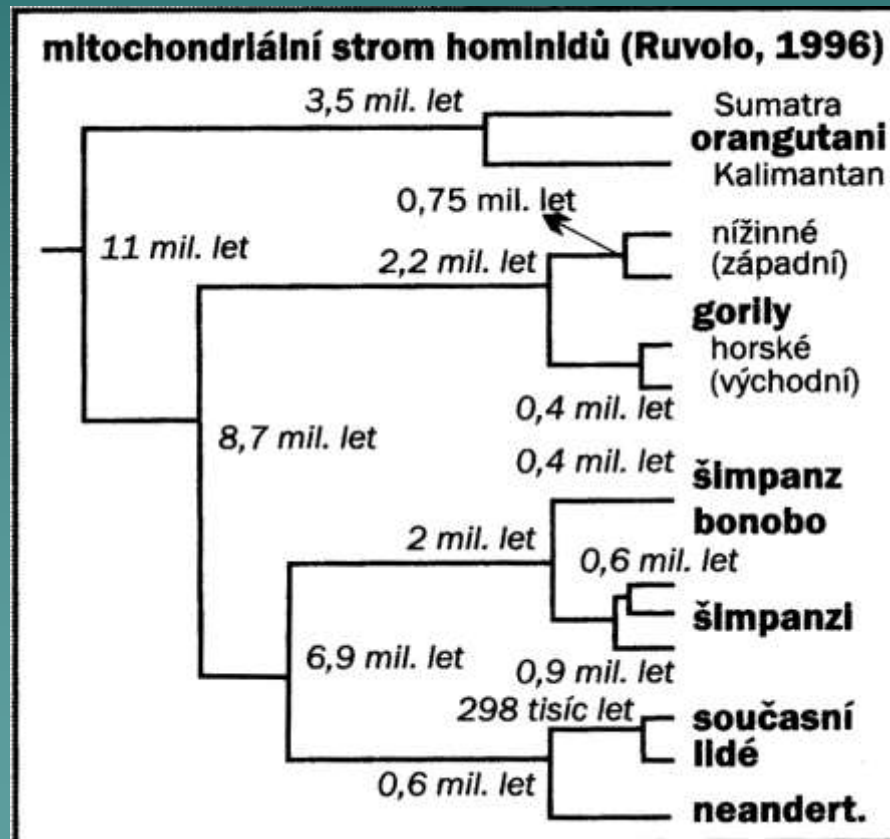


# Genetika: polymorfismus mtDNA žijících vyšších primátů (lidoopi, lidé)

člověk a šimpanz cca 6-7 mil. Let

neandertálci – EMH 0,6 mil. Let (Ruvolo 1996)

ale: záleží na oblasti genomu (Green et al., Science 2010)





# mtDNA žijících populací *Homo sapiens*

5 geograficky odlišných populací  
134 typů mtDNA:  
1-7 – pouze Afrika, variabilita  
8 – 134 – všechny ostatní

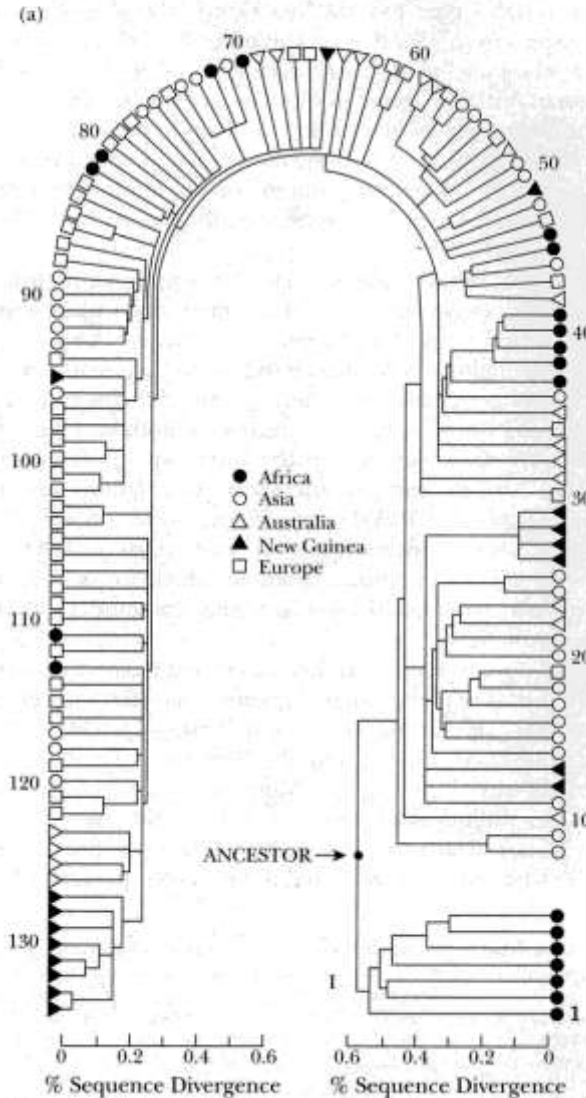
mtDNA recentní populace *Homo sapiens*:  
0.2 mya (původně 0.05-0.5 mya)

ale: opakované migrace  
(typ mtDNA bližší výchozímu  
kontinentu než vlastnímu  
prostředí)

Cann, R.L., Stoneking, M., Wilson, A.C.,  
Nature 325, 1987, 31-36.

MtDNA Divergence within and between Five Human Populations

Population	% Sequence Divergence				
	1	2	3	4	5
1. African	0.47				
2. Asian	0.45	0.35			
3. Australian	0.40	0.31	0.25		
4. Caucasian	0.40	0.31	0.27	0.23	
5. New Guinean	0.42	0.34	0.29	0.29	0.25



# Paleogenetika extrakce fosilní aDNA

- ◆ mtDNA moderního *Homo sapiens* – problém kontaminací!!  
(Sykes, Sedm dcer...)
- ◆ genom neandertálce a co z něj vyplývá:
- ◆ Příměs neandertálské aDNA v AMH (lokálně 2-3%)
- ◆ rozdělení obou linií  
(cca 320-480 ky)

Definice a vymezení  
neandertálského sídelního  
prostoru

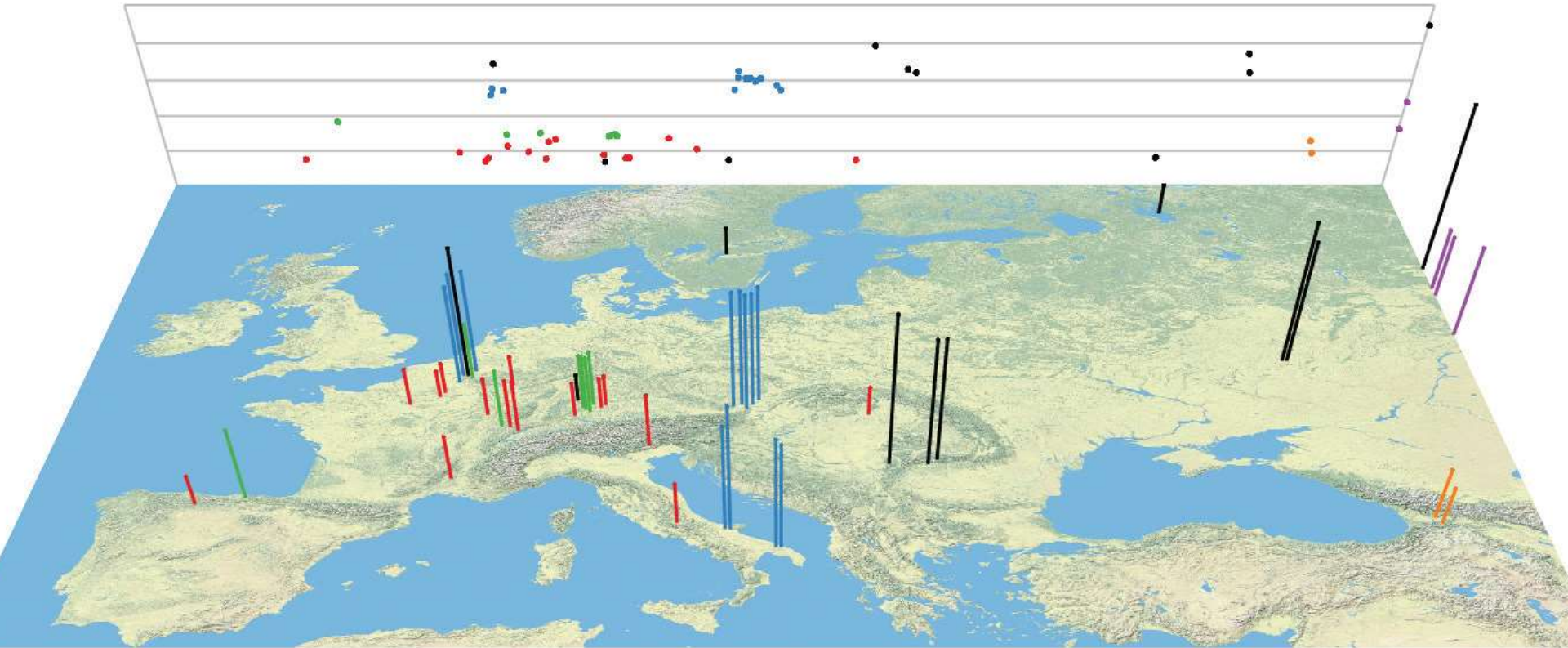
(EVA MPG, Lipsko)

Dosud neznámé formy – Denisova

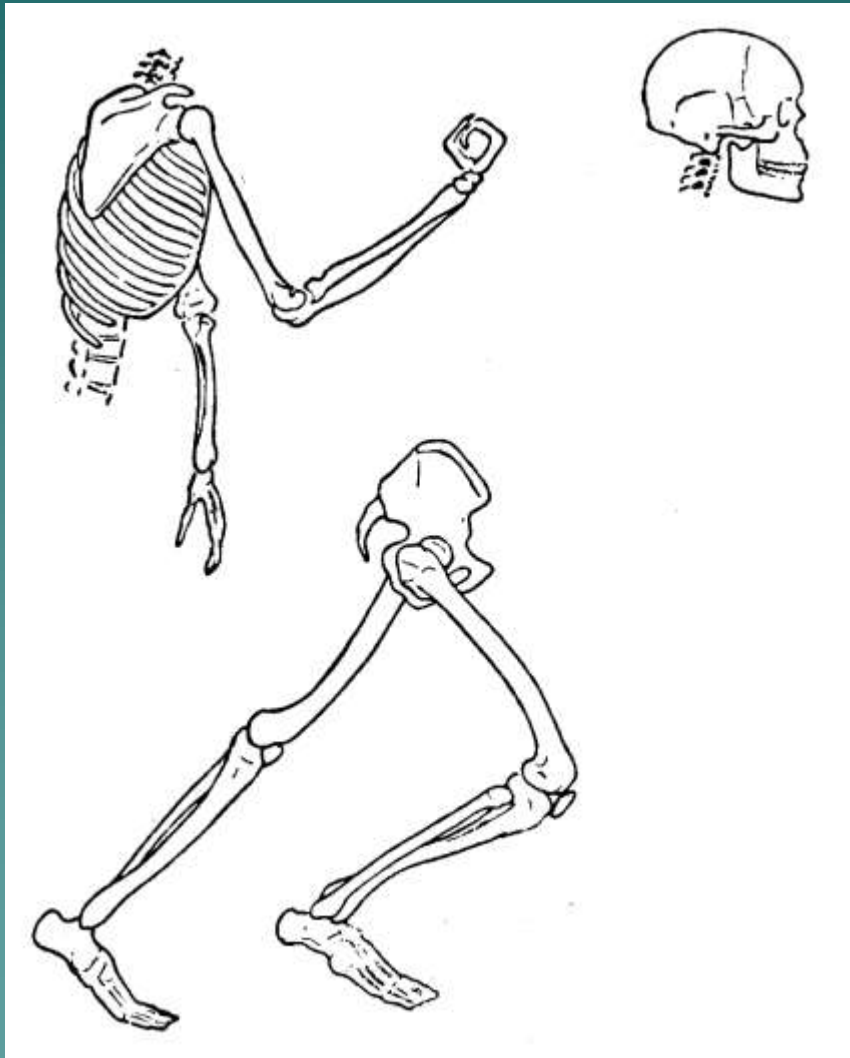




nuclear DNA: *Fu et al., Nature 2016* (with co-author's agreement)



