

Az emberré válás (viselkedés-)evolúciós története

Tudományos módszerek az ember evolúciójának feltárására

- Rokon emberszabású homológián alapuló összehasonlító vizsgálata
- Humán egyedfejlődés vizsgálata
- Paleontológia leletek
- Összehasonlító antropológia



Tudományos besorolás

ország: Állatok (*Animalia*)

törzs: Gerincesek (*Chordata*)

osztály: Emlősök (*Mammalia*)

rend: Főemlősök (*Primates*)

család: Hominidák (*Hominidae*)

nem: Emberfélék (*Homo*)

Primáták rendje

Félmajmok



pl.: lemurok, makik

Majmok

keskenyorrú
(óvilági)



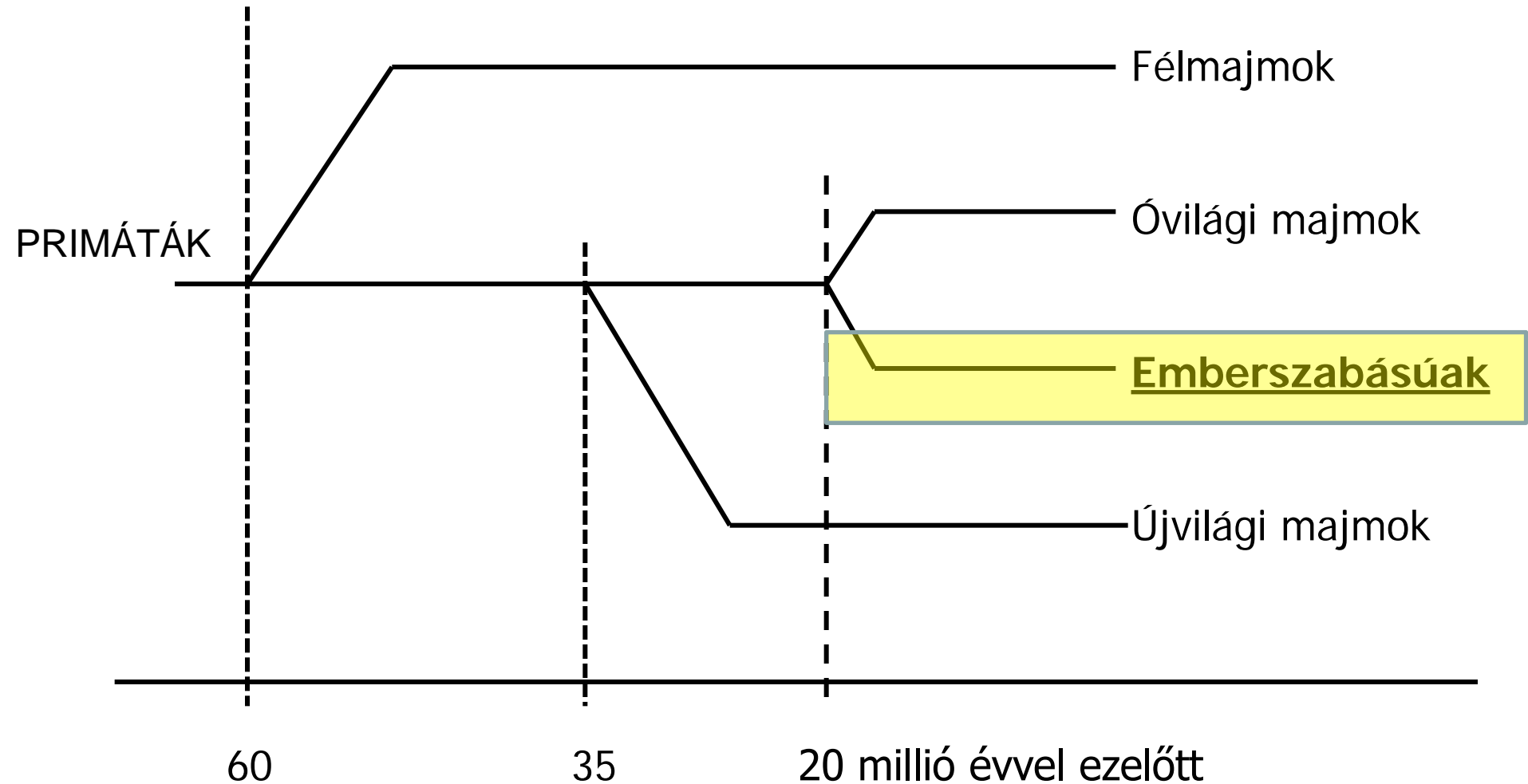
Pl.: cercófok,
gibbonok,
emberszabásúak

szélesorrú
(újvilági)

