

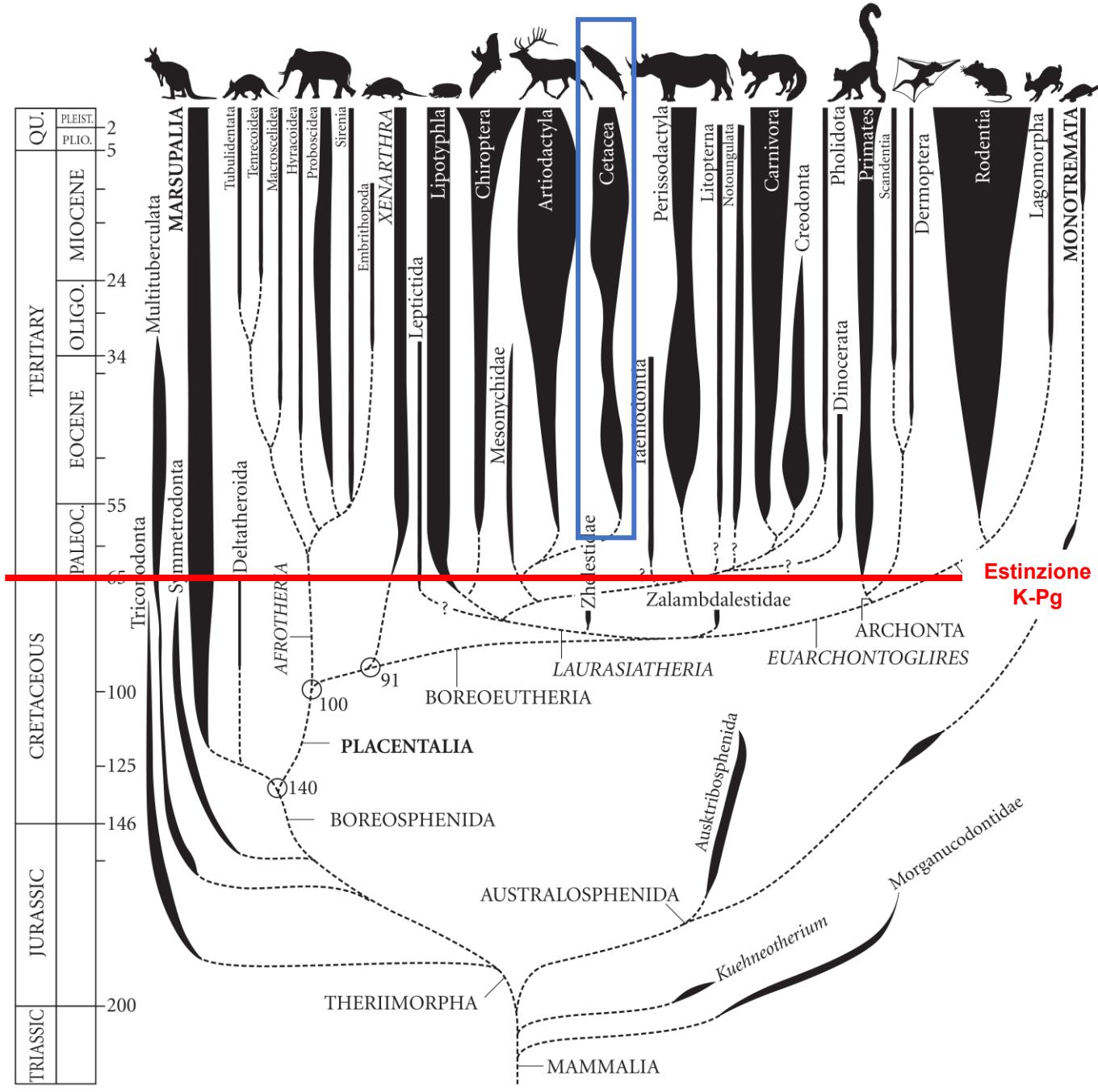


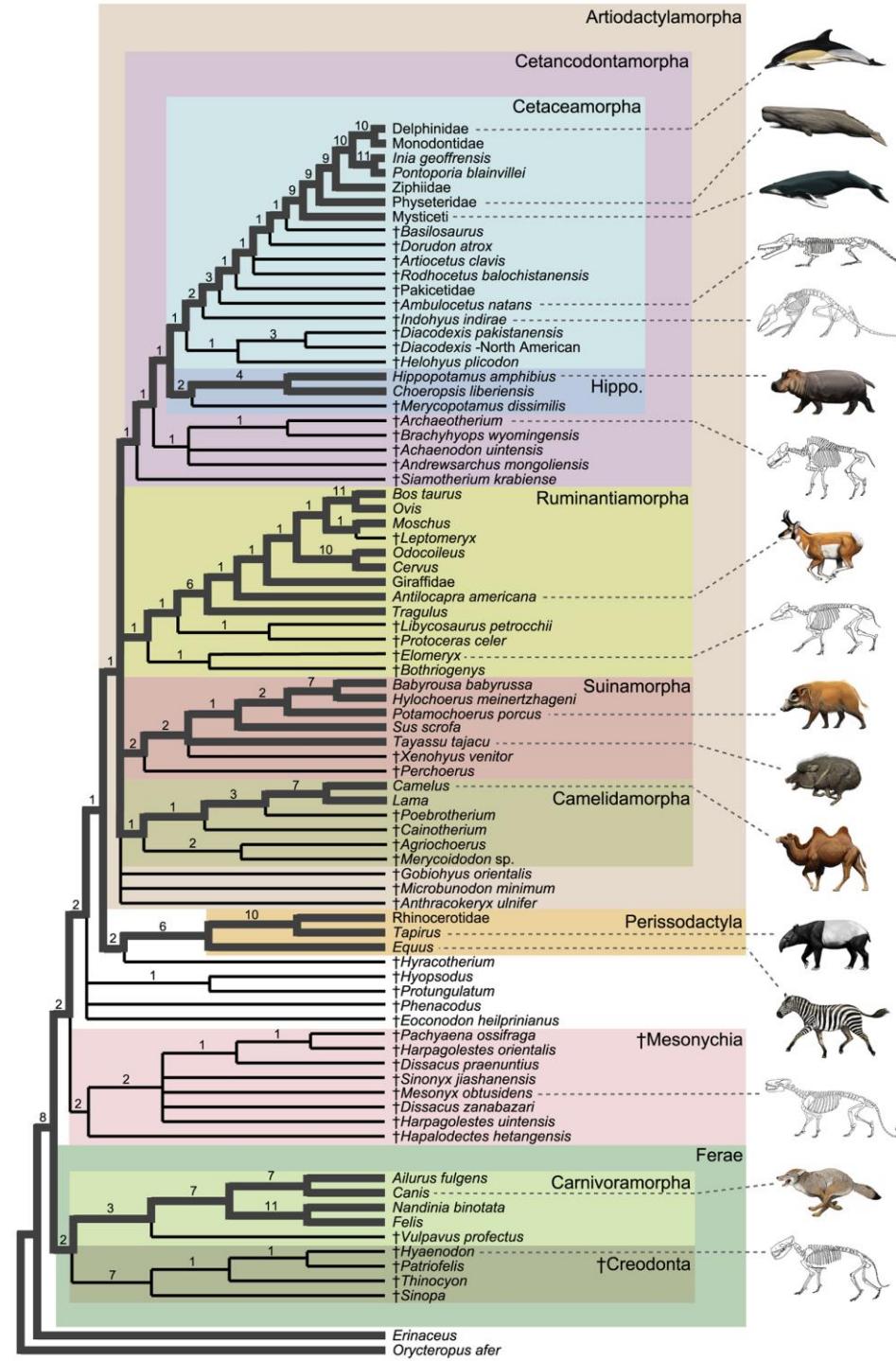
## 6.11.3 Specializzazioni e adattamenti nei mammiferi



