

# Variabilita a adaptibilita člověka



**Doc. Václav Vančata**

# Variabilita a adaptibilita člověka 2

## Evoluce a diversita rodu Homo



# Variabilita populační i časová



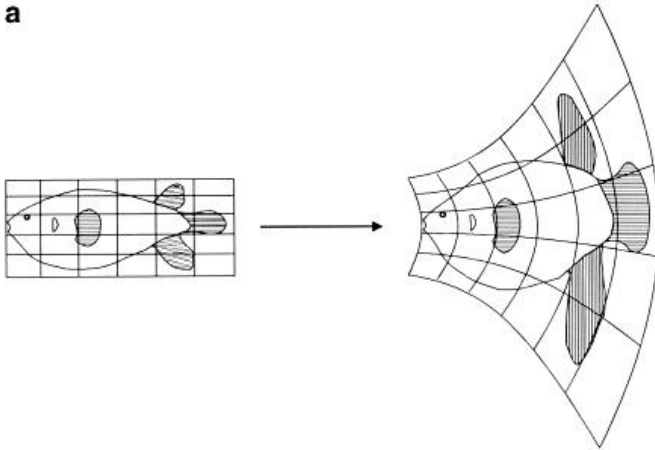
populační

časová

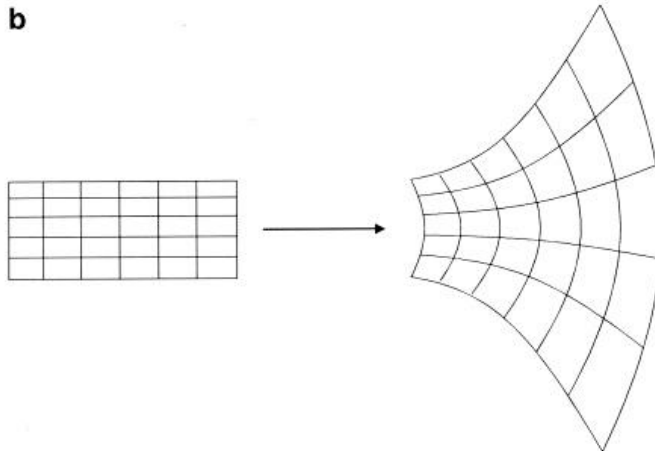


# Tvarové změny nebo vývojové trendy?

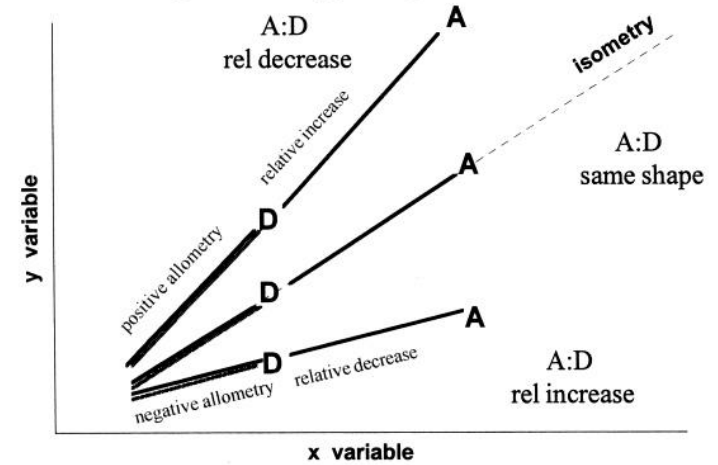
a



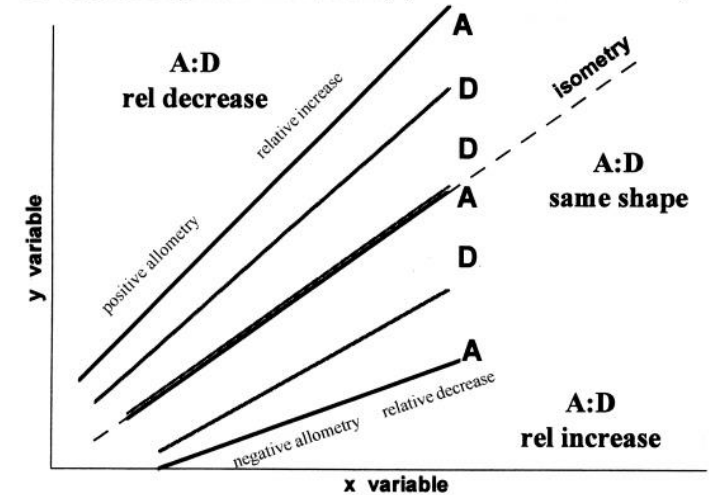
b



## A. Paedomorphosis via Hypomorphosis



## B. Paedomorphosis via Neoteny (Allometries dissociated)



# Isometrie a alometrie (heterochronie)

## Jsou lineární změny reálný fenomén?

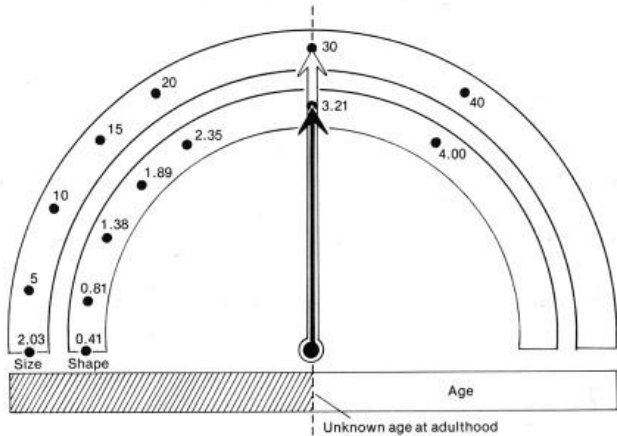


Fig. 34. Scales of the clock model calibrated for *Gryphaea* problem of Table 4. Adulthood is chosen for the standardized stage of midline values. All ancestral markers lie on the midline for ancestral adulthood.

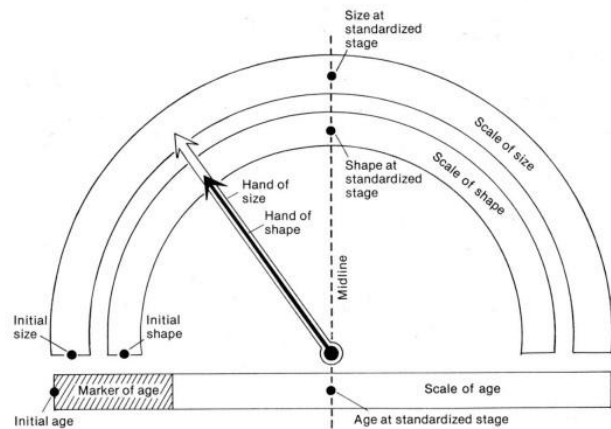
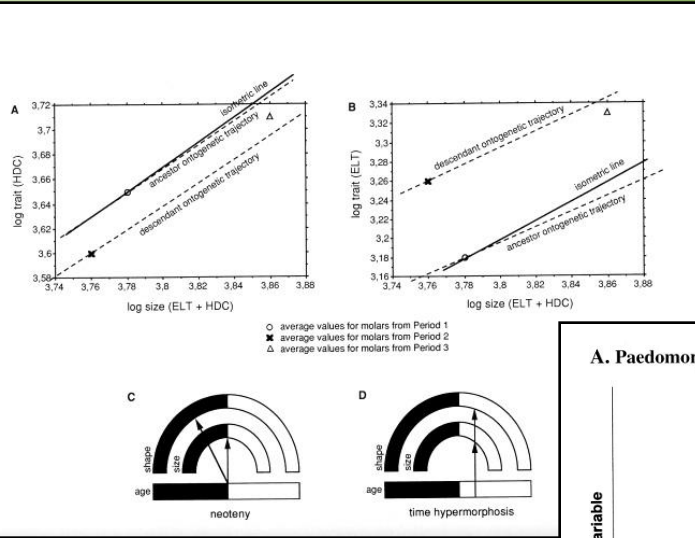
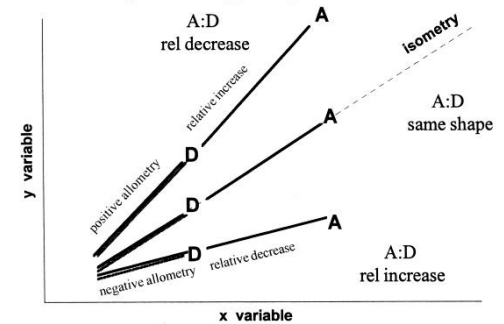
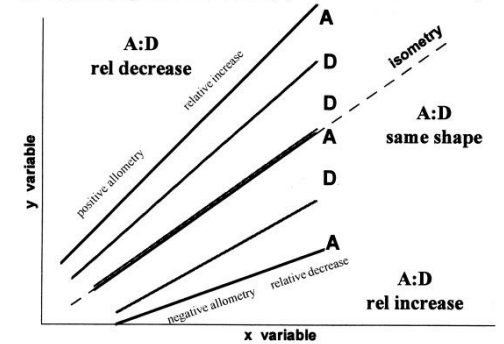


Fig. 33. Framework for clock model of heterochrony, showing scales of size, shape, and age.

### A. Paedomorphosis via Hypomorphosis



### B. Paedomorphosis via Neoteny (Allometries dissociated)



# Rychlost a tempo ontogeneze

- Ontogeneze může mít různé tempo i u blízce příbuzných druhů
- Výrazné růstové rozdíly můžeme najít i u dvou populací stejného druhu, které žijí v různých podmínkách.
- Jednotlivé znaky a komplexy mohou mít různou rychlost růstu

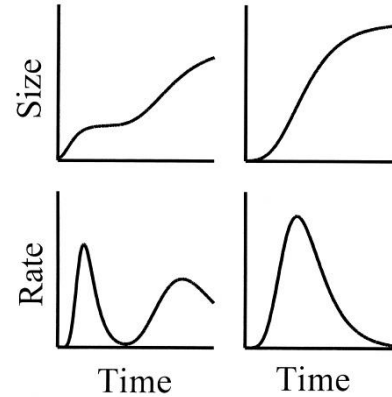


Fig. 10.1. The effect of delaying an adolescent growth spurt on size and rate curves. In the first pair of these hypothetical curves (*left*), the adolescent curve occurs significantly after the initial growth spurt, and they are separated in time, as is true for humans. The second pair (*right*) depicts the situation most often found in other mammals, where the two growth spurts occur so close in time that they are not discernible as separate peaks on the rate curves.

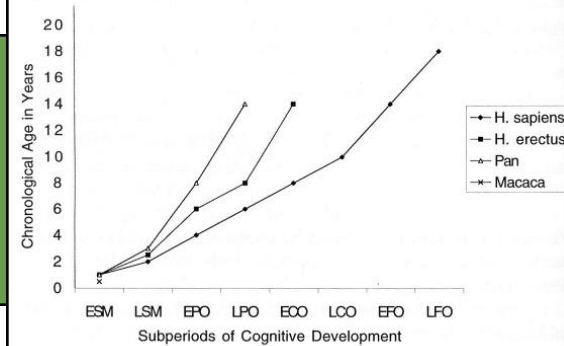


Fig. 14.3. Chart of primate comparative cognitive development. *ESM*, Early Sensorimotor; *LSM*, Late Sensorimotor; *EPO*, Early Preoperations; *LPO*, Late Preoperations; *ECO*, Early Concrete Operations; *LCO*, Late Concrete Operations; *EFO*, Early Formal Operations; *LFO*, Late Formal Operations.

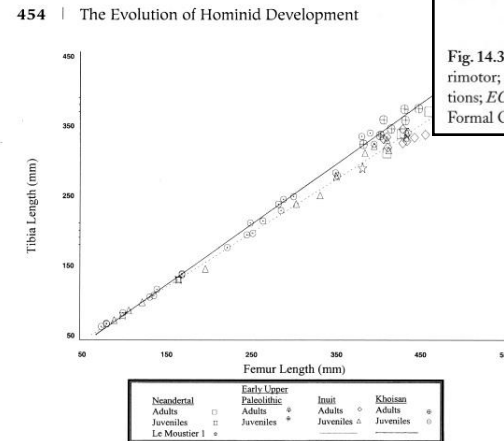


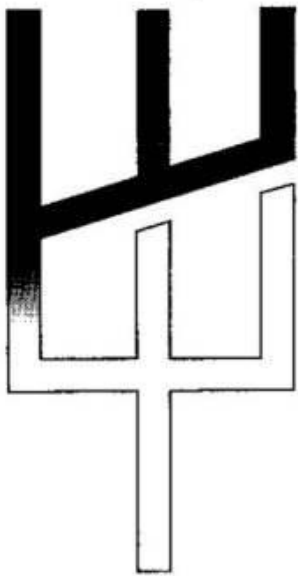
Fig. 19.6. Ontogenetic plot of tibia length on femur length. The least squares regression lines are based on the entire (adults and subadults) Inuit and Khoisan samples.