# Antropogeneze: Funkčně morfologické komplexy



## ***Hominoidea***

Stavba hrudníku, horních končetin a jejich pletence: rotace paže - humerus

## ***Homininae***

Změna stavby pánve a dolních končetin: schopnost bipedie

## ***A. – Homo: Diferenciace***

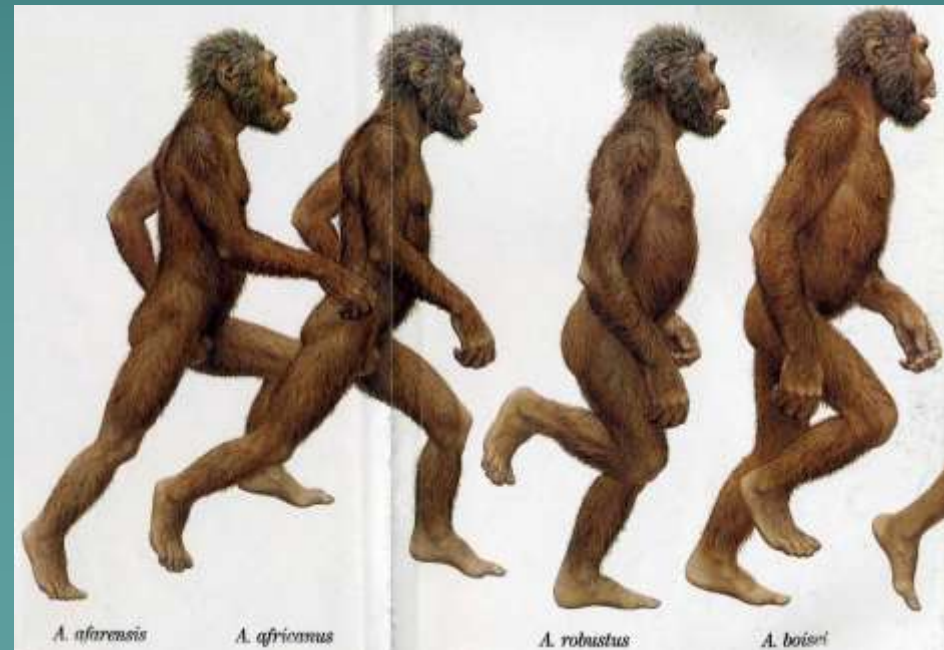
Komplex lebky (tvar a velikost neurokrania, poměr velikosti neurokrania a splanchnokrania, redukce chrupu a čelistí)

Komplex ruky

(S. L. Washburn)

# Hybný moment: Lokomoce

- ◆ **Přechod** kvadrupedie – bipedie: prodloužení femuru a tibie, morfologie kloubů; celkové změny postkraniálu; tvar báze lebni; klenba chodidla)
- ◆ **Mizí:**  
Kotníkochodectví
- ◆ Pěstní chůze
- ◆ Šplhání, zavěšování



# Proč: Ekologická hypotéza Tropický prales

- ◆ Vyžaduje podzemní vodu, dusíkaté půdy, dlouhá období dešťů
- ◆ Vyzvednutý terén – oceánská vlhkost
- ◆ Rozvolnění okrajových částí lesa
- ◆ Prales: 9000 kcal/m<sup>2</sup>
- ◆ Téměř celoročně - Ovoce, ořechy, listí, semena, lodyhy, kořeny, pupeny
- ◆ Ptačí vejíčka, červi, plazi, hmyz, ptáci, menší savci



# Savana

*East side story (Coppens)*

- ◆ Otevřená savana:  
Nosorožci, pakoně,  
antilopy – gazely, přímorožci,  
- Predátoři  
- Zdroje sezónně  
- Úživnost: 3000 kcal/m<sup>2</sup>





# Stavba kostry *Australopithecus afarensis*

(McHenry 1991)

Tvar trupu spíše nálevkovitý až kuželovitý než válcovitý.

Stavba lopatek (připomínající lopatky gorily) usnadňovala šplh.

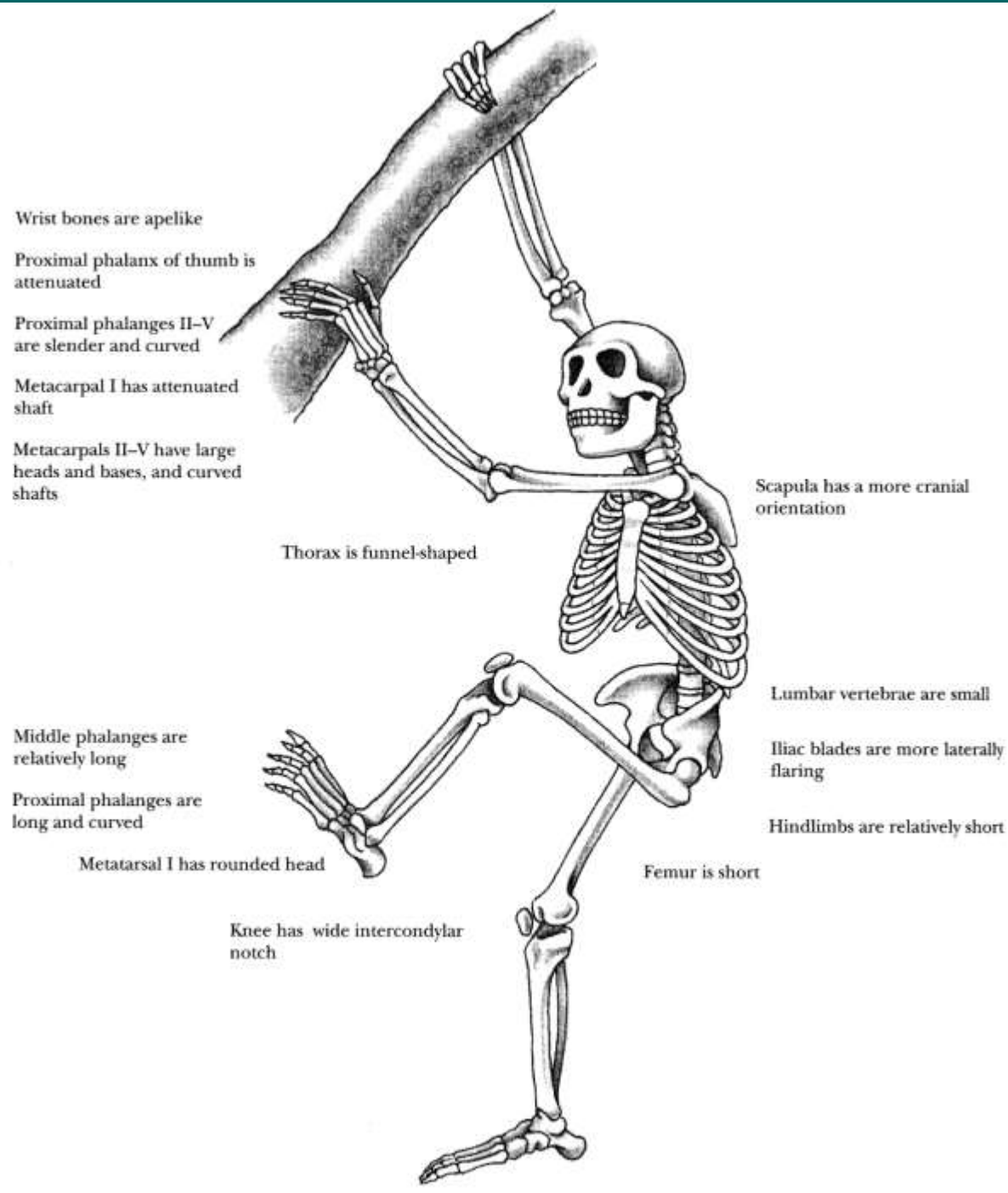
Pánev vůči skeletu neproporčně velká.

Robustní a dobře vyvinuté trny obratlů, k nimž se upíná svalstvo zad.

Dlouhé kosti končetin mohutné a silné.

Zkracování horních končetin a prodlužování dolních končetin, (právě u *A. afarensis*) –

Proměna směrem k rozměrům *Homo*.



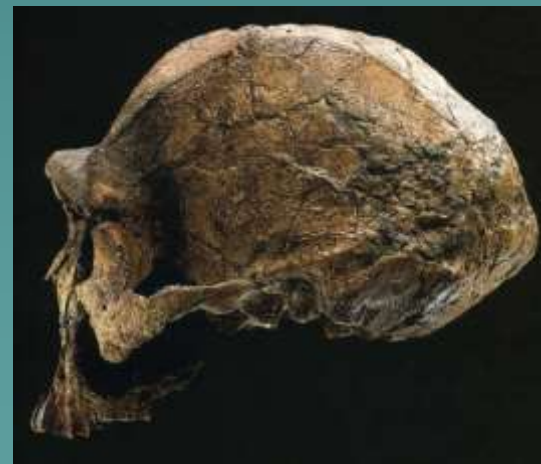
Laetoli: otisky v pobřežní zóně

*Australopithecus afarensis*?



