

# Variabilita a adaptibilita člověka



**Doc. Václav Vančata**

# Variabilita a adaptibilita člověka 2

## Evoluce a diversita rodu Homo



# Variabilita populační i časová



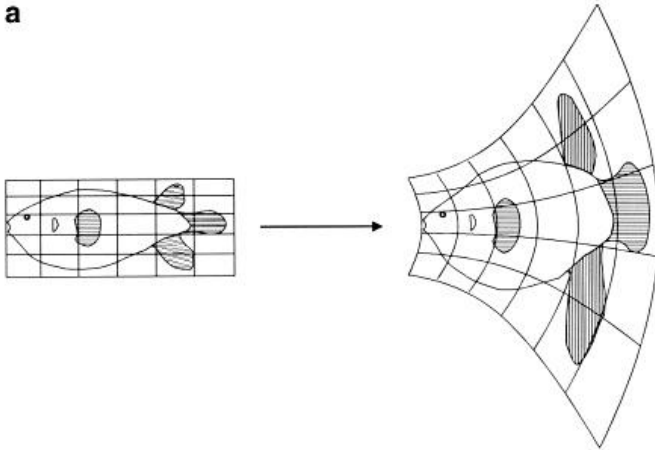
časová

populační

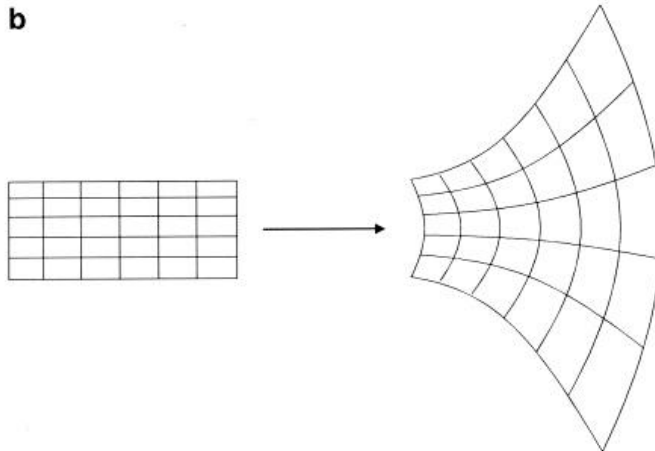


# Tvarové změny nebo vývojové trendy?

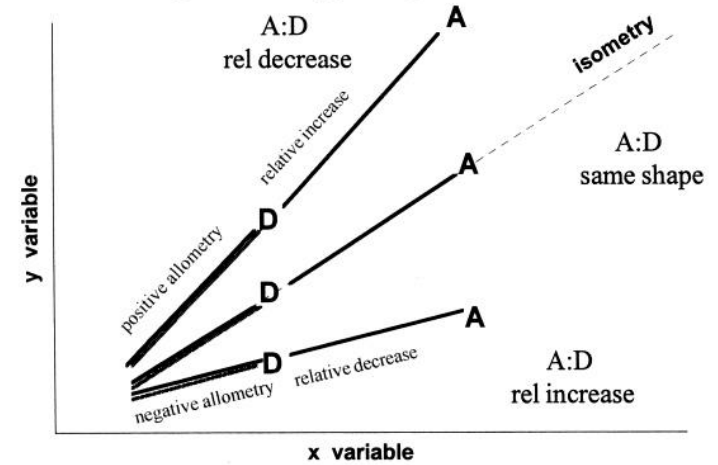
a



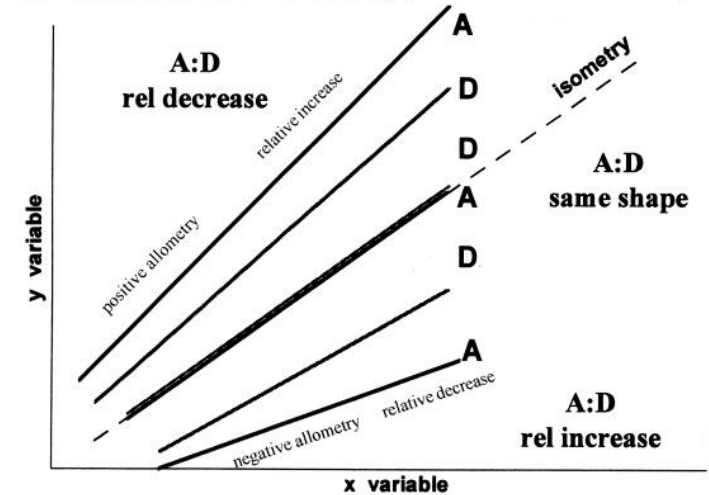
b



## 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

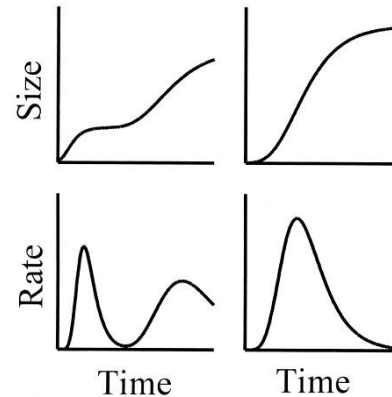


Fig. 10.1. The effect of delaying an adolescent growth spurt on size and rate curves. In the first pair of these hypothetical curves (*left*), the adolescent curve occurs significantly after the initial growth spurt, and they are separated in time, as is true for humans. The second pair (*right*) depicts 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.

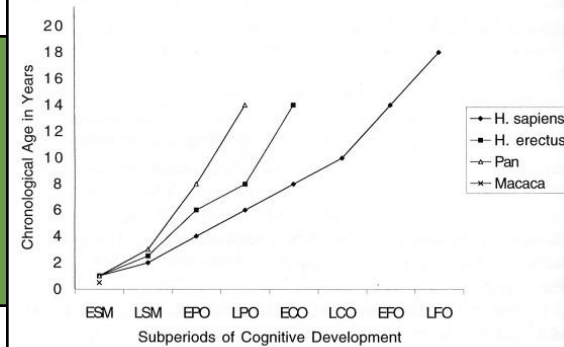


Fig. 14.3. Chart of primate comparative cognitive development. *ESM*, Early Sensorimotor; *LSM*, Late Sensorimotor; *EPO*, Early Preoperations; *LPO*, Late Preoperations; *ECO*, Early Concrete Operations; *LCO*, Late Concrete Operations; *EFO*, Early Formal Operations; *LFO*, Late Formal Operations.

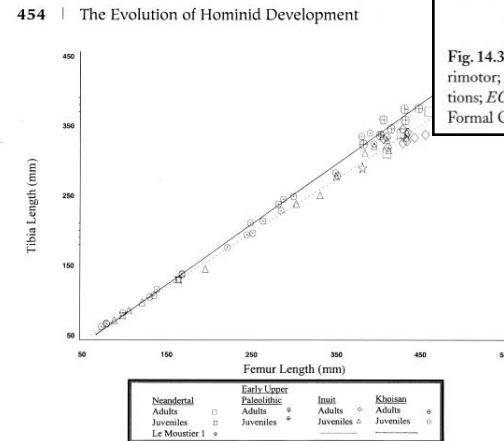


Fig. 19.6. Ontogenetic plot of tibia length on femur length. The least squares regression lines are based on the entire (adults and subadults) Inuit and Khoisan samples.

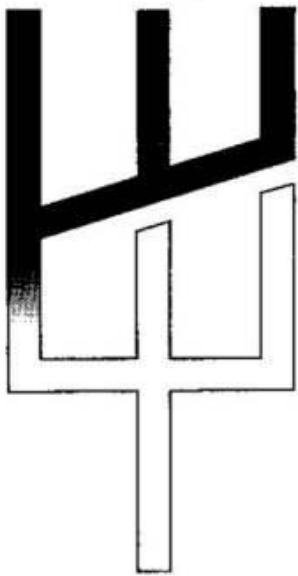


# Teorie vzniku a diferenciácie moderného človeka

Vysoká druhová i populačná diverzita

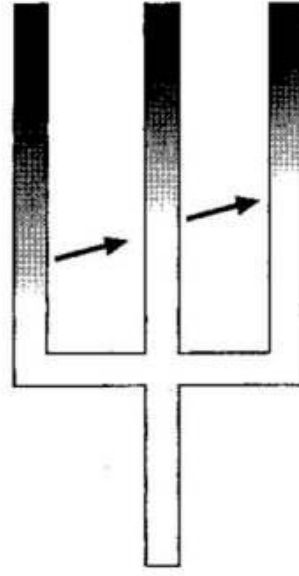
Vysoká populačná  
diversita  
Nízka speciace

Africa Europe Asia



Out of Africa Model

Africa Europe Asia



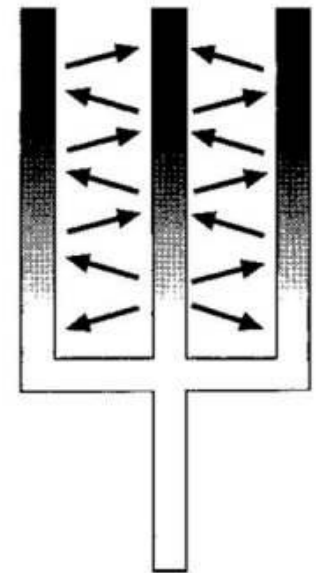
Smith's Model  
(Assimilation)

Africa Europe Asia



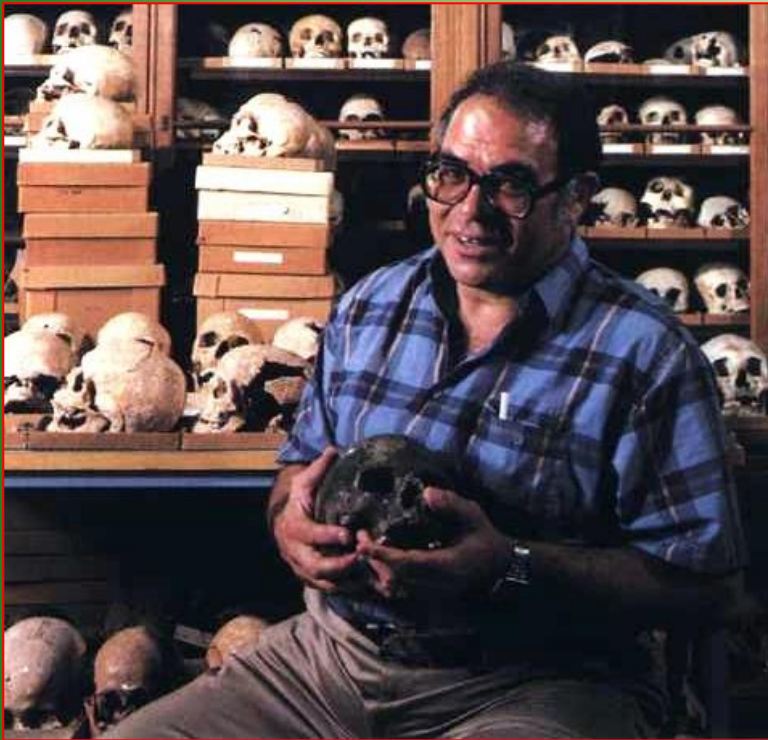
Brauer's Model  
(Hybridization and Replacement)





Africa Europe Asia



Multiregional Model

# Je existence jednoho druhu v evoluci člověka reálná?

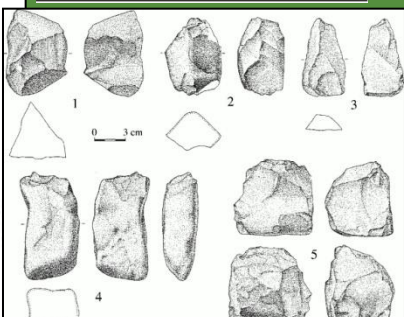
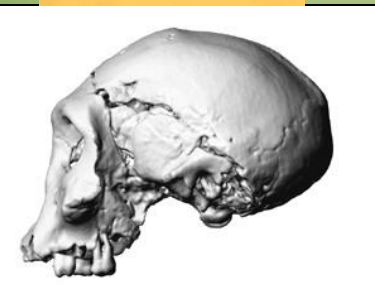
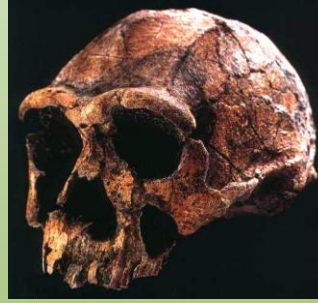
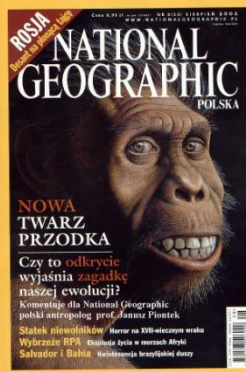


					
		EUROPE AND LEVANT	AFRICA	EAST ASIA	AUSTRALASIA
UPPER PLEISTOCENE	LATE	Lagar Velho Předmostí Mladeč	Afalou Lukenya	Shandongong Ziyang Liujiang	Kow Swamp Keilor Willandra Lakes 50
	MIDDLE	Vindija Kebara La Ferrassie La Chapelle	Dar es Soltan	Maba	Lake Mungo 1, 3
	EARLY	Qafzeh Krapina	Klasies Ormo Kibish	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		Buiá, 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.