# Teorie vzniku a diferenciácie moderného človeka

Vysoká druhová i populačná diverzita

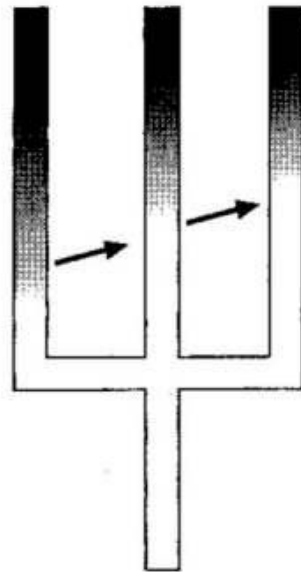
Vysoká populačná  
diversita  
Nízka speciace

Africa Europe Asia



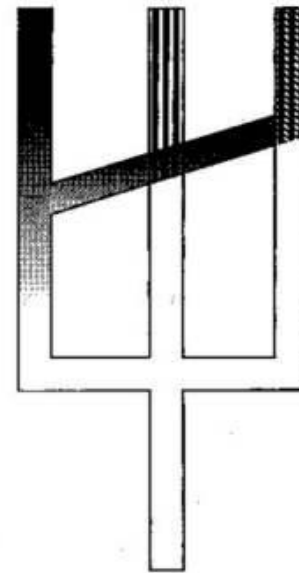
Out of Africa Model

Africa Europe Asia



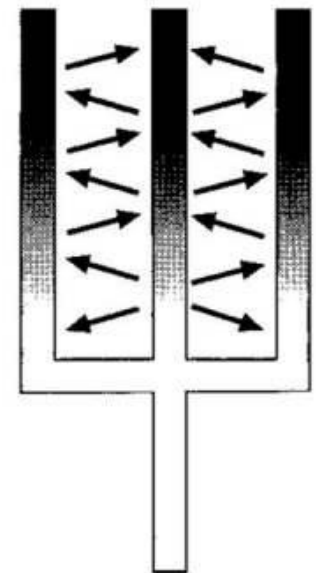
Smith's Model  
(Assimilation)

Africa Europe Asia



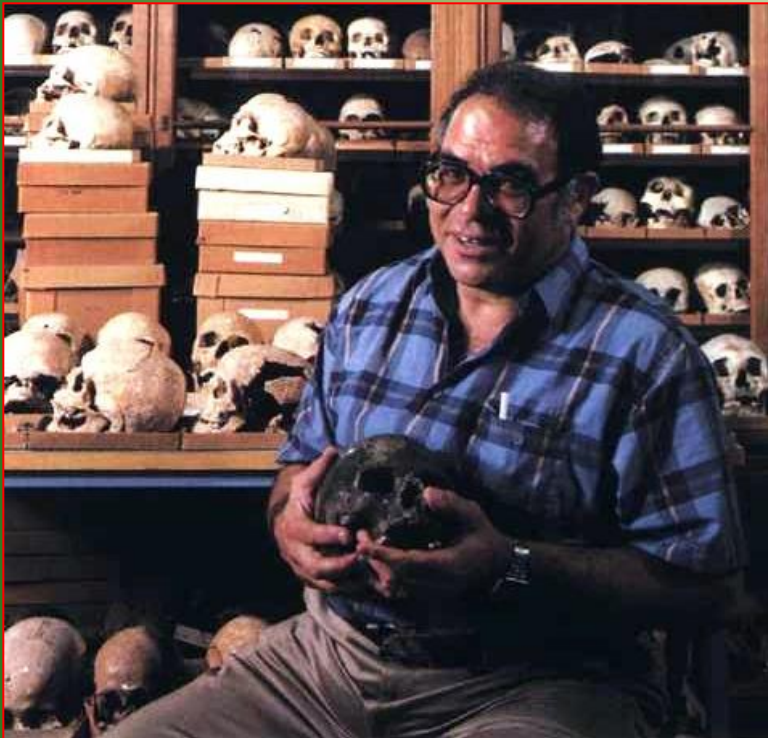
Brauer's Model  
(Hybridization and Replacement)





Africa Europe Asia



Multiregional Model

# Je existence jednoho druhu v evoluci člověka reálná?

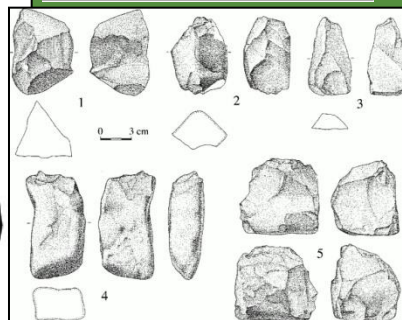
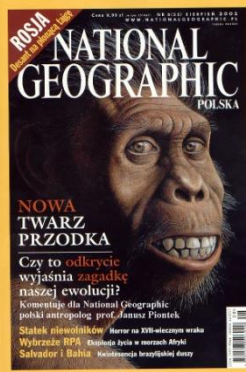


					
		EUROPE AND LEVANT	AFRICA	EAST ASIA	AUSTRALASIA
UPPER PLEISTOCENE	LATE	Lagar Velho Předmostí Mladeč	Afalou Lukenya	Shandongong Ziyang Liujiang	Kow Swamp Keilor Willandra Lakes 50
	MIDDLE	Vindija Kebara La Ferrassie La Chapelle	Dar es Soltan	Maba	Lake Mungo 1, 3
	EARLY	Qafzeh Krapina	Klasies Ormo Kibish	Dingcun Xujia Yao	
MIDDLE PLEISTOCENE	LATE	Ehringsdorf Blache Zuttiyeh	Ngaloba Florisbad	Dali Jinniushan	Sambungmahan 1, 3 Ngandong
	MIDDLE	Sima de los Huesos Petralona Arago Steinheim	Kabwe Ndotu	Zhoukoudian H Hexian Nanjing	
	EARLY	Gran Dolina	Bodo Ternifine Olduvai 12	Zhoukoudian D, E, L Chenjiawo Yunxian	Sangiran 2, 10, 12, 17 Trinil
LOWER PLEISTOCENE	LATE		Buiā, Bouri Olduvai 9	Gongwangling Yuanmou	
	MIDDLE		Konso Gardula Lake Turkana (east) 992		Sangiran 4, 27, 31
	EARLY	Dmanisi	Lake Turkana (east) 730, 3883, 3733 (west) 15000		Mojokerto

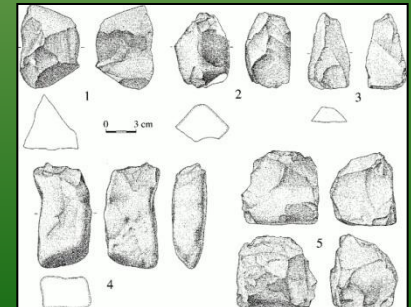
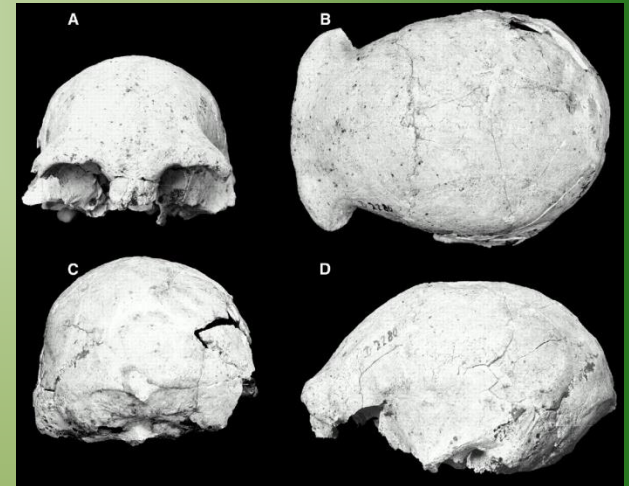
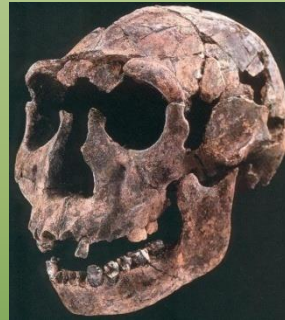
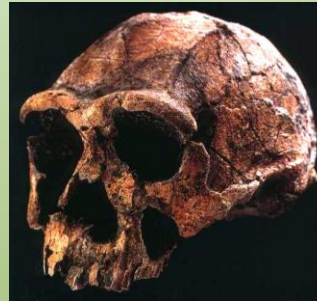
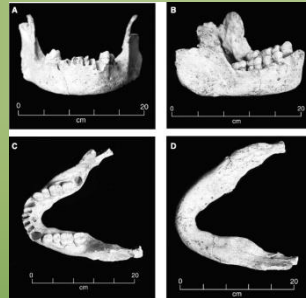
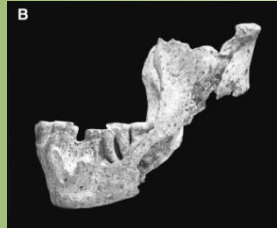
WELL-DATED FOSSILS point to the continuous, linked evolution of modern humans at sites around the world. Modern human groups in different regions developed distinct anatomical identities. Nevertheless, gene flow between the groups through interbreeding spread important changes throughout and was sufficient to maintain humans as a single species.



# Homo ergaster a Homo erectus - nejstarší skuteční lidé

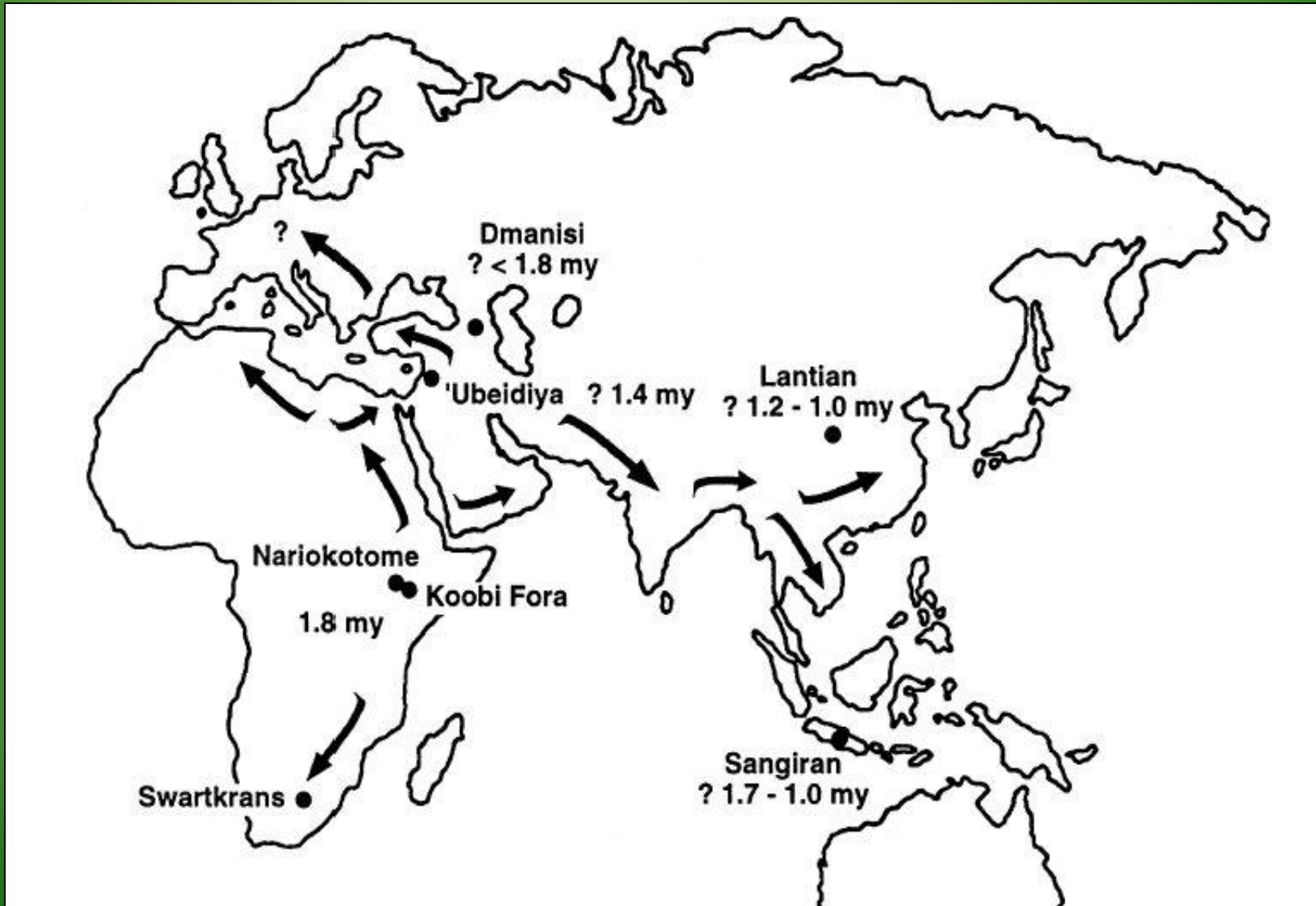


# Afrika a Dmanisi – jeden nebo více druhů?



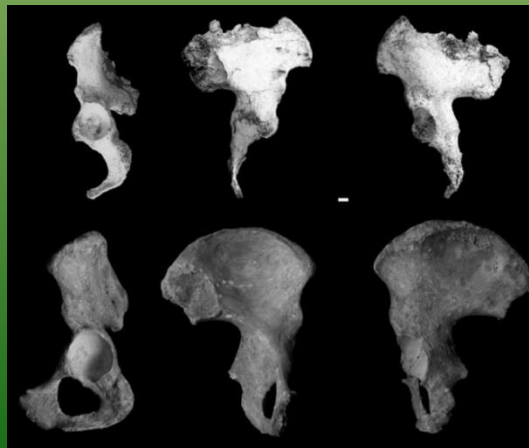
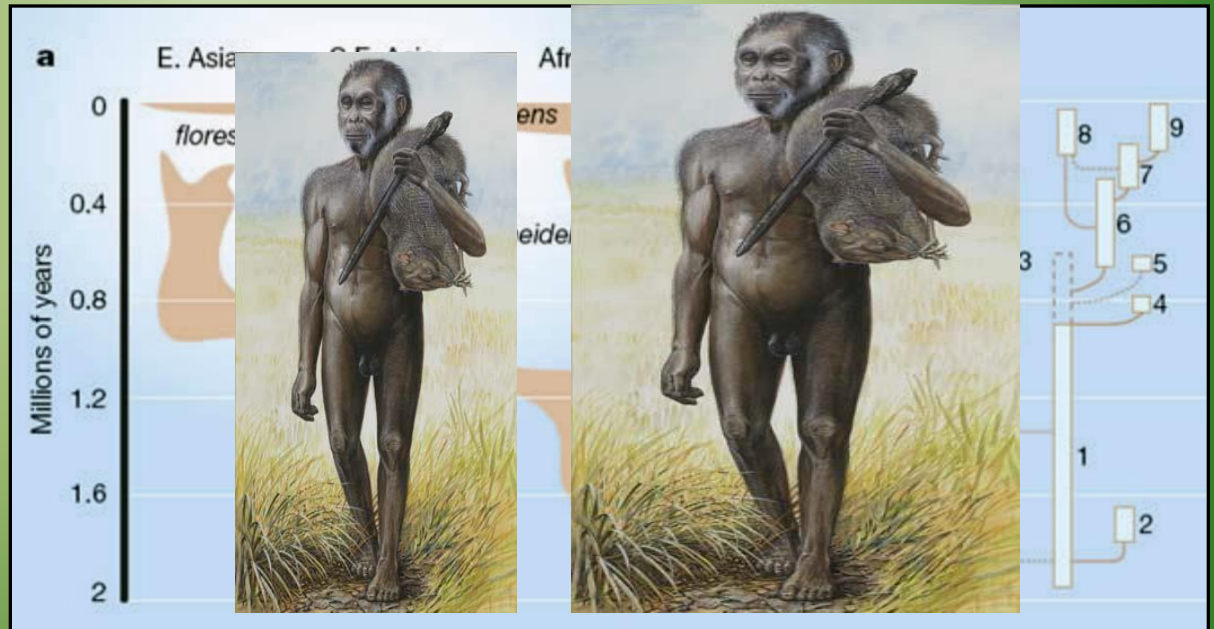
# Migrace *Homo ergaster/erectus*

Proč do Asie a proč pomalá evoluce v Asii a rychlá v Africe?