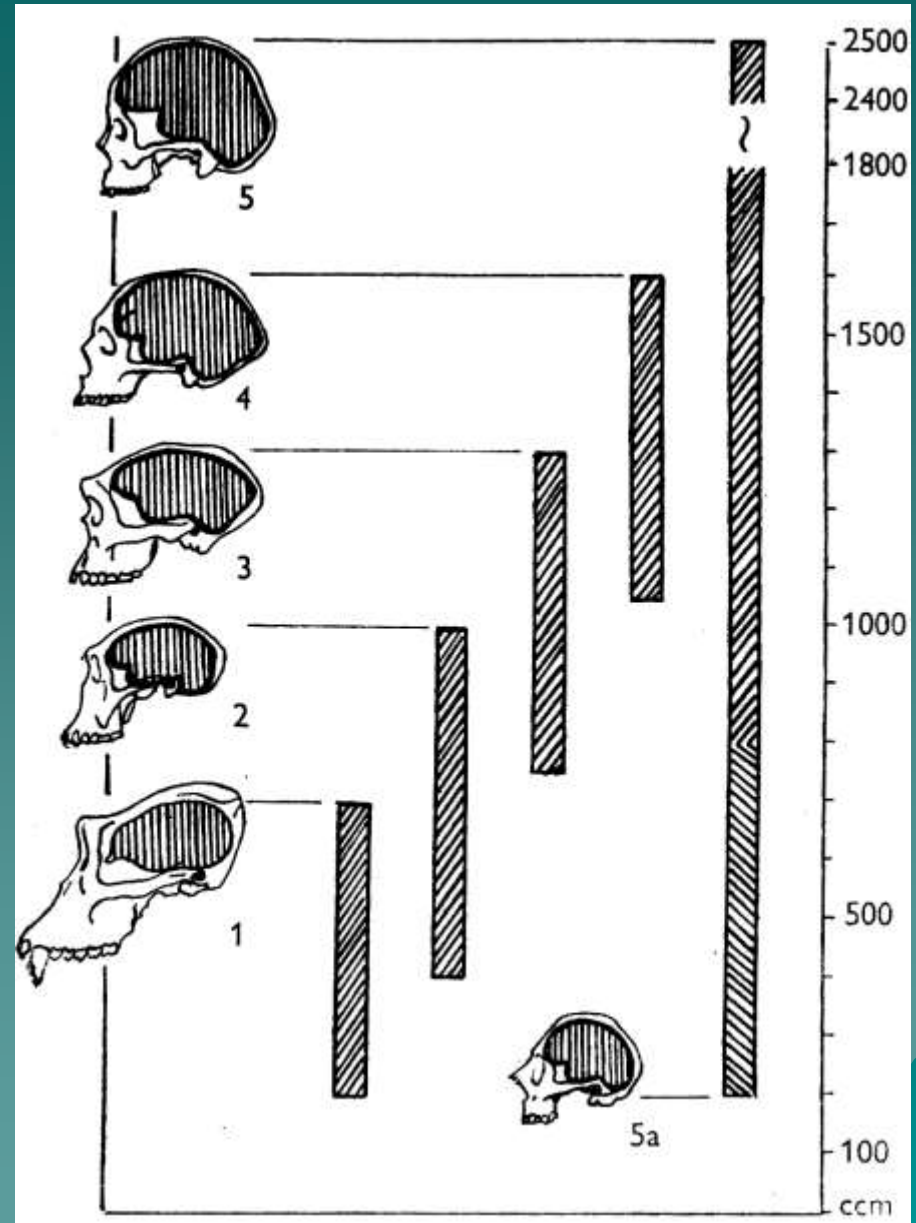


- ◆ *A. afarensis*, *A. aethiopicus*, *A. africanus*,
- ◆ *H. rudolphensis*, *H. ergaster*...
- ◆ Obličejové kosti mají gracilnější stavbu, zkosení obličeje a prognacie ustupuje.
- ◆ Posun týlního otvoru vpřed.
- ◆ Zvětšování mozkovny



# Mozek

- ◆ Zvětšování a rozvoj mozku
- ◆ Váha se relativně zvyšuje vůči váze těla
- ◆ Ale i komplexní neurální reorganizace
- ◆ *Homo sapiens* (včetně extrém mikrocefala)
- ◆ *Homo neanderthalensis*
- ◆ *Homo erectus*
- ◆ *Australopithecus*
- ◆ *Gorilla*



# Dentice



Primáti: Původní formule chrupu  
I 3/3, C 1/1, Pm 4/4, M 3/3  
redukce až na formuli  
I 2/2, C 1/1, Pm 2/2, M 3/3

Zubní oblouk je méně  
zakulacený -  
změny tvaru „U“ - „V“

Starší nálezy mají větší špičáky a  
řezáky, řezáky více vyčnívají

Ale: zvětšování molárů a  
premolárů u některých  
Australopitéků jako adaptace  
na potravní specializaci

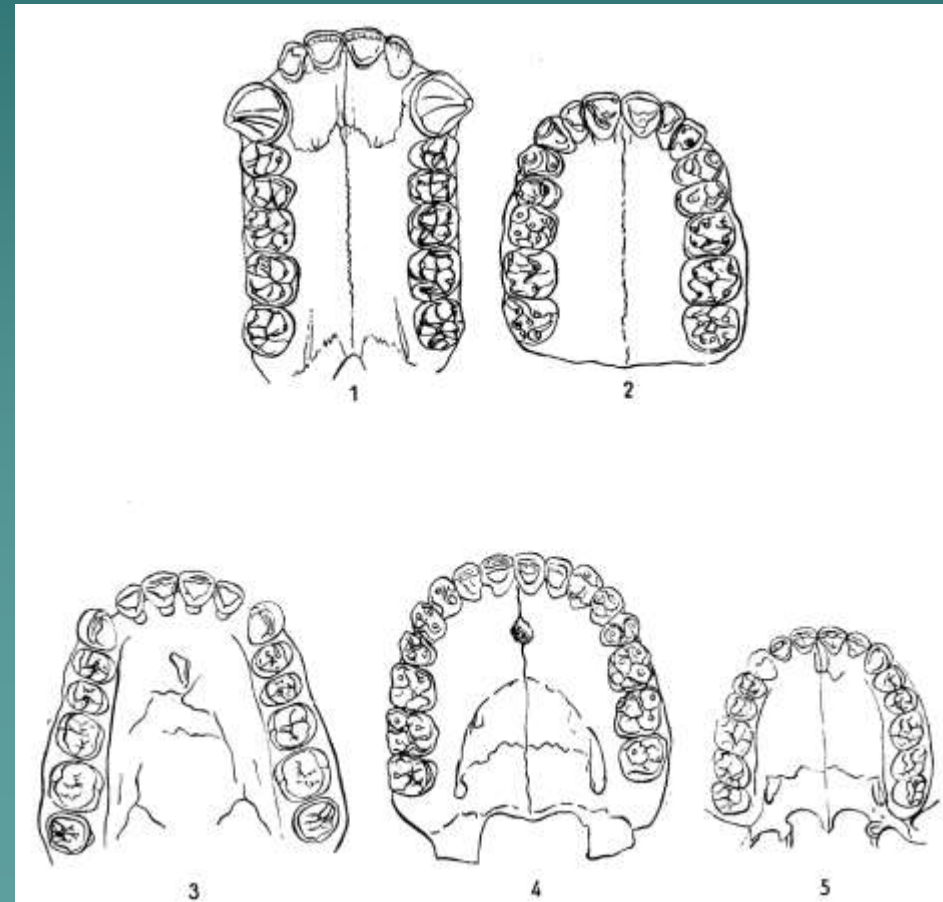
Podobně i mocnost dentinu  
- a dentální traseologie

*Gorila - Australopithecus*

*Homo erectus (Jáva)*

*Homo heidelbergensis*

*Homo sapiens*



# Kostra ruky a nohy

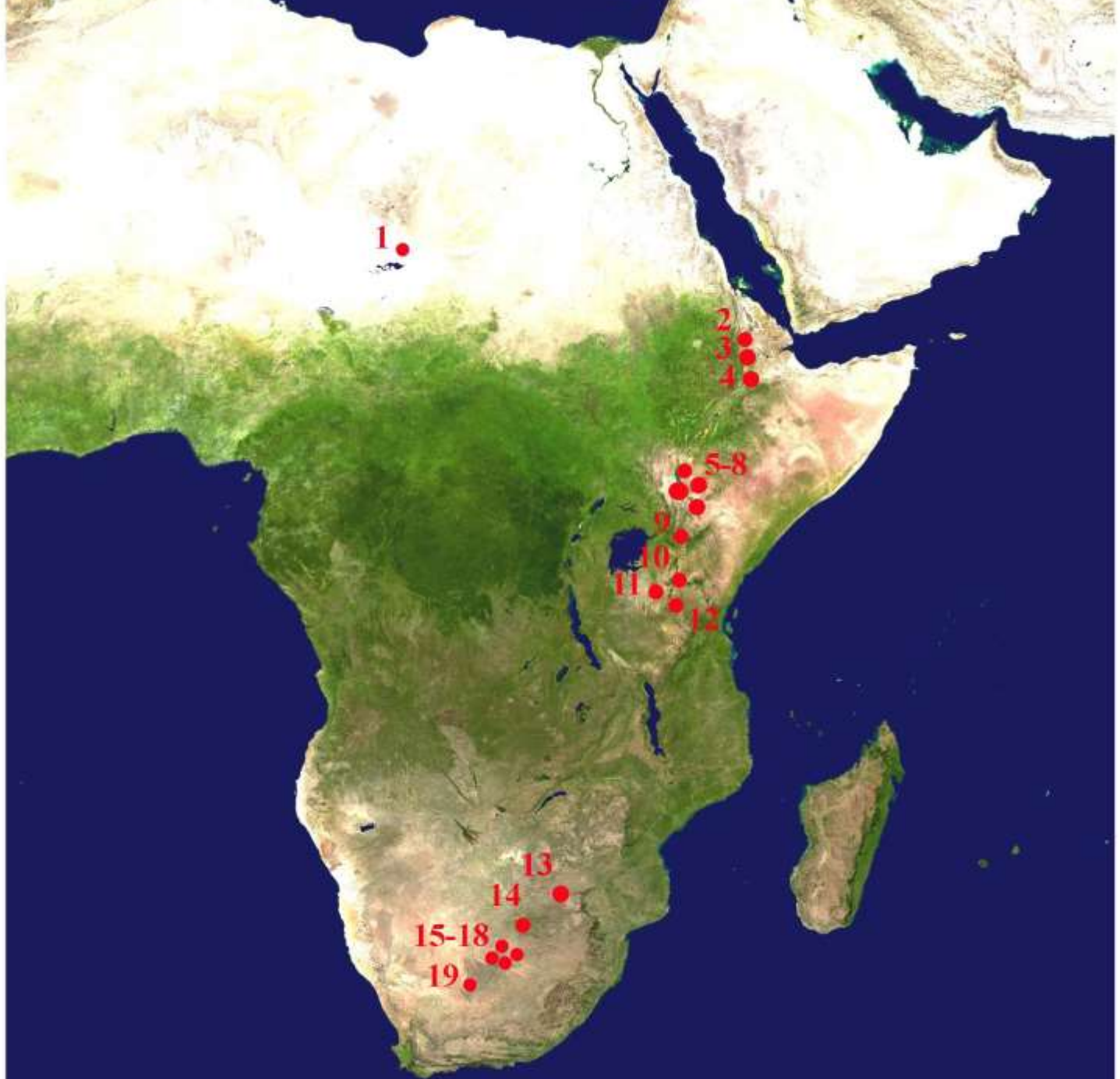
- ◆ Zachování formy končetin - proporce;
- ◆ Tendence k pentadaktylii - společná;
- ◆ zvětšení pohyblivosti jednotlivých prstů;
- ◆ uchopovací schopnost ruky a nohy - adaptace;
- ◆ Ulna a radius – vzájemná pohyblivost



## Komplexní etologie člověka: znovu „co je to člověk?“

- ◆ LOV (Washburn)
- ◆ Sexuální soutěživost
- ◆ Teritoriální chování
- ◆ Agrese (Lorenz – *Takzvané zlo*, Morris – *Nahá opice*)
- ◆ Sociální hierarchie
- ◆ Nástrojové chování – technologie - artefakty
- ◆ Symbolické chování
- ◆ --- „lidská revoluce“







# Galili a Heryie (Afar), více než 4.1 my 2014



# *Sahelanthropus tchadensis*

7-6 mil. let, Toros-Menalla, Djurab, Čad

- ◆ Holotyp: lebka a čelisti, M. Brunet et al. 2002, TM 266
- ◆ Malá mozkovna (320-380 cm<sup>3</sup>)
- ◆ Málo zkosený (spíš vertikální), protáhlý obličej, posun týlního otvoru vpřed
- ◆ Nadočnicový val kontinuální (není dif. ve dva oblouky)
- ◆ Mírná subnasální prognacie
- ◆ Krátké, robustní čelisti, zubní oblouk „U“, malé zuby (špičáky – oproti lidoopům)

Hominid – lidoop? Evoluční vazby – přímo k Homo??