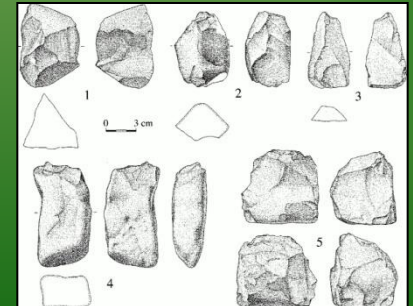
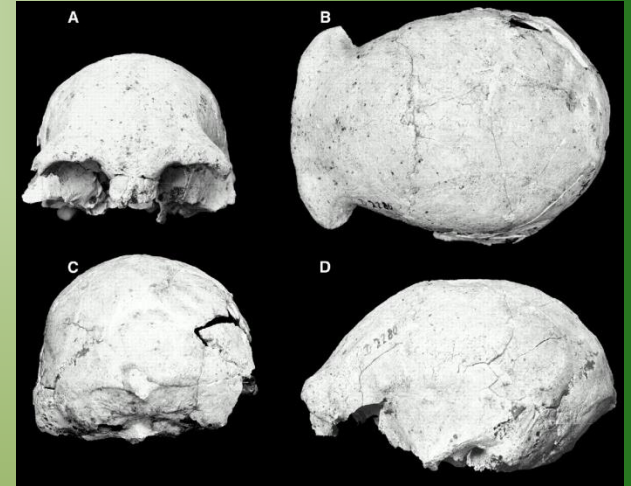
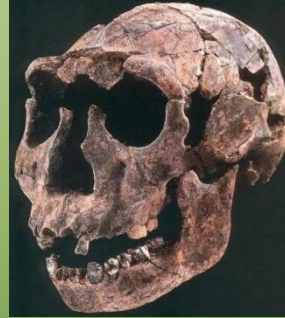
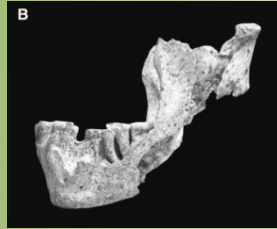


# Homo ergaster a Homo erectus - nejstarší skuteční lidé



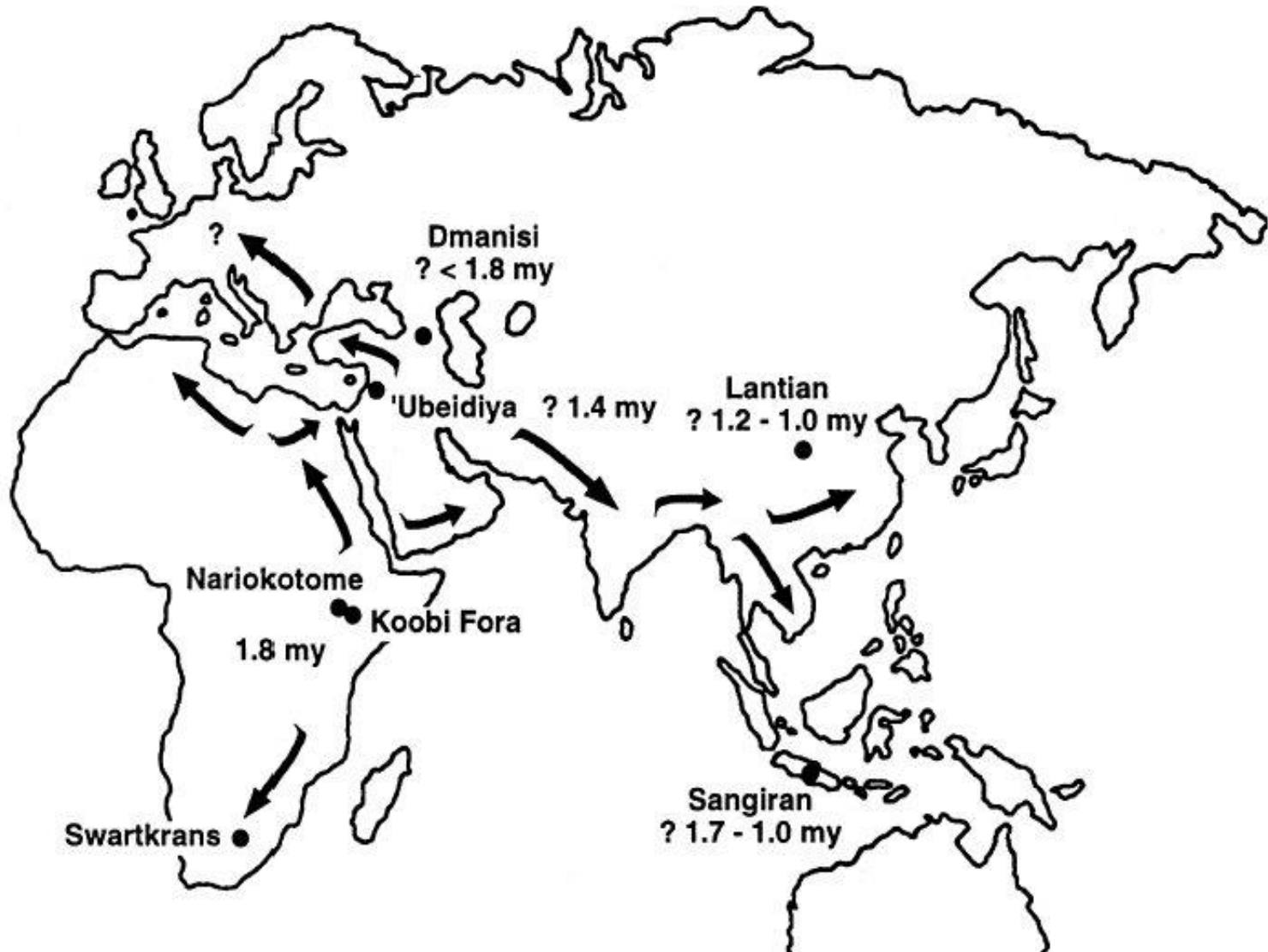


# Afrika a Dmanisi – jeden nebo více druhů?



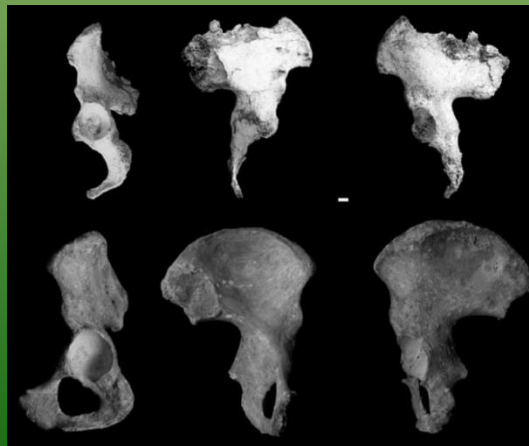
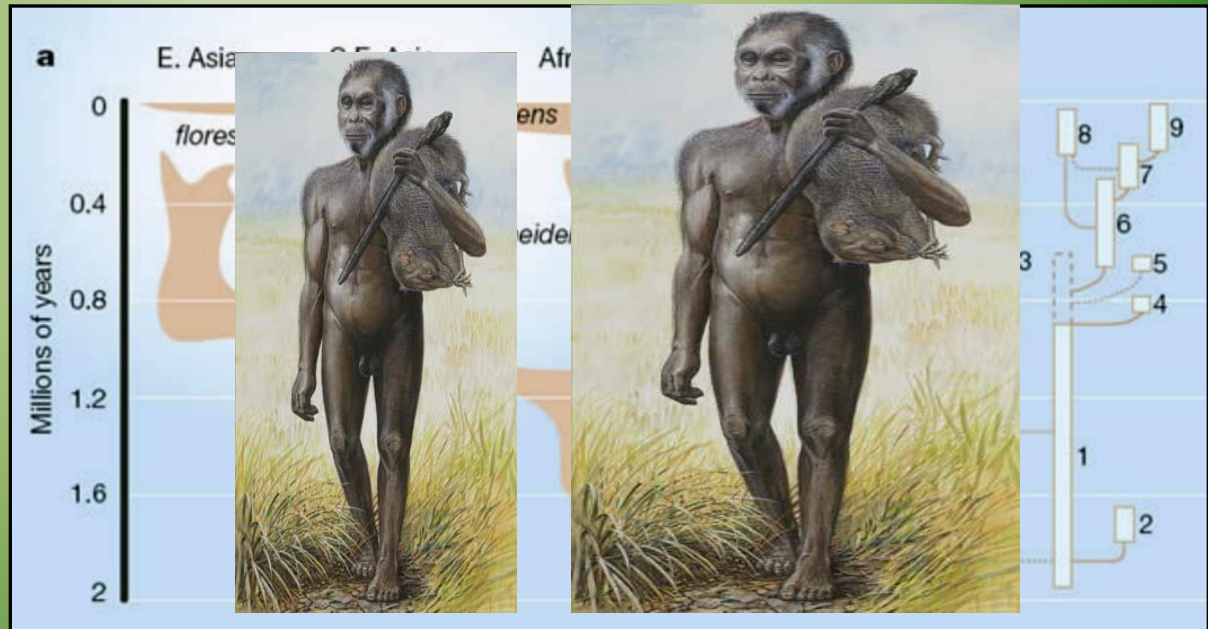
# Migrace *Homo ergaster/erectus*

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



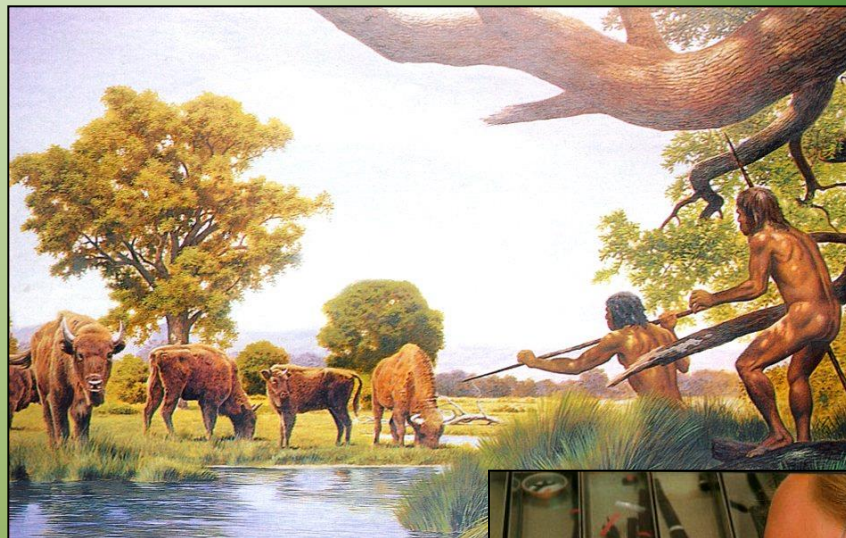
# *Homo floresiensis* – „oživlý“ mýtus z Indonézie

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

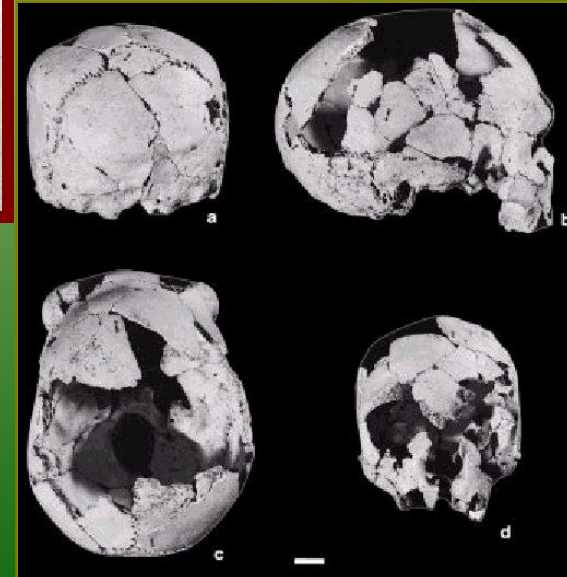
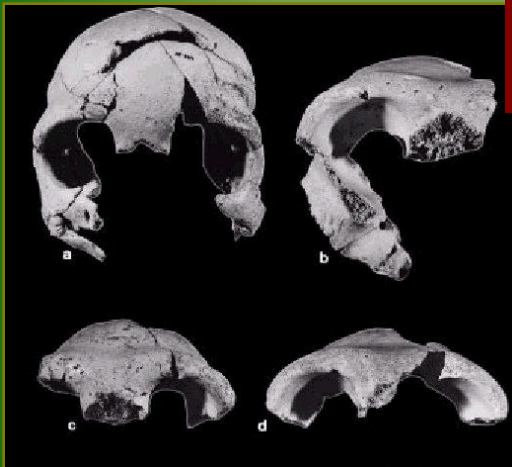
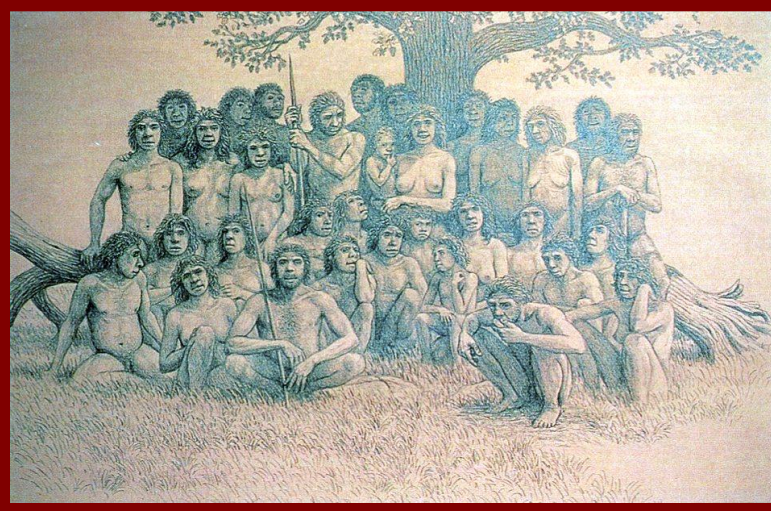