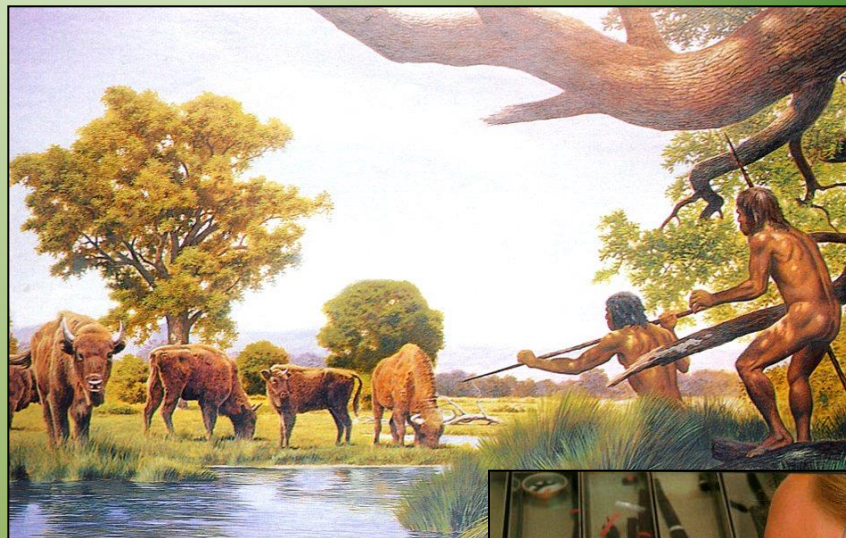


# *Homo floresiensis* – „oživlý“ mýtus z Indonézie

Trpasličí starobylý člověk z ostrova Flores – 18 000 let



# *Homo heidelbergensis* - archaický *Homo sapiens*



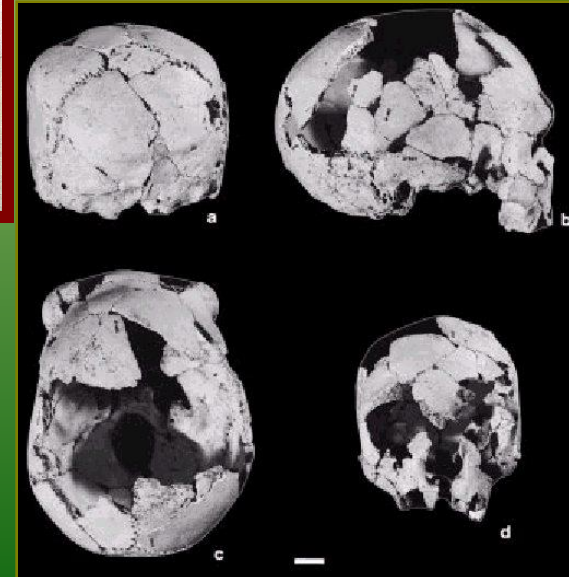
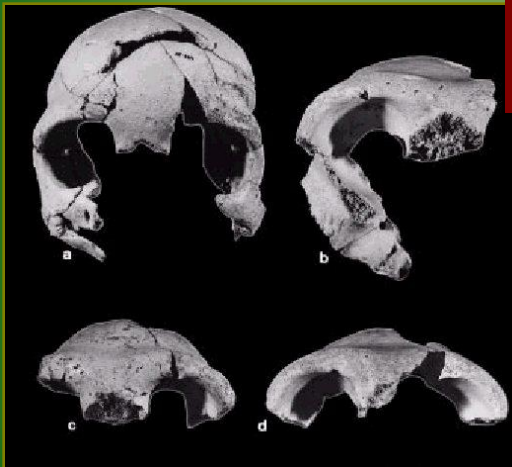
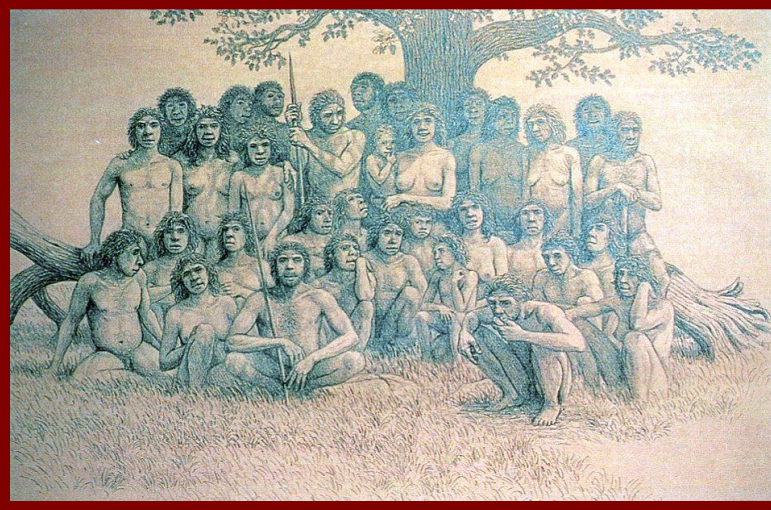
- Rozvoj materiální kultury a kamenné technologie
- Evropu ovládá pokročilý ašelén
- *Homo heidelbergensis* se stává prvním opravdovým lovcem

# 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

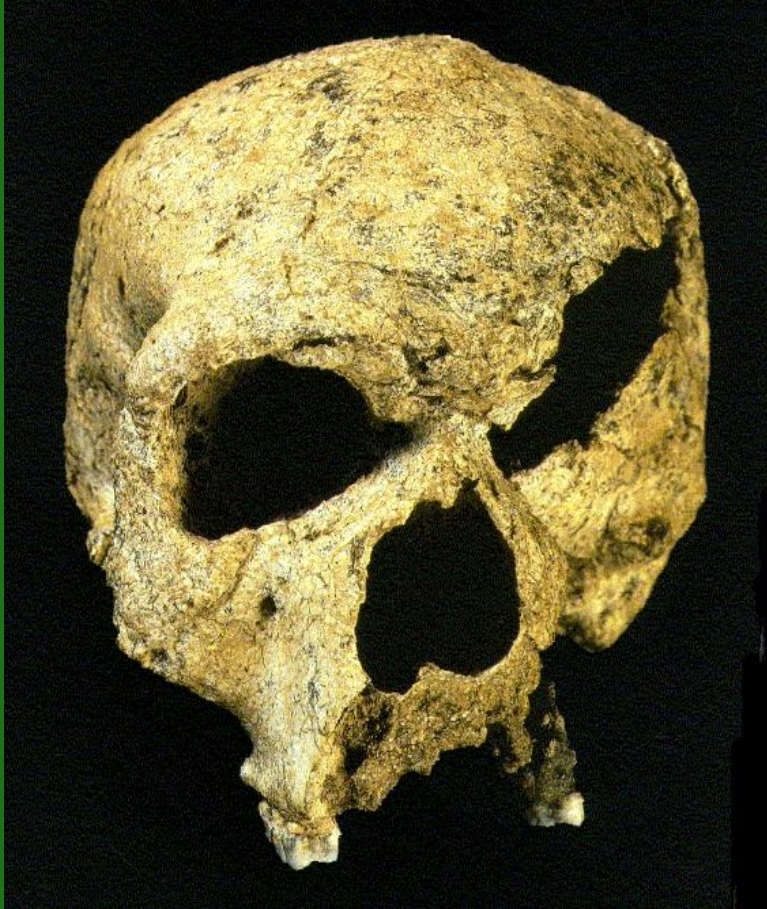


Tento jedinec byl od raného dětství hluchý

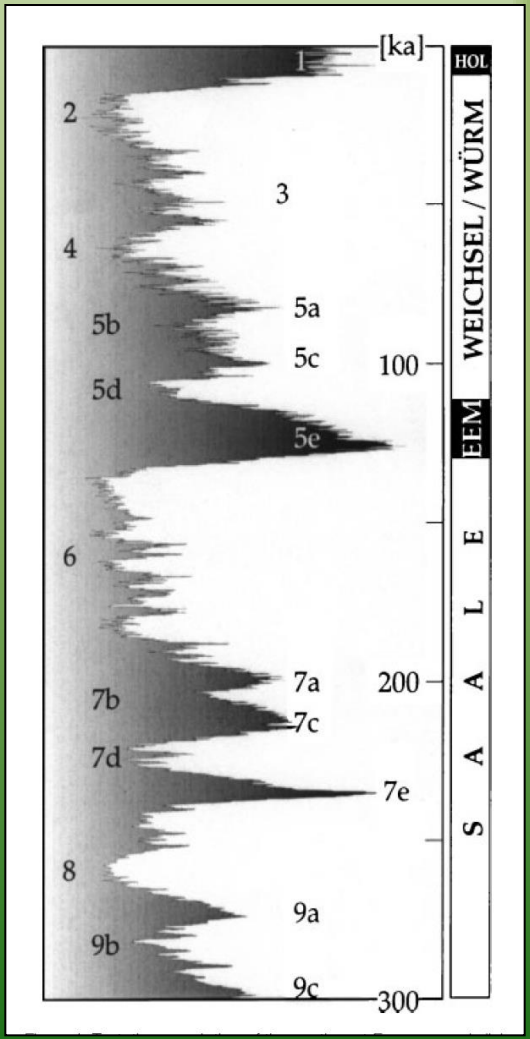
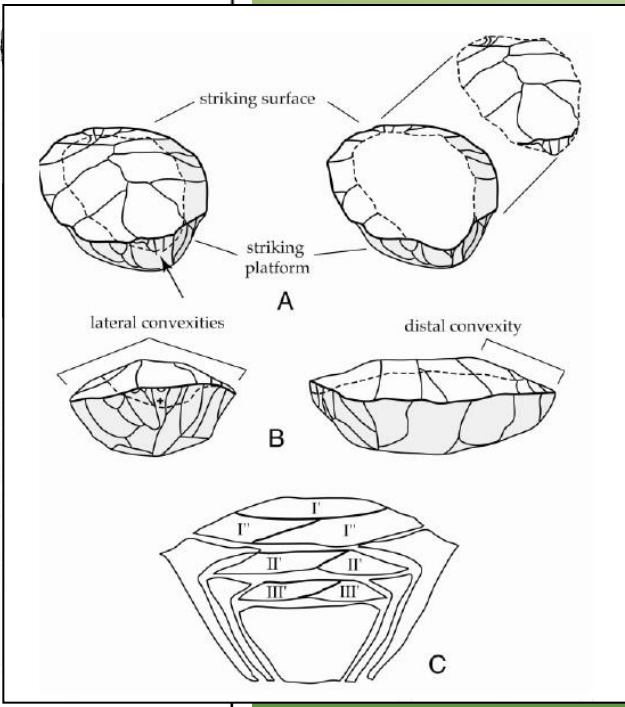
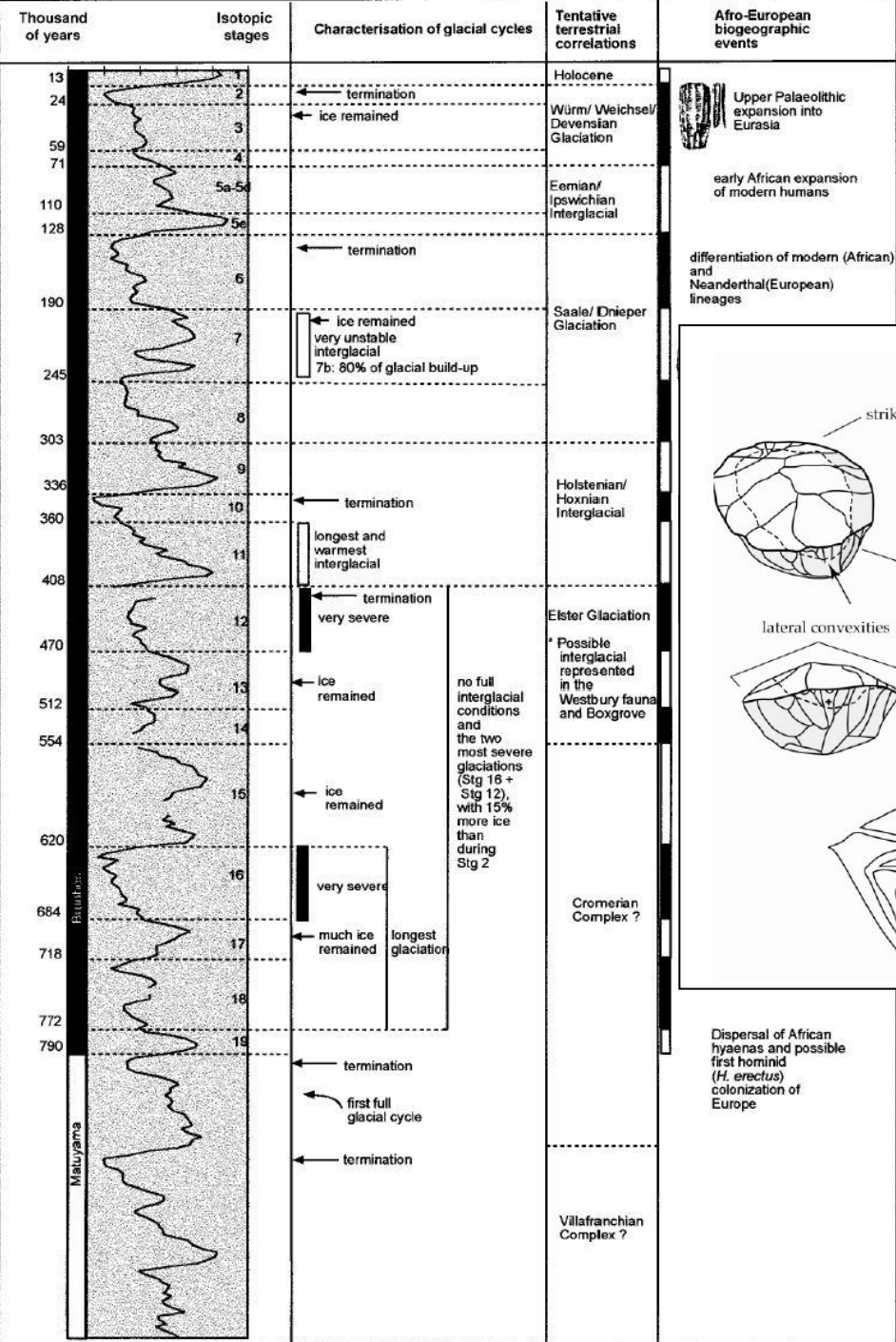