# *Orrorin tugenensis*

6 mil. let , východní Afrika  
lokalita Kapsomin, Tugen Hills, Keňa

- ◆ Holotyp: Části lebky, zuby, kostra končetin, B. Senut et al. 2001
- ◆ Výška 120-140 cm
- ◆ Bipedie?? – ale mohutné paže pro šplh na stromech
- ◆ Šimpanzí znaky (délka kostí, morfologie femuru)
- ◆ Hominidní znaky (struktura chrupu, čelisti)
- ◆ Premoláry a moláry menší než u australopitéků, vrstva skloviny silnější

Fylogenetické postavení?

# *Ardipithecus ramidus*

5,8 – 4,3 mil. let, Etiopie

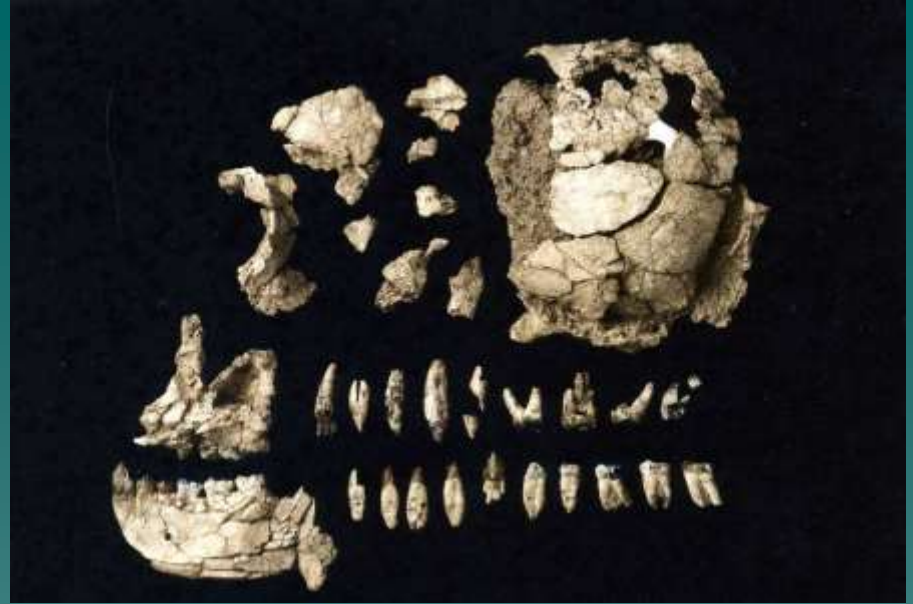
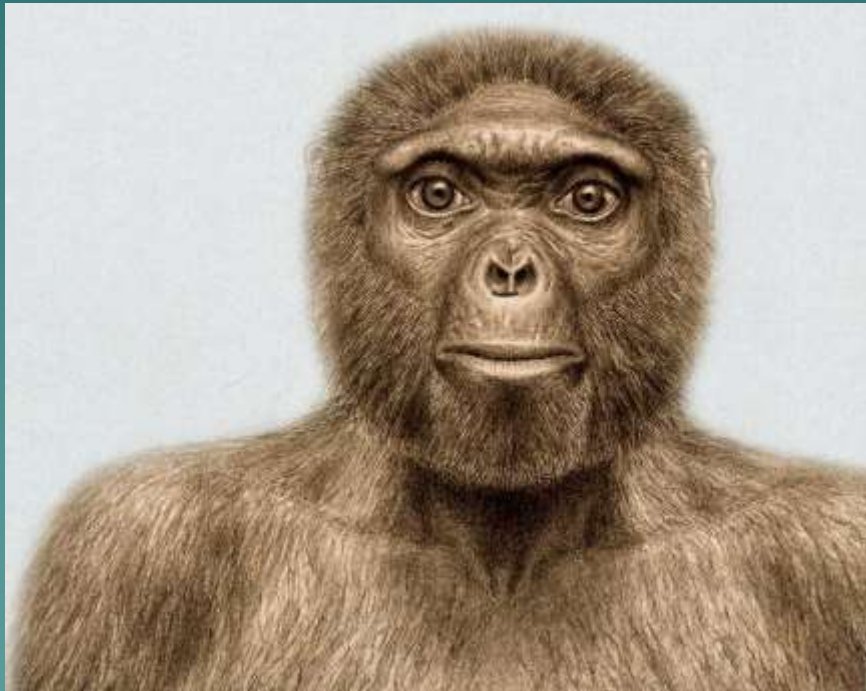
typ Kaddaba

Lokality na střední Awaš, Aramis

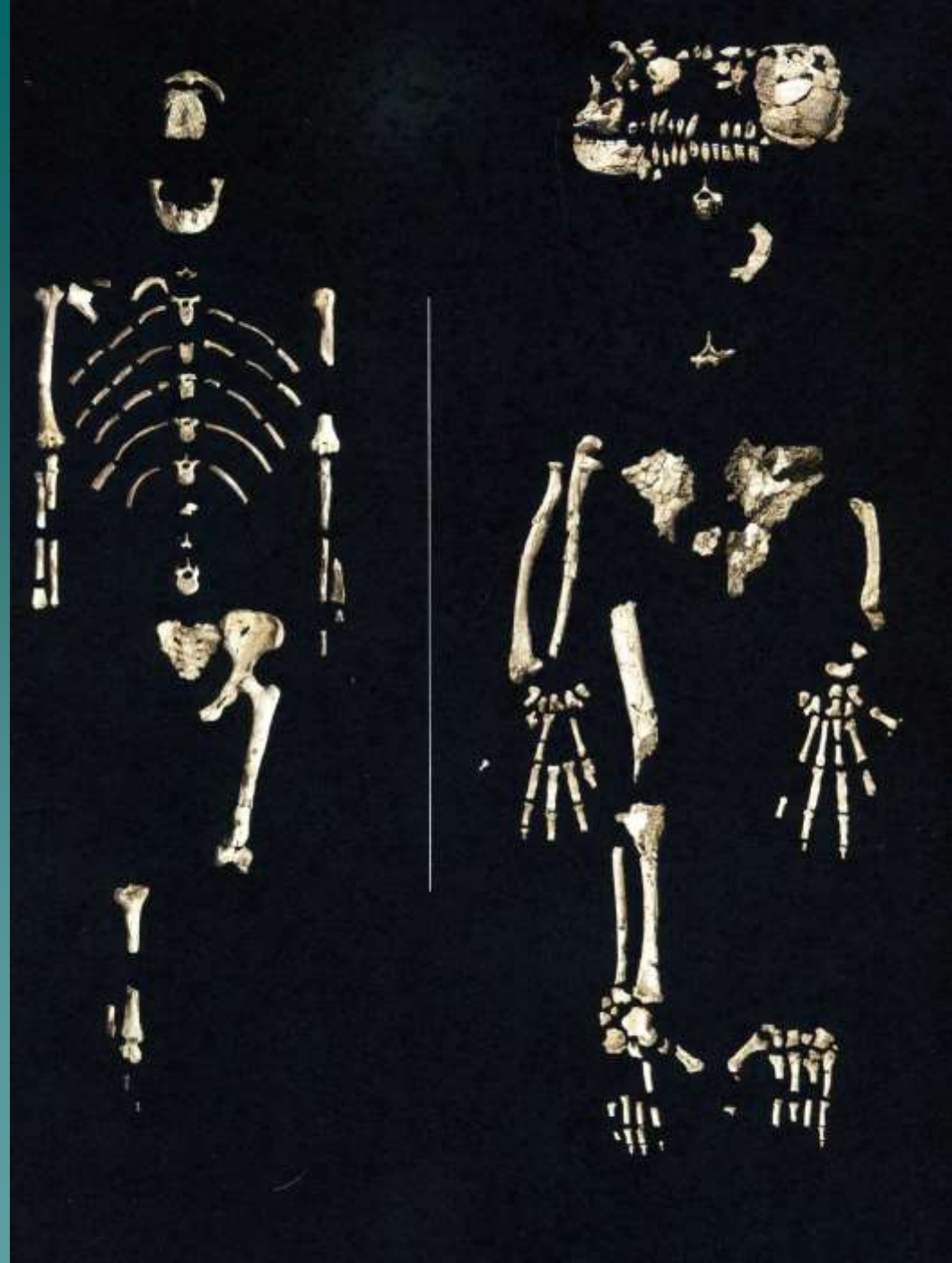
- ◆ Holotyp ARA-VP-6/1, T. White et al., 1994
- ◆ Gracilně stavěný bipední hominid
- ◆ Malá lebka, mozek velikosti šimpanze
- ◆ Další znaky šimpanze (horní končetiny) a raných hominidů
- ◆ Úzké a dlouhé stoličky s nízkou a zašpičatělou korunkou, tenká vrstva skloviny



# Ardi



Lucy (*Australopithecus afarensis*) a Ardi (*Ardipithecus ramidus*)

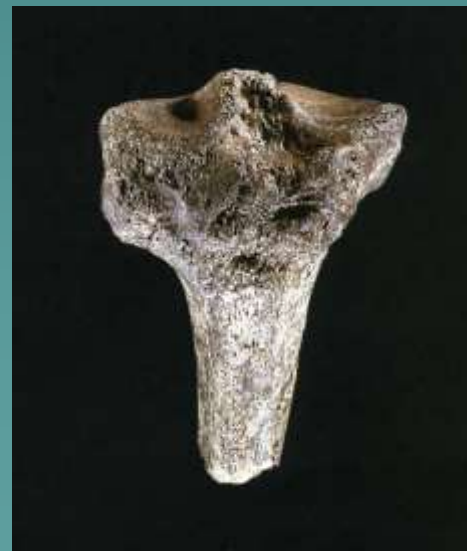


# *Australopithecus anamensis*

východní Afrika, 4,2 až 3,9 milionu let

Lokality Kanapoi a Allia Bay, Turkana (Keňa) a Asa Issie (Etiopie).