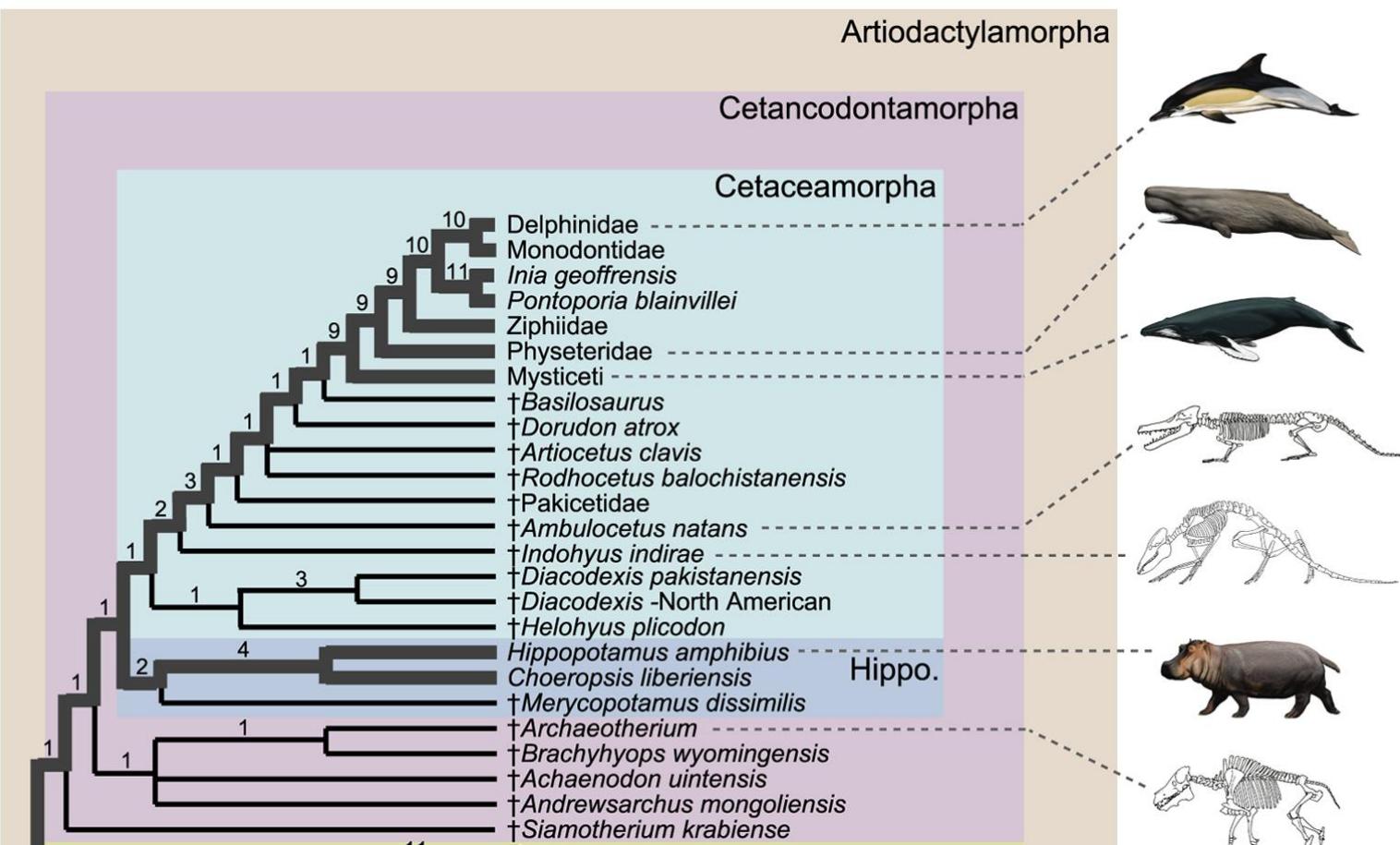
# Origine dei Cetacei

- All'inizio del Cenozoico, i mammiferi si adattarono a diversi ecosistemi rioccupando spesso le nicchie ecologiche lasciate vuote dalle vittime dell'estinzione di fine Cretaceo.
- Tra questi ricordiamo l'evoluzione di un gruppo di placentali terrestri che a partire dall'Eocene Inferiore (~55 Ma) svilupparono adattamenti che li porteranno a conquistare gli ambienti acquatici: **i cetacei**.



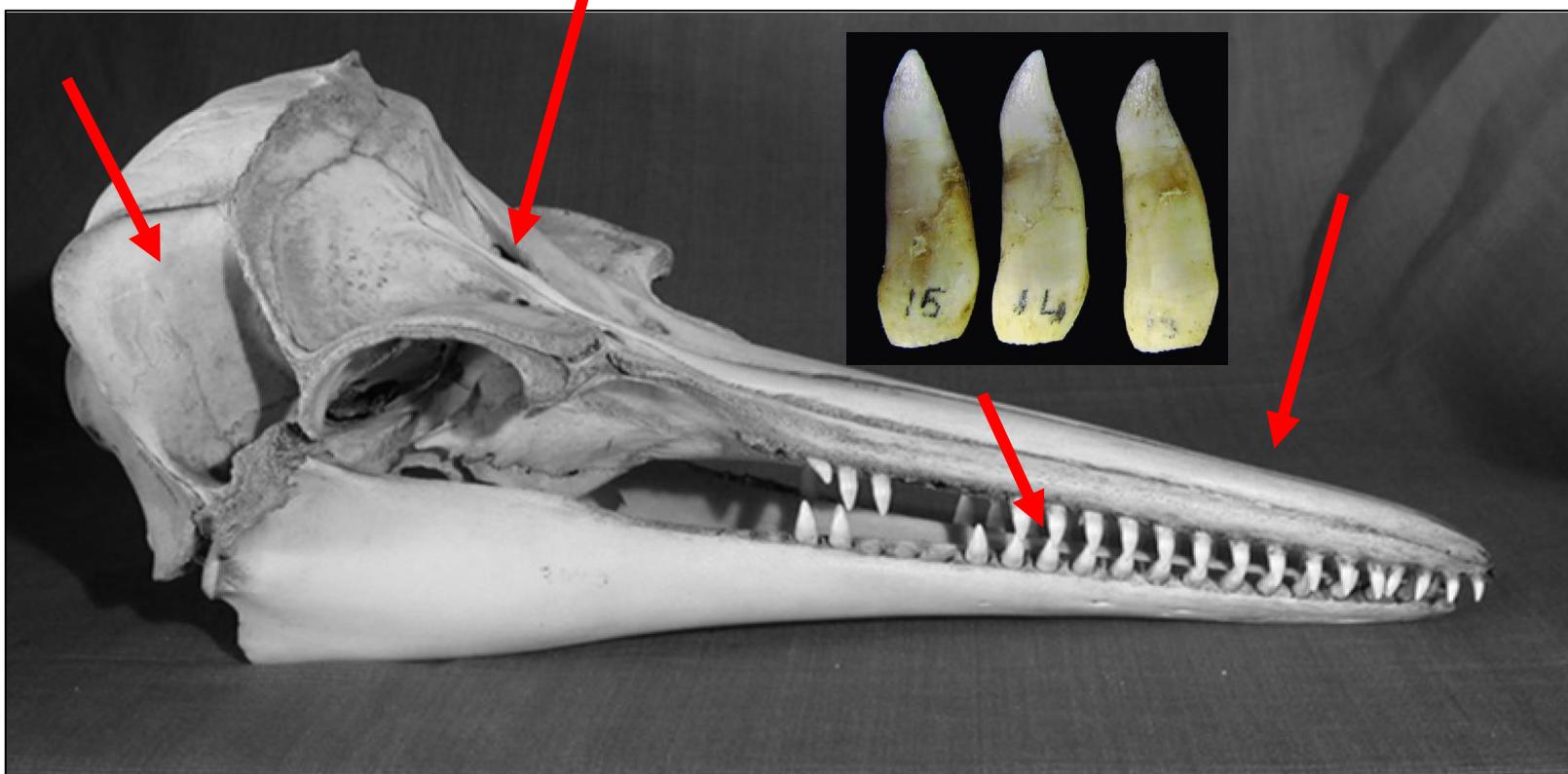


- Fino a poco tempo fa si pensava che i cetacei avessero avuto un antenato comune con gli artiodattili attuali, e quindi cladisticamente sarebbero stati il loro sister-group.
- Sulla base di dati fossili e molecolari, oggi si ritiene invece che i cetacei siano un gruppo molto derivato di artiodattili, molto vicino agli ippopotami, con i quali avrebbero un antenato comune.



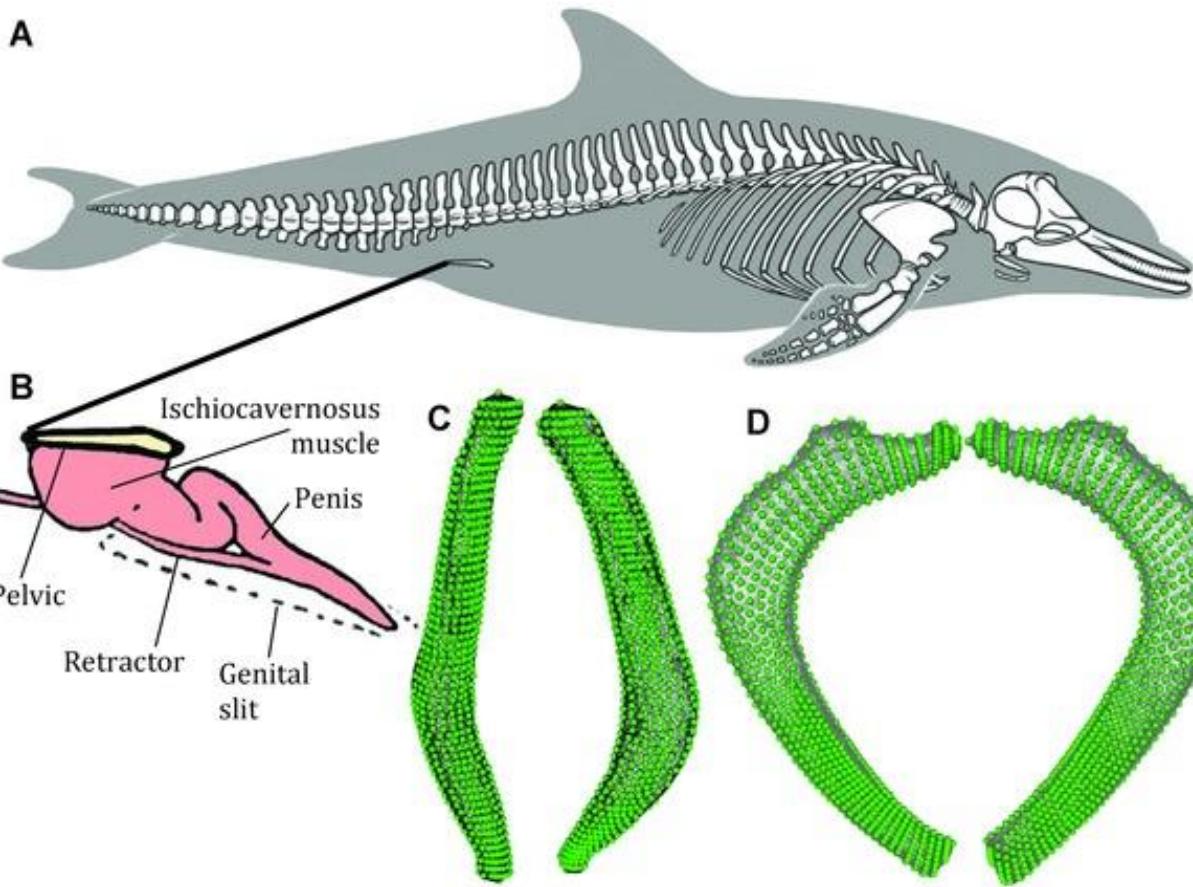
## Adattamenti per il nuoto

1. Rostro lunghissimo, regione postorbitale accorciata, e narici arretrate.
2. Riduzione e perdita di un collo funzionale.
3. Perdita eterodontia e ritorno a denti indifferenziati (odontoceti) o completa perdita dei denti sostituiti da fanoni cheratinici (misticeti) (quest'ultima specializzazione consentirà ai misticeti lo sfruttamento di una nuova nicchia ecologica, principalmente lo zooplankton).