# Sima de los Huesos - nečekaná variabilita

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



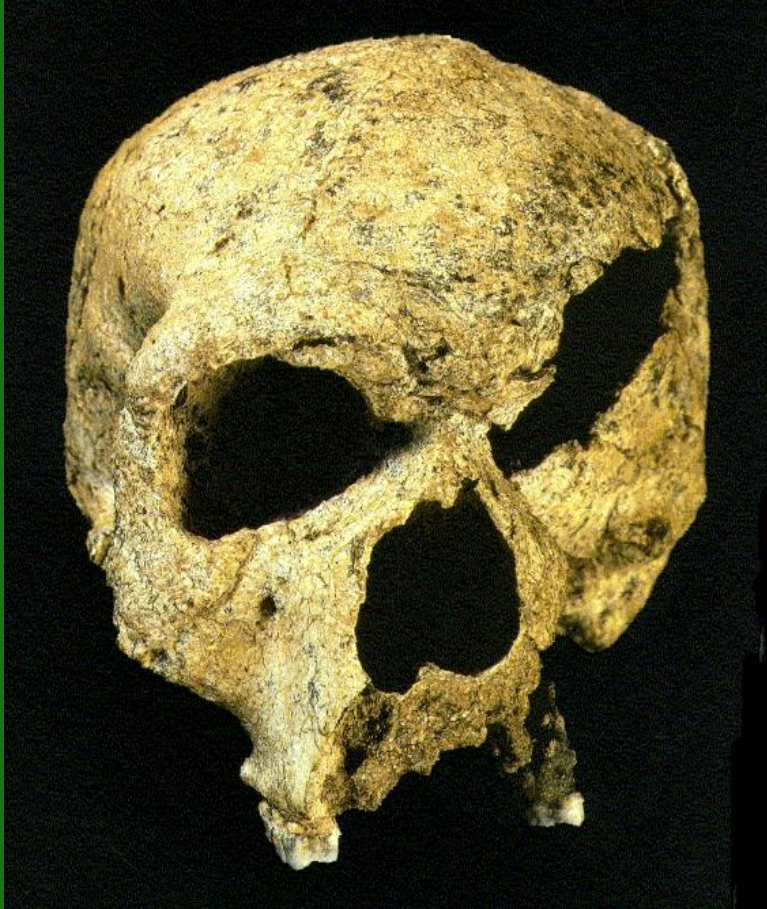
Tento jedinec byl od raného dětství hluchý





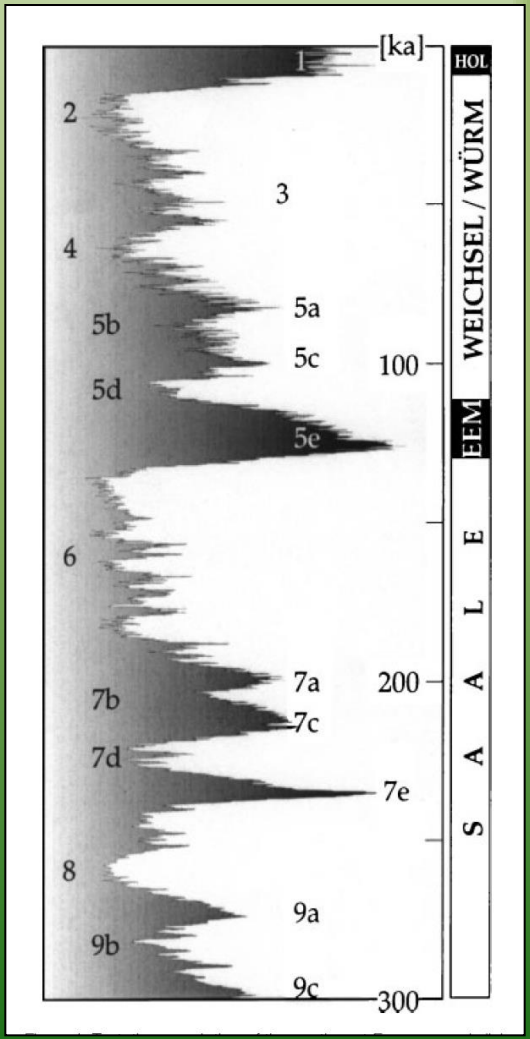
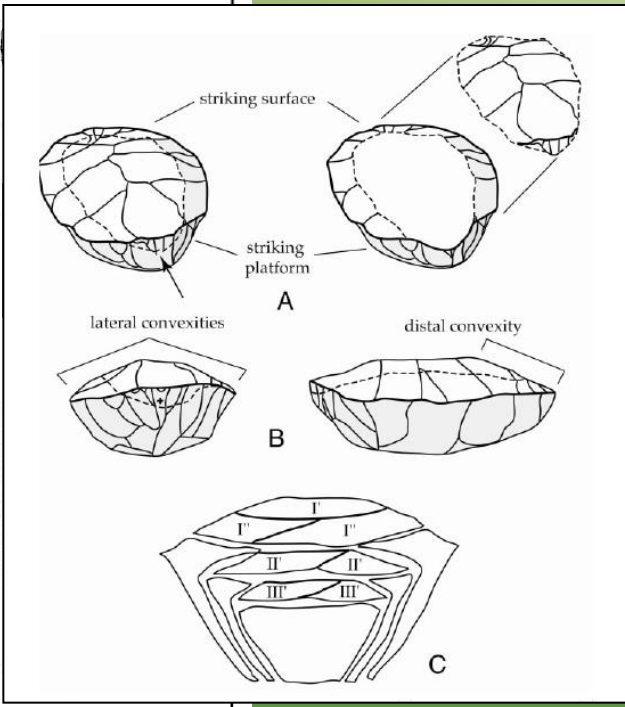
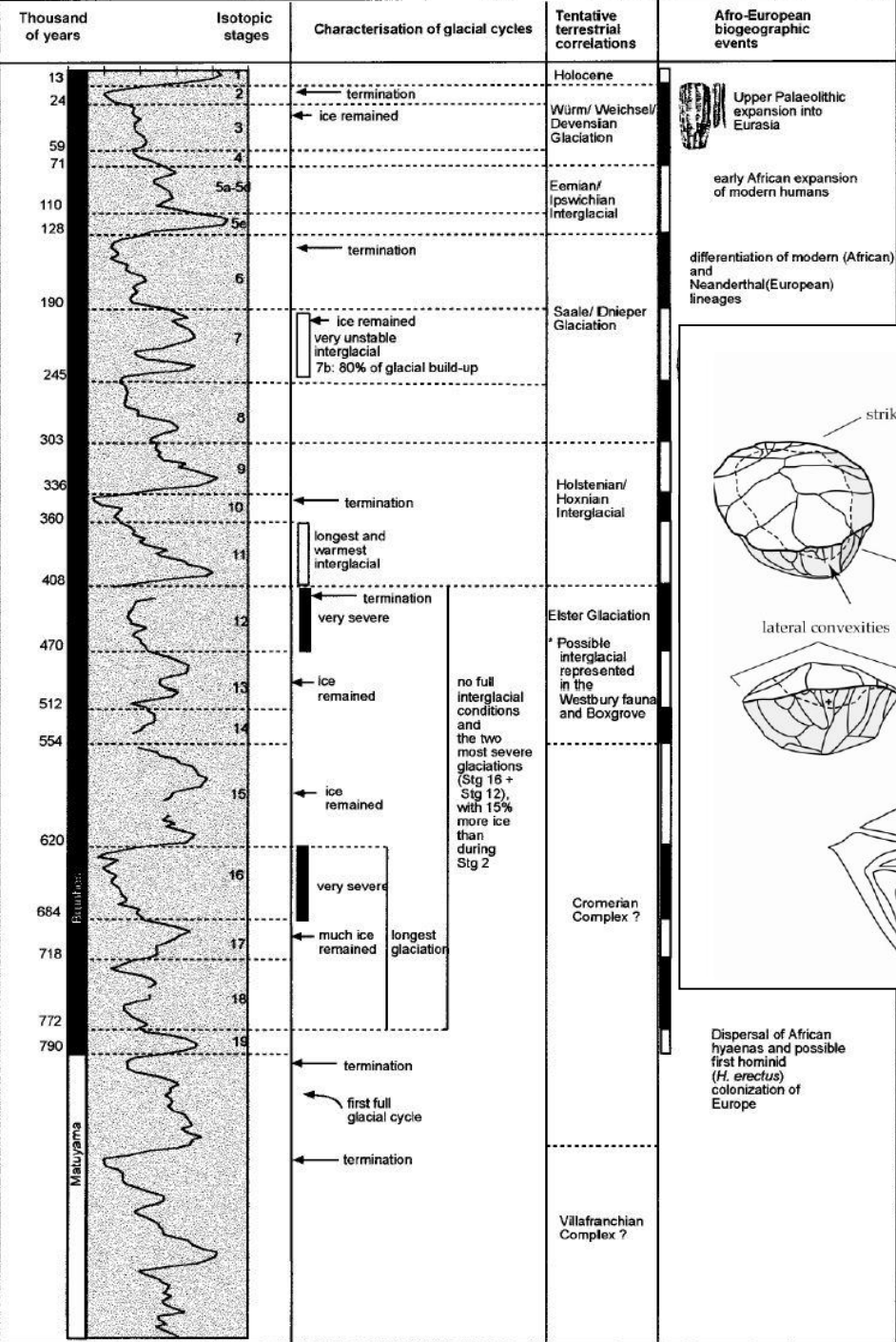
# Steinheim (a Swanscombe)