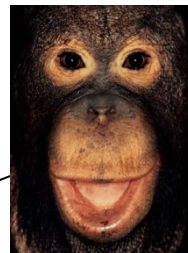


Pl.: csuklyásmajmok,
tamarinok,
karmosmajmok

Az egyes főemlős-csoportok elválásának becsült időpontjai



Emberszabásúak



gibbonok

orangután

gorilla

csimpánz

bonobó

ember

JELEN

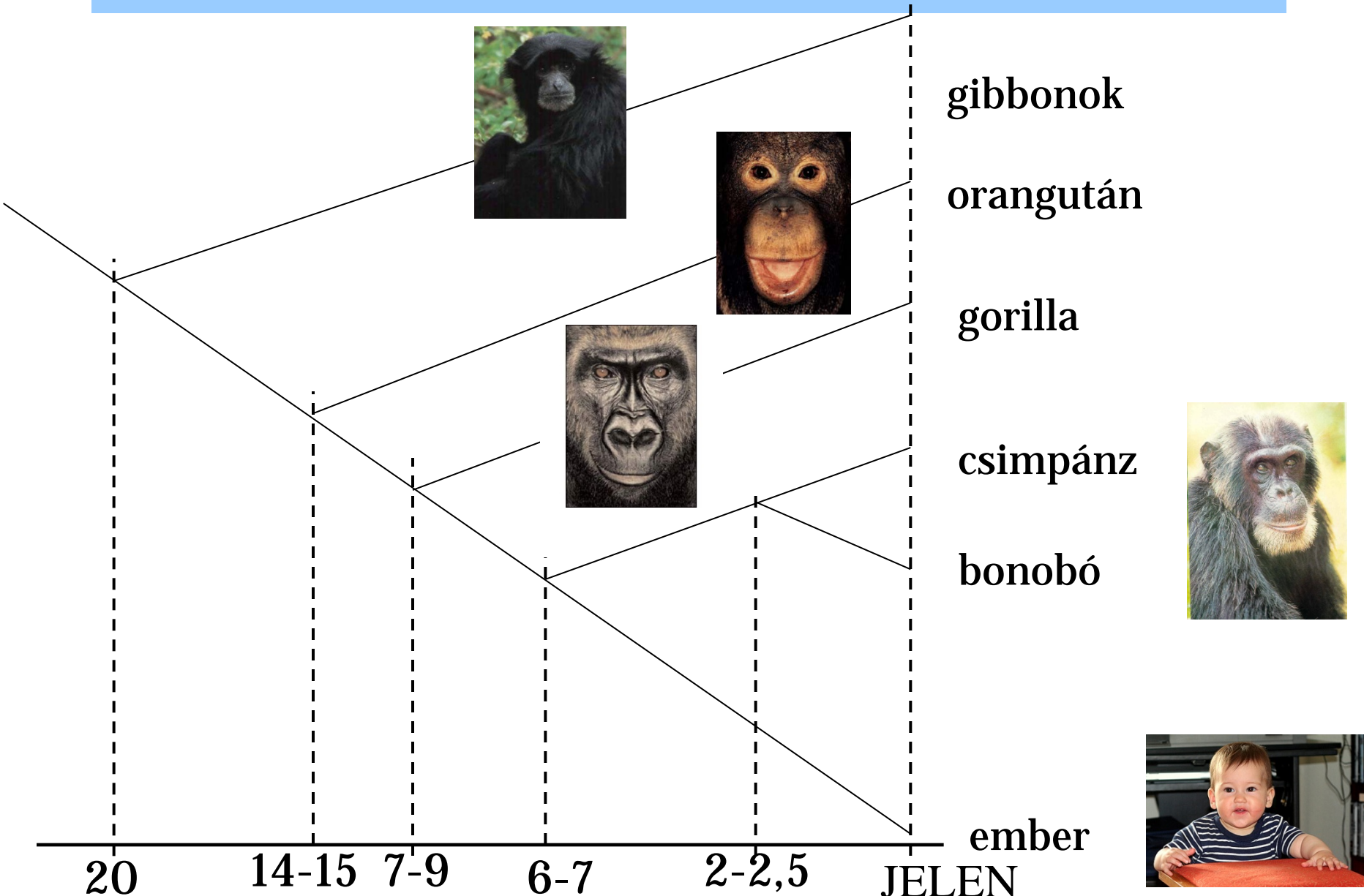
20

14-15

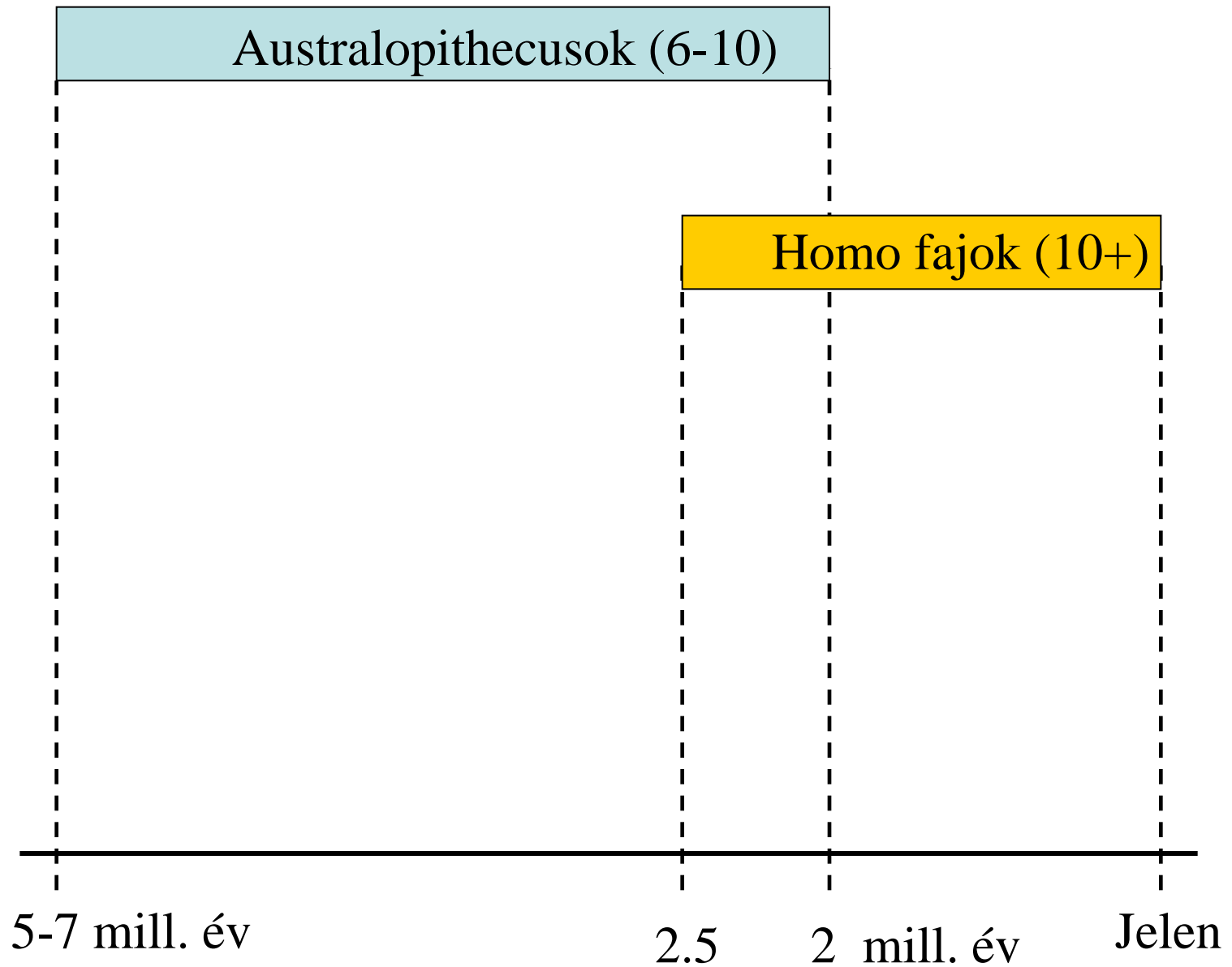
7-9

6-7

2-2,5



A Hominidák családjának evolúciója



Australopithecusok

5-7 mill. év

Australopithecus ramidus (Whie et al. 1994) Étiópia

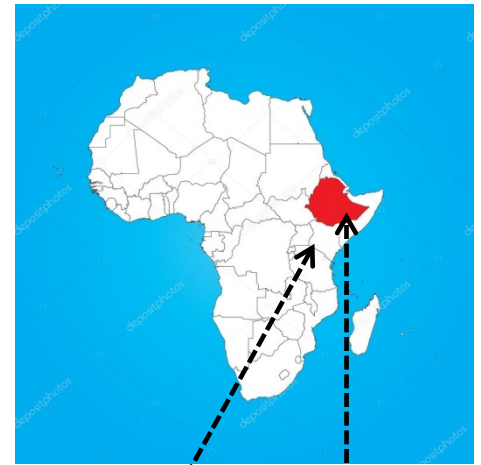
- első ismert faj a pongidáktól (csimpánz) való elválás után
- még csimpánz termetű, de már 2 lábon járt
- erdei életmód