# Steinheim (a Swanscombe)

mladší formy archaického *H. sapiens*  
*větší mozek – nová kultura – preneandrtálci????*



# Klimatické změny a evoluce rodu Homo

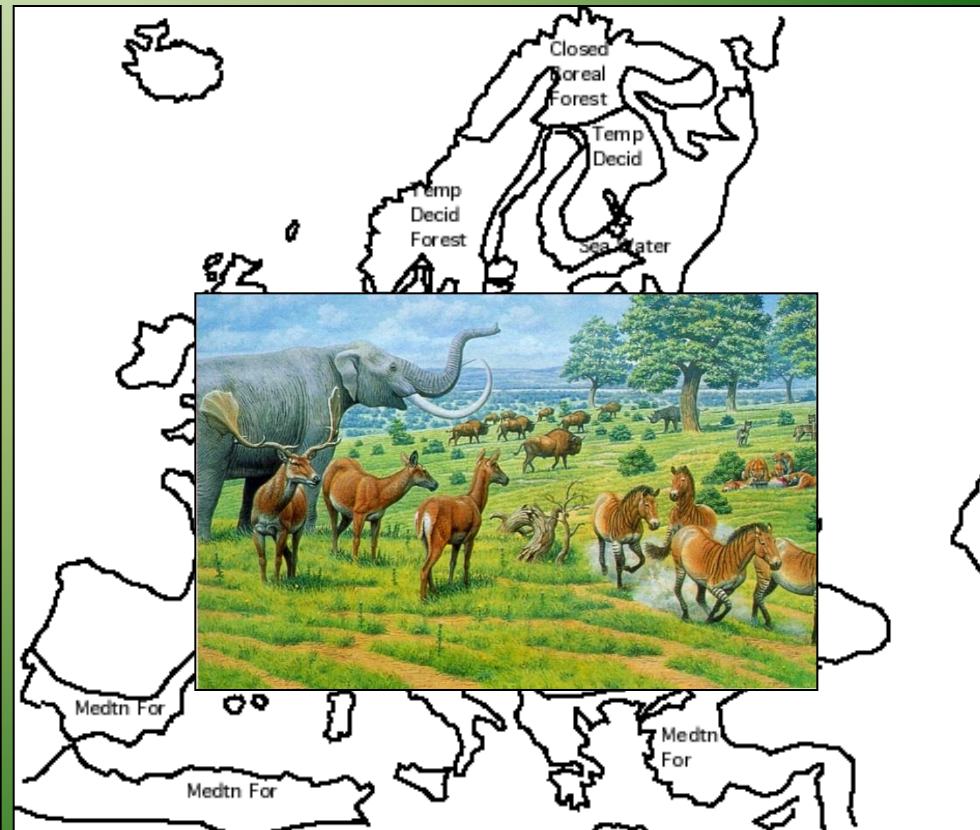




# Situace v Evropě před 150 a 120 tis. lety - Riss



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.

# Efekt hrdla láhve u moderních forem člověka

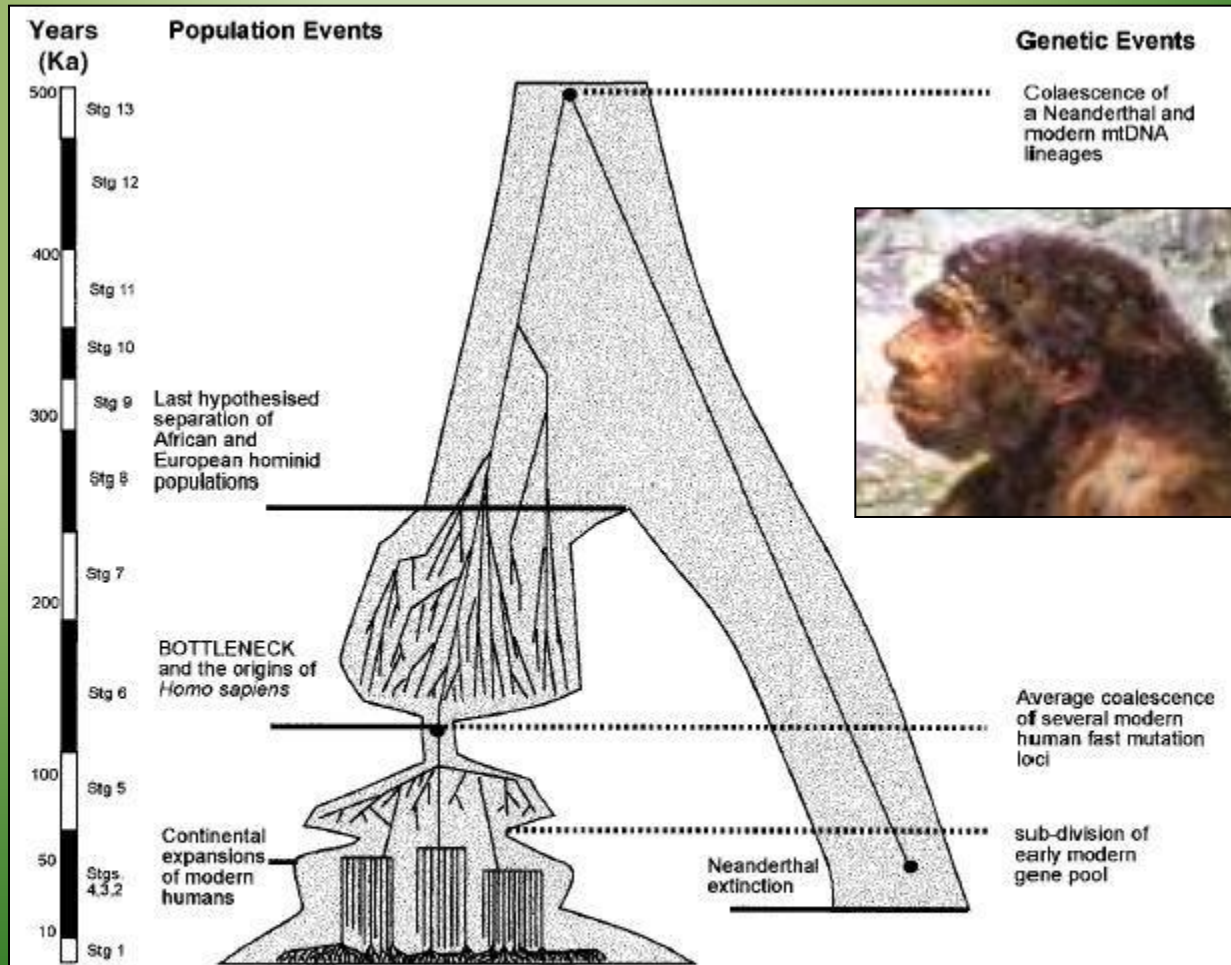
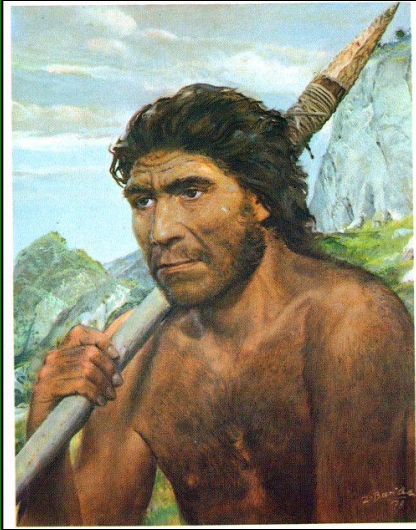


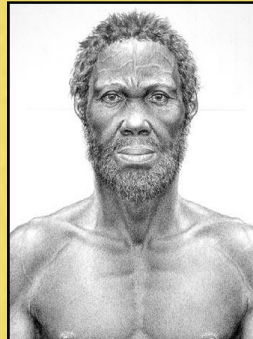
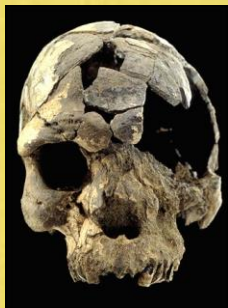
Fig. 5. Schematic representation of the relationship between the population history of humans and Neanderthals and mtDNA genealogy highlighting the likelihood that the time of mtDNA coalescence between a Neanderthal and modern lineages preceded population vicariance, whereas the time of coalescence of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

# Proč vznikly různé formy technologií – genetická izolace populací?

## Herto - Middle Awash

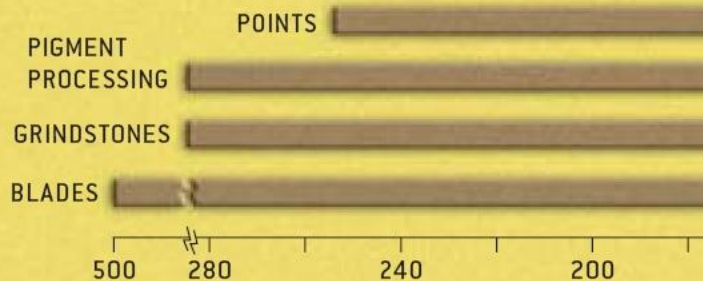
160 000 let

**Čepelové industrie před AMH**

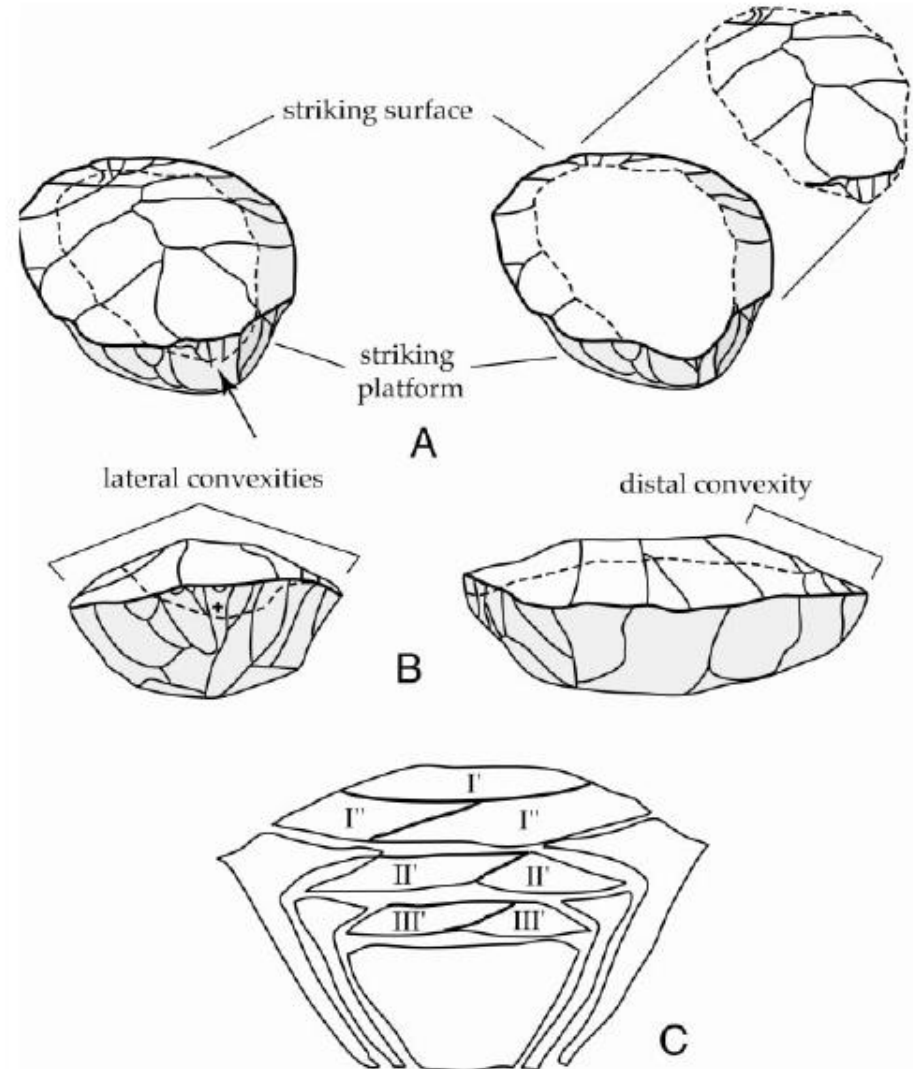


LONG-DISTAN

S



Age of Oldest Known



# Diversita nástrojů – diversita populací v extrémně aridních podmínkách?

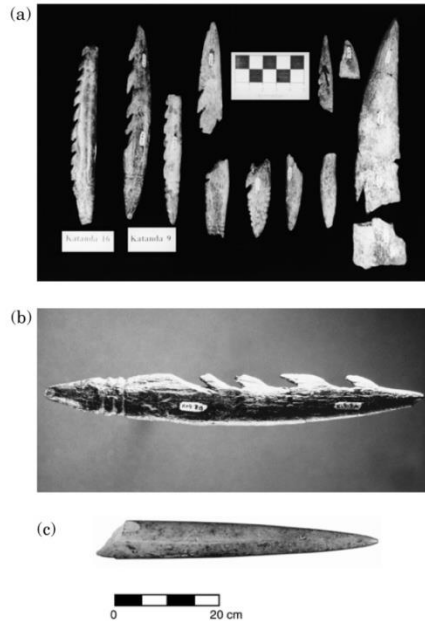


Figure 7. Bone points of the African MSA. (a) Katanda 16 and Katanda 9 (after Yellen *et al.*, 1995), © Alison S. Brooks; (b) detail of point from Katanda 9. © Chip Clark, Smithsonian Institution; (c) Blombos Stillbay level, after Henshilwood & Sealey, 1997, figure 7, photo courtesy of Chris Henshilwood.

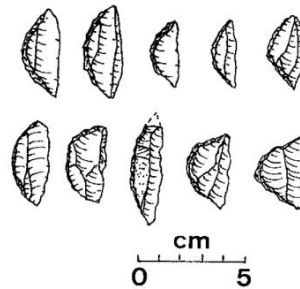


Figure 6. MSA geometric microliths; top row, Klasies River Howiesonspoor, after Wurz (1997); bottom row, Mumba Industry, Mumba Rock Shelter, level V, after Mehlman (1989). © Sally McBrearty.