- ◆ dolní čelist (KNM-KP 29281), holotyp, 1995, M. Leakey.
- ◆ Výška samec 155 cm, samice 130 cm, váha samec 59 kg, samice 33 kg, asi 20% sexuální dimorfismus.
- ◆ Bipedie: neúplná holenní kost (KNM-KP 29285) - proximální kloubní hrboly holenní kosti, navazují na stehenní kost, duté miskovité kloubní plošky v koleně, rozšíření dolního konce holenní kosti - absorbuje nárazy.



# *Australopithecus afarensis*

východní Afrika, 4,2 až 3 miliony let.

Hadar, Omo, Middle Awash, Fejej, Maka (Etiopie), Koobi Fora, West Turkana, Lothagam (Keňa) a Laetoli (Tanzanie).

- ◆ holotyp dolní čelist (L.H. – 4), 1978, Laetoli (Johanson, White, Coppens)
- ◆ Výška samec 150 cm, samice 104 cm, váha samec 52 kg, samice 29 kg – značný pohlavní dimorfismus
- ◆ Bipedie a schopnost šplhat unikátní anatomická adaptace, která vznikla jako reakce na omezení a rizika spjatá s bipedií.
- ◆ Kolenní kloub; femur – tibia A.L. 129, vzpřímená chůze





# *A. afarensis* – lebka

- ◆ Od lidoopů odlišuje strmější a vertikálně delší obličej, stavba patra a lícních kostí.
- ◆ Lebka nízká, malý objem mozku (400 - 500 cm<sup>3</sup>), silné žvýkacích svaly, výrazné nadočnicové oblouky, robustní spodní čelist bez brady, prognatismus obličeje, vystupující ramena dolní čelisti.
- ◆ Jařmové (lícní) oblouky rozšířené, spánkový a šíjový kostěný hřeben, k upnutí silných svalů.
- ◆ Vnější sluchová trubice se podobá sluchové trubici lidoopů.



# *Australopithecus boisei*

východní Afrika, 2,4 až 1,4 milionu let.

Lokality na území Tanzánie, Malawi, Etiopie a Keni.

- ◆ Holotyp: robustní lebka (OH-5), 1959, Olduvai, M. Leakey.
- ◆ Bipední hominid, výška: samec 137 cm, samice 124 cm, váha: samec 49 kg, samice 34 kg – tj. výrazný sexuální dimorfismus.
- ◆ masivní lebka, výrazný sagitální hřeben, sloužící k uchycení mohutných žvýkacích svalů, téměř vertikální, miskovitě tvarovaný obličej, vpřed vystupující jařmové oblouky. Celo nízké nebo chybí.
- ◆ Kostěné „pilíře“ na vystouplých lícních kostech, zpevňovaly obličejovou část lebky a zvyšovaly biomechanickou účinnost sevření čelistí.



# Čelisti, dentice

- ◆ Hluboká a silná spodní čelist umístěna pod mozkovnu, protože tak bylo možné vyvinout co nejúčinnější vertikální tlak.
- ◆ Dentice: extrémně velké moláry a premoláry s téměř plochým reliéfem a zesílenou vrstvou skloviny, redukované řezáky a špičáky - při zpracování jídla neměly důležitou roli.
- ◆ Efektivní zpracování vegetace, ořechů, semen



# *Australopithecus africanus*

jižní Afrika, 3 až 2,2 milionu let.

Lokality Sterkfontein, Makapansgat, Taung a Gladysvale.

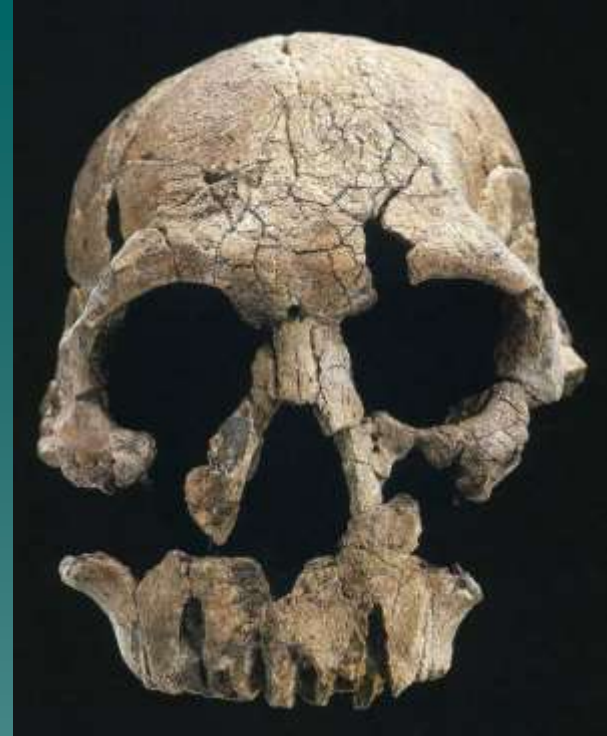
- ◆ Holotyp: lebka, 1924 v lomu Buton u Taung.
- ◆ výška samec 137 cm, samice 114 cm, váha samec 48 kg, samice 30 kg, objem mozku 430-515 cm<sup>3</sup>.
- ◆ Připomíná své předchůdce (*Australopithecus afarensis*), ale posun jak směrem k robustním australopitékům, tak k raným zástupcům rodu *Homo*. Obličejové kosti mají gracilnější stavbu a prognacie je mírnější. Oční důlky jsou kruhové po celém obvodu (nikoliv čtvercové).
- ◆ Skelet: Sterkfontein (poškození)



# *Homo rudolfensis*

Východní Afrika, 2,5-1,9 mil. Let  
jez. Turkana (Keňa), Uraha (Malawi)

- ◆ Holotyp: KNM-ER 1470, R. Leakey, 1972: lebka + končetiny. Rozpor: kapacita x stáří
- ◆ V. Alexejev 1986
- ◆ UR-501, Schrenk a Bromage
- ◆ Zaoblená mozkovna, 600-800 cm<sup>3</sup>
- ◆ Delší a užší obličejová část lebky; „talířovitý“ (konkávní) tvar
- ◆ Mohutné, ale méně výrazné nadočnicové oblouky
- ◆ Krátká týlní kost; týlní otvor spíše vzadu
- ◆ Robustnější čelisti (rel. vůči Homo)
- ◆ Gracilní postava, cca 150 cm
- ◆ Prodloužené dolní končetiny -



# *Homo habilis*

Východní a jižní Afrika (Keňa-Tanzanie-JAR),  
2,2-1,6 mil. let

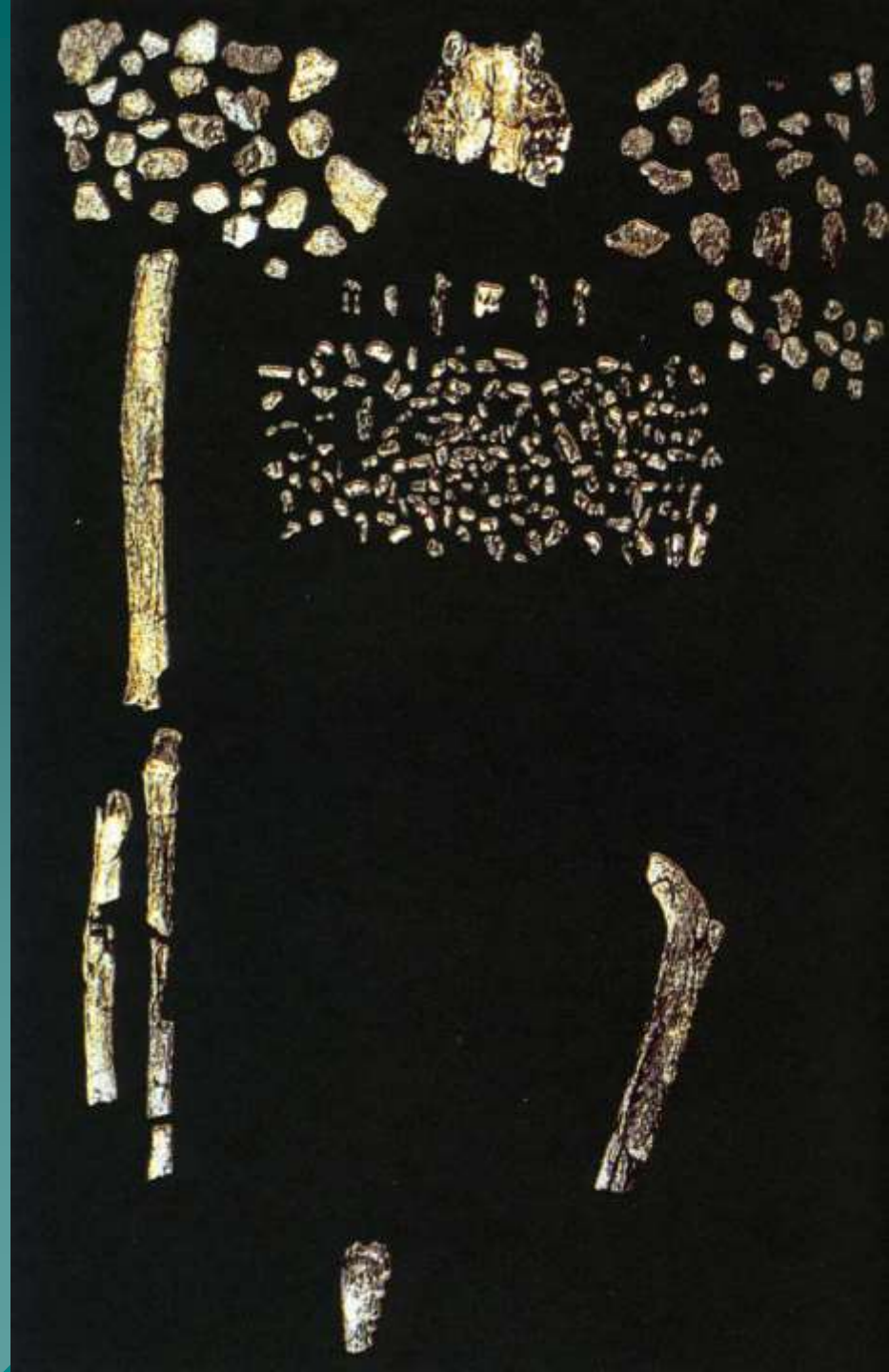
- ◆ Holotyp: OH-7 (juv., mand.), Leakey, Tobias, Napier
- ◆ Gracilní obličej
- ◆ Kapacita mozku nižší (500-687; max. 730 cm<sup>3</sup>); jeho přestavba: zvětšování frontálních laloků mozku (Brocovy oblasti) – řeč?
- ◆ Zakulacení kosti týlní
- ◆ Zmenšení nadočnicových valů, vymizení sagitálního hřebene
- ◆ Ale: „tvář australopitéka“