3,9-4,2 mill. év (1995-ben tárták fel)

Australopithecus anamnesis (Kenya)

- nagyobb testméret, változatos környezetben

Mindkét faj a mai emberszabásúakhoz hasonló életmódú





Australopithecusok

2,5-4 mill. év (Johanson, 1981 – Etiópia)

Australopithecus afarensis

Lucy: 3 millió éves, teljes csontozat 40%-a

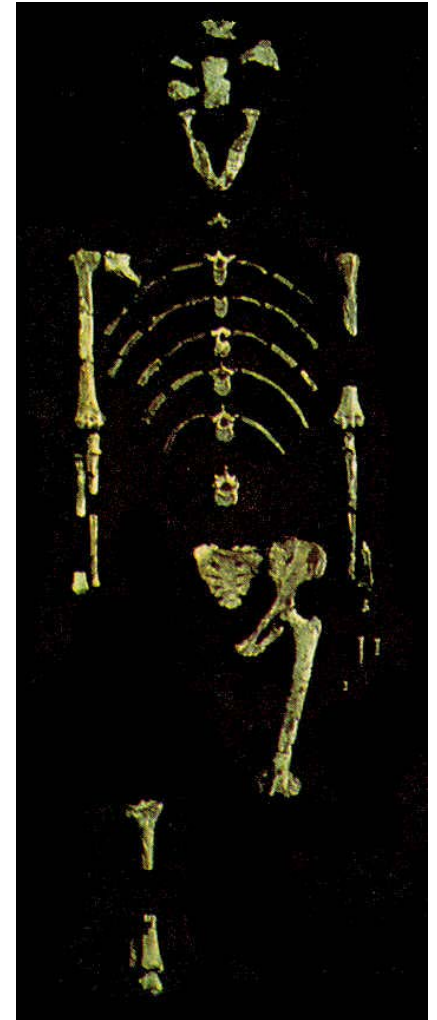
Ivari dimorfizmus:

hímek: 1,5 m, 70 kg

nőstények: 1,1 m, 30 kg

Agytérfogát: 375-500 cm³

Ez a faj az A. africanus és a H. habilis őse



Australopithecusok

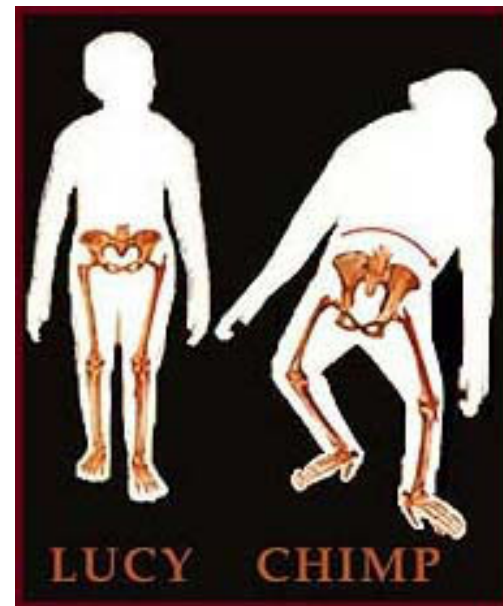
Australopithecus afarensis 3,7 millió éves lábnyomai
Laetolinál a vulkanikus tufában (Leakey, 1979)



Ancient Walkway
Laetoli **Tanzania**

két lábon járás

előremutató nagylábujjak



Australopithecusok

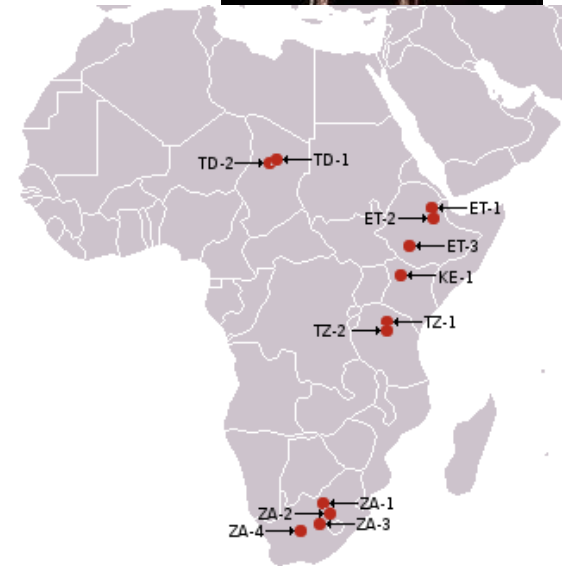
3-2,5 mill. év

Australopithecus africanus (ez az utolsó közös pont a homo fajokkal!)

Csak dél-afrikai leletek (Turkana-i fiú)

Két lábon járás és fákon közlekedés

Még erős ivari dimorfizmus, kisebb szemfog, magasabb homlok, Agytérfogat: $\sim 450 \text{ cm}^3$