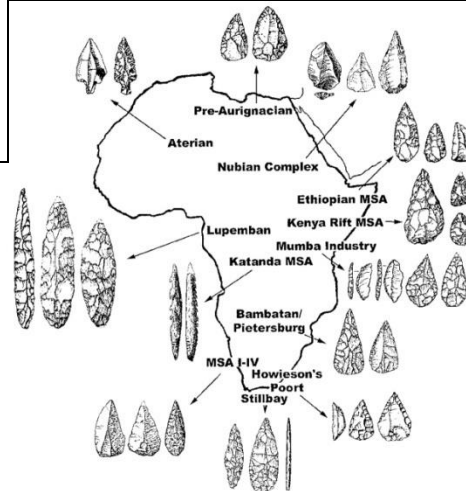


Figure 5. Map of distribution of point styles in the African MSA (after Clark, 1993, Figure 1). © Sally McBrearty & Alison S. Brooks.

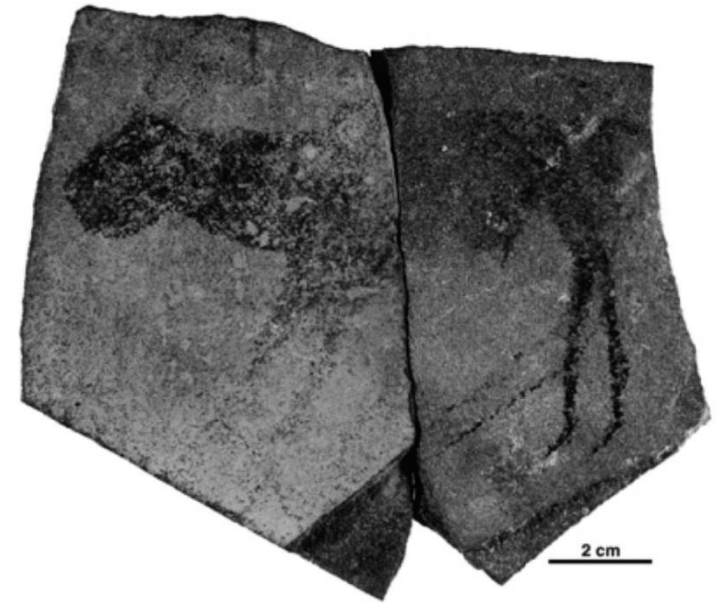
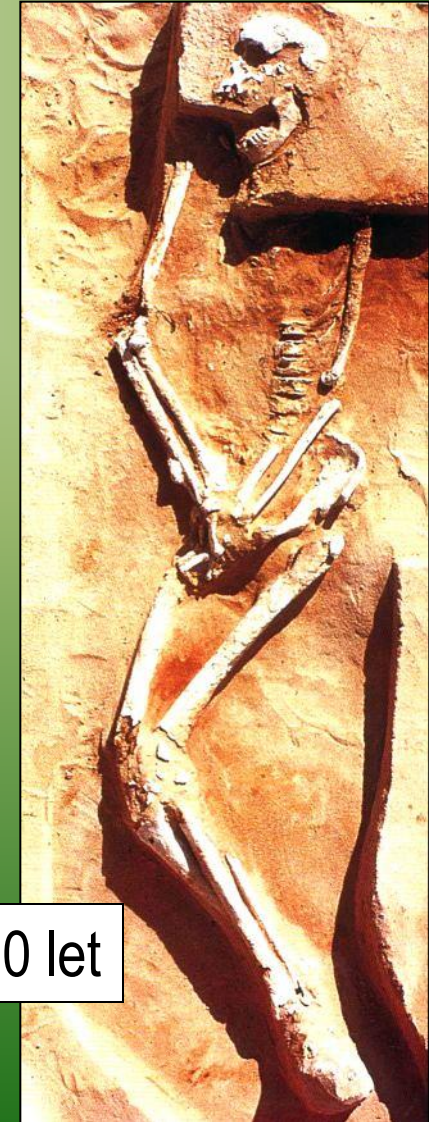
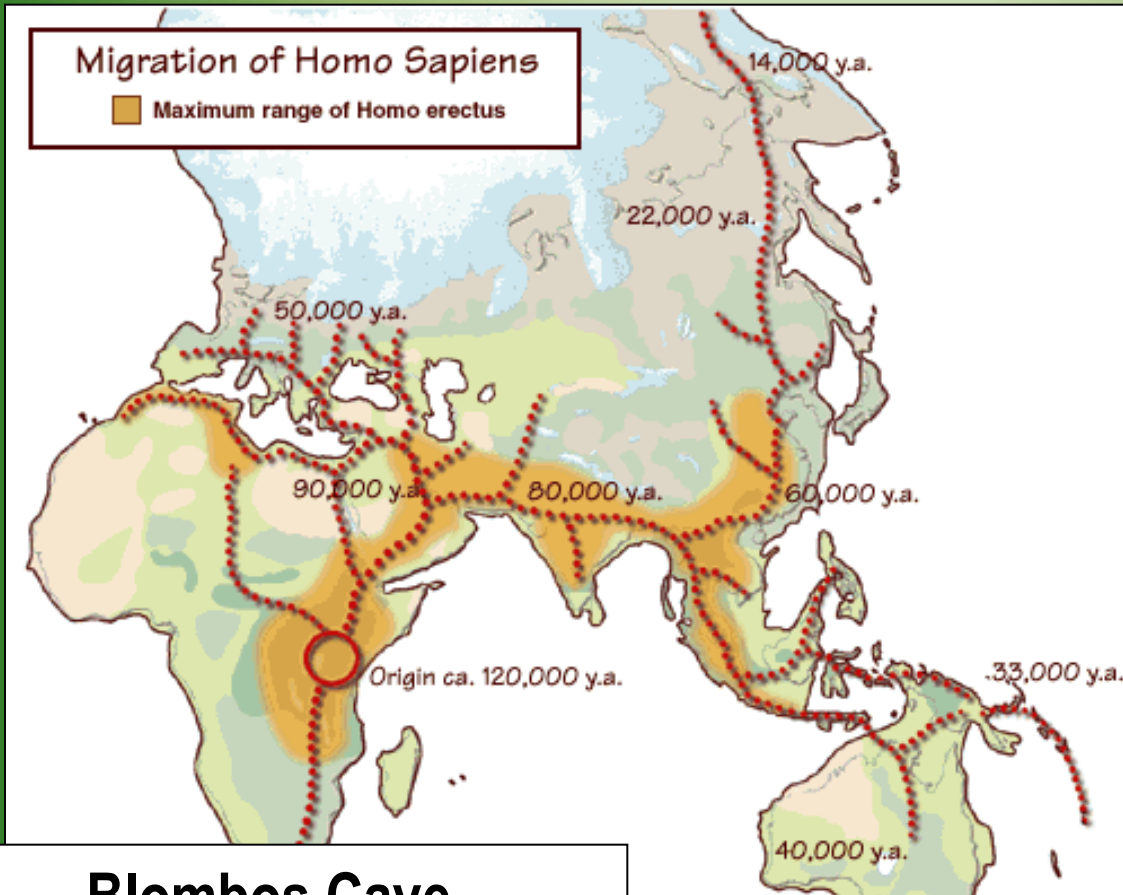


Figure 11. Painted slab from MSA levels at Apollo 11 Rock Shelter, after Vogelsang, 1998. Photo courtesy of Ralf Vogelsang and the Heinrich-Barth-Institut.

# Kolonizace světa a populacní diversita



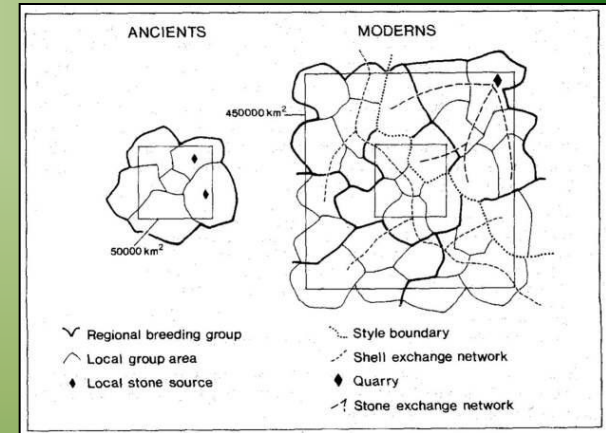
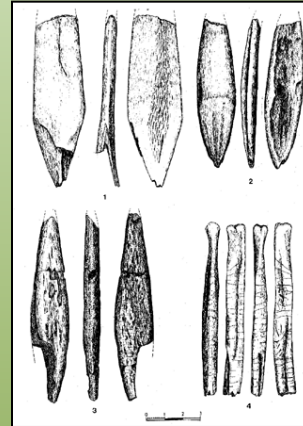
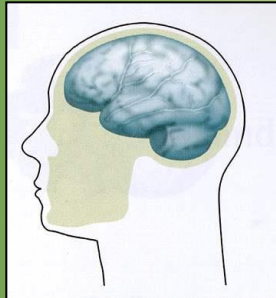
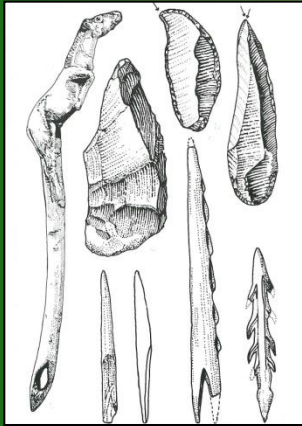
## Blombos Cave

77 000 let

první „moderní“ čepelová kultura  
spolu s prvním skutečným uměním

Lake Mungo 3 - 60 000 let

# Ekologické rozdíly mezi pozdními neandrtálci a svrchně paleolitickým AMČ – křížili se?



- Neandrtálci byli predátoři – lovíli zvířata
- Byli jediným morfologicky a fyziologicky specializovaným druhem člověka
- Žili výhradně na území Evropy a západní Asie

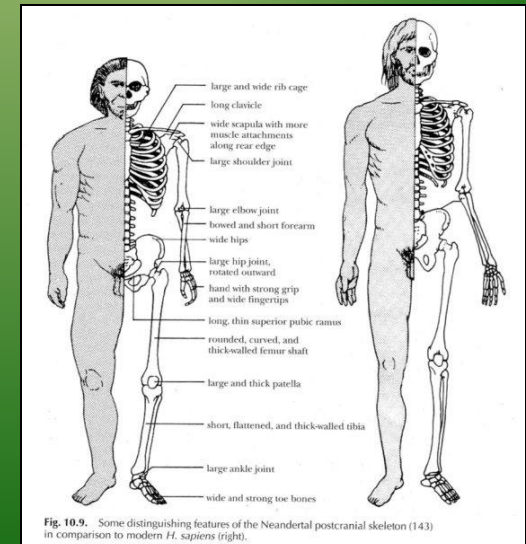
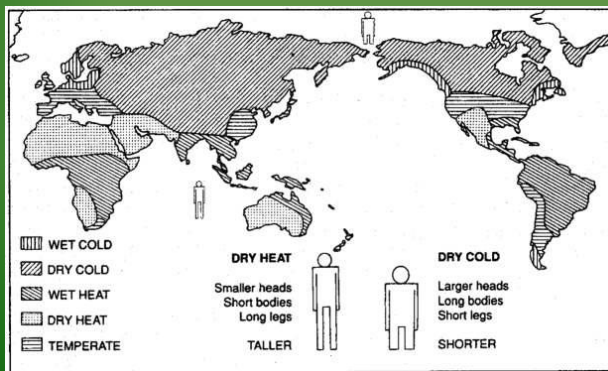


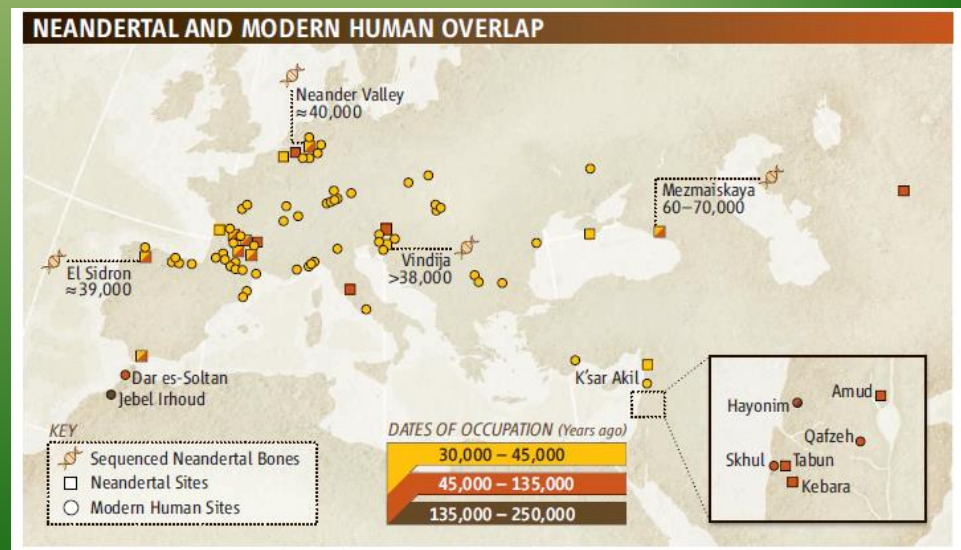
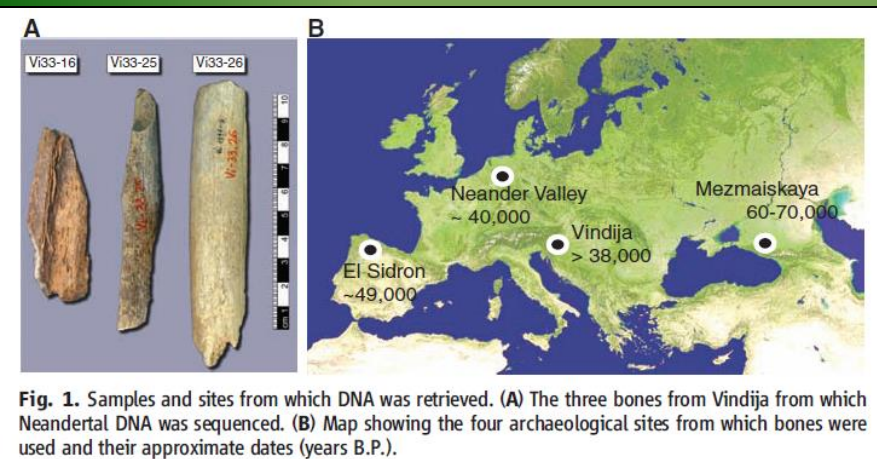
Fig. 10.9. Some distinguishing features of the Neanderthal postcranial skeleton (143) in comparison to modern *H. sapiens* (right).