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





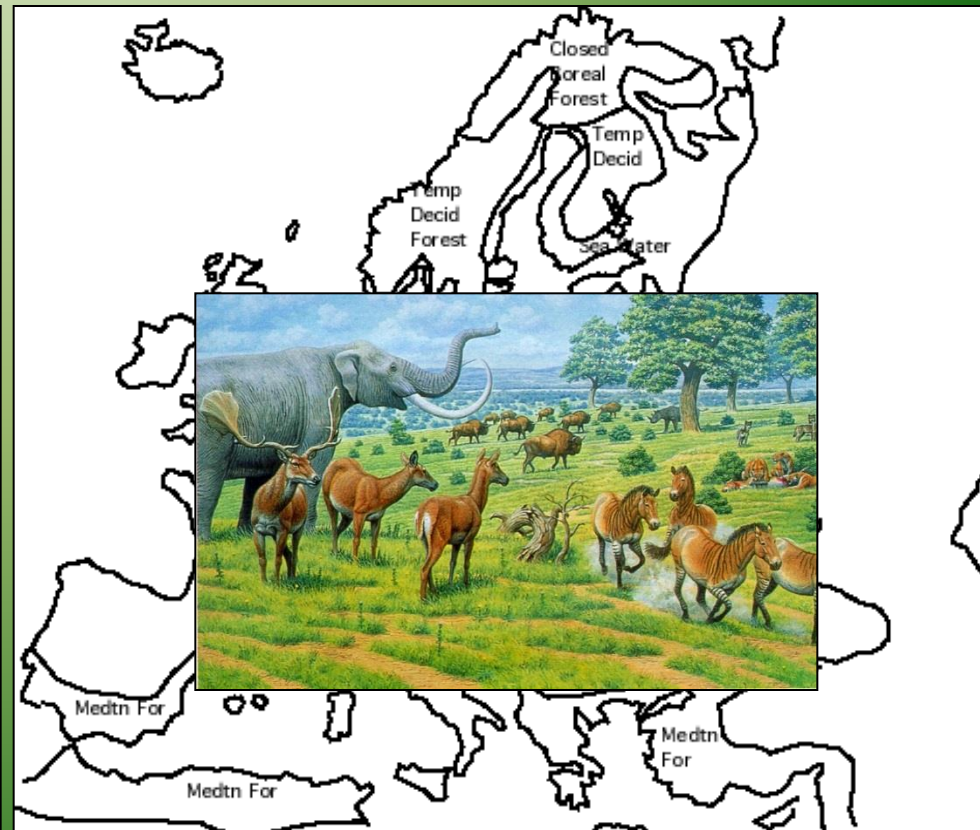
# Klimatické změny a evoluce rodu Homo



# 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. Scandinavea was an island cut off by an extended Baltic seaway.



# Vznik moderních forem člověka

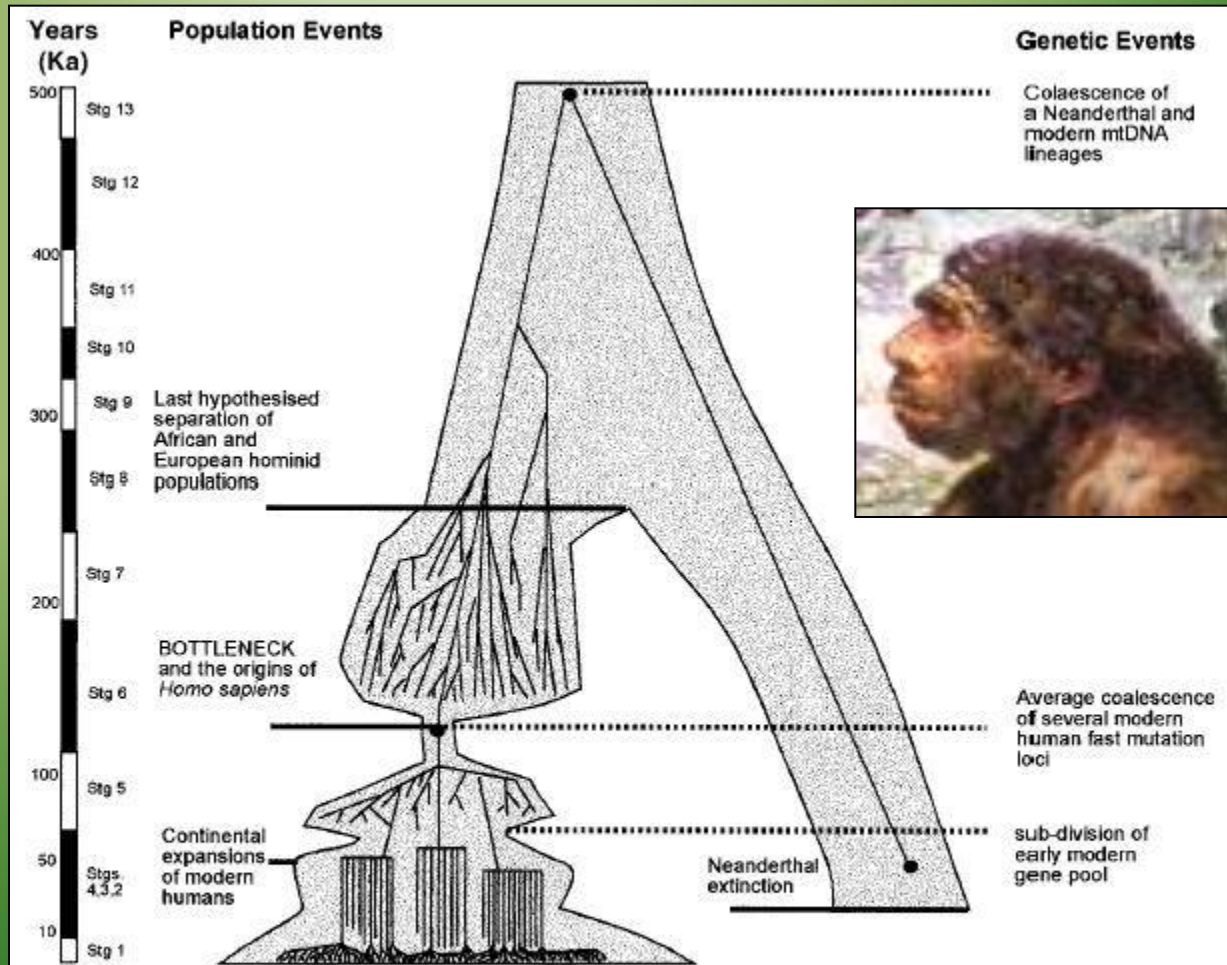
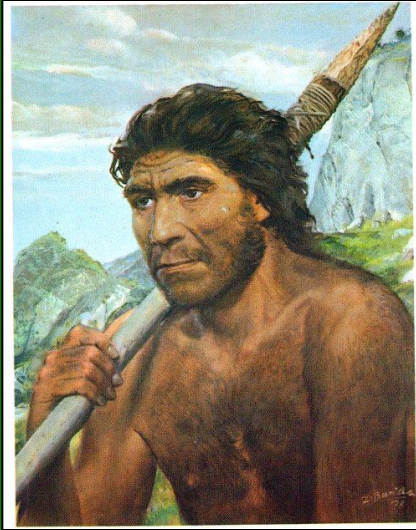


Fig. 5. Schematic representation of the relationship between the population history of humans and Neanderthals and mtDNA genealogy highlighting the likelihood that the time of mtDNA coalescence between a Neanderthal and modern lineages preceded population vicariance, whereas the time of coalescence of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

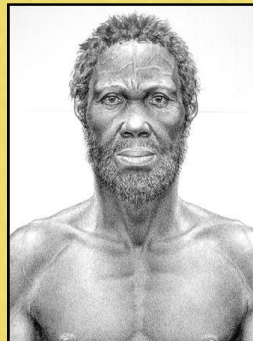
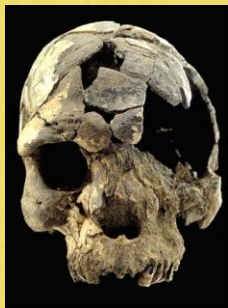


# Kdo vlastně vynalezl moderní kamenné technologie když ne AMČ?

## Herto - Middle Awash

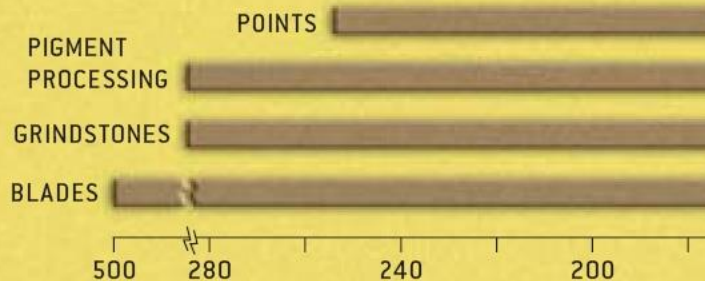
160 000 let

**Čepelové industrie před AMH**

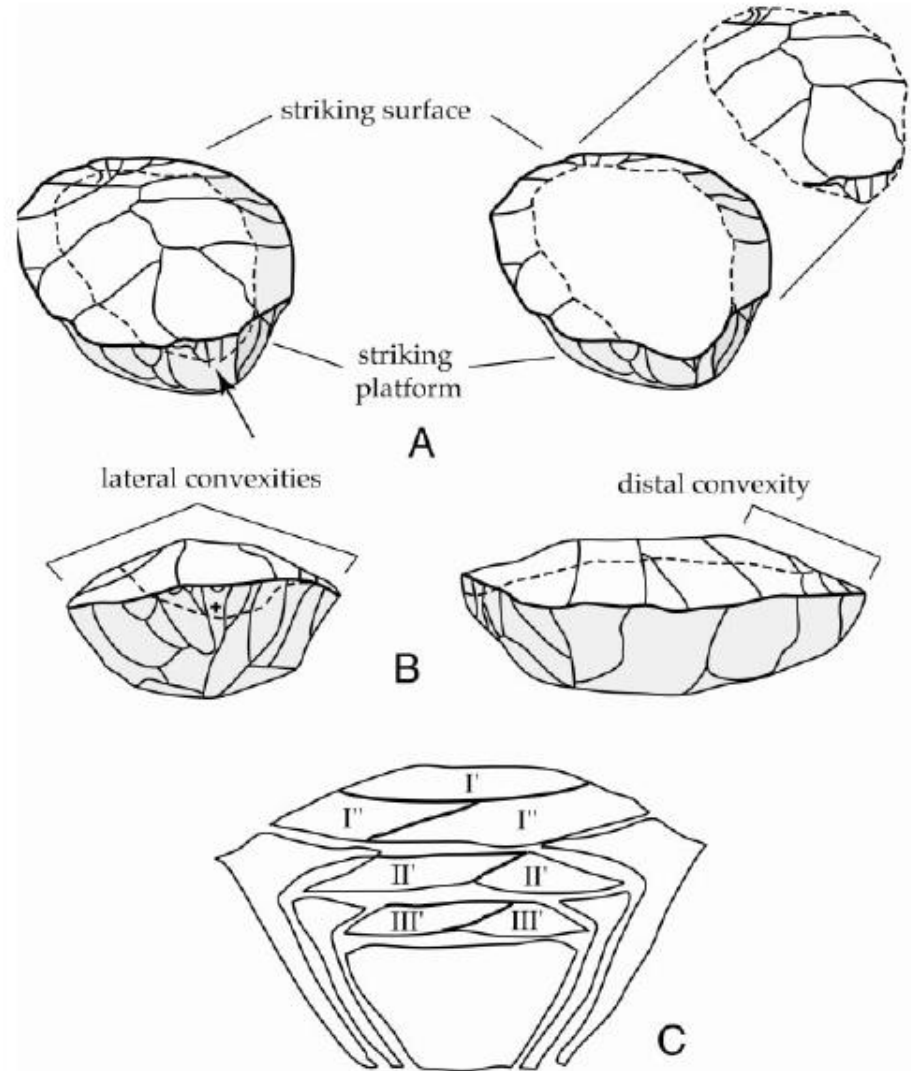


LONG-DISTAN

S



Age of Oldest Known



# Africký střední paleolit – revoluce před revolucí

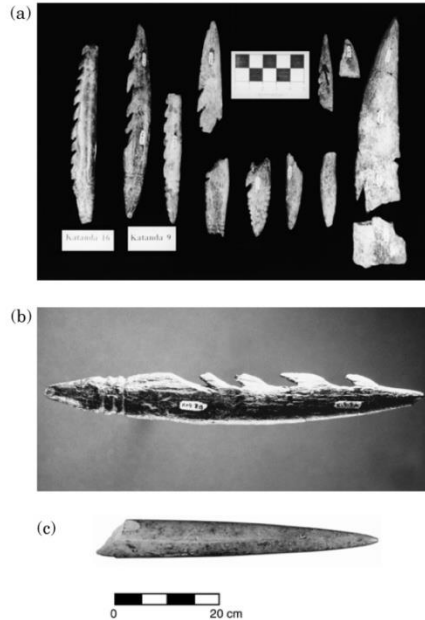


Figure 7. Bone points of the African MSA. (a) Katanda 16 and Katanda 9 (after Yellen *et al.*, 1995), © Alison S. Brooks; (b) detail of point from Katanda 9. © Chip Clark, Smithsonian Institution; (c) Blombos Stillbay level, after Henshilwood & Sealey, 1997, figure 7, photo courtesy of Chris Henshilwood.

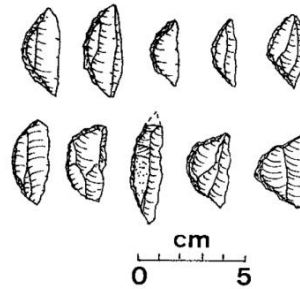


Figure 6. MSA geometric microliths; top row, Klasies River Howiesonspoor, after Wurz (1997); bottom row, Mumba Industry, Mumba Rock Shelter, level V, after Mehlman (1989). © Sally McBrearty.

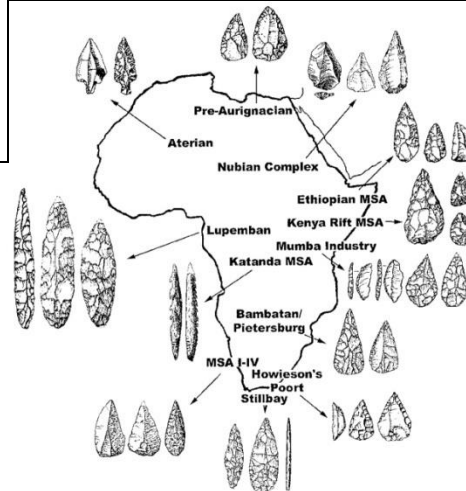


Figure 5. Map of distribution of point styles in the African MSA (after Clark, 1993, Figure 1). © Sally McBrearty & Alison S. Brooks.