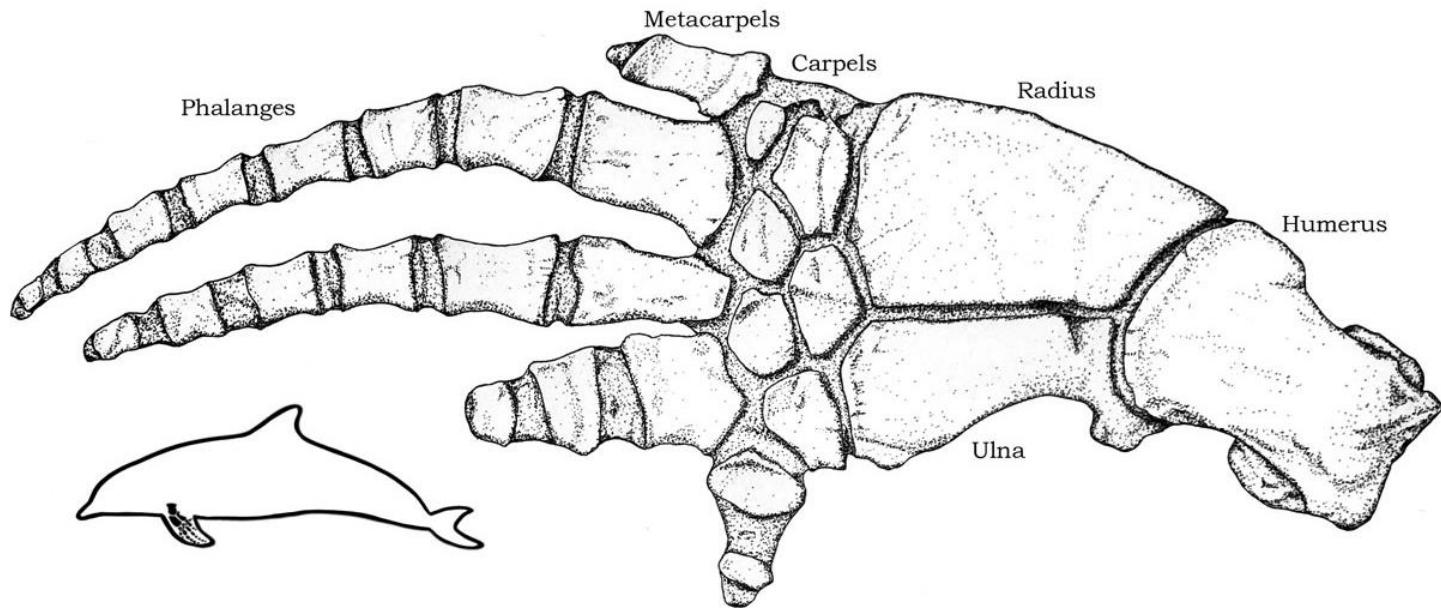
## Adattamenti per il nuoto

4. Accorciamento vertebre, riduzione zigapofisi, allungamento processi trasversi.
5. Distacco del cinto pelvico dalla colonna vertebrale.
6. Atrofizzazione del cinto pelvico e perdita degli arti posteriori.



# Adattamenti per il nuoto

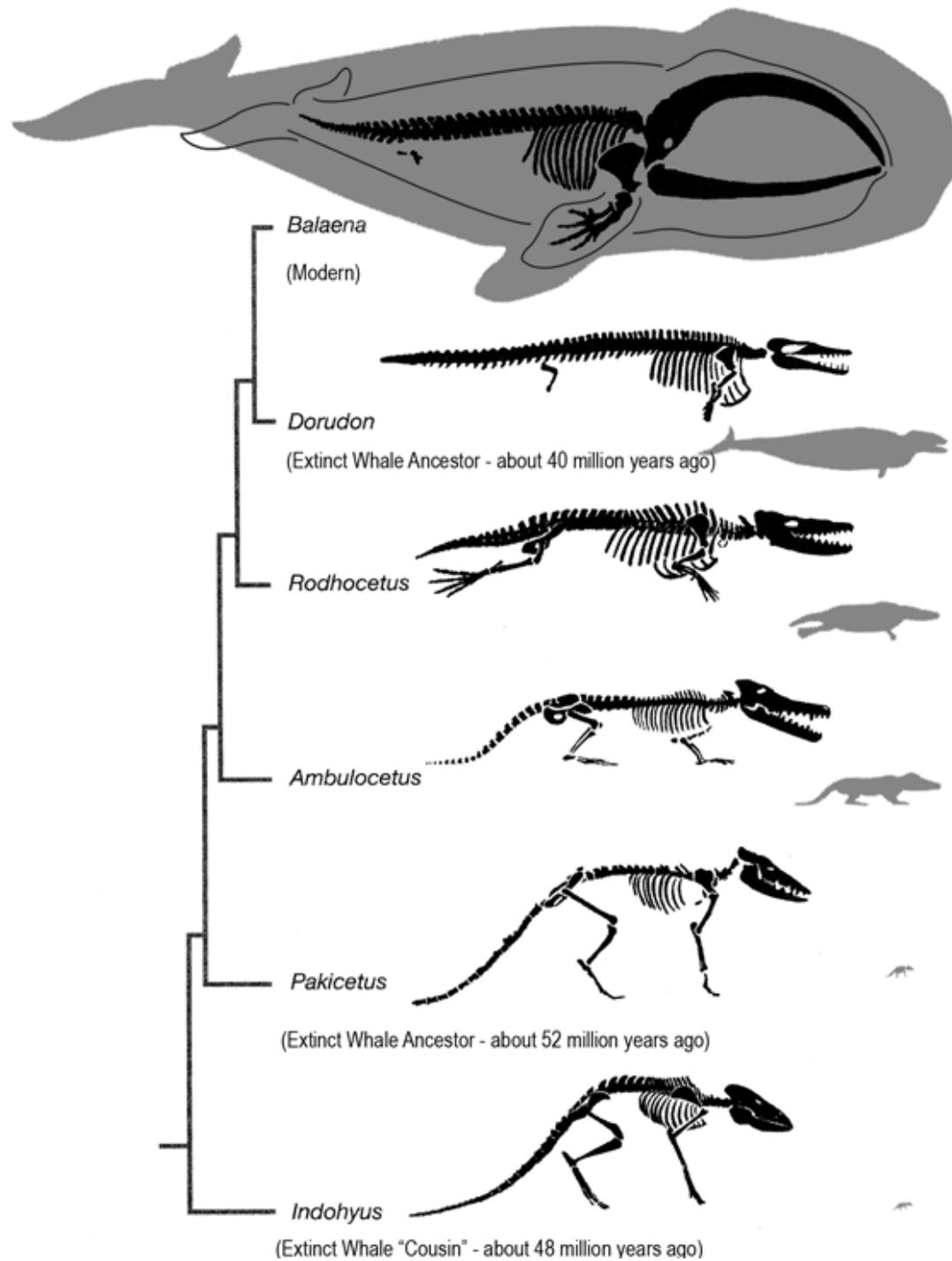
7. Accorciamento degli arti anteriori che si trasformano in natatorie (tramite iperfalangia ma non iperdattilia, né perdita di identità delle varie ossa).



8. Pinna caudale bilobata con lobi orizzontali (il movimento è verticale a causa del constraint morfologico della colonna vertebrale).

# Adattamenti per il nuoto

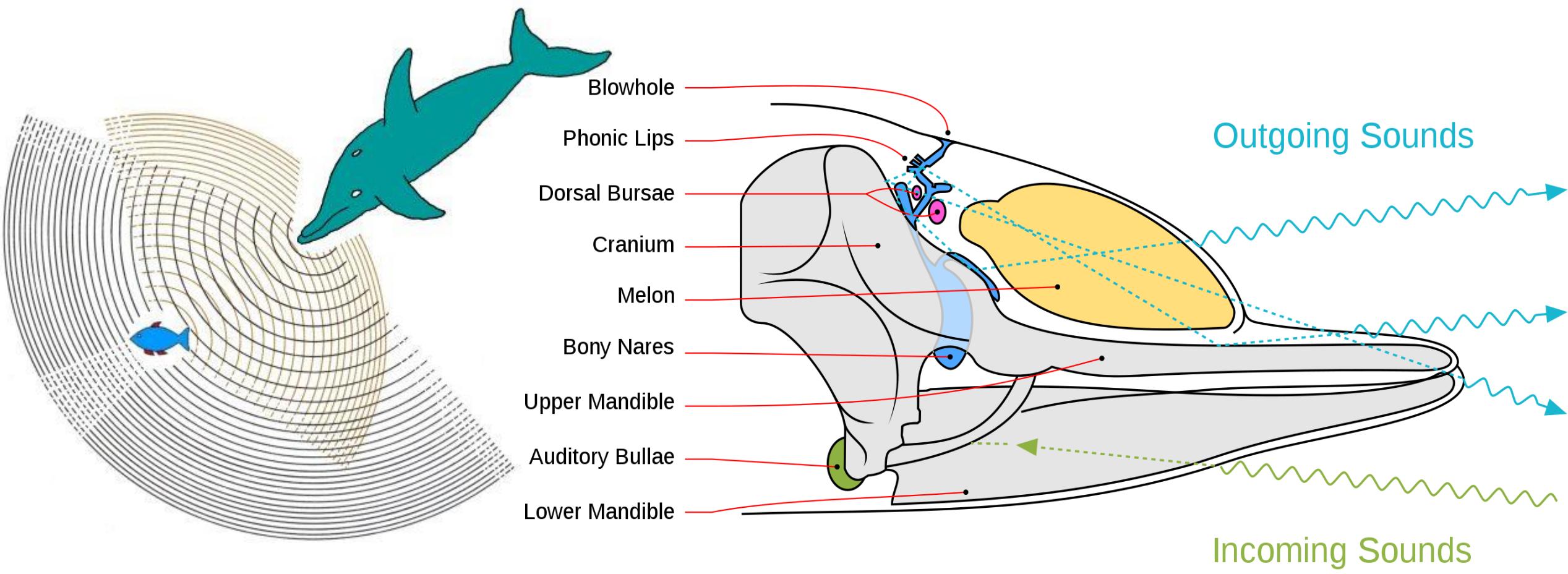
9. Aumento progressivo della taglia nel corso dell'evoluzione.



# Adattamenti per il nuoto

## 10. Ecolocazione (biosonar) (nei soli odontoceti)

- I suoni vengono generati facendo passare aria attraverso le "labbra foniche" della testa, una serie di cavità (simile alle cavità nasali dell'uomo).
- L'ampia regione nasale sopra il muso ospita una massa grassa costituita da lipidi simile a un cuscino (**melone**) che concentra, modula e invia i fischi, click e scricchiolii. Il melone agisce come una lente acustica.
- Gli echi di ritorno vengono infine raccolti dalla mandibola e trasmessi al cervello attraverso la **bulba auditiva**.