Australopithecusok

A „zsákutca” fajai



Australopithecus robustus

1-2 millió évesek,

D-, K-Afrikából, Vegyes táplálkozás

Nagy ivari dimorfizmus: 40-80 kg

Tarajos koponyatető

Agytérfogát: ~510 cm³



Australopithecus boisei

2,6-1,2 millió évesek,

Olduwani-szurdok, K-Afrika

Még nagyobbak

Agytérfogát: ~500-550 cm³

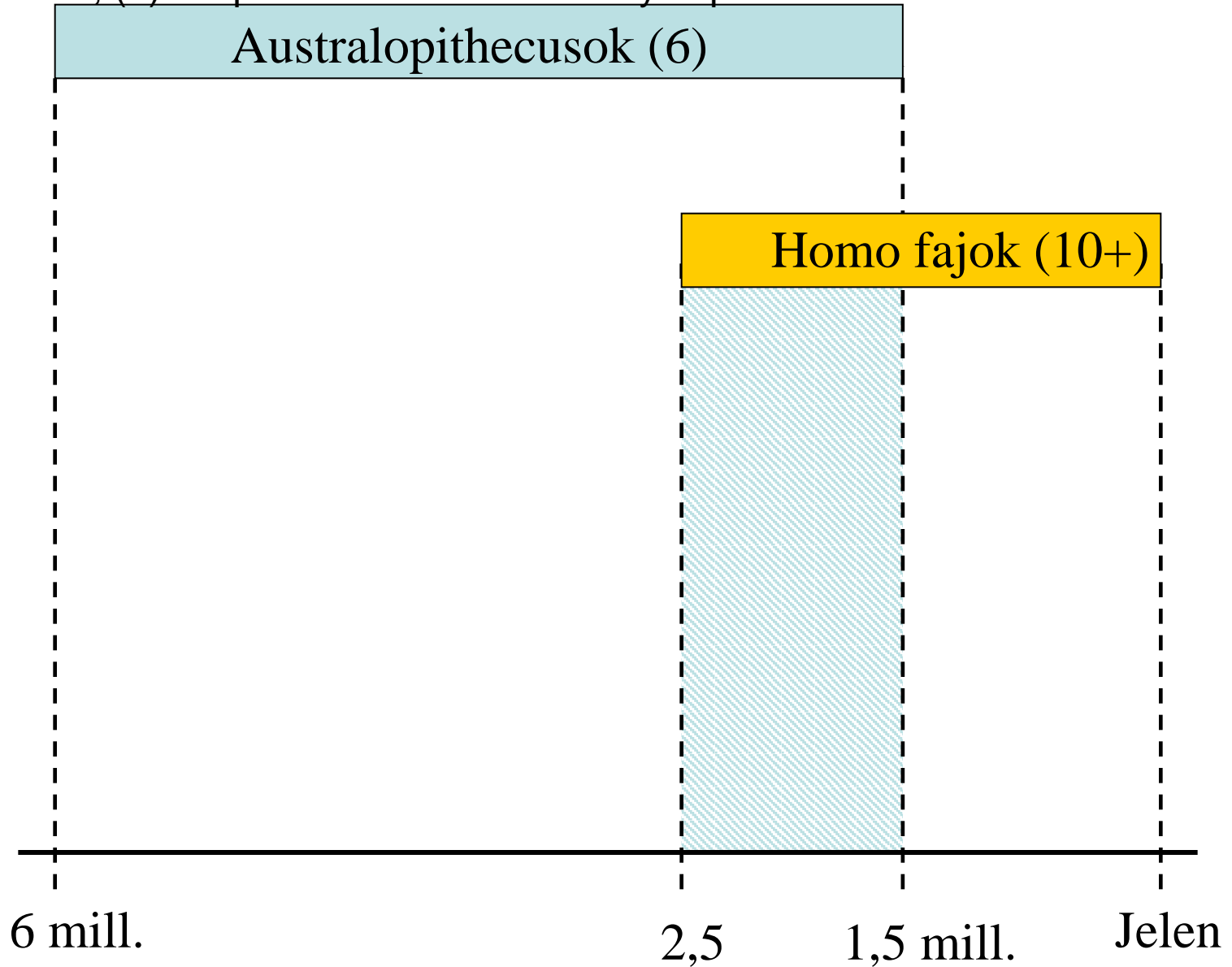
Specializált őrlő fogak

Hatalmas állkapocs

Kihalt gorillaszerű oldalágak



Kihalás lehetséges okai: (1) páviánok kiszorították, (2) Homo fajok levadászták, (3) túl specializálódtak a növényi táplálkozásban



Külön fajként azonosított Homo fosszíliák

species	mikor (millió év)	hol	felnőtt magasság (m)	Felnőtt testsúly (kg)	agytérfogat (cm ³)	Fosszilis leletek	Első felfedezés
<i>H. habilis</i>	2.5–1.5	Afrika	1.0–1.5	30–55	600	Sok	1960/1964
<i>H. rudolfensis</i>	1.9	Kenya				1 koponya	1972/1986
<i>H. georgicus</i>	1.8–1.6	Grúzia			600	Kevés	1999/2002
<i>H. ergaster</i>	1.9–1.25	K- és D-Afrika	1.9		700–850	Sok	1975
<i>H. erectus</i>	2 (1.25)–0.3	Afrika, Eurázsia (Jáva, Kína)	1.8	60	900–1100	Sok	1891/1892
<i>H. cepranensis</i>	0.8?	Olaszo.				1 koponyatető	1994/2003
<i>H. antecessor</i>	0.8–0.35	Spanyolo., Anglia	1.75	90	1000	3 helyszín	1997
<i>H. heidelbergensis</i>	0.6–0.25	Európa, Afrika, Kína	1.8	60	1100–1400	Sok	1908
<i>H. neanderthalensis</i>	0.23–0.03	Európa, Ny-Ázsia	1.6	55–70	1200–1700	Sok	(1829)/1864
<i>H. rhodesiensis</i>	0.3–0.12	Zambia			1300	Nagyon kevés	1921
<i>H. sapiens</i>	0.25–	Egész Földön	1.4–1.9	55–80	1000–1850		—/1758
<i>H. sapiens idaltu</i>	0.16	Etiópia			1450	3 koponya	1997/2003
<i>H. floresiensis</i>	0.10–0.012	Indonézia	1.0	25	400	7 egyed	2003/2004



Homo habilis

(2,5-1,5 mill.)



- Oldowani-szurdok, Tanzánia (Mary & Richard Leakey, 1960)
- Agytérfogat: 650-800 cm³
- Kisebb fogak: vegyes táplálkozás
- Ivari dimorfizmus: 30-50 kg
- Neocortex jelentős fejlődése, -Broca-központ? (bal temporalis I.)

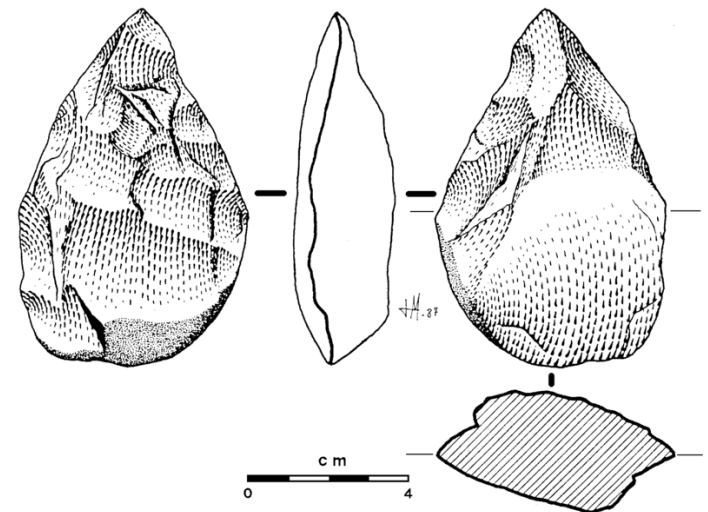
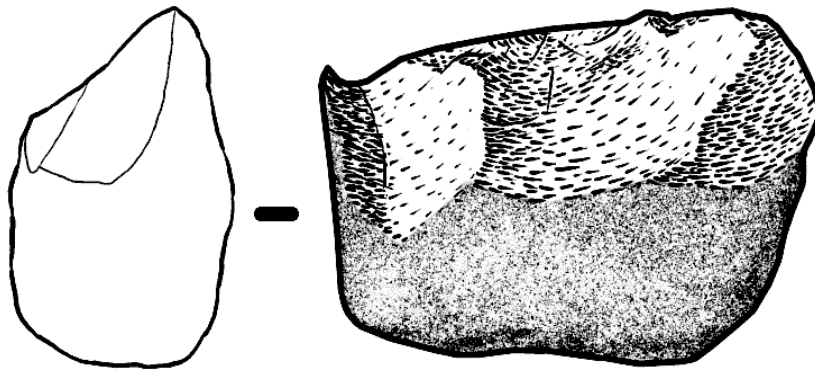