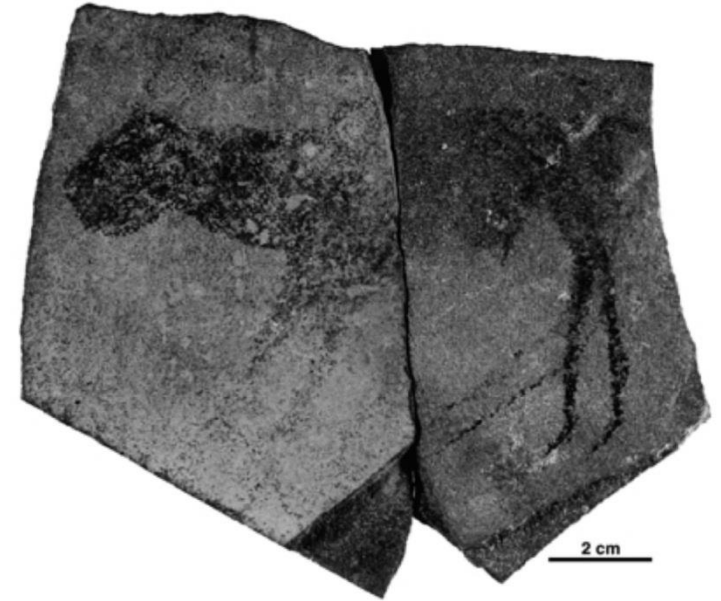
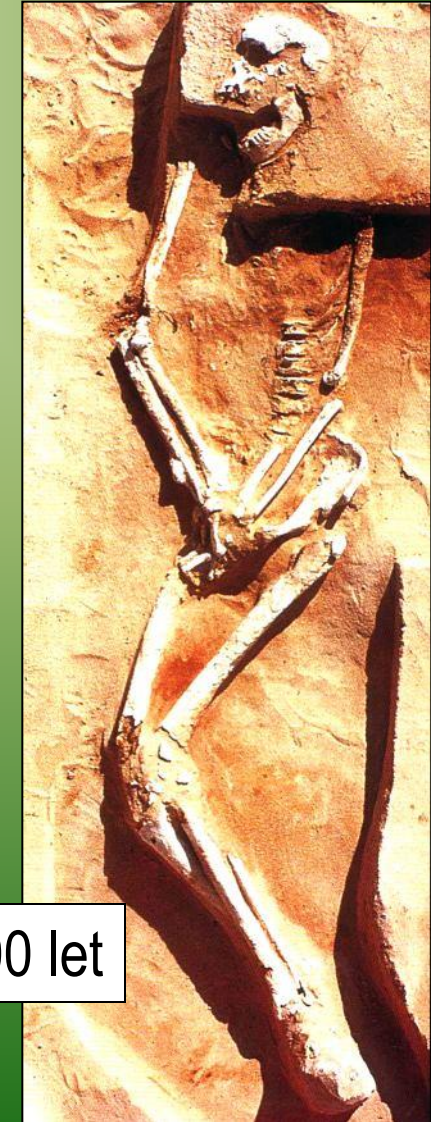
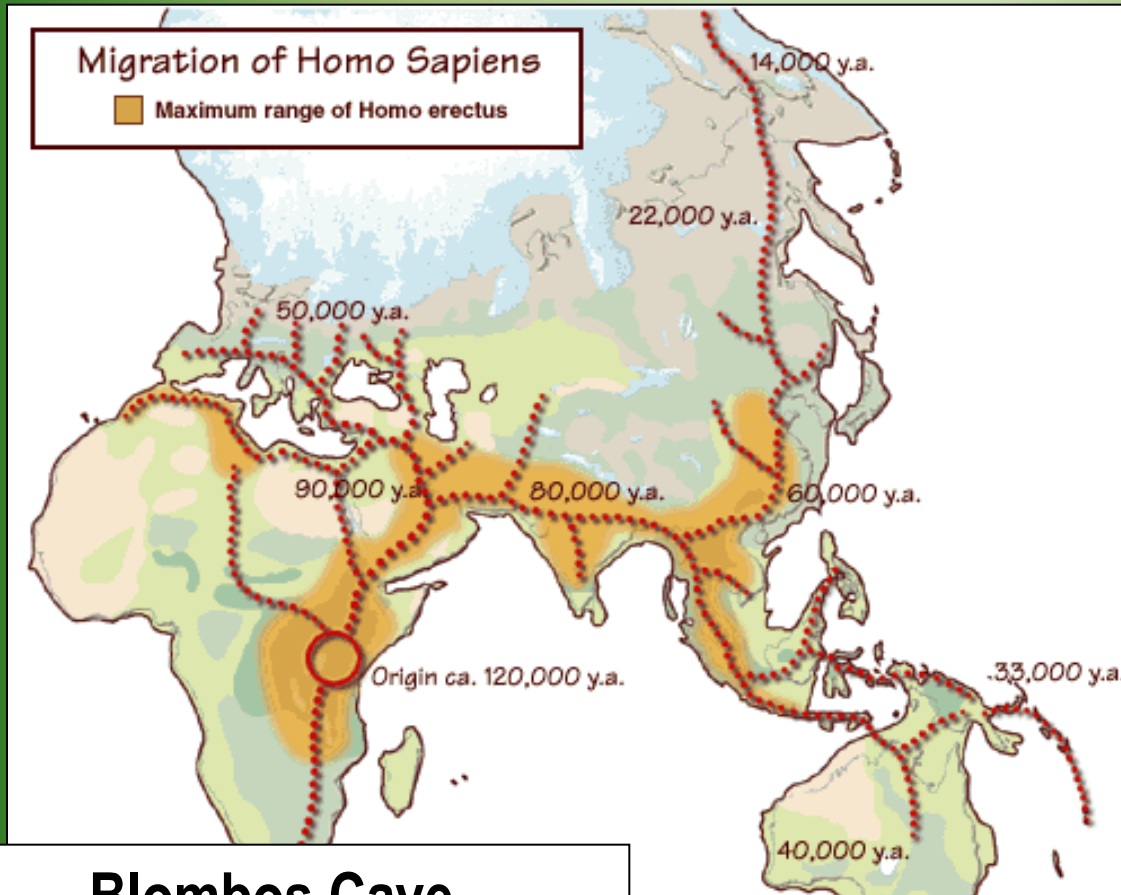


Figure 11. Painted slab from MSA levels at Apollo 11 Rock Shelter, after Vogelsang, 1998. Photo courtesy of Ralf Vogelsang and the Heinrich-Barth-Institut.



# Osídlení světa anatomicky moderním člověkem



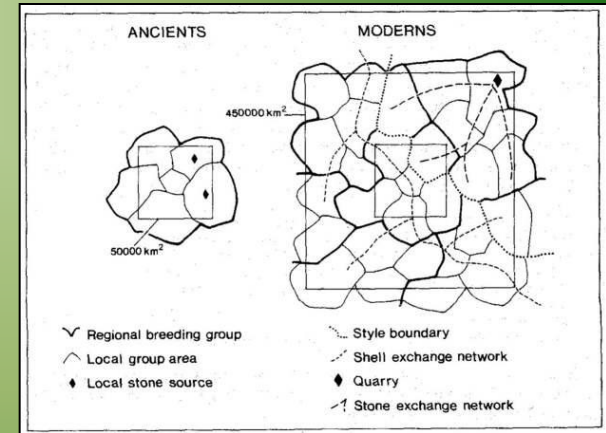
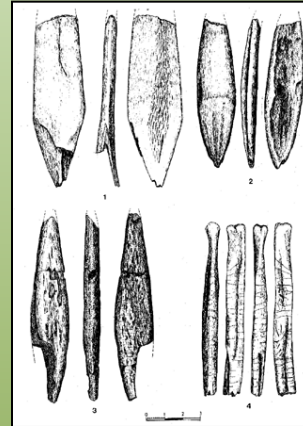
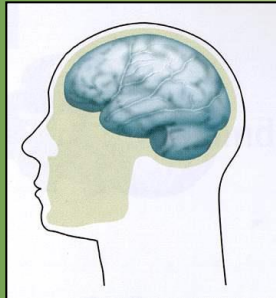
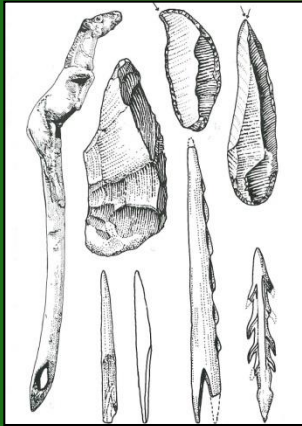
## Blombos Cave

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



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

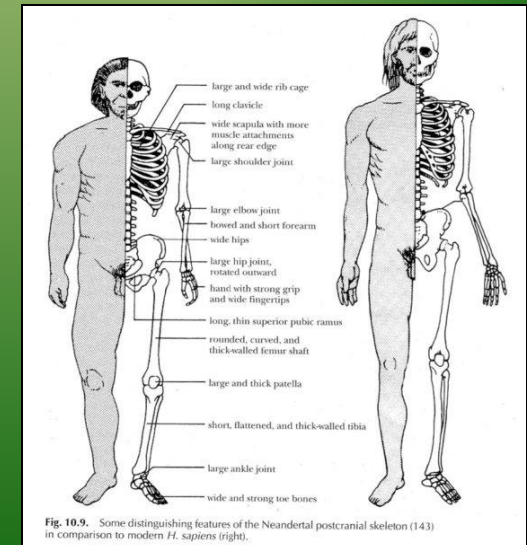
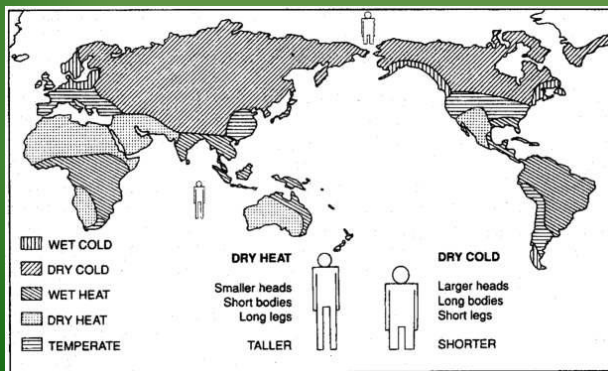
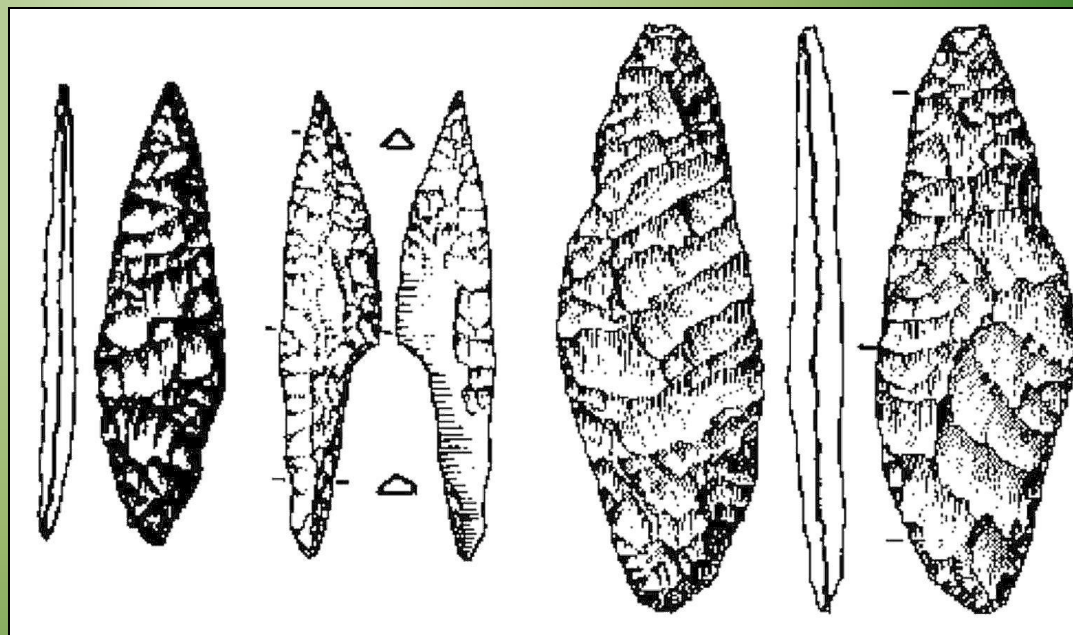
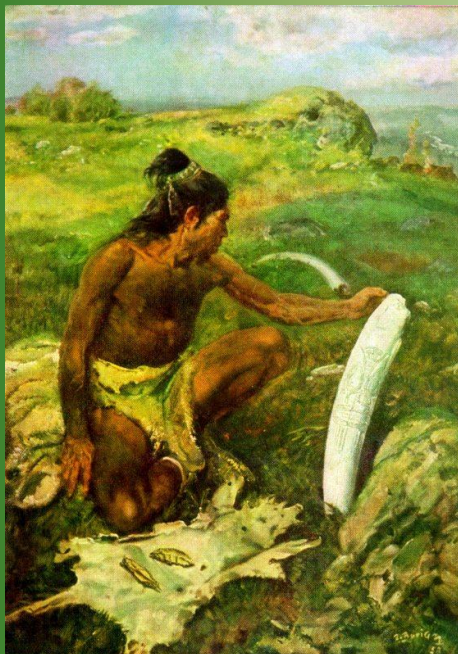


Fig. 10.9. Some distinguishing features of the Neanderthal postcranial skeleton (143) in comparison to modern *H. sapiens* (right).



# Bouřlivý rozvoj materiální kultury a umění



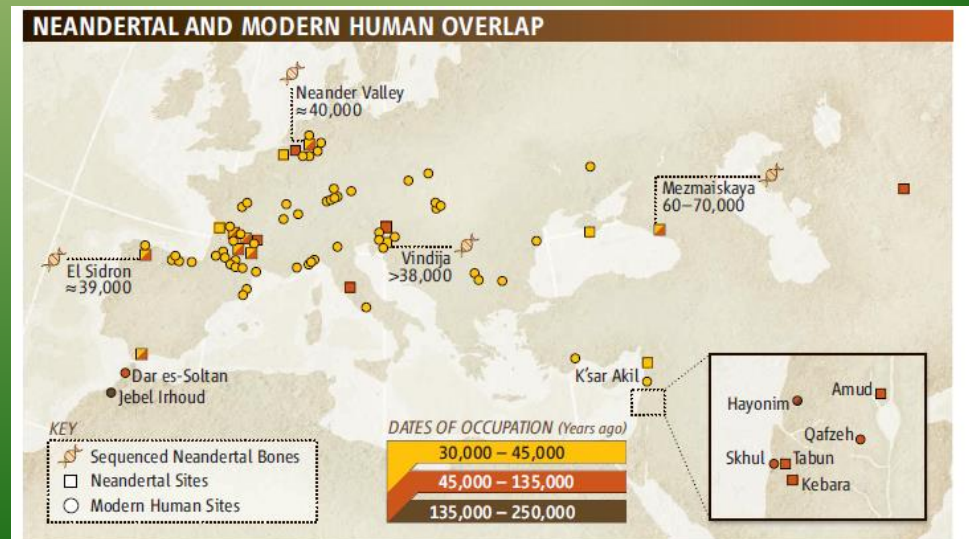
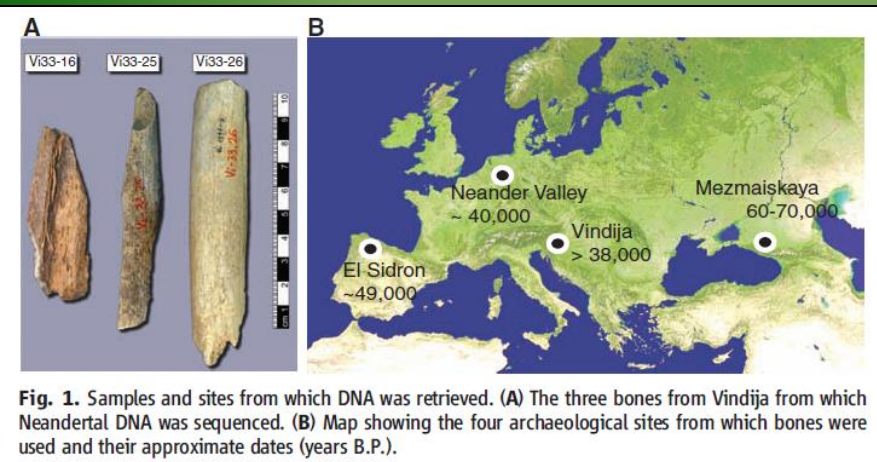
# Genetika neandrtálců

- 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), později efektivnější „single strain method“ – 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?