# Genetika neandrtálců

- Některé studie naznačují, že po erupci supervulkánu Toba před 72 tisíci lety mohlo dojít nejen k rozsáhlé genetické restrikci – bottleneck efektu,
- ale že mohlo dojít i ke genetické izolaci populací neandrtálců
  - uvažuje se až o třech skupinách
  - to se mohlo odrazit i ve schopnostech adaptací při změnách klimatu
  - nebo změnách ekologických
- Naopak dochází k bouřlivému rozvoji AMČ

# Genetika neandrtálců

- Mapování genomu neandrtálců se provádělo pomocí genetických mikročipů tzv. brokovnicovou metodou (shotgun) – to ale vyžaduje neobyčejně výkonnou počítačovou techniku a genetické přístroje
- Metodika byla velmi důkladná – vylučuje jakékoliv kontaminace
- To znamená, že známe geny, ale ne jejich pořadí – pořadí musíme posuzovat *per analogiam* s genomem člověka



Points of contact. Archaeological data suggest that Neandertals and early modern humans may have overlapped early in the Middle East and later in Europe.



# 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 – čím se lišíme?

- Rozdíly v genech mezi neandrtálci a anatomicky moderním člověkem bychom mohli shrnout zhruba do čtyř důležitých skupin:
- První je tvořena geny souvisejícími se zbarvením a funkcí kůže, a tedy mimo jiné i s termoregulačními schopnostmi včetně pocení a vlastnostmi kůže. Víme například, že v zimě se neandrtálci nesměli potit, protože chladu odolávali masivní produkcí tepla ve svalech.
- Druhá skupina je tvořena geny, které mají souvislost se schopnostmi poznávání a učení se, které se mohou v lidských populacích projevit jako závažné duševní poruchy nebo vývojové patologie, patří sem geny související s případným vznikem autismu, schizofrenie nebo Downova syndromu.

# Genetika neandrtálců – čím se lišíme?

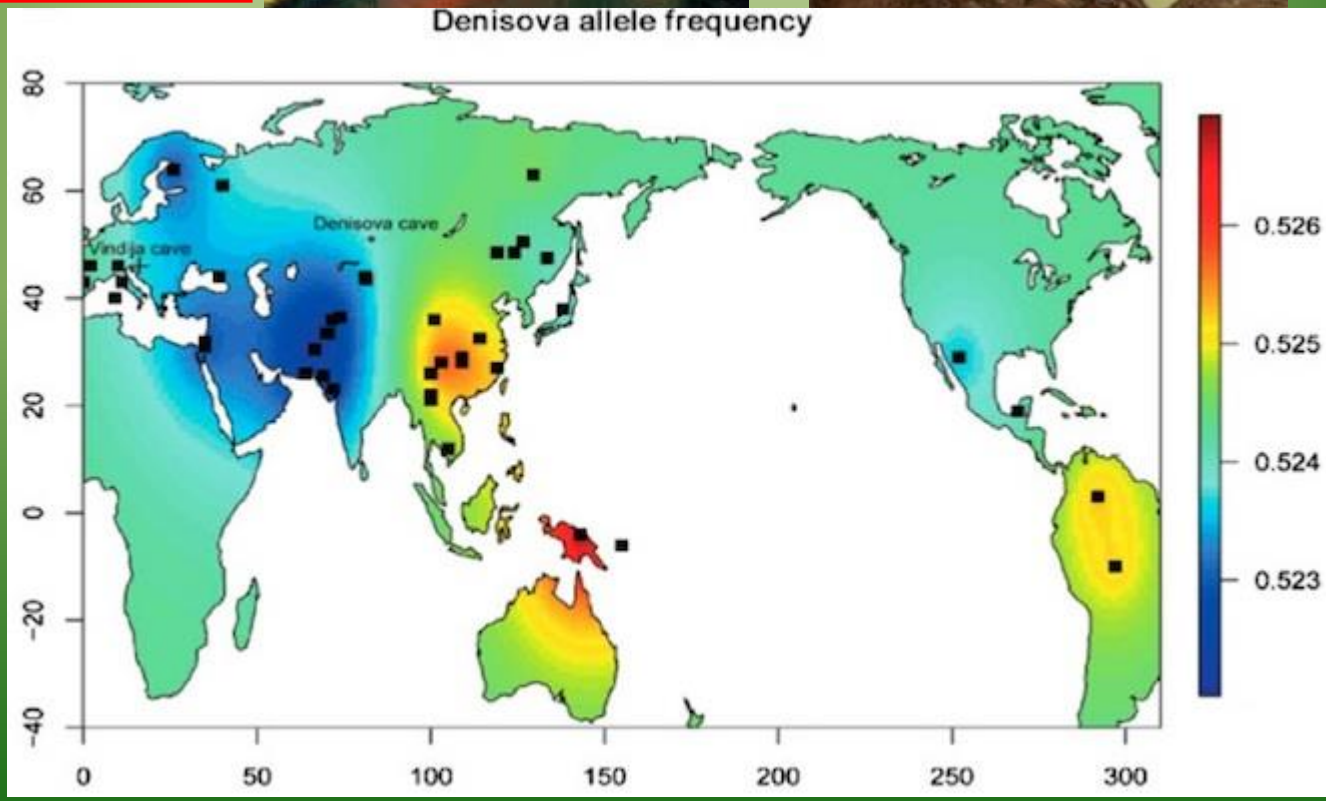
- Třetí skupina genů souvisí s lidskou reprodukcí, a patří se například gen ovlivňující pohyblivost spermií. Ta pak může mimo jiné souviset i se zvýšenou sexuální selekcí u anatomicky moderního člověka.
- Čtvrtá skupina genů pak souvisí s metabolismem a ontogenetickým vývojem. Gen RUNX2 pak se mimo jiné podílel i na soudkovitém tvaru hrudníku neandrtálců.
  - Některé souvisí s buněčným metabolismem, další například s činností štítné žlázy. Mutace způsobuje u AMČ syndrom Diabetes 2
- Funkci některých genů zatím neumíme přesně určit.
- Právě komplexní genetická změna však vedla k prodloužení období dětství u anatomicky moderního člověka, které projevilo i v posunu prořezávání prvních zubů stálého chrupu z původních 4 let (i neandrtálci) na 6 let u AMČ.

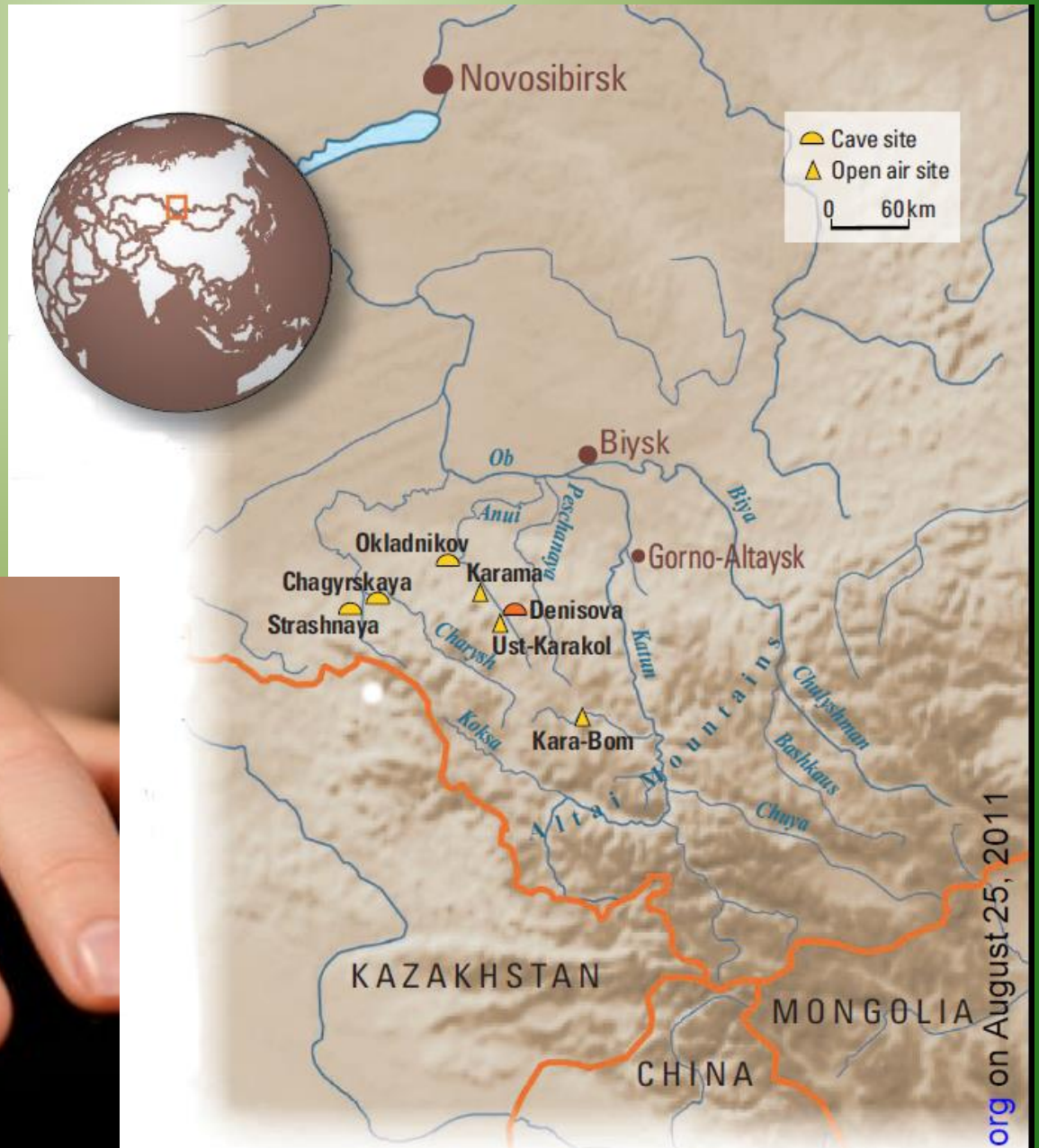
# Genetika neandrtálců – co sdílíme?