Homo habilis

(2,5-1,5 mill. év)

Oldowani ipar

- rengeteg durván megmunkált, pattintott kőeszközök
- fa, csontok megmunkálására, állatok feldolgozása
- Eszközök szállítása?
- legrégebbi eszközök: 2,5 millió évesek





386



387

- 60-70 fős csoport
- Koooperatív vadászat? (vs. dögevés)
- Fokozott utódgondozás
- Nemek között munkamegosztás

„Paleo-etológia”: *H. habilis*

A két lábujjárás lehetővé tette nagy terület bejárását

Szabad kézhasználat:

Első eszközhasználatra utaló maradvány

3 m éves hasított kavics (Etiópia), többszörös hasítások

Magkövek és szilánkok

Csimpánzok eszközhasználata egyszerűbb

2.5 m “olduvai ipar”

a tényleges tárgyhasználat bonyolultabb lehetett

Változik a csoportszerkezet:

szexuális dimorfizmus csökken

csökken a csoporton belüli agresszió

csökken a szexuális kompetíció

növekedett a hím-nőstény kapcsolat szerepe

erősödik a csoportok összetartása

„Paleo-etológia”: *H. habilis*

Táplálkozás:

Valószínűsíthető a dögevés, majd a vadászat
elszállították a döögöt vagy prédát közös feldolgozásra

Csimpánzok is vadásznak, dögevők

Nemek közötti munkamegosztás

Együtműködés fokozatos növekedése

Szállított kőeszközök - tervezés, megfelelő motiváció

növekvő csoport (60-70 egyed): fokozottabb utódgondozás

Homo erectus

(2-0,3 mill. év)

Első leletek (1891) Ázsiából: *Pithecanthropus erectus*, *Sinanthropus pekinensis*

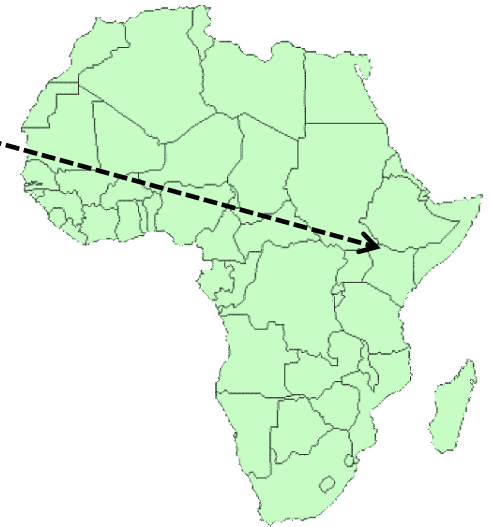
Legtöbb lelet: Turkana-tó (Richard Leakey)

Migráció: 2-1,8 millió éve

Afrikai leletek: 1,8 millió-100.000 évesek

Ázsiai leletek: 1,3 millió -200.000 évesek

Európaiak: 500.000 évestől

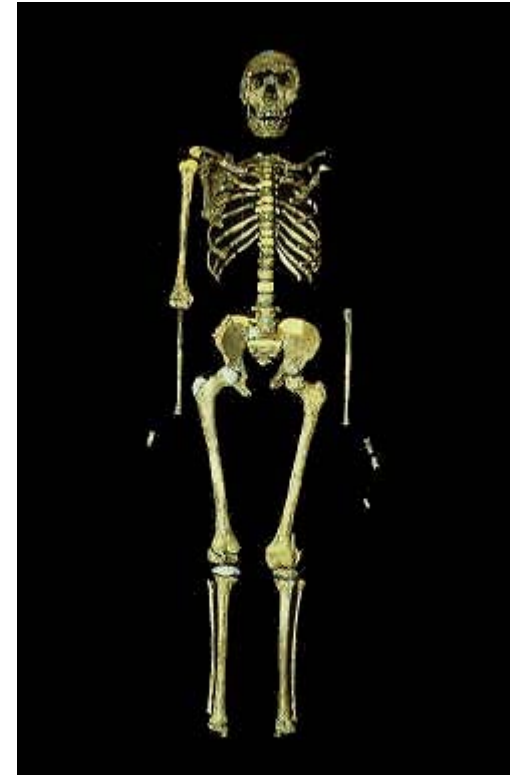


Homo erectus

Leghosszabb ideig fennmaradt (1,7m év) és földrajzilag legelterjedtebb faj (sapienst kivéve)

Agytérfogat: 770-1225 cm³

Combcsony-medence komplexum még nem sapiensszerű



Viszonylag fejlett rágóizmok, tapadási helyek

Koponyacsont vastagabb, mint a habilisé: húsevés elterjedése?

(Kannibalizmus? Vadászat? Dögevés?)

„Paleo-etológia”: *H. erectus*



Finoman megmunkált eszközök (szimmetrikus, konzervatív formák)

Jobbkezesség

Megjelenik a tűzhasználat

Nagyobb csoportok (kb. 100 fő)

Állandó lakóhely: telephely nyomai, bolhák (mai emberszabásúaknak nincs)

Nemek közötti munkamegosztás

Csoportos monogámia rendszerének kialakulása

Eszközkészítés átadása tanítás útján (konzervatív formák)

Korlátok: Nincs formai és funkcionális fejlődés az eszközkészítésben,
Nincs kultúra (a szó mai értelmében véve)!

Homo heidelbergensis (600-250 e. év)



Archaikus Homo sapiens alfaj

Európában a H. neanderthalensis
közvetlen őse

Afrikában pedig a H. sapiens sapiens
őse

Agytérfogat: 1100-1400 cm³

Az első kultúra-teremtő faj!
(temetkezés első jelei)

Nincs állcsúcs

Koponya magasabb, erősebb, mint a
későbbi H. sapiensé





Homo neanderthalensis

(230-30 e. év)

- Első lelet: 1856, düsseldorfi mészkőbánya
- Orr relatíve nagy
- Szemöldökeresz erőteljes, arc előreugró
- Állcsúcs nincs
- Végtagok hosszúak
- Agytérfogat: 1000-1700 cm³
- Adaptáció a hideg éghajlathoz: testarányaik hasonlóak a mai lappokéhoz és az eszkimókéhoz



Homo neanderthalensis (230-30 e. év)

- sokféle anyag: kő, csont, szaru, kagyló eszközök
- sokféle eszköz, változatos formák
- temetkezés nyomai,
- gyógyítás (betegellátás, sebkezelés - forradások, fertőzésmentes hegek)