- 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?

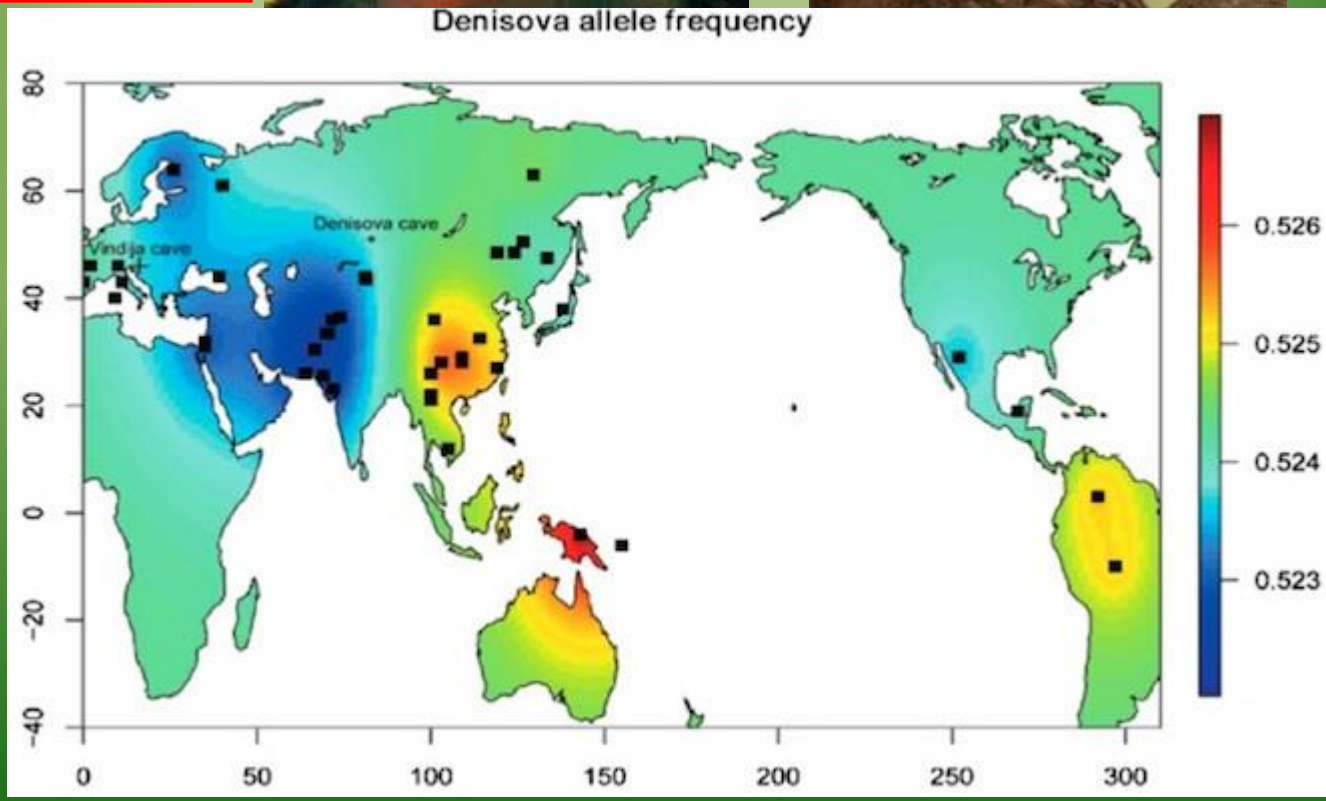
- **Třetí** skupina genů souvisí s lidskou reprodukcí, a patří se například gen ovlivňující pohyblivost spermií.
  - Ta pak může mimo jiné souviset i se zvýšenou sexuální selekcí u anatomicky moderního člověka.
- **Čtvrtá** skupina genů pak souvisí s metabolismem a ontogenetickým vývojem.
  - Gen RUNX2 pak se podílel na soudkovitém tvaru hrudníku neandrtálců.
- Některé souvisí s buněčným metabolismem, další například s činností štítné žlázy. Mutace způsobuje u AMČ Diabetes 2
- Funkci některých genů zatím neumíme přesně určit.
- Komplexní genetická změna vedla k prodloužení období dětství u AMČ, 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?

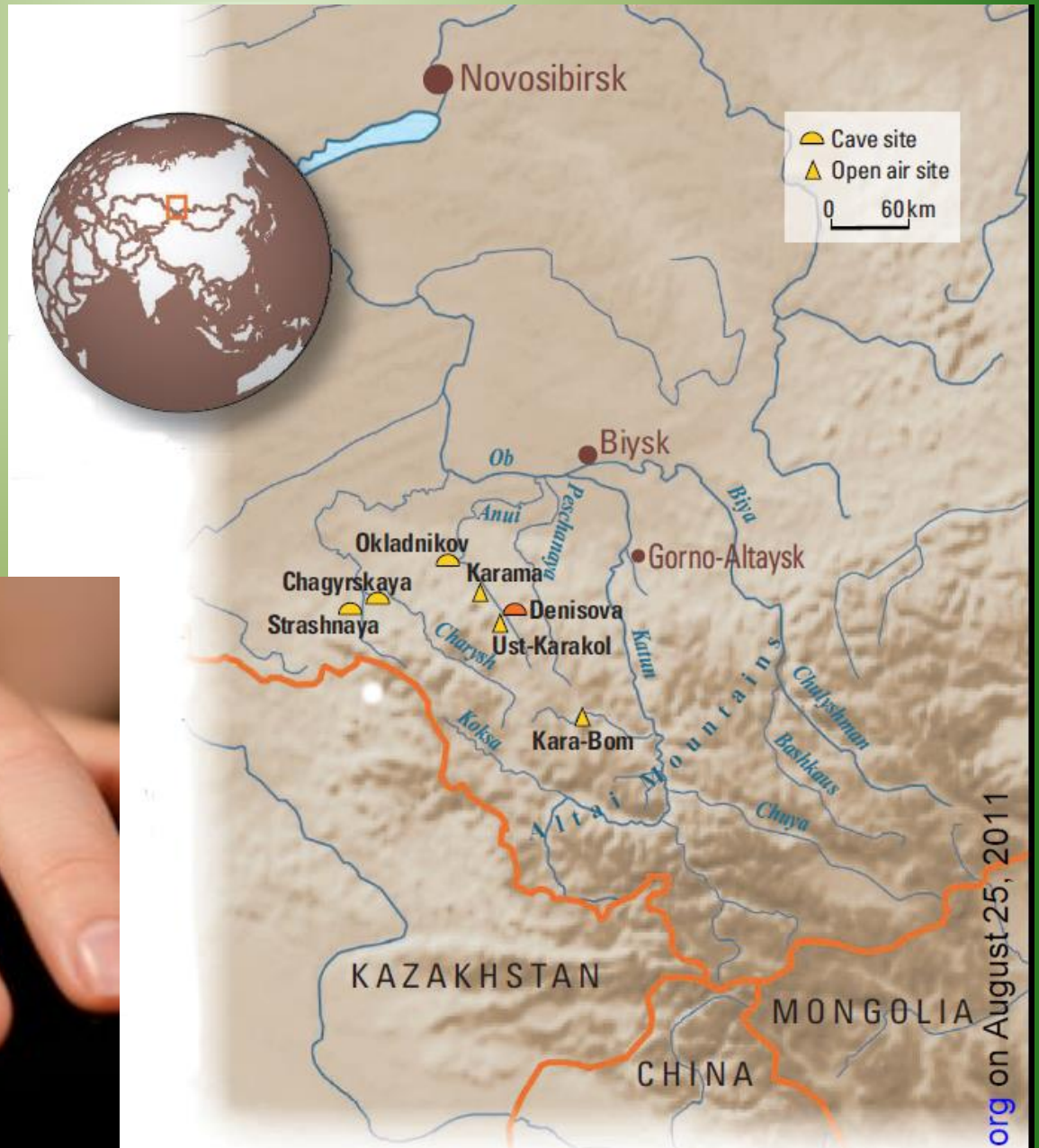
- **Sdílíme 85% genomu typického pro AMČ**
  - některé geny mají neandrtálci v tzv. ancestrální formě,
  - jiné vznikly už u předků obou skupin, některé jsou totožné
- **Sdílíme FOXP2 (vývoj jazyka a řeči) a to v moderní „lidské“ formě – tento gen ale vznikl téměř jistě již u archaických forem Homo sapiens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



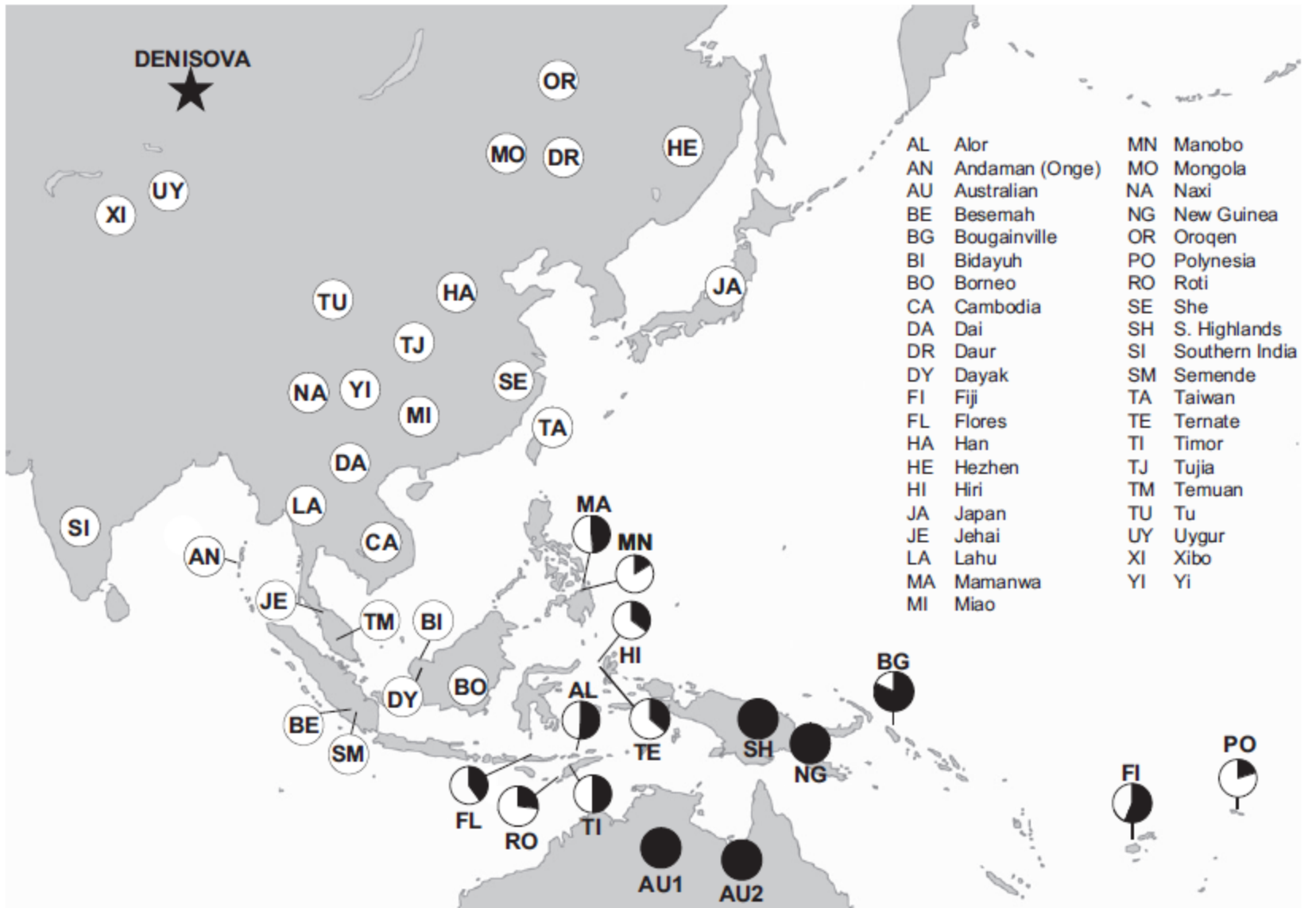
Denisova allele frequency







org on August 25, 2011



# 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.

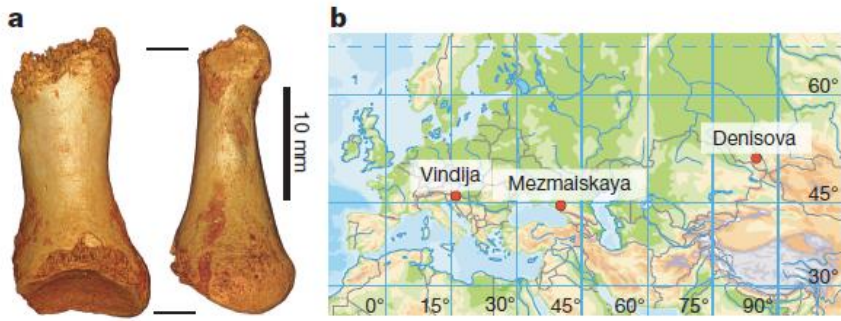


Figure 1 | Toe phalanx and location of Neanderthal samples for which genome-wide data are available. a, The toe phalanx found in the east gallery of Denisova Cave in 2010. Dorsal view (left image), left view (right image). Total length of the bone is 26 mm. b, Map of Eurasia showing the location of Vindija Cave, Mezmaiskaya Cave and Denisova Cave, where Neanderthal samples used here were found.