## nasal openings

external nares located in a posterior position

ISBN 9780520252783, p. 20; DOI 10.1201/b11001-4, p. 100

## eyes

eyes adapted for underwater and low-light vision, and increased pressure environment

ISBN 9780195369748, pp. 159-160; ISBN 9780226503400, p. 276

## sleep behavior

hemispheric sleep strategy with one part of the brain sleeping at a time

DOI 10.1007/s12549-011-0067-z, p. 76; DOI 10.1007/s12052-009-0139-y, p. 231

## ears

dense and massive auditory ossicles

ISBN 9781461270249, pp. 72, 100; ISBN 9781489901613, p. 296

## neck

very short cervical region

ISBN 9781475769180, p. 1323; ISBN 9780520247789, p. 247

## bone structure

reduced bone density, increase in spongy (cancellous) bone

ISBN 9780123735539, p. 125; DOI 10.1038/ncomms5789; jstor.org/stable/2400968

## dorsal fin

fish-like dorsal fin used for stabilizing the body

ISBN 9781570034589, p. 6; ISBN 9780253011831, p. 101

## spine

reduced interlocking of vertebrae

ISBN 9781855857377, p. 31; ISBN 9780226702360, p. 126

## pelvis

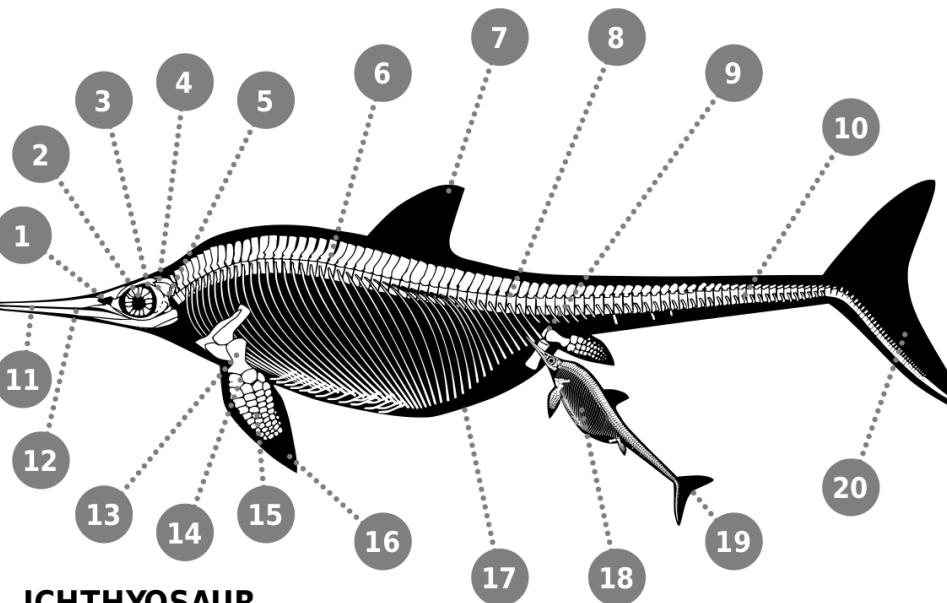
reduced pelvic girdle, not attached to the vertebral column

DOI 10.1080/02724634.2011.595464, p.1015; ISBN 9788171417223, p. 279

## tail

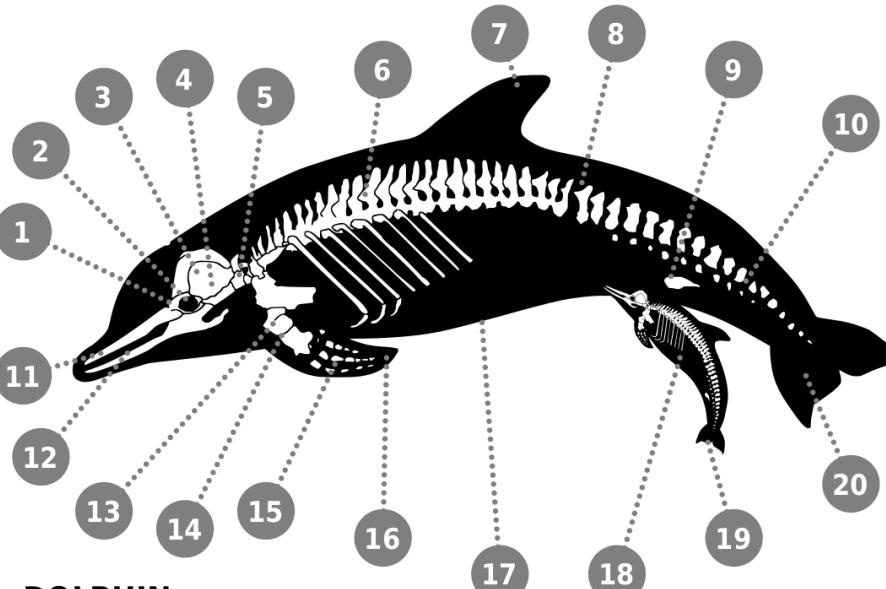
increased number of vertebrae, esp. in the caudal region

ISBN 9780300121124, p. 19; ISBN 9783899370072, p. 57; ISBN 9780761478829, p. 31



ICHTHYOSAUR

Image based on DOI 10.1371/journal.pone.0088640  
by Ryosuke Motani, Da-yong Jiang, Andrea Tintori, Olivier Rieppel, Guan-bao Chen



DOLPHIN

Image based on [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dolphin\\_anatomy\\_blanca.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dolphin_anatomy_blanca.png)  
by User:Shib077

## skull

a hydrodynamic, elongated, protruding rostrum

DOI 10.1371/journal.pone.0019480; ISBN 9781405157780, p. 17

## teeth

a homodont dentition consisting of numerous conical teeth

ISBN 9780674207691, p. 225; ISBN 9780520216563, p. 252

## upper forelimb bones

short and robust humeri

ISBN 9780520243224, p. 91; ISBN 9780124402805, p. 46; ISBN 9780674021839, p. 476

## elbow

non-functional (not rotational) elbow joint

DOI 10.1017/S0016756813000782; DOI 10.1201/b11001-4, p. 100

## finger bones

increased number of phalanges in the forelimb (hyperphalangy)

DOI 10.1002/ar.20532; PMID 15032905; ISBN 9781421400402, p. 208

## front flippers

pectoral fins used to steer and balance the animal

ISBN 9780801871351, p. 122; ISBN 9780632051496, p. 405

## skin

flexible and smooth (scaleless and hairless) skin

DOI 10.1080/002411601753293042; ISBN 9780895779762, p. 83

## viviparity

young born live, underwater, with an innate ability to swim

ISBN 978118407554, p. 258; ISBN 9780123735539, p. 428

## fetal position

tail-first instead of head-first delivery

ISBN 978118407554, p. 258; ISBN 9780123735539, p. 229

## tail fluke

a two-lobed fish-like caudal fluke used for propulsion

ISBN 9780521460781, p. 135-138; ISBN 9780120885527, pp. 190-193

Cenozoic	Quaternary	Holocene	U/L	Meghalayan	present
			M	Northgrippian	0.0042
Neogene	Pleistocene		L/E	Greenlandian	0.0082
			U/L	Upper	0.0117
Paleogene	Miocene		M	Chibanian	0.129
			L/E	Calabrian	0.774
Paleogene	Oligocene		U/L	Gelasian	1.80
			M	Piacenzian	2.58
Paleogene	Eocene		L/E	Zanclean	3.600
			U/L	Messinian	5.333
Paleogene	Paleocene		M	Tortonian	7.246
			L/E	Serravallian	11.63
			M	Langhian	13.82
			L/E	Burdigalian	15.97
			M	Aquitanian	20.44
			L/E	Chattian	23.03
			M	Rupelian	27.82
			L/E	Priabonian	33.9
			M	Bartonian	37.71
			L/E	Lutetian	41.2
			M	Ypresian	47.8
			L/E	Thanetian	56.0
			M	Selandian	59.2
			L/E	Danian	61.6
			M	Maastrichtian	66.0

## classe Mammalia

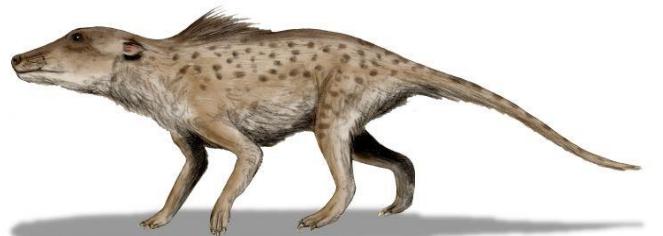
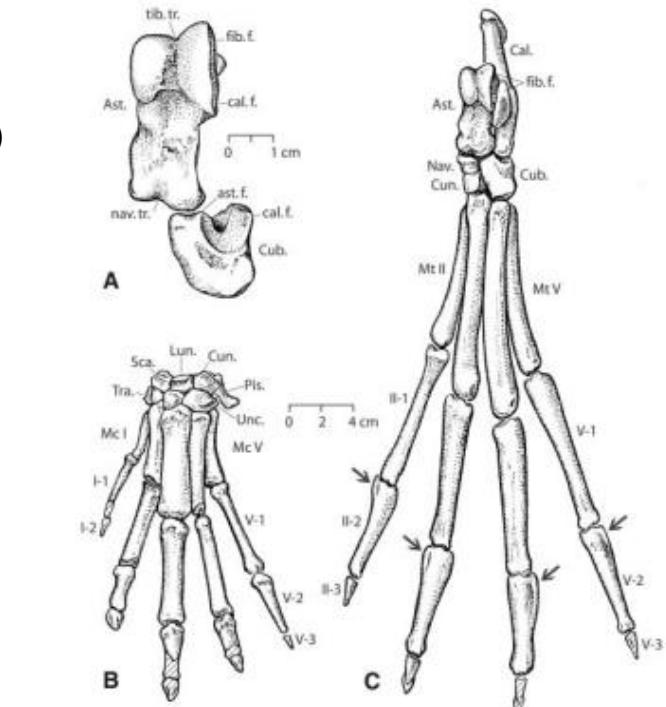
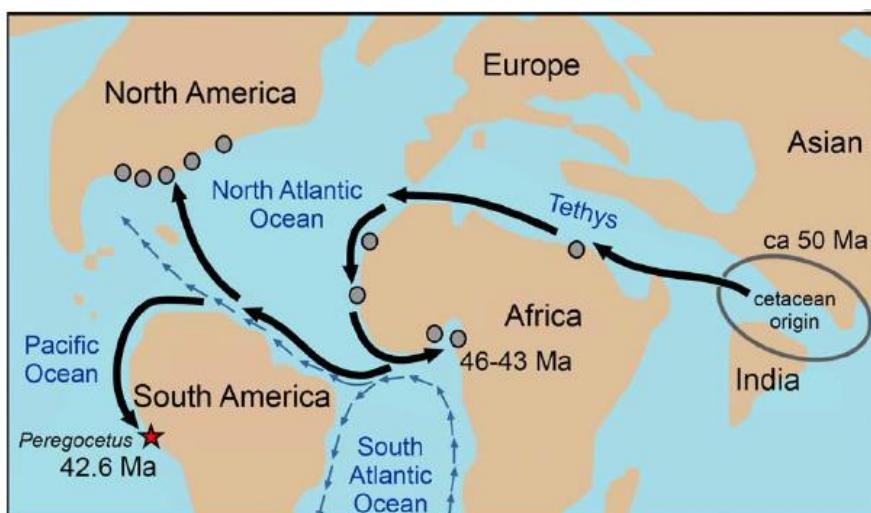
## infraclasse Placentalia