- **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 ??**

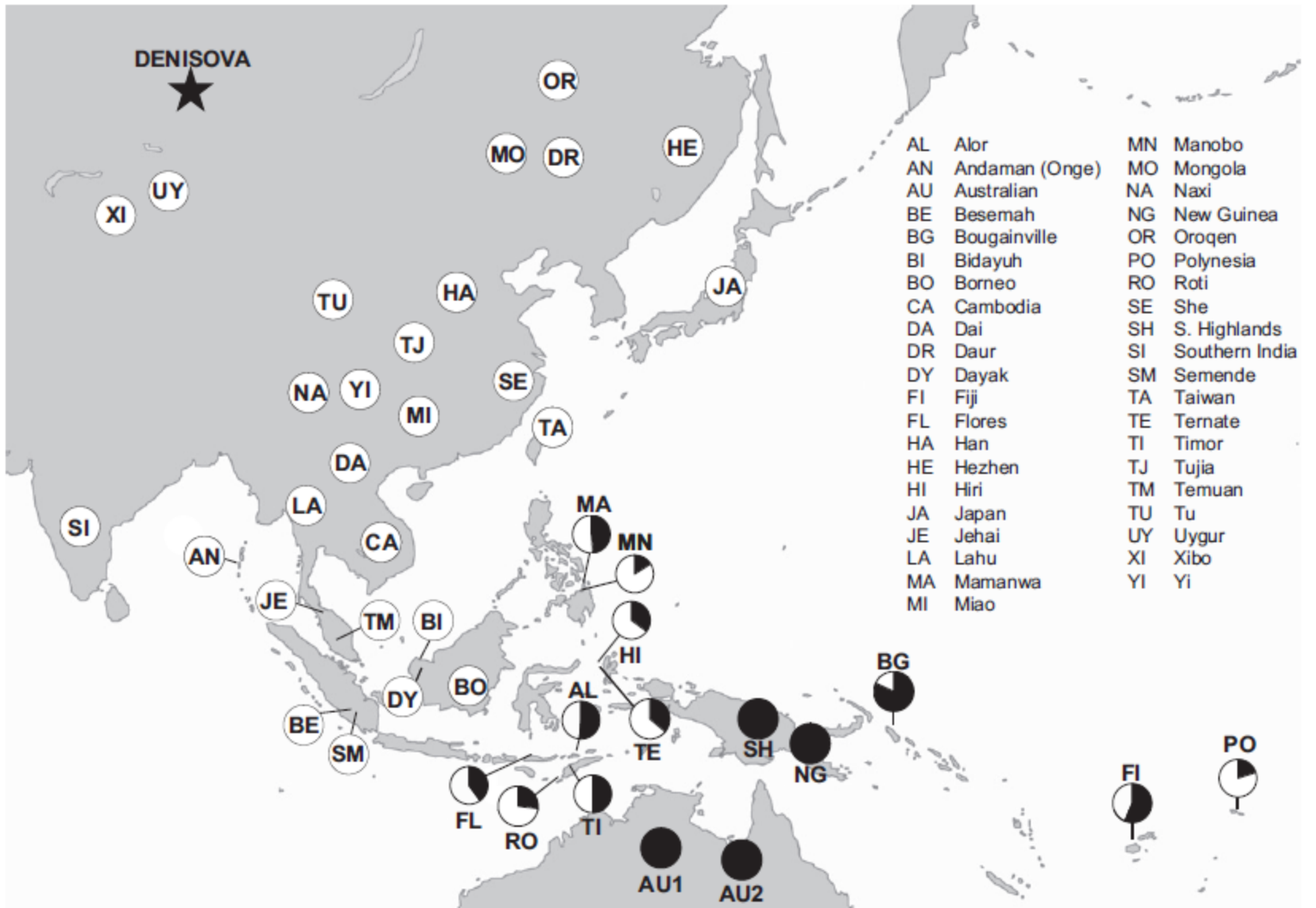


Denisova allele frequency





org on August 25, 2011



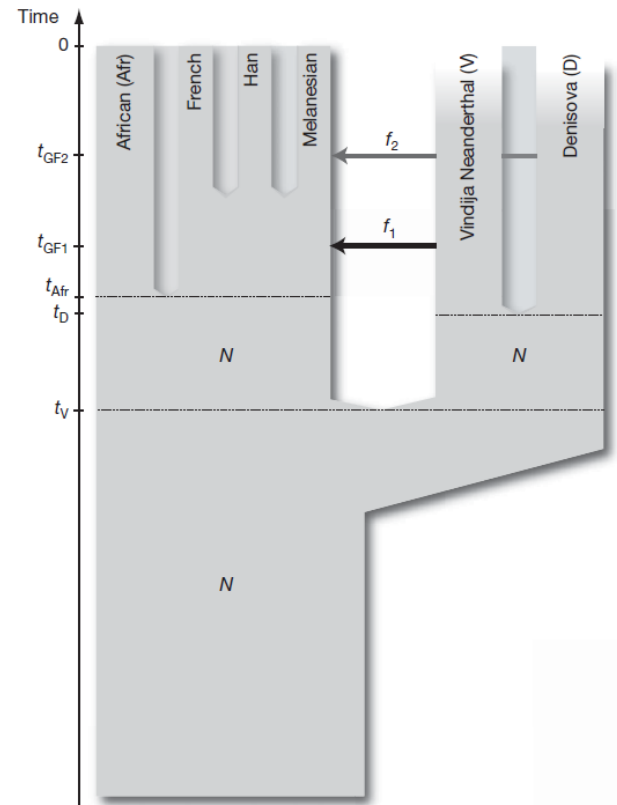
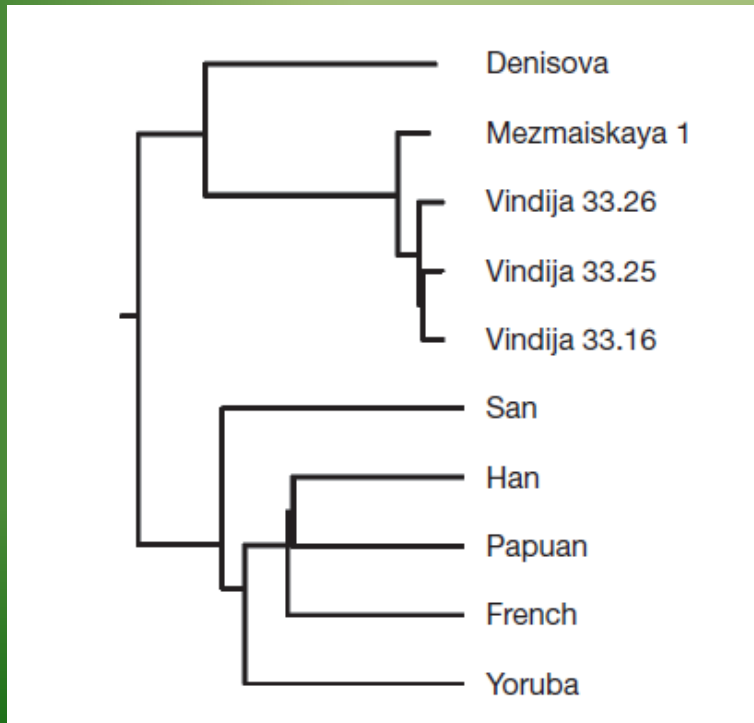
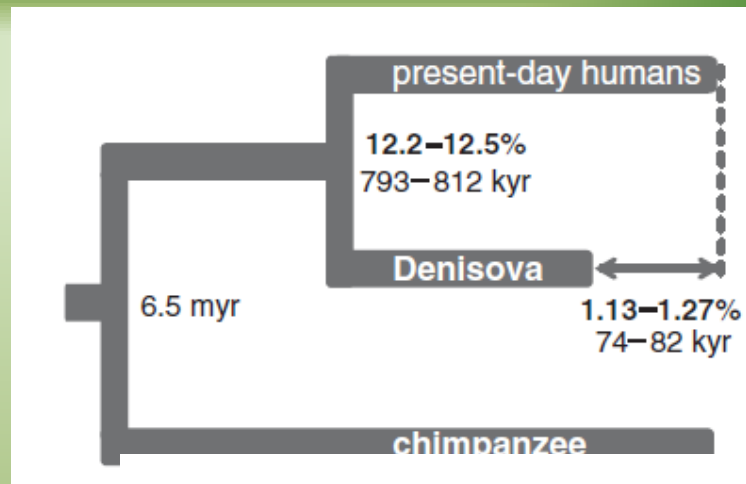
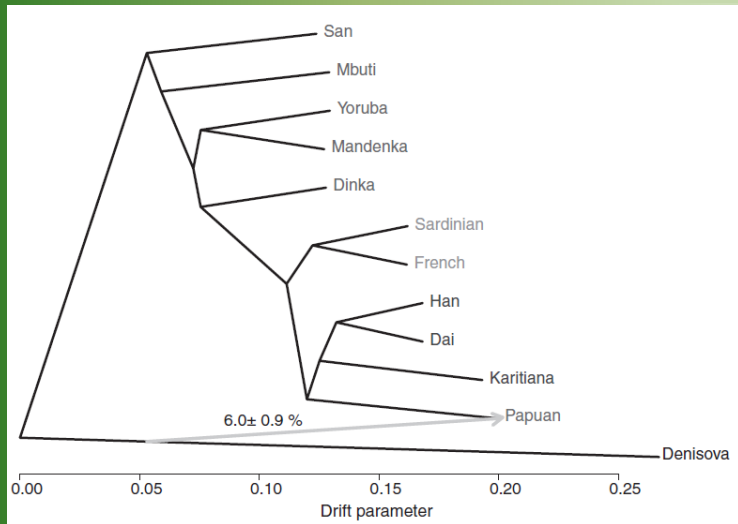


Figure 3 | A model of population history compatible with the data.  $N$  denotes effective population size,  $t$  denotes time of population separation,  $f$  denotes amount of gene flow and  $t_{GF}$  denotes time of gene flow.



# Denisované – genetika a původ

- Analýza mt-RNA prokázala že prst náležel jedinci přežívající populace *Homo heidelbergensis* nebo nějaké mladší formě člověka, například archaickému *Homo sapiens*.
- Podle různých genetických laboratoří se oddělení neandrtálců a našich předků odehrálo zhruba v období mezi 750 až 250 tisíci lety. Potom by byla úvaha o tom, že nález patřil do okruhu archaických forem *Homo sapiens* rozumná.
- Analýza jaderné DNA tyto úvahy jednoznačně potvrzují Jedná o archaickou formu *Homo sapiens* geneticky blízkou původním obyvatelům Papui-Nové Guineje, Austrálie, Filipin a do jisté míry některým obyvatelům Oceánie.

# Denisované – genetika a původ

- Znamená to, že dlouhou dobu mohly přežívat a po jistou dobu koexistovat s moderním člověkem i archaické formy *Homo sapiens* a to i v oblastech s drsným klimatem a velkými sezónními výkyvy v teplotách, i v oblastech jako je Altaj ve střední Asii.
- I když jsou tyto nové analýzy založeny na revolučních a daleko efektivnějších metodách, interpretace výsledků není bez problémů.
- Děníované evidentně představují geneticky specifickou, ale lidskou populaci.
- „DNA datování“ je nález denisovanů výrazně starší, než datování geologické a archeologické, a to zhruba o 40 tisíc let. Avšak porovnávání geologického a „DNA“ datování, má velká úskalí. V období 80 tisíc až 40 tisíc let vybuchl supervulkán Toba a následovalo drsné zalednění. Podle paleontologů není možné obě fáze zaměnit.

# Denisované – genetika a původ

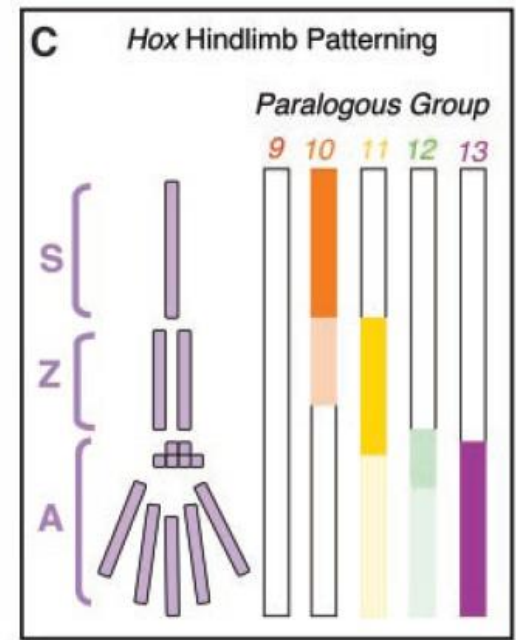
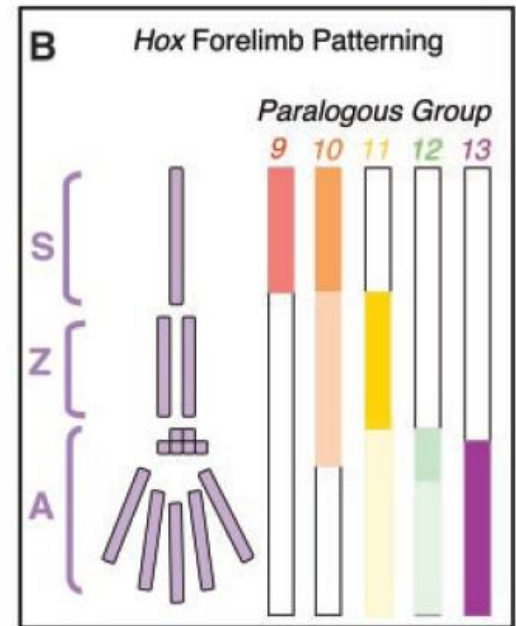
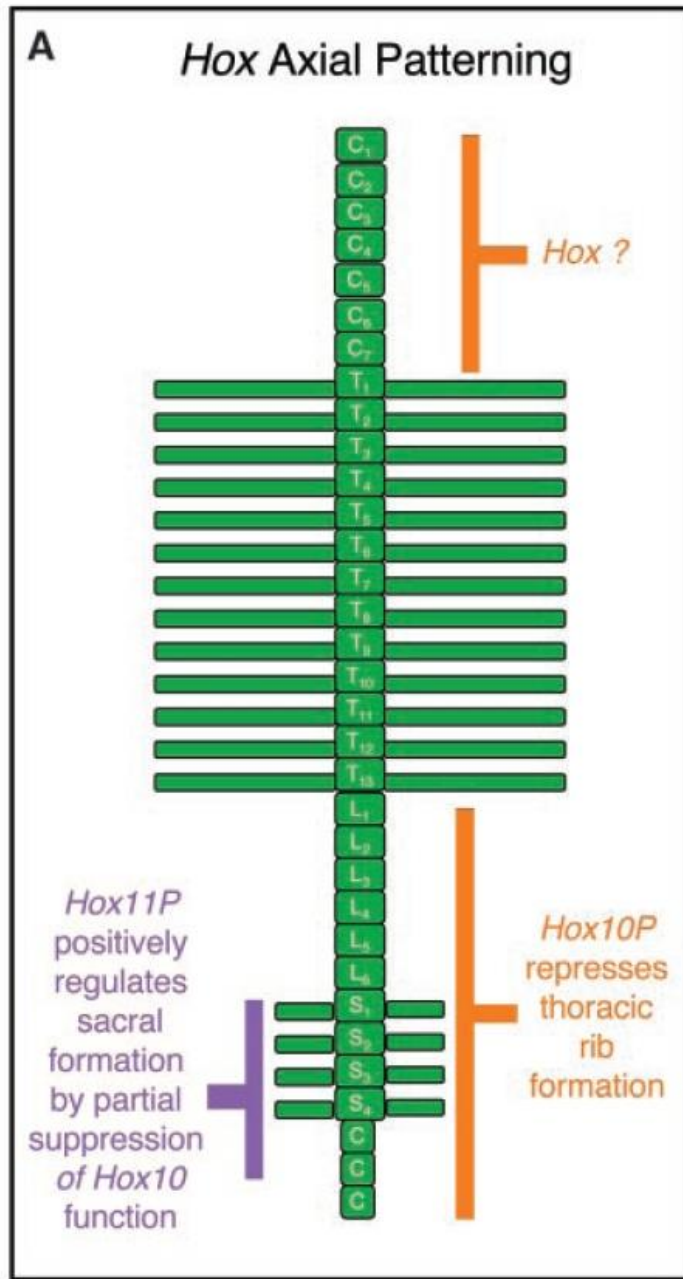
- Podle toho by mělo být „špatně“ datování „genetické“, ale ani takto tvrzení není správné.
- Je totiž možné, že „děnisované“ jsou potomci archaických populací *Homo sapiens*, které přišly do střední Asie před více jak 80 tisíci lety.
- Děnisované pak představovali zbytek této populace zdecimované výbuchem supervulkánu a následnou dobou ledovou.
- Hybridizace populací děnisovanů s obyvateli Papui-Nové Guinei a Austrálie, i dalších částí jihovýchodní Asie a Oceánie, proběhla těsně po skončení doby ledové, kdy začaly skupiny moderního anatomicky moderního člověka migrovat do Papui-Nové Guinei a Austrálie, a potom děnisované vyhynuli.
- „Příměs“ děnisovanských genů je jen o málo vyšší než neandrtálská u Evropanů a kontinentálních Asiatů.



# Genetické mechanismy variability a adaptibility člověka

- **System HOX genů - růst osového skeletu i skeletu končetin. Mutace či změna exprese těchto genů hrály nepochybně roli ve změnách proporcí v průběhu evoluce člověka a jeho předků. Tyto geny jsou důležité i pro řadu dalších funkcí.**
- **ACPI\*A gen ovlivňuje nárůst svalové hmoty a odolnost ke chladu, RUNX2 stavbu těla.**
- **Další geny podporují zvýšenou odolnost ke stresu a efektivní hojení zranění, a některé metabolické schopnosti, např. trávení velkého množství bílkovin.**
- **Geny ovlivňující růst mozkové kůry a činnost mozku, ASPM a MCPH1 microcephalin genů a FOXP2 genu.**
  - První dva geny mají vliv na růst mozkové kůry a poslední pak na vývoj řeči a jazyka.