# Možné křížení neandrtálců a děnisovanů na Altaji

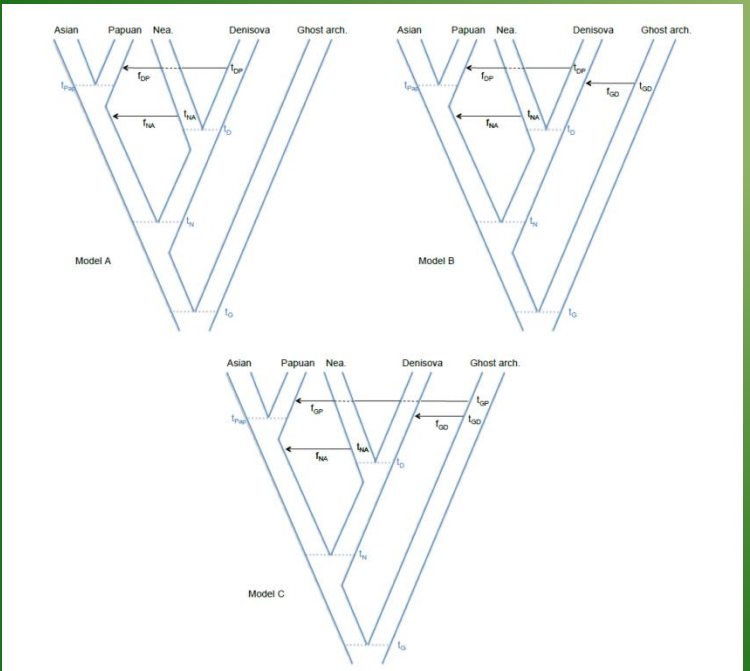


Figure 1. Demographic scenarios. Parameters: split times  $t_0, t_1, t_2, t_{3a}, t_{3b}$ ; amounts of gene flow  $f_{1a}, f_{1b}, f_{2a}, f_{2b}$ ; times of gene flow:  $t_{3a}, t_{3b}, t_{4a}, t_{4b}$ . In Model B and C, archaic gene flow to Denisova could happen either before or after gene flow to Papuan. In all models African split from the Asian/Papuan ancestors at a time  $t_{5a}$  comprised in  $[t_{3a}, t_{4a}]$ .

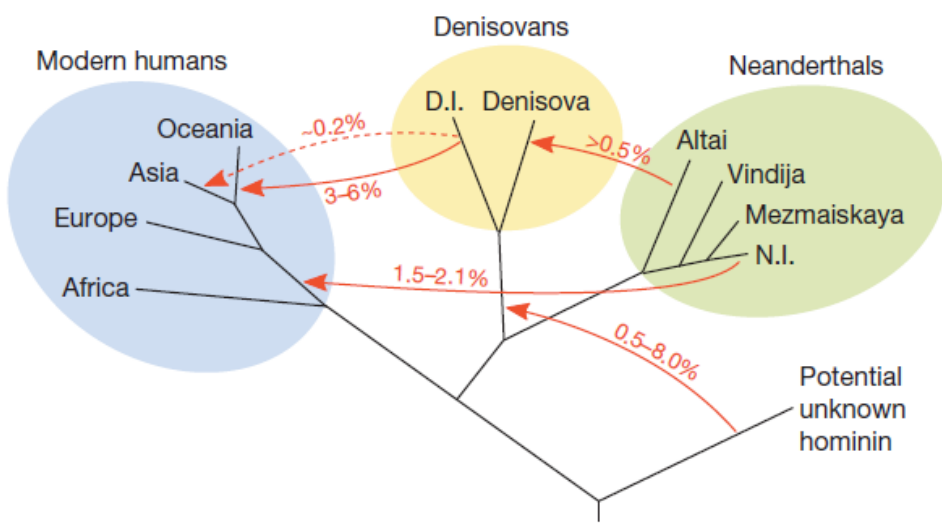
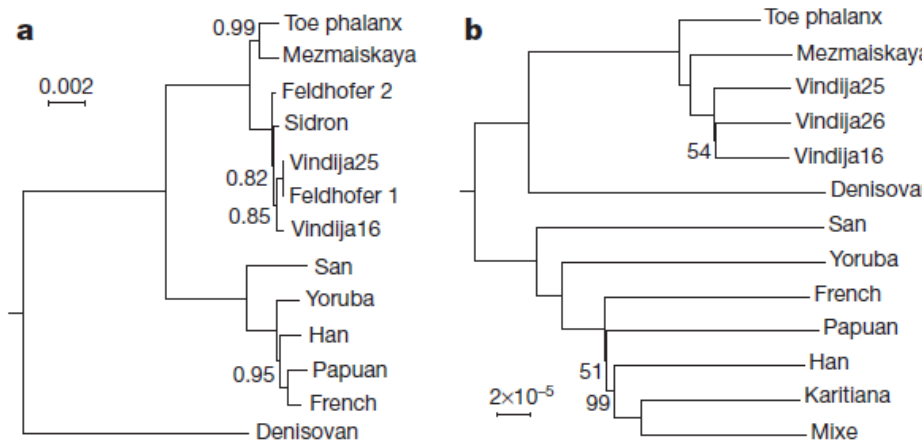


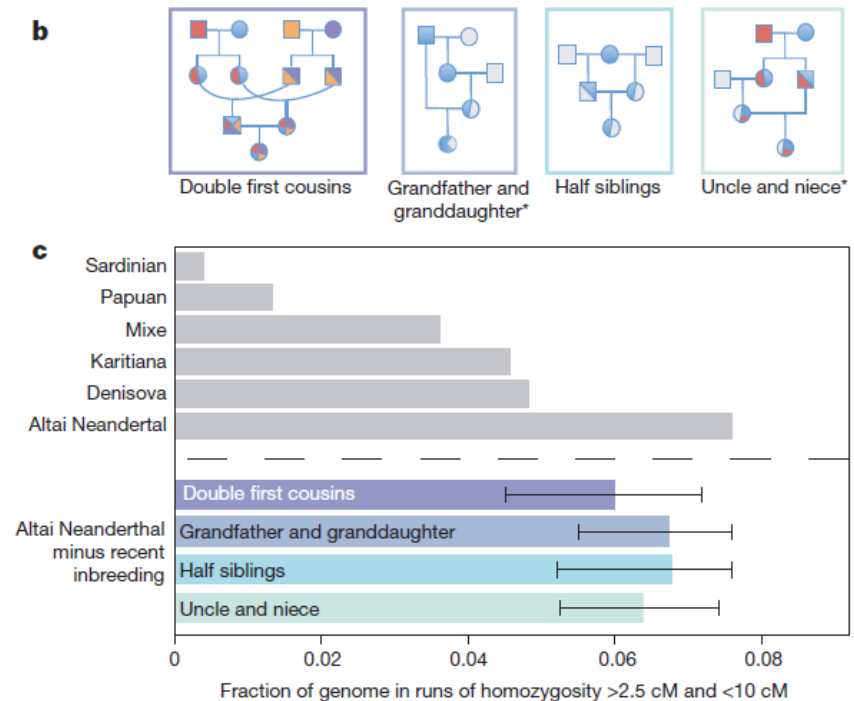
Figure 8 | A possible model of gene flow events in the Late Pleistocene. The direction and estimated magnitude of inferred gene flow events are shown. Branch lengths and timing of gene flows are not drawn to scale. The dashed line indicates that it is uncertain if Denisovan gene flow into modern humans in mainland Asia occurred directly or via Oceania. D.I. denotes the introgressing Denisovan, N.I. the introgressing Neanderthal. Note that the age of the archaic genomes precludes detection of gene-flow from modern humans into the archaic hominins.



# Možné křížení neandrtálců a denisovanů na Altaji



**Figure 2 | Phylogenetic relationships of the Altai Neanderthal.** a, Bayesian tree of mitochondrial sequences of the toe phalanx, the Denisovan finger phalanx, six Neanderthals and five present-day humans. Posterior probabilities are given for branches whose support is less than one (Supplementary Information section 2b). b, Neighbour-joining tree based on autosomal transversion differences among the toe phalanx, four Neanderthals, the Denisova genome and seven present-day human individuals. Bootstrap values are shown for branches supported by less than 100% of 1,000 bootstrap replicates (Supplementary Information section 6).



**Figure 3 | Indications of inbreeding in the Altai Neanderthal individual.** a, Time since the most recent common ancestor in log-scale for the two alleles of a French, the Denisovan and the Altai Neanderthal individual (Supplementary Information section 12) along 40 Mb of chromosome 21. b, Pedigrees showing four possible scenarios of parental relatedness for the Altai Neanderthal (that is, the child at the bottom of each pedigree). Two additional scenarios can be derived by switching the sex of the parents for the panels marked with an asterisk. c, Fraction of the genome in runs of homozygosity between 2.5 and 10 cM in length for Altai Neanderthal, Denisovan and the three present-day human individuals with the largest fractions (grey bars). The fractions for the Altai Neanderthal (bottom four bars) are reduced by the fraction expected from the four inbreeding scenarios in b. Error bars represent the full range of values obtained from 700 simulations for each scenario.

# Analýza mt-DNA ze středního paleolitu – Sima de los Huesos

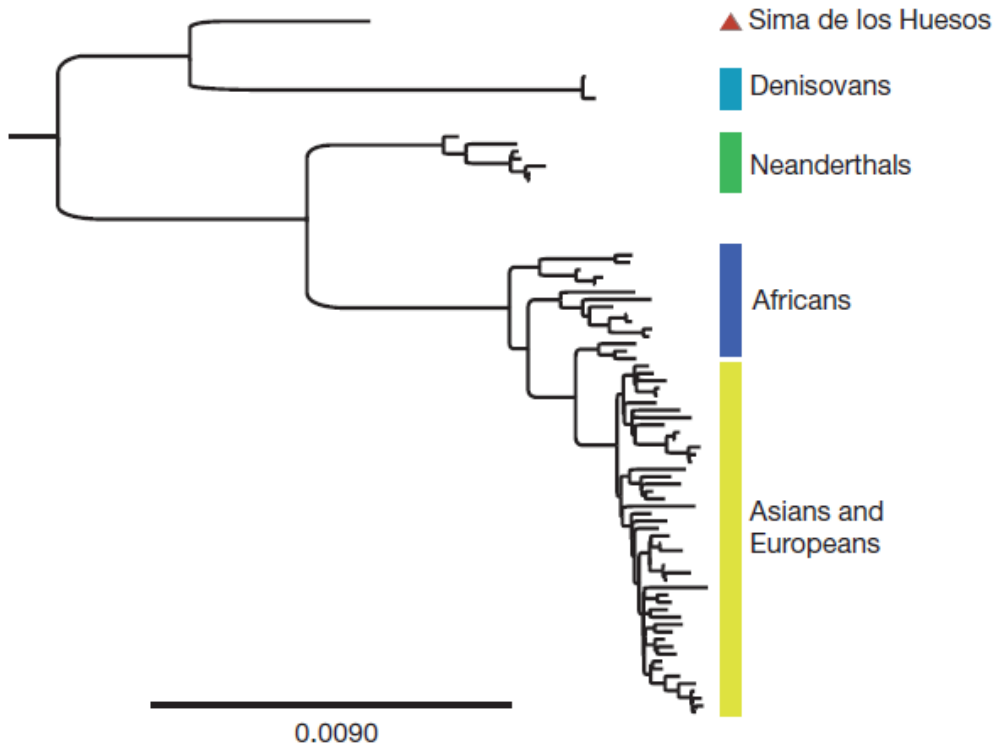


Figure 1 | Location of the Middle Pleistocene site of Sima de los Huesos (yellow) as well as Late Pleistocene sites that have yielded Neanderthal DNA (red) and Denisovan DNA (blue).

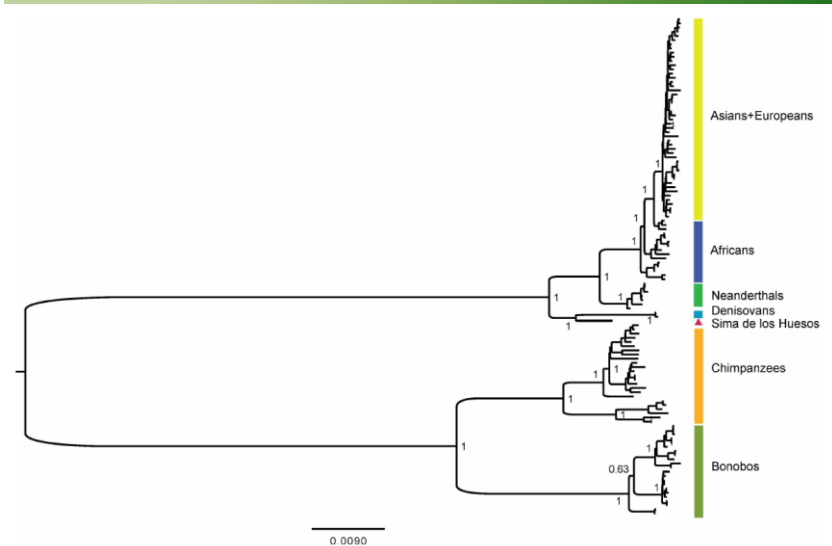


Figure 2 | Femur XIII reassembled from three parts after sampling. The natural fractures are visible in the proximal third of the femur.