## ordine Artiodactylomorpha (=Cetartiodactyla)

## infraordine Cetacea

## famiglia Pakicetidae

- I cetacei più primitivi risalgono all'**Eocene Inferiore (~55 Ma)** e sono rappresentati da piccoli animali terrestri con arti e bacini da artiodattili: i **pakicetidi** (famiglia Pakicetidae).
- La distribuzione geografica dei pakicetidi come *Indohyus* indicherebbe una loro origine tra Pakistan e India, e successiva dispersione attraverso le coste di Africa e Sud America.



classe Mammalia

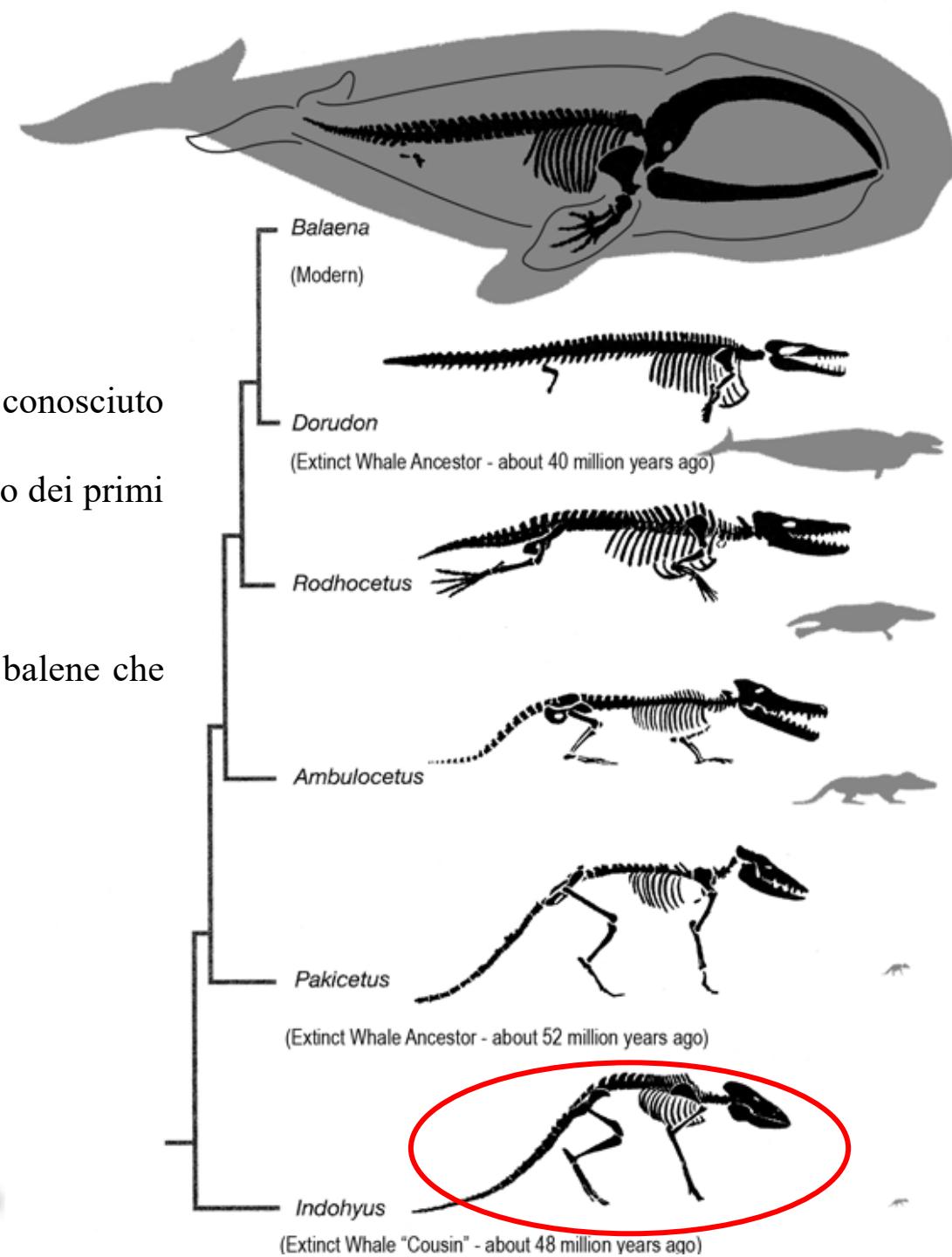
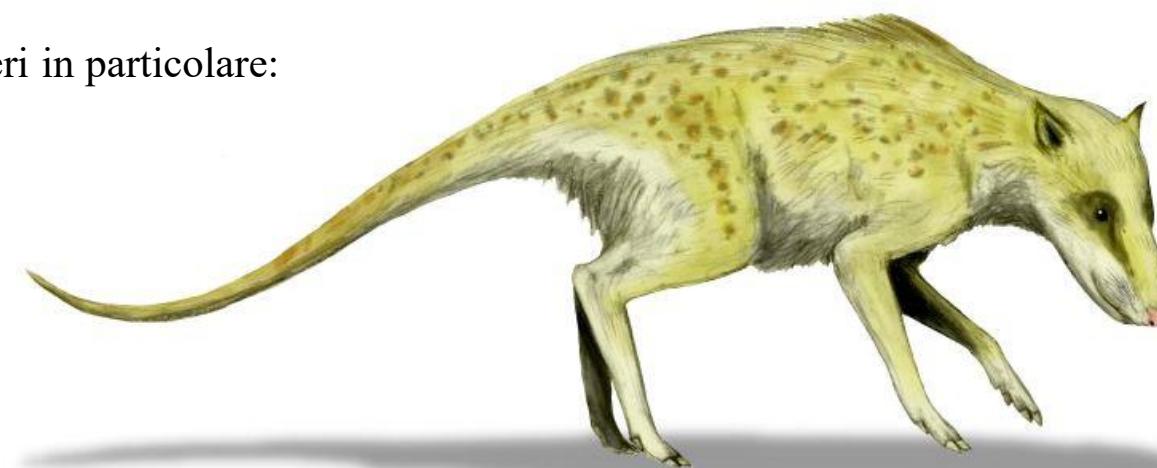
infraclasse Placentalia

ordine Artiodactylomorpha (=Cetartiodactyla)

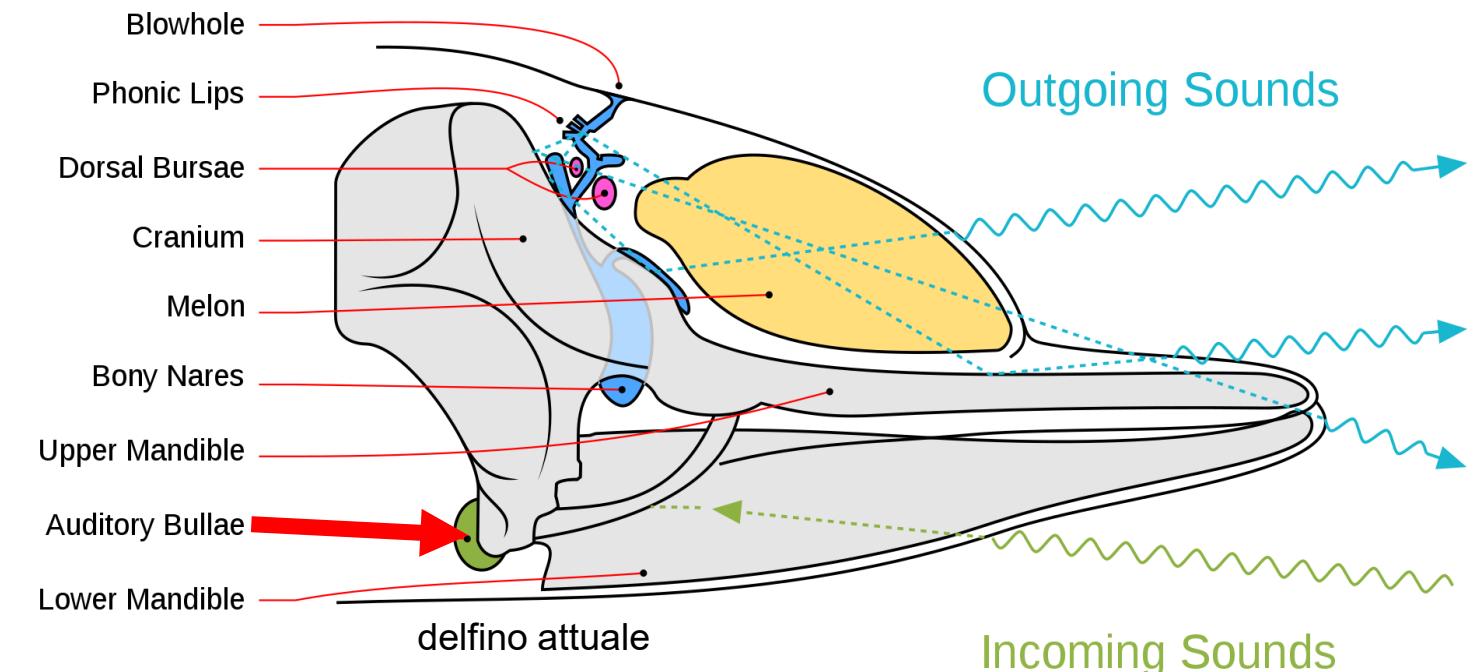
infraordine Cetacea

famiglia Pakicetidae

- Scoperto negli anni '70, *Indohyus* è un genere estinto di artiodattile digitigrado conosciuto da fossili dell'Eocene Inferiore (50-48 Ma) dell'India e Pakistan: esso sarebbe uno dei primi cetacei sulla linea dell'evoluzione dei moderni odontoceti e misticeti.
- Piccolo come un gatto domestico, condivide alcuni dei tratti morfologici delle balene che rappresentano adattamenti alla vita acquatica.
- Due caratteri in particolare:



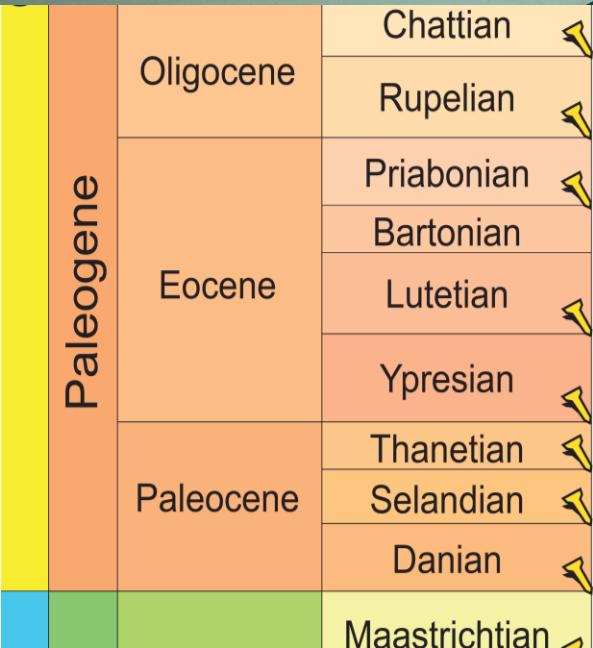
- **Ossa dense e pesanti** che lo aiutavano a ridurre la galleggiabilità in modo che potesse rimanere sott'acqua per sfuggire ai predatori o cercare fonti di cibo. Analisi di un isotopo dell'ossigeno in particolare ( $\text{O}^{18}$ ) confermerebbe che *Indohyus* era abitualmente acquatico.
- **Bulle auditory modificate**, molto simili a quella dei cetacei. La bulla auditiva degli odontoceti (che si origina dall'anello ectotimpanico) riceve gli echi di ritorno raccolti dalla mandibola e li trasmette al cervello.



## *Ambulocetus* (Ambulocetidae)

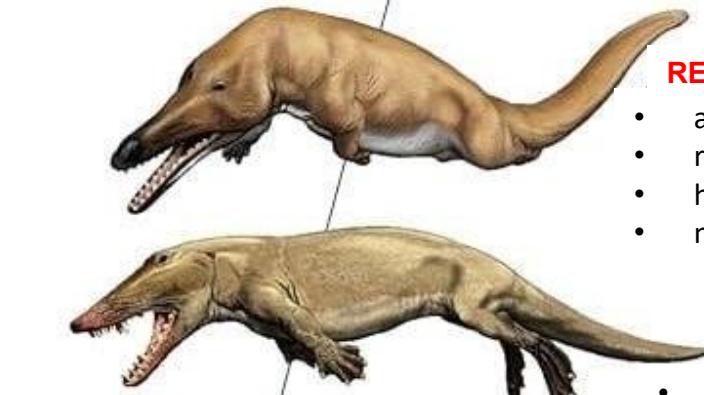


## *Remingtonocetus* (Remingtonocetidae)



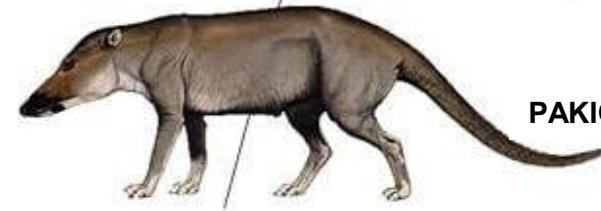
### REMINGTONOCETIDAE

- accorciamento arti
- ridotta abilità di supportare il peso in terra
- habitat costieri
- nuoto tramite l'ondulazione del corpo



### AMBULOCETIDAE

- testa, "mani e "piedi" più grandi
- perdita parziale dell'eterodontia
- habitat salmastri

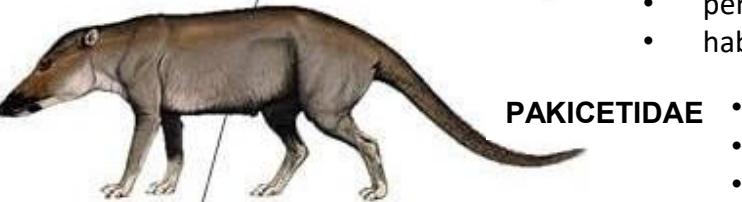
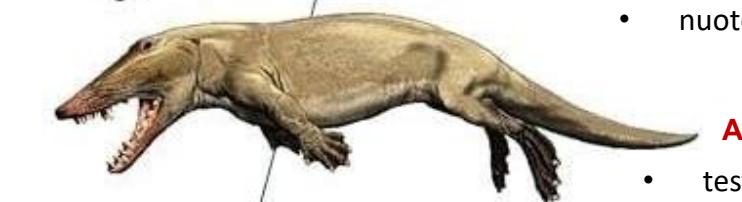
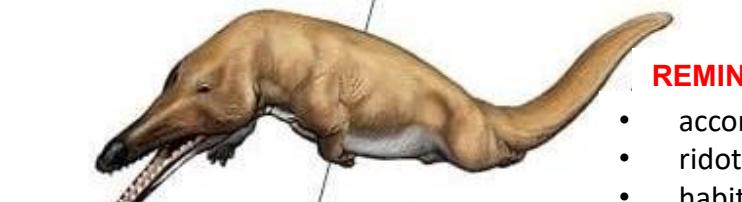
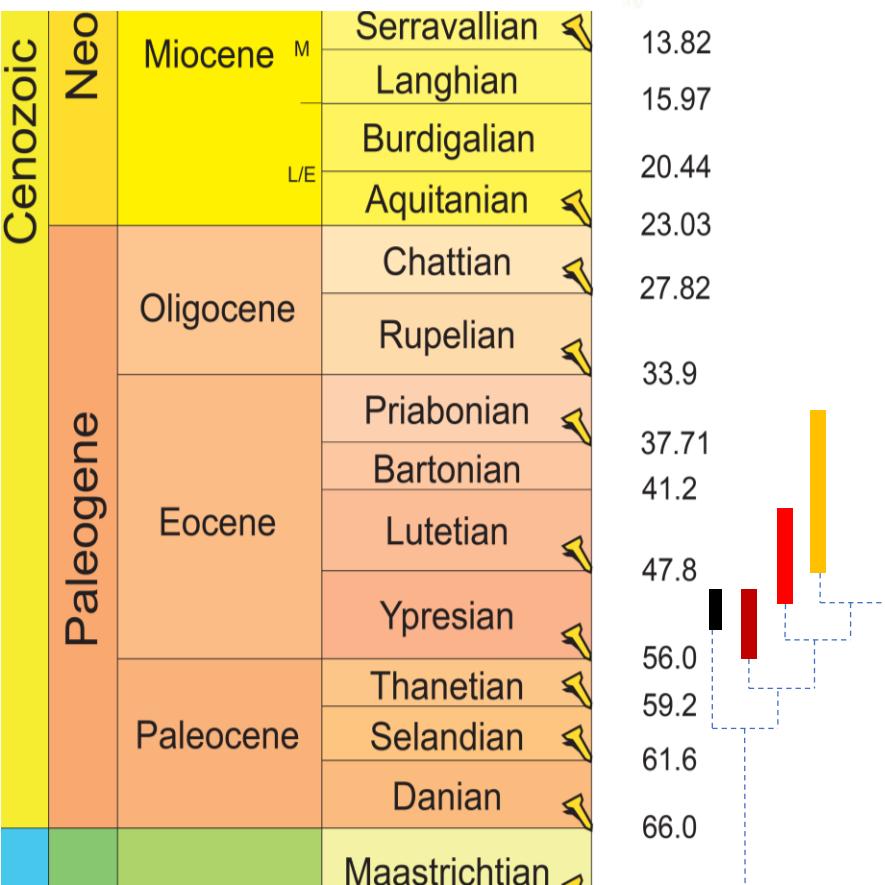


### PAKICETIDAE

- habitat terrestri
- scheletro e coda robusta
- guado sul fondo in acque dolci



Fig. 4 - *Peregocetus pacificus*, MUSM 3580 (holotype), from the Yumaque beds of the Paracas Formation. a) Left mandible in lateral view. b) Left radius, ulna, and manus in lateral view. Metacarpals IV and V are from right manus. c) Right pes in anterior view. d) Left astragalus in anterior view. e) Right innominate in lateral view. f) Anterior caudal vertebra in dorsal view. g) Schematic drawings of the articulated skeleton showing the main preserved bones, in hypothetical swimming (g1) and terrestrial (g2) postures (redrawn and modified after Lambert et al., 2019). For paired bones, the best-preserved side was illustrated (sometimes reversed), or both sides were combined (e.g., mandible). Stippled lines indicate reconstructed parts. Scale bars are equal to 10 cm for panels a-c, e, and f, 2 cm for panel d; 100 cm for panels g1, g2.