Szakóca



kaparók

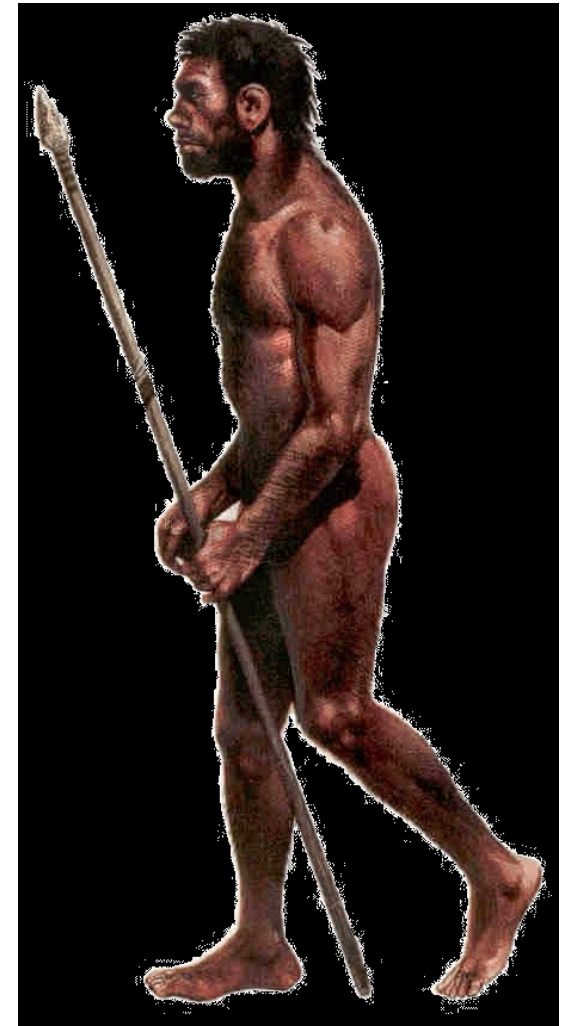


dárda

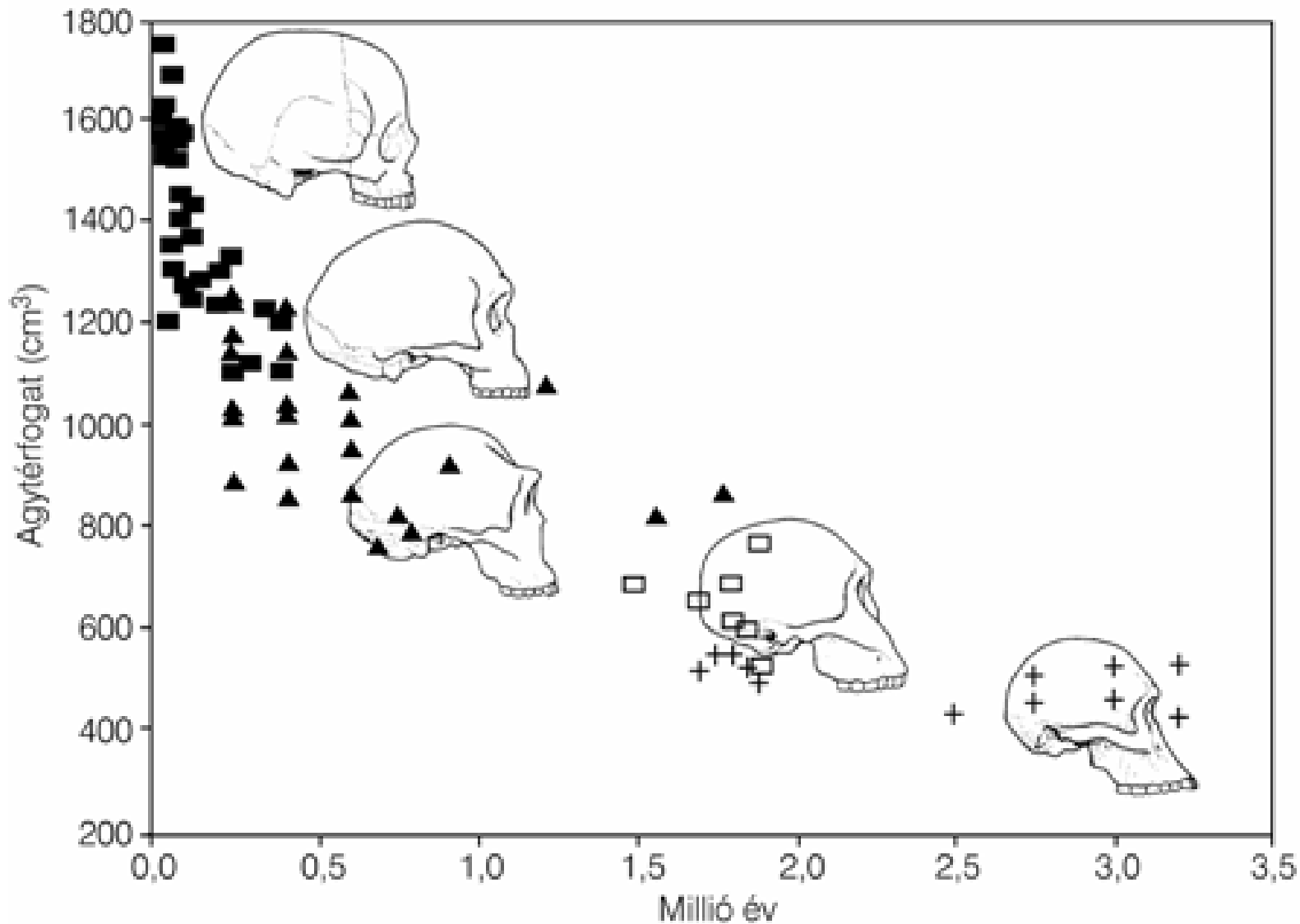


Homo sapiens sapiens (250 e. év-)

- Afrikában alakult ki, Európába 43.500 éve érkezett
- Agytérfogata: 1250-1350 cm³
- Agykoponya: rövid, magas
- Állcsúcs megjelenik
- Gracilisabb alkat
- Ivari dimorfizmus tovább csökken



Agytérfogat változásai



■ Archaikus és modern *Homo sapiens*
(a neandervölgyiekkel együtt)

▲ *Homo erectus*

□ *Homo habilis*

□ *Homo rudolfensis*

+ Australopithecusok

Árulkodó anatómiai bélyegek:

Öreglyuk a koponyaalapon - felegyenesedett testtartás

A koponya görbülete - úrtartalom

A koponya belső mintázata – barázdáltság, beszédközpont fejlettsége.

Fog - táplálkozás, kor, nem, testméret.

Állcsúcs - beszédkésztség.