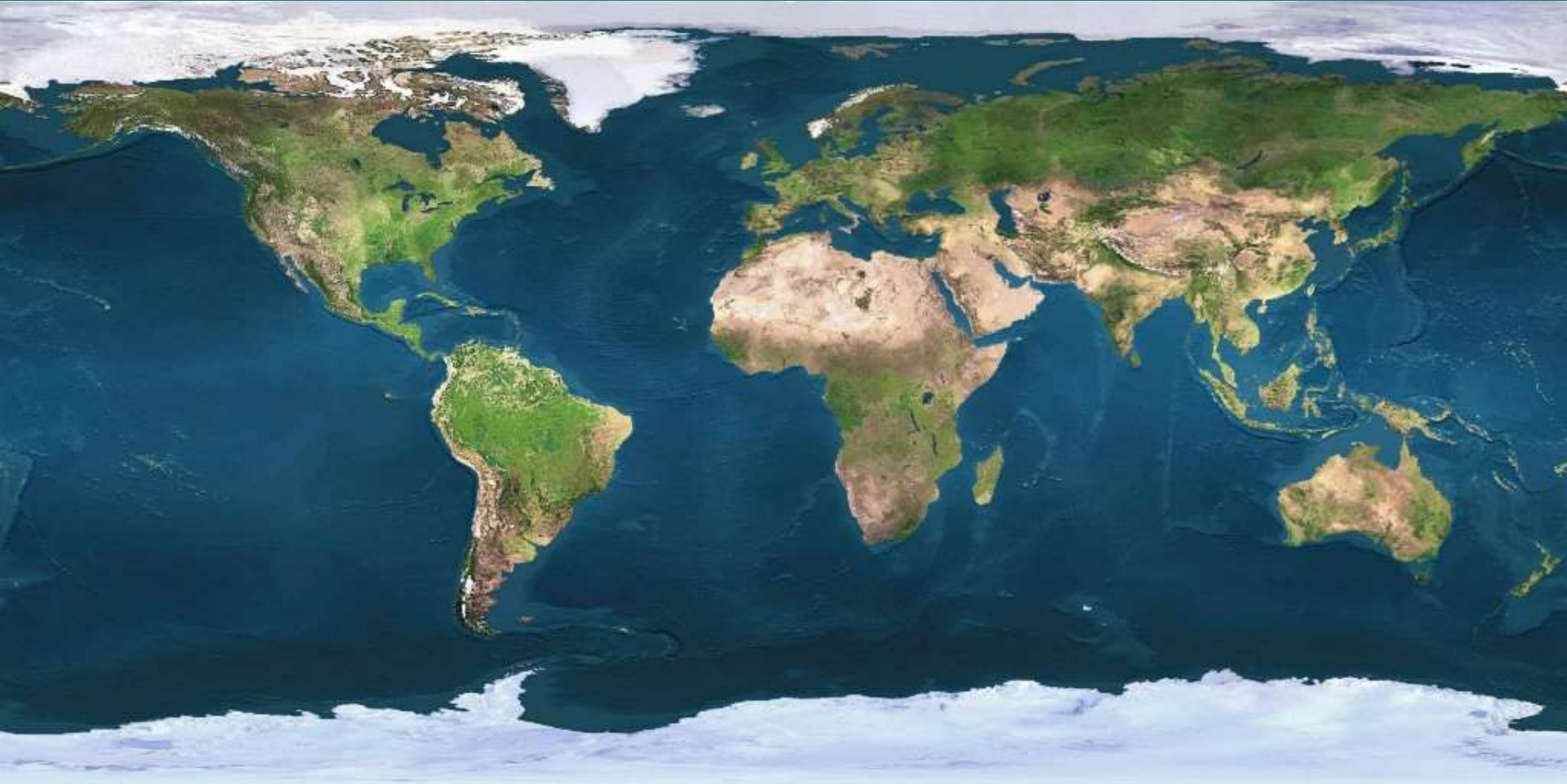
# Postkraniální skelet

- ◆ Bipedie: efektivní chůze a běh
- ◆ Horní končetiny: dlouhé (cf. Lucy...)
- ◆ Zkrácení palce, mírné zakřivení prstních článků
- ◆ Výška/váha muž: 132 cm / 37 kg
- ◆ Žena: 117 cm / 32 kg

OH-62, cca 300 fragmentů



# Průnik do Eurasie: *Homo ergaster*? *Homo erectus*





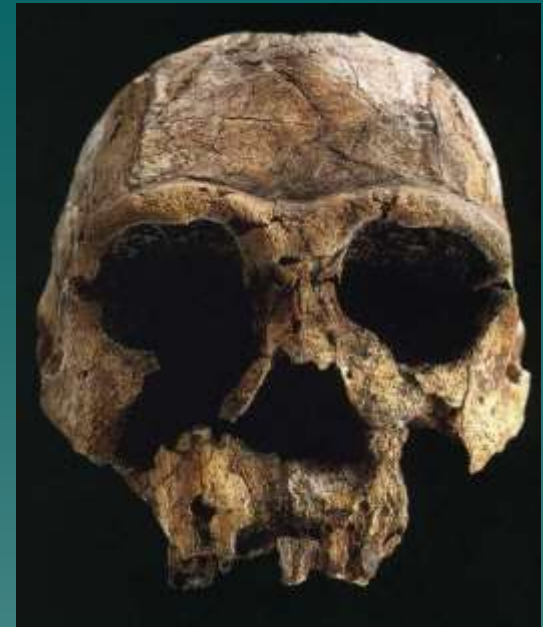
# *Homo ergaster*

východní a jižní Afrika, průnik do  
Eurázie? 1,8-1,4 mil. let

Lokality: Nariokotome, Koobi Fora,  
Ileret, Dmanisi?

- ◆ Holotyp: KNM ER-992  
(typická mandibula) - Leakey  
et al.; Groves a Mazák, 1975
- ◆ Kapacita mozkovny 600-950  
cm<sup>3</sup>
- ◆ Výraznější (i když plochý a  
široký nos)
- ◆ Menší spodní čelist
- ◆ Menší tloušťka kostí

KNM-ER 3733



# Nariokotome

1,6 mil. let

KNM-WT-15000

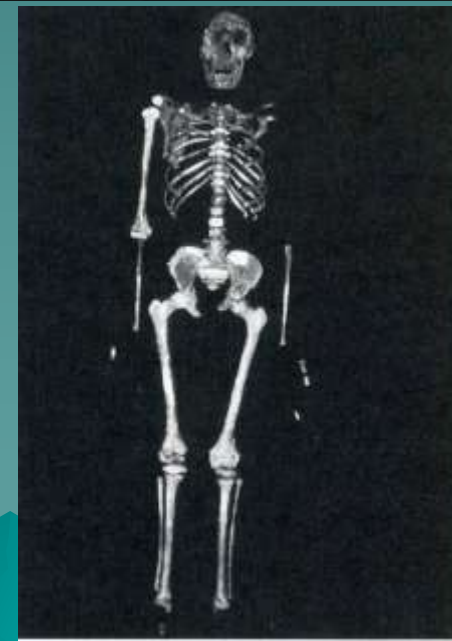
11 let?

mozkovna 880 cm<sup>3</sup>

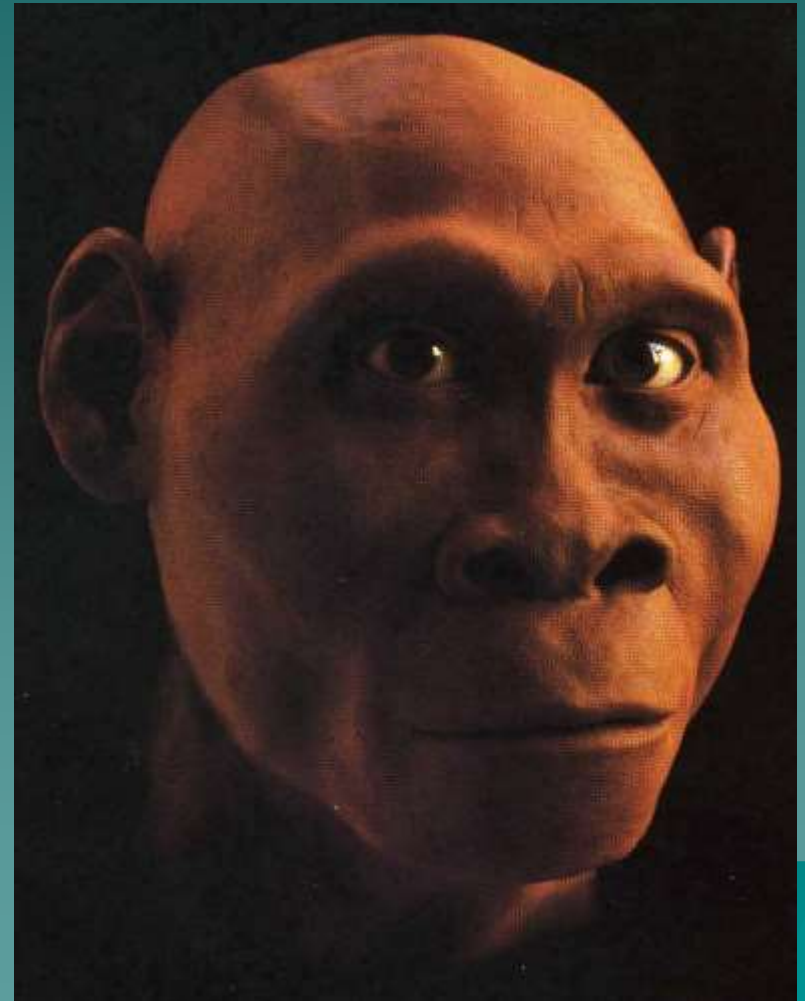
jako dospělý by měl obsah  
mozkovny 909 cm<sup>3</sup>

výška 1.50, váha 47 kg  
dosáhl by 1.80 m,  
68 kg

Moderní stavba  
postkraniálního skeletu



Eurasie: Dmanisi  
nad datem 1.8 my  
slon, etruský nosorožec, kůň, machairodus, pštros



# *Homo erectus*

Afrika, Asie, 1,5 – 0,5 mil. let

- ◆ První naleziště: Trinil (Jáva), E. Dubois 1891; Leakey, Walker, Rightmire

Afrika, Čína, Jáva:

- ◆ Velikost mozkovny: 750-1225 cm<sup>3</sup>, úzká a nízká, zalomená v týlní val
- ◆ Masívní, dozadu ubíhající zploštělé čelo, výrazné nadočnicové valy
- ◆ Velké lícní kosti, dopředu vystupující obličej, široký nos, čelisti i patro

Čou-kchou-tien



# *Homo heidelbergensis* 0,7-0,2 my

(„preneandertálec“, „anteneandertálec“ „archaický *Homo sapiens*“)

- ◆ Holotyp: Mauer-1, u Heidelbergu, Roesch, Schoetensack 1907
- ◆ Zvětšování objemu mozkovny (1100-1390 cm<sup>3</sup>)
- ◆ Úzká, výrazně ustupující mozkovna, masívní lebeční kosti
- ◆ Gracilizace obličejové kostry, velký obličej, strmá profilová linie
- ◆ Masívní nadočnicové oblouky
- ◆ Zaoblení týlu/nevýrazný torus
- ◆ Postkraniál: robustní, silné kosti, mohutné svaly