### PROTOCETIDAE

- riduzione del sacro e del collo
- ondulazione caudale incipiente

### REMINGTONOCETIDAE

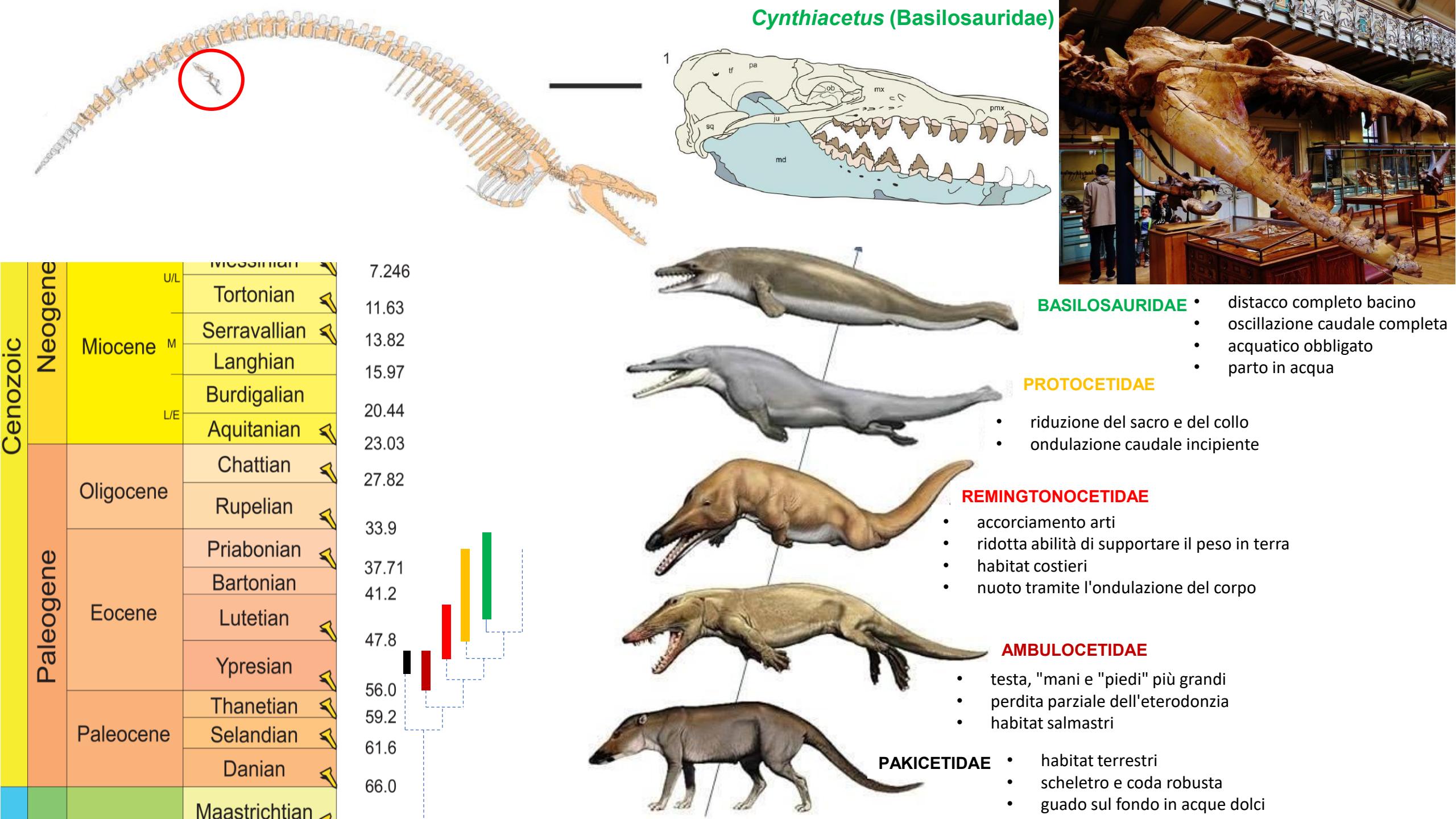
- accorciamento arti
- ridotta abilità di supportare il peso in terra
- habitat costieri
- nuoto tramite l'ondulazione del corpo

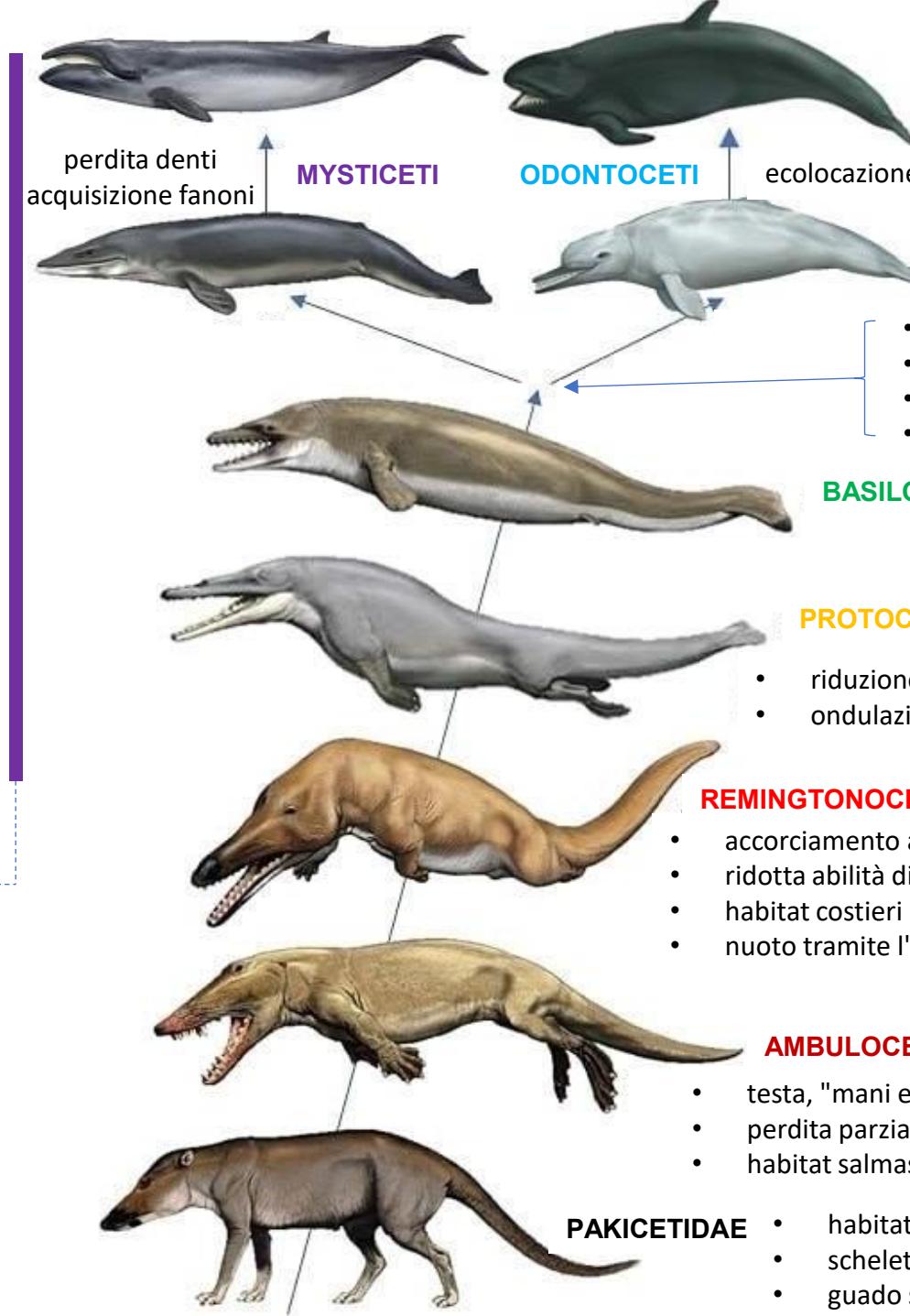
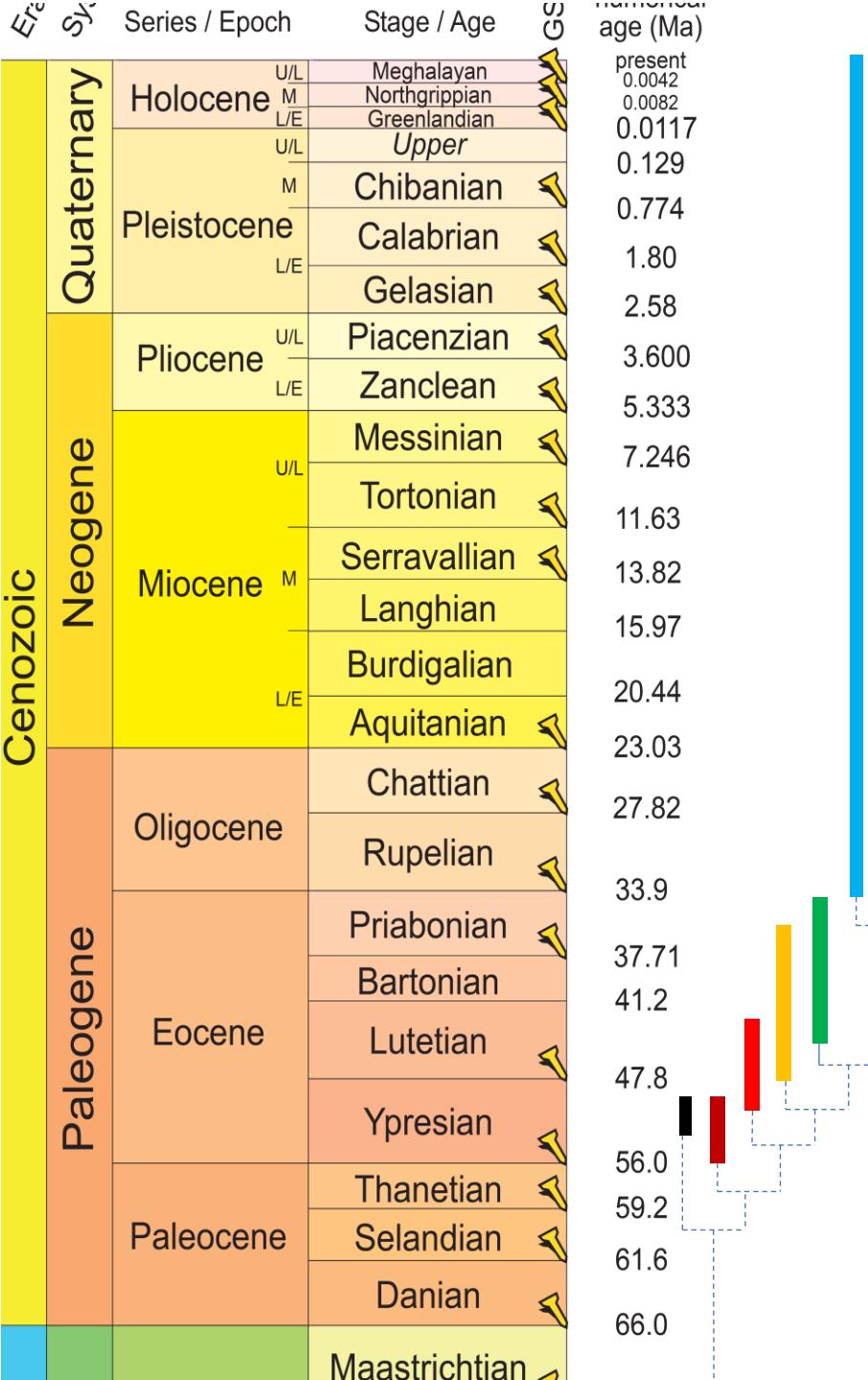
### AMBULOCETIDAE