Az emberi nyelv kialakulásának feltételei

I. Anatómiai feltételek (nyelv mint motorikus teljesítmény)

Emberszabásúak: hangképző rendszerük más (gége magasabban, kisebb a garat és az orrüreg)

II. Kognitív feltételek

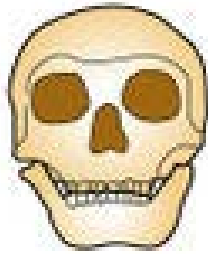
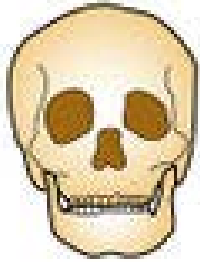
-Konstrukciós képesség (tárgy-, szabály-, idea- nyelvi-

-Rekonstrukciós képesség (elemekre bontás, új egész létrehozás, 2. 3.lagos reprezentációk – absztrakció

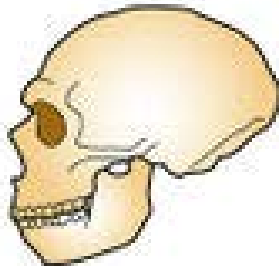
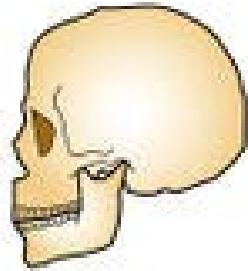
-III. Ökológiai feltételek

‘Kommunikációs kényszer’ (zárt csoportok, közös agyi model)

H. sapiens és *H. neanderthalensis* koponya összehasonlítása



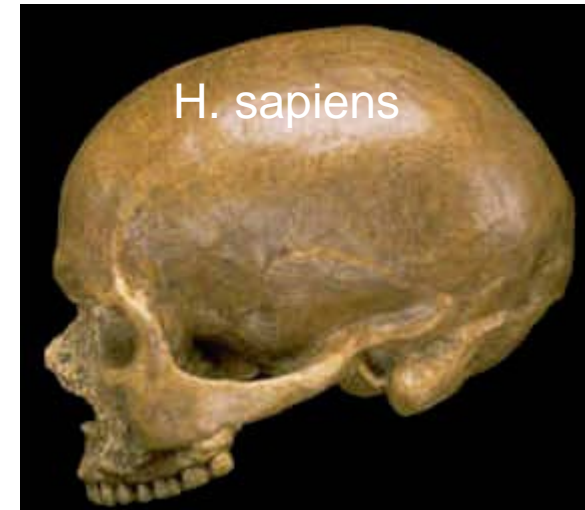
H. neanderthalensis
szélesebb,



hosszabb



alacsonyabb



H. sapiens



H. neanderthalensis

A nyelvi kommunikáció kialakulásának jelei

Beszédképző szervek megjelenése – koponya és gerinc változásai alapján

– **Homo habilis**

Broca terület, féltekei asszimetria, jobbkezesség, homlok és halántéklebeny fejlettsége: asszociációs pályák – lehetővé teszik a komplex szimbolikus reprezentációk kialakulását.

– **Homo sapiens**

gerincvelő thorakális szakaszának megnagyobbodása (légzést vezérlő idegek),

hypoglosszális csatorna erőteljes megnövekedése – nyelv beidegzése

koponyaalap görbülete: hely a gégefőnek

hyoid csont: nyelvet és gégefőt összekötő csont –hangképzés

Beszédképzés anatómiai feltételeinek kialakulása az effektív táplálkozás rovására!

Homo sapiens

Eszközhasználat jellemzői:

”Lavallois-i technika” (kész termék lepattintása)
tervezés
összetett tárgyak (pl. dárda)
felgyorsult kulturális evolúció (50-70.000 éve)
ékszerek
szimbolikus tárgyak
rituálék (vallások)



Csoportméretek (Foley nyomán):

afarensis 20

habilinek 60-70

erectusok 100

sapiens 150 kb. 40.000 csoport egyidőben

130 e éve sub Sahara: 7500 km² /csoport

A sapiensek fokozatosan kiszorítják vagy helyettesítik az erectineket

• Kooperatív vadászat



Barlangrajzok

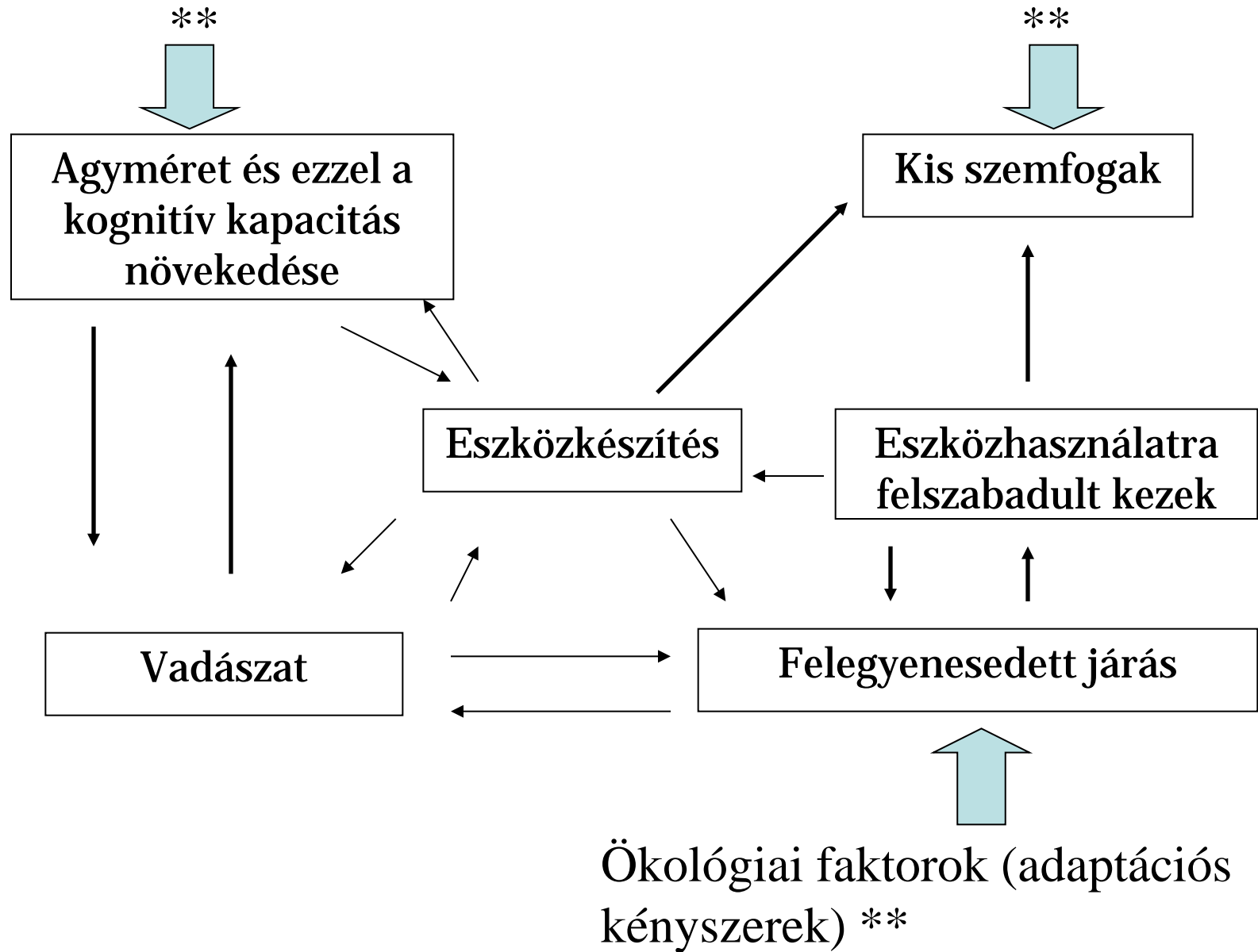


Cave painting, Lascaux, France, 15,000 to 10,000 B.C.