# Analýza mt-DNA ze středního paleolitu Sima de los Huesos



**Figure 4 | Bayesian phylogenetic tree of hominin mitochondrial relationships based on the Sima de los Huesos mtDNA sequence determined using the inclusive filtering criteria. All nodes connecting the denoted hominin groups are supported with posterior probability of 1. The tree was rooted using chimpanzee and bonobo mtDNA genomes. The scale bar denotes substitutions per site.**



Extended Data Figure 6 | Complete view of the mid-point rooted phylogenetic tree constructed with a Bayesian approach under a GTR + I +  $\Gamma$  model of sequence evolution using the Sima de los Huesos

consensus sequence generated with inclusive filters as well as 54 present-day humans, 9 ancient humans, 7 Neanderthals, 2 Denisovans, 22 bonobos and 24 chimpanzees. The posterior probabilities are provided for the major nodes.





# Genetické mechanismy variability a adaptability 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.

# 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.

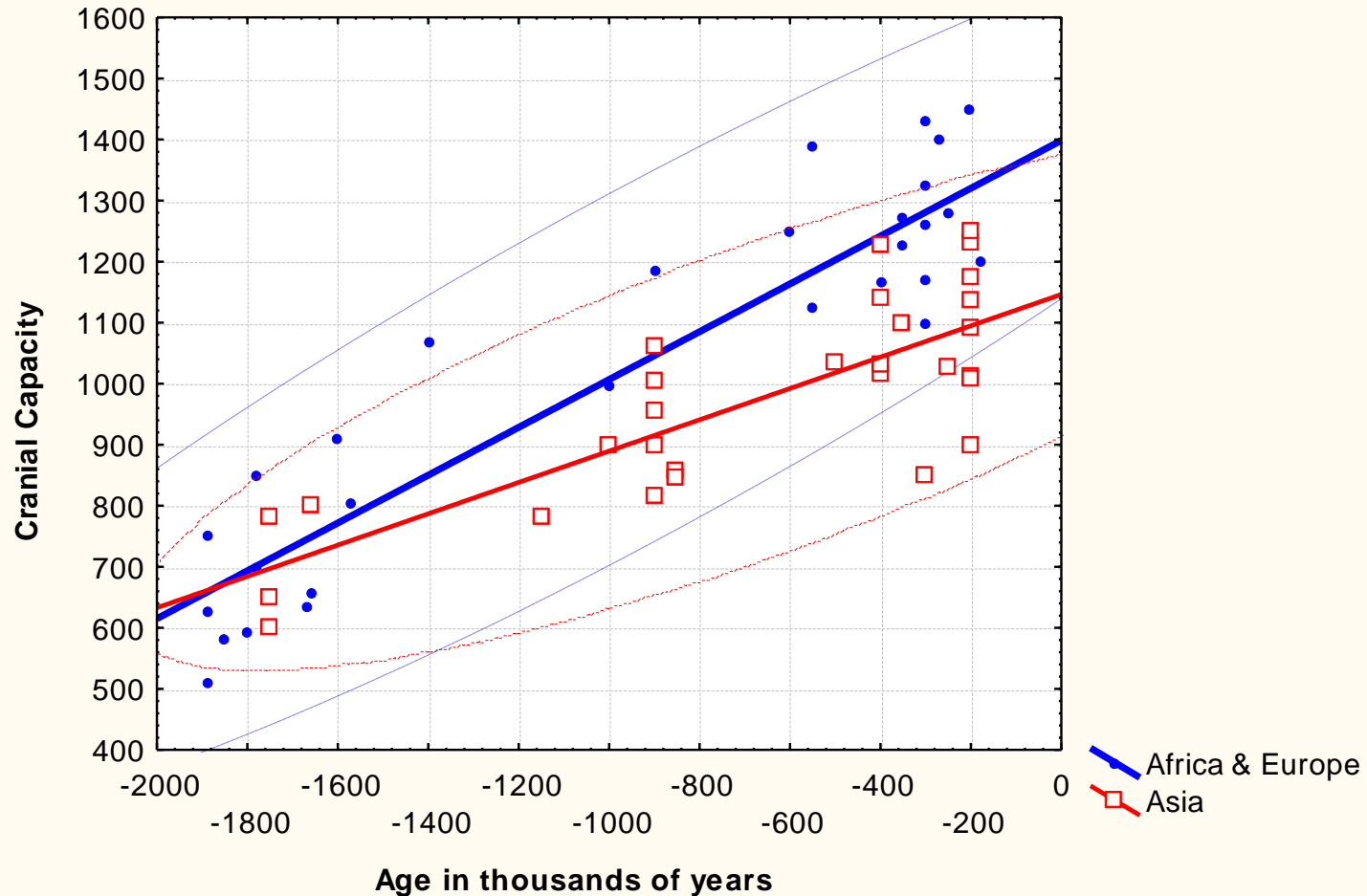


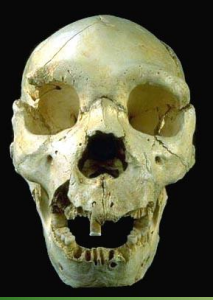
# Regionální trendy v evoluci velikosti mozku rodu *Homo*

## Evolution of Brain Size in genus *Homo*

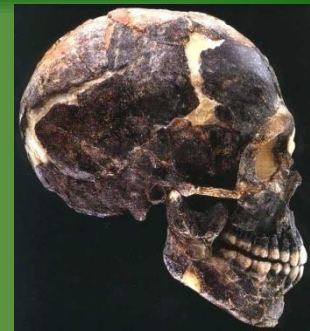
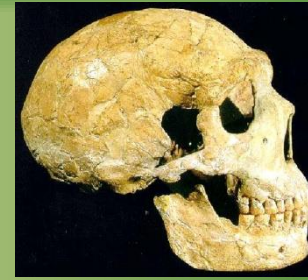
$$\text{Africa and Europe: } CC = 1398,4968 + 0,3917 * x$$

$$\text{Asia: } CC = 1146,2474 + 0,2566 * x$$



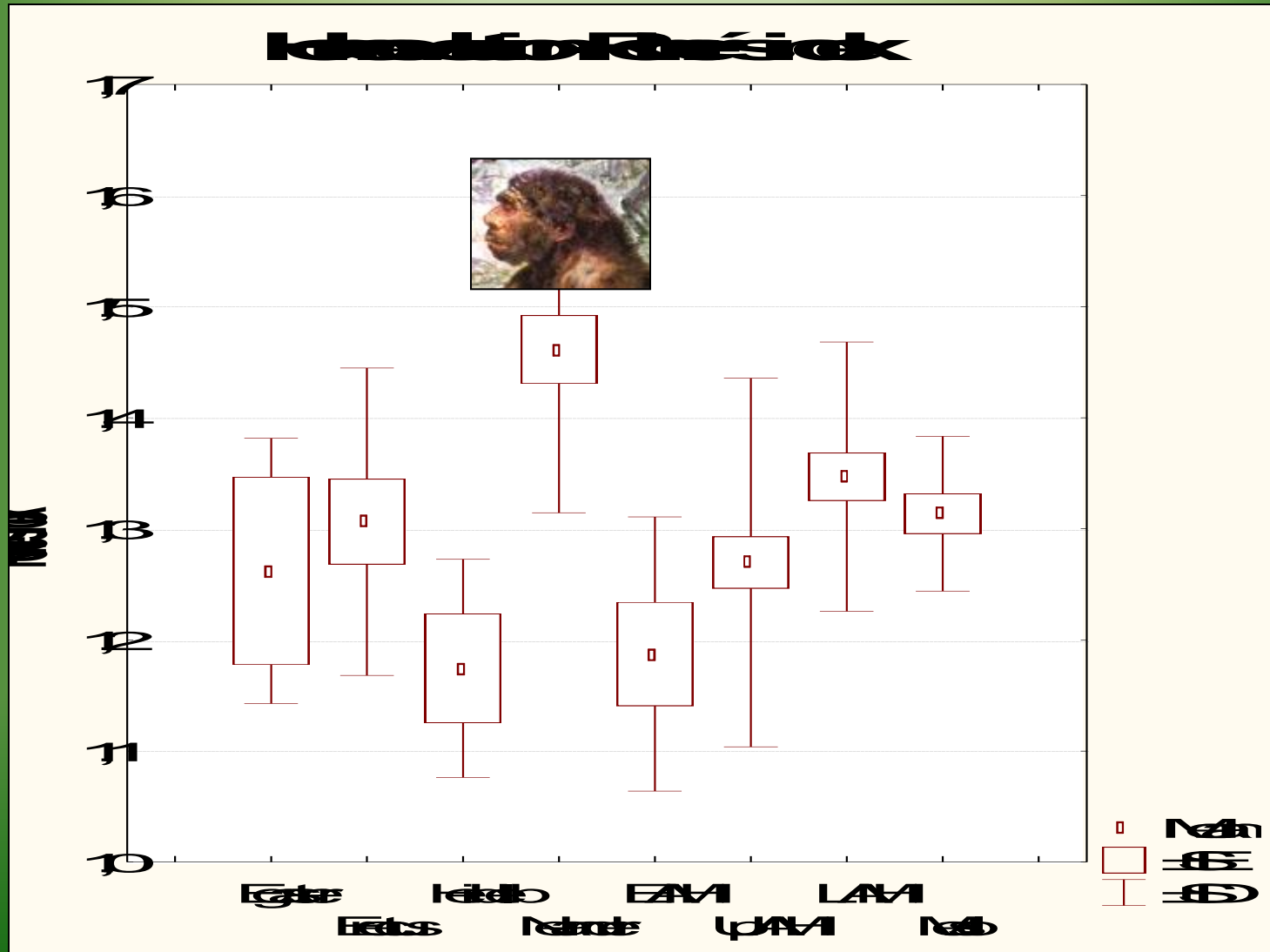


# Geny a lidská evoluce



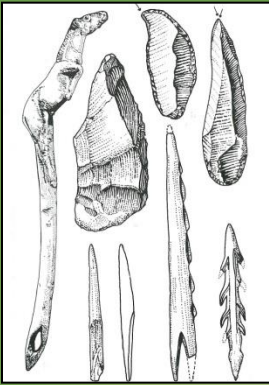
- Při vzniku prvních pokročilých lidských forem, *Homo heidelbergensis*, se uplatňovaly jak geny ovlivňující růst skeletu (HOX) tak růstu mozku (microcephaliny) a příslušné faktory regulační.
  - To se projevilo jak při přestavbě kostry, růstu mozku a i při rozvoji výroby nástrojů a komunikace.
  - Vliv microcephalinů se nejvíce projevil 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.

# Evolution of the genus *Homo* – specific body structure of Neandertals

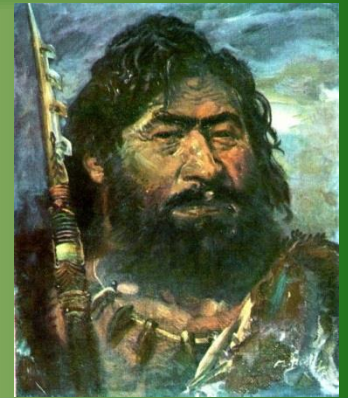
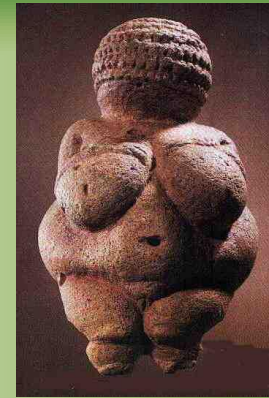








## Geny, regulace a kultura u AMČ



- 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 nejrozličnějším typům prostředí i stresům bez dalších biologických specializací.
- Proto přežíval mnohem úspěšněji než ostatní lidské formy.



# Člověk nebo lidé?

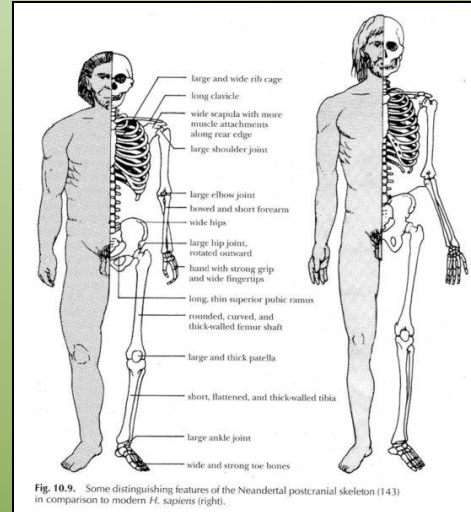
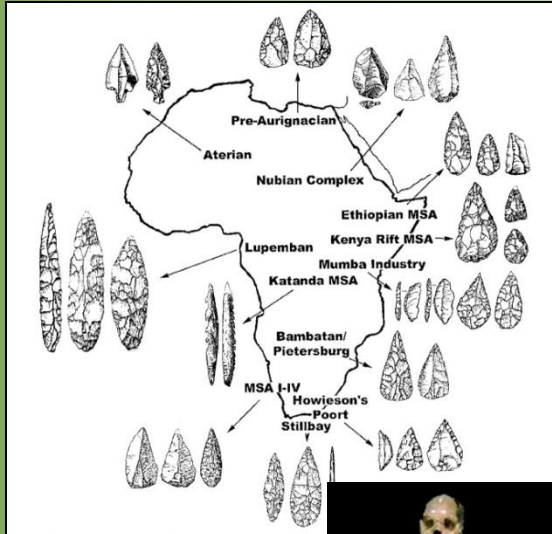


Fig. 10.9. Some distinguishing features of the Neanderthal postcranial skeleton (143) in comparison to modern *H. sapiens* (right).