# Mechanismus funkce HOX genů



# Vliv fyziologických regulací a růstových změn na variabilitu a adaptibilitu

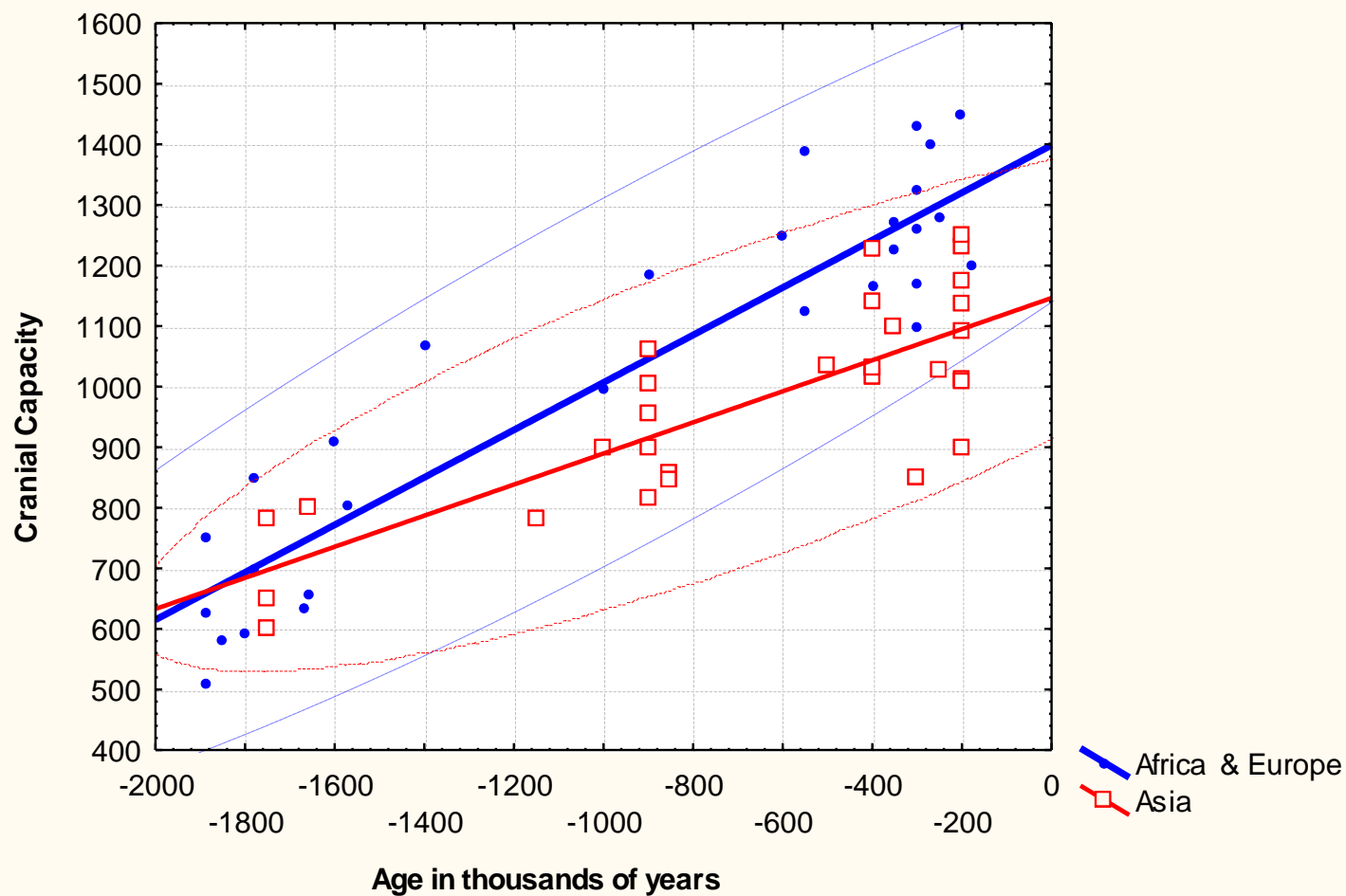
- Výzkumy metabolických drah a humorálních a protistresových mechanismů mimo jiné prokázaly, že neandrtálci měly jiný metabolismus vápníku.
- Výzkumy protistresových mechanismů ukázaly, že hladiny steroidních hormonů ovlivňují určité mechanismy chování.
- Snížená odolnost ke stresu u neandrtálců mohla vést při dlouhodobém zatížení k významnému zhoršení zdravotního stavu populace i její reprodukční schopnosti.
- Výzkumy prořezávání zubů a ontogenetických změn skloviny hominidů prokazují, že pouze anatomicky moderní člověk má relativně dlouhé dětství zatímco všechny ostatní lidské formy, včetně neandrtálců, pohlavně dozrávali minimálně dva roky dříve.

# Regionální trendy v evoluci velikosti mozku rodu *Homo*

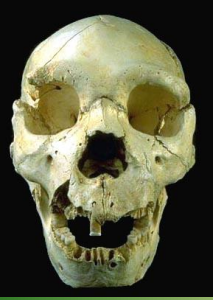
## Evolution of Brain Size in genus *Homo*

Africa and Europe:  $CC = 1398,4968 + 0,3917 * x$

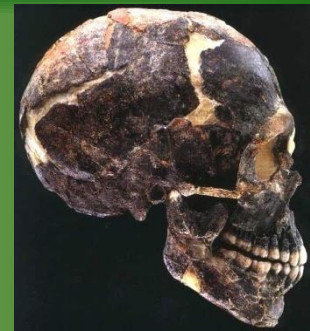
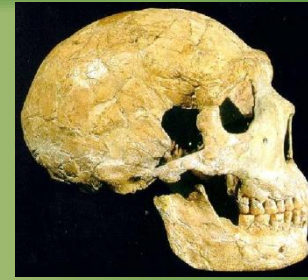
Asia:  $CC = 1146,2474 + 0,2566 * x$





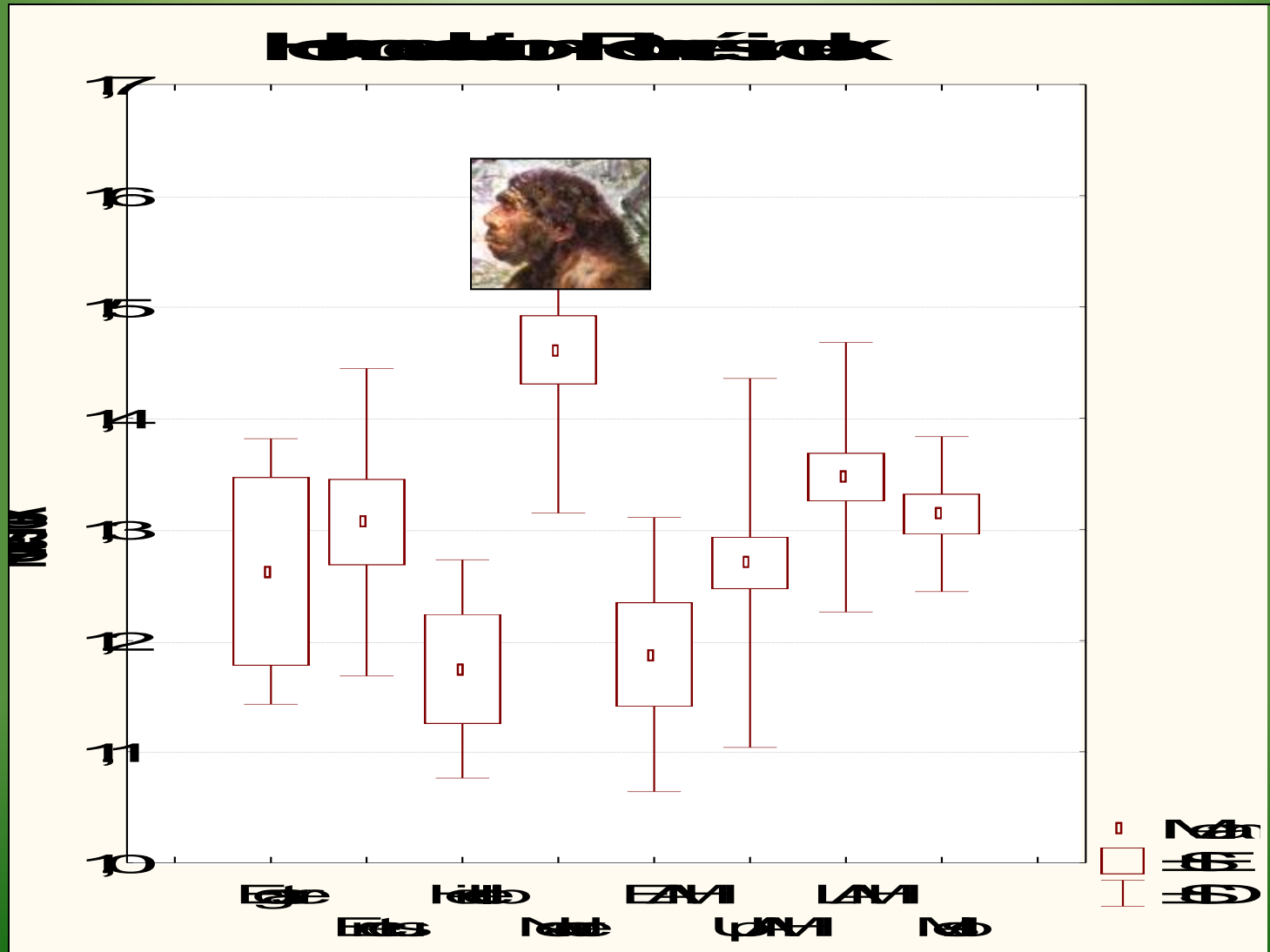


# Geny a lidská evoluce

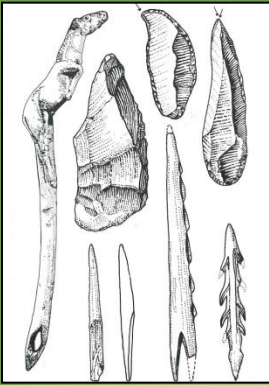


- Při vzniku prvních pokročilých lidských forem, *Homo heidelbergensis*, se uplatňovaly jak geny ovlivňující růst skeletu (HOX) tak růstu mozku (microcephaliny) a příslušné faktory regulační.
  - To se projevilo jak při přestavbě kostry, růstu mozku a i při rozvoji výroby nástrojů a komunikace.
  - Vliv microcephalinů se nejvíce projevilo v období mladším 300 000 let, u společného předka neandrtálců a AMČ.
- V daleko vyšší míře se však tyto geny a regulační mechanismy uplatnily v průběhu risského zalednění, zhruba před 150 tisíci lety, kdy podle všeho došlo k bottleneck efektu a lidské populace se početně snížily na hranici přípustnou pro nutnou reprodukci.
  - V těchto malých populacích se začaly výrazně uplatňovat genetické mechanismy jako je genetický drift a founder efekt.
  - Výsledkem byl vznik dvou regionálně oddělených lidských skupin, neandrtálců a anatomicky moderního člověka, ve kterých se začaly uplatňovat jiné genetické a regulační mechanismy.

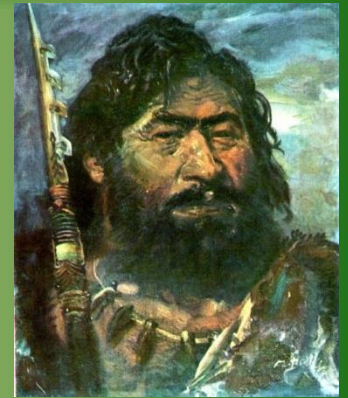
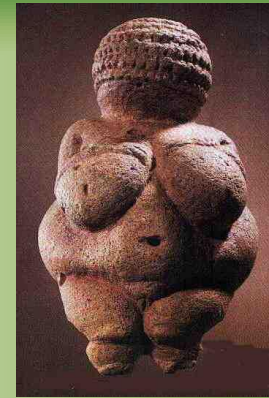
# Evoluce rodu *Homo* – specifická stavba těla neandertálců







## Geny, regulace a kultura u AMČ



- Tento komplex změn definitivně přeměnil anatomicky moderního člověka v důsledně biosociální bytost.
- Faktory biologické, sociální i kulturní se staly navzájem propojené prostřednictvím humorálního systému, činnosti mozku a percepce, chování a typicky lidské komunikace.
- To umožňovalo moderním lidem se postupně přizpůsobovat k nejrůznějším typům prostředí i stresům bez dalších biologických specializací.
- Proto přežíval mnohem úspěšněji než ostatní lidské formy.

# Člověk nebo lidé?

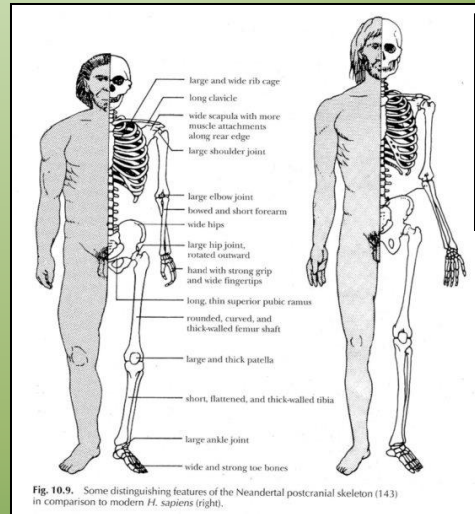
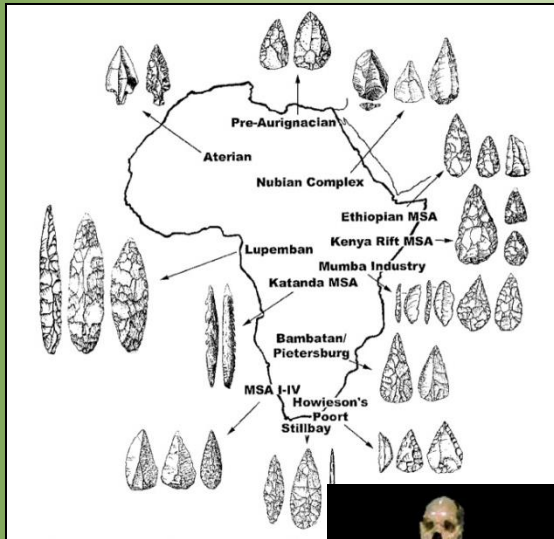


Fig. 10.9. Some distinguishing features of the Neanderthal postcranial skeleton (143) in comparison to modern *H. sapiens* (right).