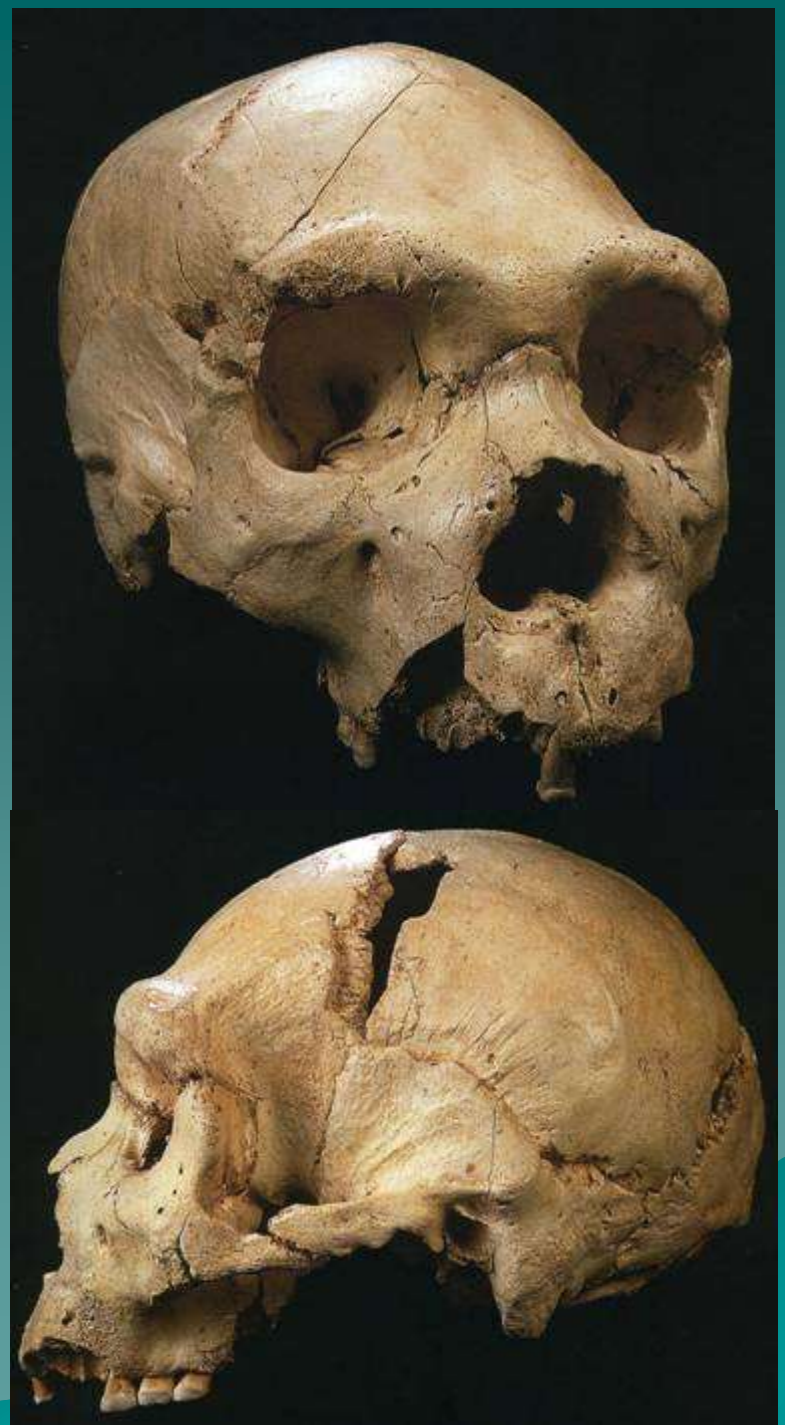
# Atapuerca

Cueva Mayor, Sima de los  
Huesos

A-4, A-5

Velký rozdíl v kapacitě mozku – A-4:  
1390 cm<sup>3</sup>!

Přední část obličeje vystupuje  
Nadočnicové valy ve dvou obloucích  
Mezera za M3

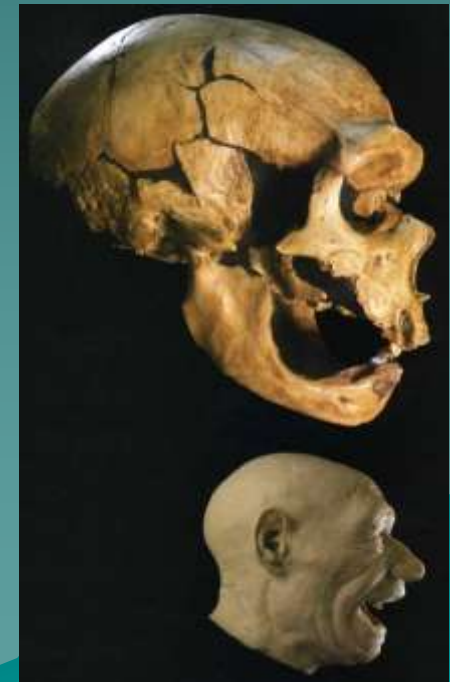


Pánev, muž, 185 cm, robustní, značná síla svalů  
váha min. 95 kg



# *Homo neanderthalensis,* *Homo sapiens neanderthalensis*), 220-30 ky

- ◆ Engis, Gibraltar,
- ◆ Neanderthal, Fuhlrott 1856;
- ◆ King 1864
- ◆ Kapacita lebky 1300-1700 cm<sup>3</sup>, ale široká a nízká
- ◆ Ustupující čelo, ploché temeno, zalomený týl
- ◆ Masivní, obličej vystupuje vpřed, vyčnívající lícní kosti, prognacie
- ◆ široký a objemný nos
- ◆ Silné a kontinuální nadočnicové oblouky, očníce zaoblené
- ◆ Malý processus mastoideus
- ◆ Robustní ale nízká mandibula, chybí bradový hrbol, mezera za M3



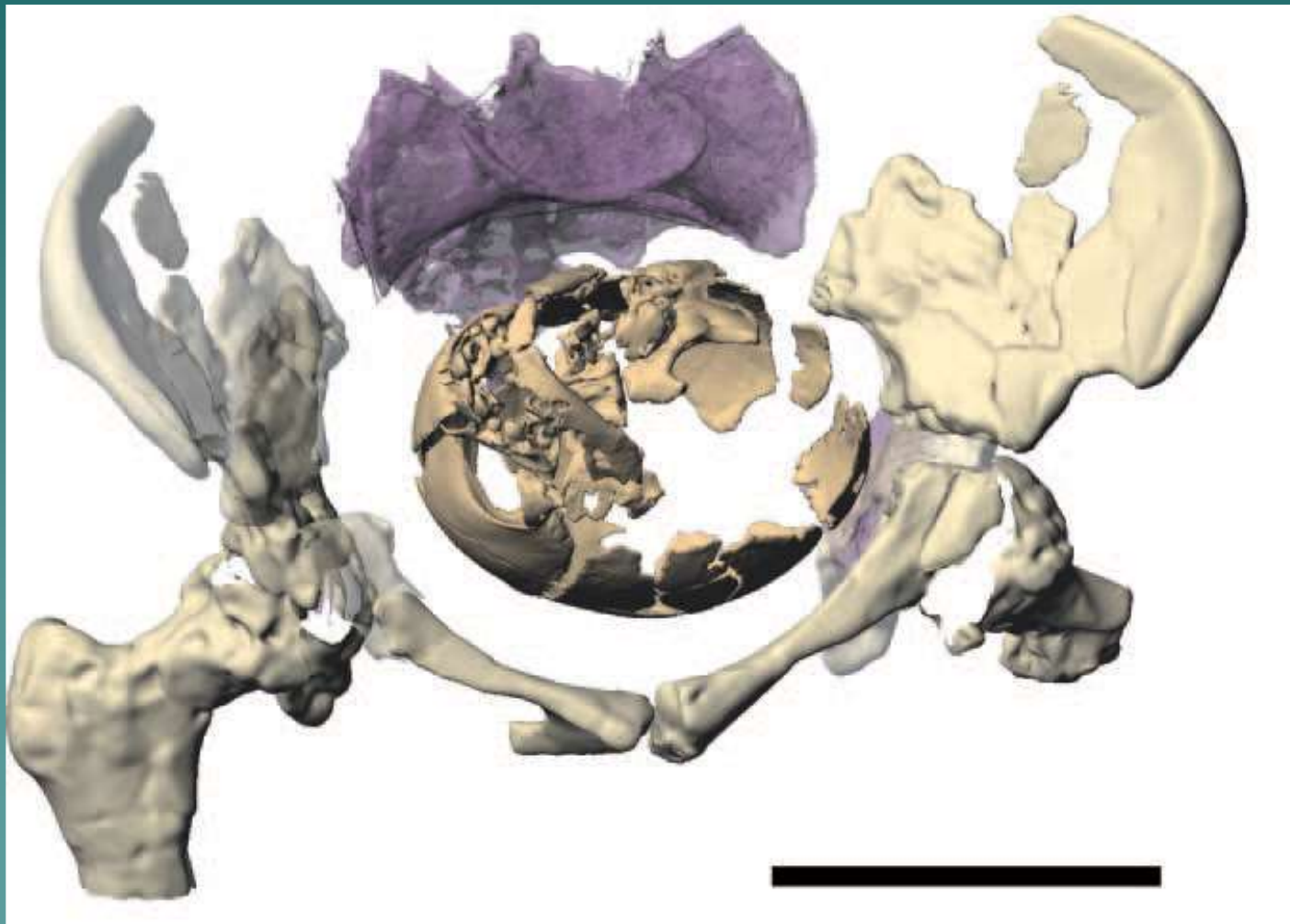


- ◆ Výška 150-165 cm, váha 73 kg
- ◆ Mimořádně robustní skelet, mohutné svaly, široká lopatka se svalovými úpony
- ◆ Dlouhé kosti více zakřivené, větší plocha pro svalové úpony, loketní kloub
- ◆ Soudkovitý tvar hrudníku, je objemný (velké plíce), krátká clavicula
- ◆ Odlišný pánevní otvor, široké pánevní kosti, prodloužená stydká kost
- ◆ Postoj i bipedie jako u Homo sapiens

Kebara 2



Lebka: Mezmaiskaja, fragmenty ženské pánve Tabun  
pokus o rekonstrukci porodu  
Ponce de Leon et al., PNAS, 2008