Hiányzó & valaha élt fajok számának becslése
(egy faj átlagos életideje 1 millió év)

	Főemlősök	Ember- szabásúak	Ember- félék
<i>Ma élő fajok száma</i>	183	12	1
<i>Leletekből ismert fajok száma</i>	250	46	10
<i>Valaha élt fajok becsült száma</i>	6000	180	16

Kölcsönhatási kapcsolatok a Homo evolúció során



Változások kapcsolatai

Testalkat nem alkalmas az
önálló vadászatra



Csoportosan vadásztak



Csökken a kompetíció



Hím-nőstény preferencia
párosodási időszakon kívül is



Monogám csoport

Éghajlat szárazabb



Nagyobb területet kellett
bejárni



Nagy csoportméret
hatékonyabb a
táplálékkeresésben



Fejlett szociális intelligencia

A *Homo* evolúció során végbement „agyasodás” elméletei

Fialkowski (1978) hőstressz: futás - felmelegedés –neuronpusztulás
- növekvő neuronszám

Falk (1990) radiátor teória: felegyenesedés - speciális hűtővénák -
agynövekedés

Washburn (1960) ciklikus elmélet: felegyenesedés - szabad kezek –
vadászat - agynövekedés

Calvin (1982) hajításelmélet: kődobálás – célzás – szekvencia
feldolgozás- agyfejlődés -nyelv

A nyelv erőst izolációs tényező -- csoportszelekció

Y-kromoszomális Ádám (patrilineáris leszármazási águnk hova konvergál?)

16e bp elemzése alapján: 200-300e év (Hammer 1995), 59e év (Thomson et al 2000), 120-200 e év (Poznik et al 2013)

Mitokondriális Éva (matrilineáris leszármazási águnk hova konvergál?) mtDNS: 1% / 1 m.év a mutációs ráta
Brown, 1980: 180 e év (N=21, afrikai eredet igazolása)
Cann et al 1987: 140-200 e év (N=145, egyeténen alapító populáció igazolása)

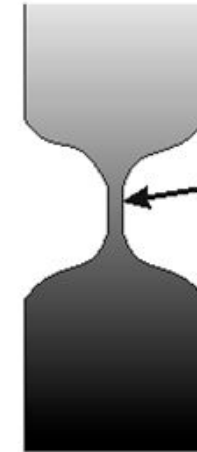
Fu et al 2013: 160 e év (ill. afrikából szétterjedés 95 e éve)

Bottleneck-szerű effektusok az emberré válás során

Genetikai üvegnyak események és alapító hatás

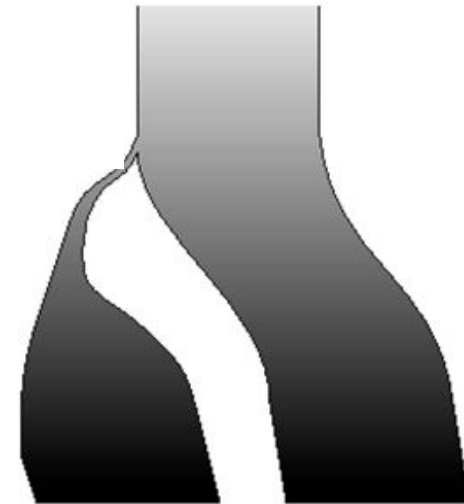
Bottleneck: effektív populáció méret drasztikus csökkenése

GENETIKAI ÜVEGNYAK



Populáció összeomlás

ALAPÍTÓ HATÁS



TIME

Néhány egyed új (reproduktíve izolált) környezetbe kerülve új populációt hoz létre

POPULATION SIZE

Genetikai üvegnyak események és alapító hatás

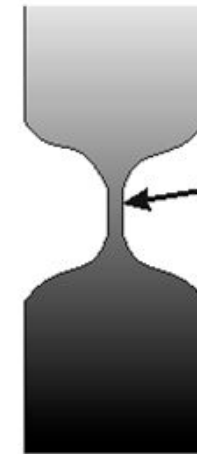
Bottleneck: effektív populáció méret drasztikus csökkenése

Li, & Durbin. 2011. Nature 475:493-497.

- 3 mill. éve: populáció méret 10 ezerre csökkent (habilinek megjelenésének előzménye?)
- 60-90 e éve (mikor utoljára elhagytuk Afrikát) újabb drasztikus bottleneck (de 20-40e évvel ezelőtt-ig nincs genetikai izoláció!)
- (Ok: Toba, 68-74 ezer éve?)
- a laktáz enzim megjelenése (8 e éve) is hatással lehetett az effektív populáció méretére

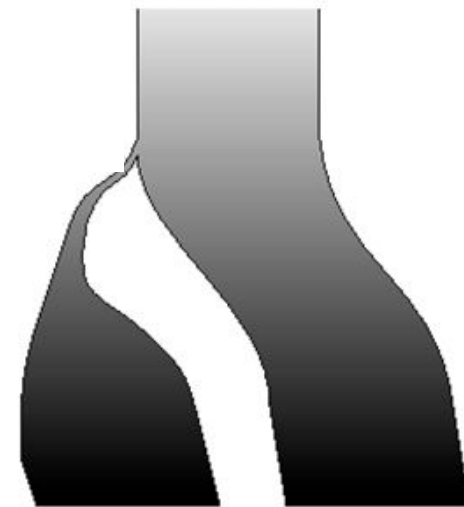
izolált) környezetbe kerülve új populációt hoz létre

GENETIKAI ÜVEGNYAK



Populáció összeomlás

ALAPÍTÓ HATÁS



TIME

POPULATION SIZE

A vízimajom elmélet

prof Alister Hardy: *The New Scientists*, 17 March, 1960

Elaine Morgan: *The Aquatic Ape*, 1982

2,5- 1,4 mill. éve Afrika szárazodásával az első Homo fajok (Habilis) vízközeli életmódra váltottak?

(Sós) vízi életmóddal magyarázható Primátákra nem jellemző bélyegeink:

Csupasz bőr, Izzadás (sóveszteség),

Zsírral szigetelt, Sós könnyek,

Áramvonalas finomszőrzet,

Lefele néző orr, az orrcimpa mozgatható,

Merülési reflex, A kéz bőrlebenyei,

Hosszú haj, Légzésszabályozás,

Vokális kommunikáció, Vízkedvelés, fürdés