# Morava:

Lebeční fragmenty + zuby

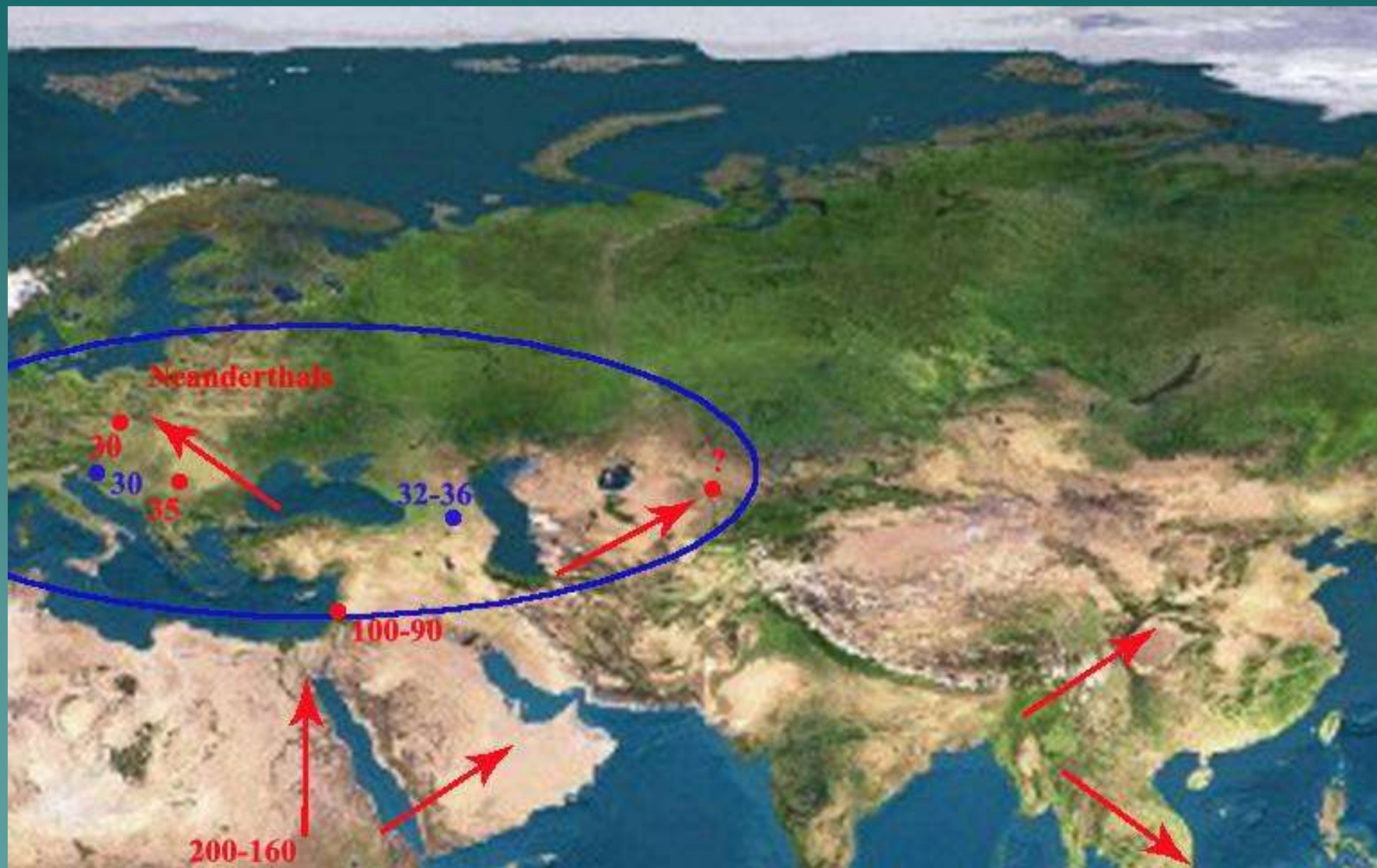
Šipka

Švédův stůl

Kůlna



# Neandertálský prostor (před příchodem anatomicky moderního člověka)



# 2017: Džebel Irhúd



Irhoud 1

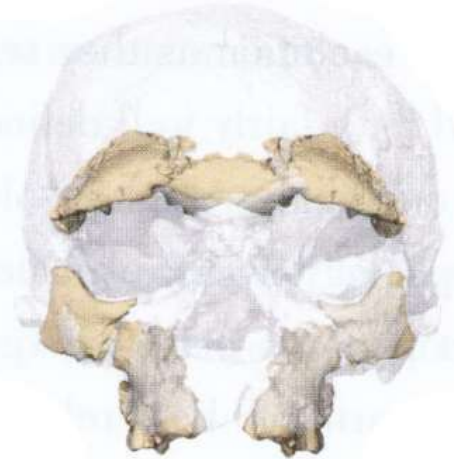


Irhoud 11 mandible



Irhoud 11 mandible

Irhoud 2 calvaria

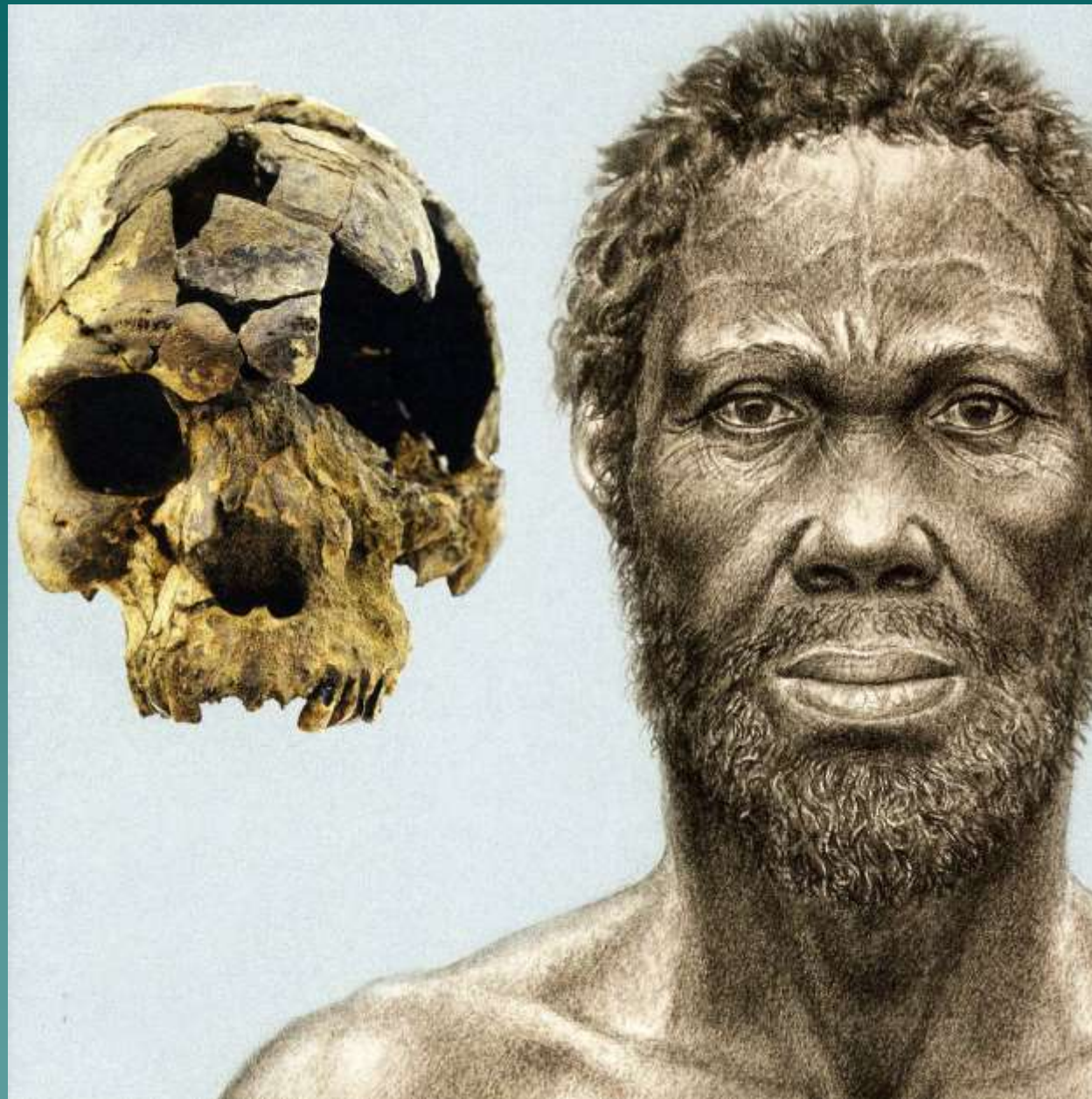


Irhoud 10 partial face

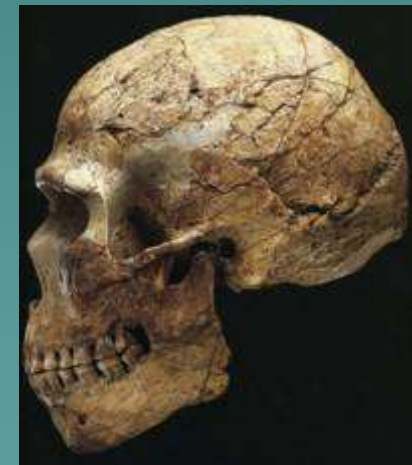
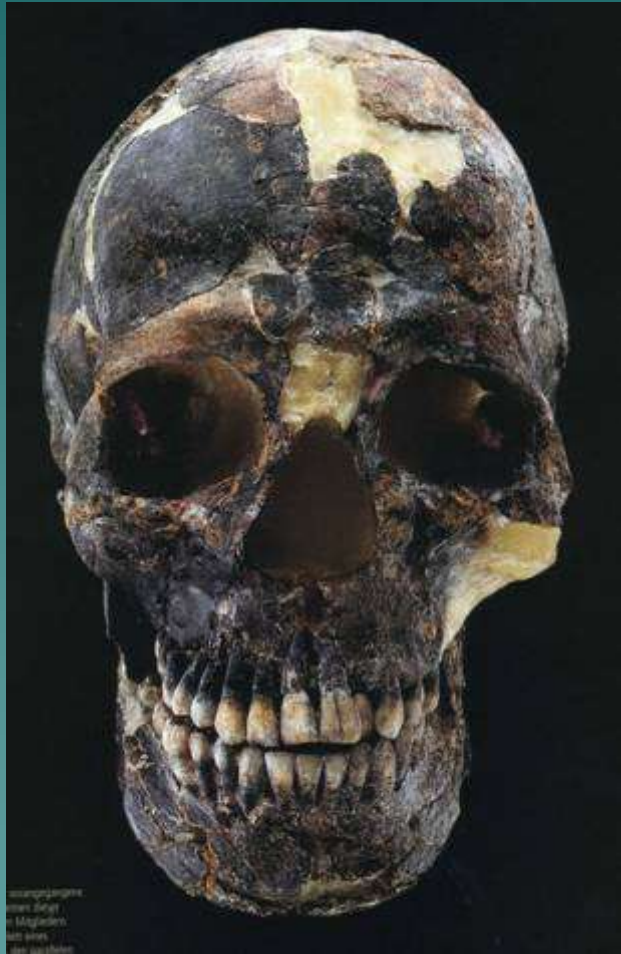
# *Homo sapiens*

200 000 –  
dosud

- ◆ Herto, 1997
- ◆ Dva dospělí,  
dítě
- ◆ Odřezávání  
svalů
- ◆ Dítě: oleštění  
povrchu,  
manipulace?



# Přední východ: Qafzeh. Skhul



Migrace do severní Eurasie:  
jednorázový jev nebo několik následných vln???





# Gravettská populace



◆ DV  
13

◆ DV 14

◆ DV  
15

◆ DV 16