- testa, "mani e "piedi" più grandi
- perdita parziale dell'eterodontia
- habitat salmastri

### PAKICETIDAE

- habitat terrestri
- scheletro e coda robusta
- guado sul fondo in acque dolci





- dita completamente racchiuse in natatoie
  - perdita dell'articolazione del gomito
  - invasione di habitat di mare aperto
  - perdita completa dell'eterodonzia

## BASIOSAURIDAE

- riduzione del sacro e del collo
  - ondulazione caudale incipiente

**REMINGTONOCETIDA**

- accorciamento arti
  - ridotta abilità di supportare il peso in terra
  - habitat costieri
  - nuoto tramite l'ondulazione del corpo

## **AMBULOCETIDAI**

- testa, "mani e "piedi" più grandi
  - perdita parziale dell'eterodonzia
  - habitat salmastri

PAKICETIDAE

- habitat terrestri
  - scheletro e coda robusta
  - guado sul fondo in acque dolci



## 6.11.3 Specializzazioni e adattamenti nei mammiferi



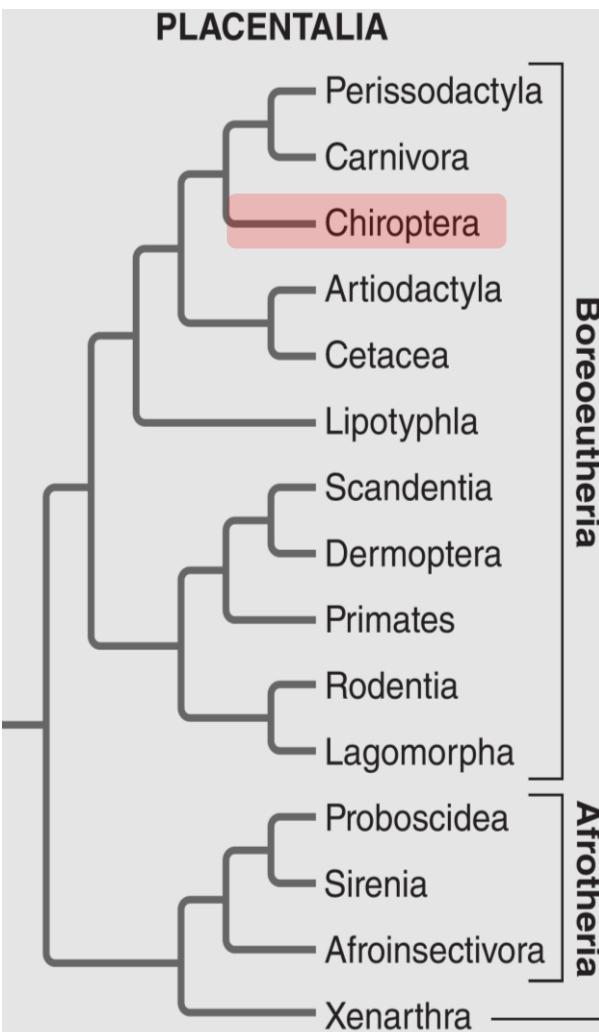
La conquista dell'aria

# Adattamenti per il volo

classe Mammalia

infraclasse Placentalia

ordine **Chiroptera**



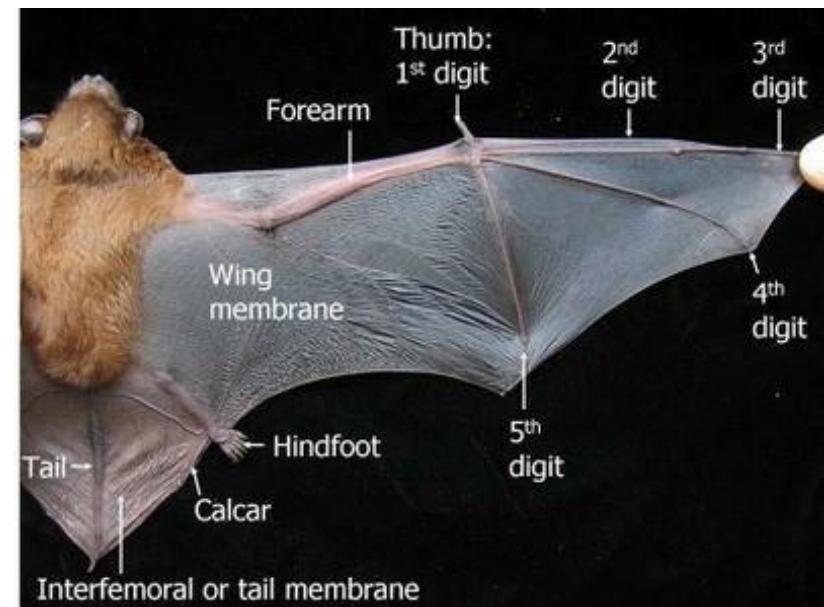
- I pipistrelli (**ordine Chiroptera**) sono gli unici mammiferi ad aver sviluppato il volo attivo.
- Oggi includono oltre 1400 specie (quasi 1/4 di tutti i mammiferi!) suddivisi in due sottordini (Yangochiroptera e Yinpterochiroptera), il cui successo è dovuto alle loro capacità avanzate di volo e di caccia notturna, grazie all'**ecolocazione**.
- Dopo l'estinzione di fine Cretaceo (66 Ma), un gruppo di piccoli mammiferi placentali si alzò in volo occupando una nicchia ecologica (**l'aria durante la notte**) relativamente vuota, o comunque senza competere con alcuni uccelli notturni comparsi nello stesso periodo: gli strigiformi (civette e gufi).



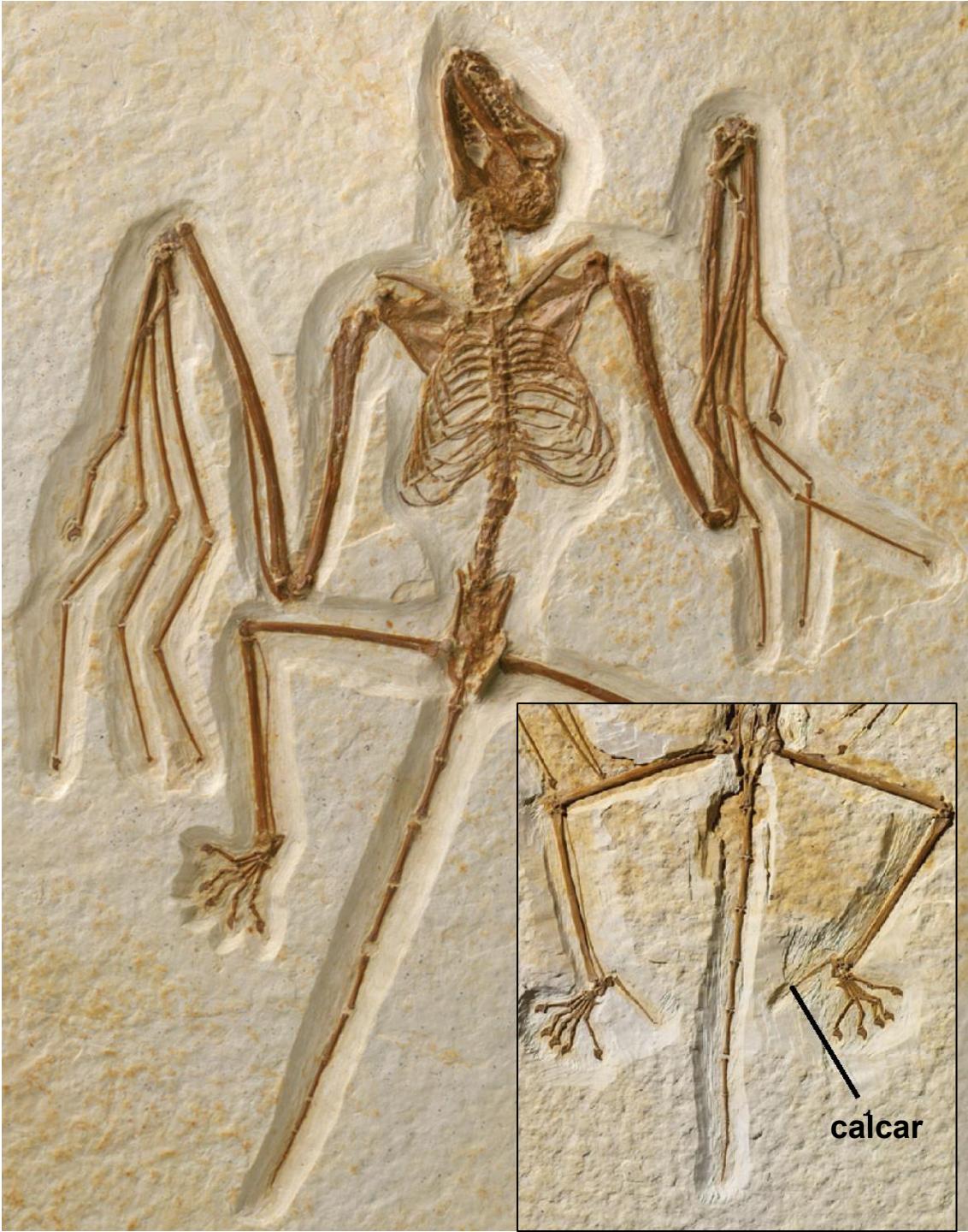
## Adattamenti per il volo

L'origine dei chiroterri è poco chiara perché non sono ancora stati trovate "forme di transizione" e i più antichi fossili di pipistrelli come *Onychonycteris* (Eocene Inf. 52 Ma, Wyoming, USA) mostrano già tutti i caratteri chiave dei pipistrelli:

- omero e dita allungati, radio e ulna fusi e allungati
- arti posteriori forti e caviglia ruotata per permettere posizione "a testa in giù"
- **patagio supportato da 4 dita (2–5)**
- sperone cartilagineo (calcar) che sostiene l'uropatagio
- scapola espansa per attacco di grandi muscoli che consentono il volo
- costole larghe e sterno robusto



*Onychonycteris*, tra i più antichi pipistrelli conosciuti (Eocene Inf., 52 Ma, Green River Fm, USA)



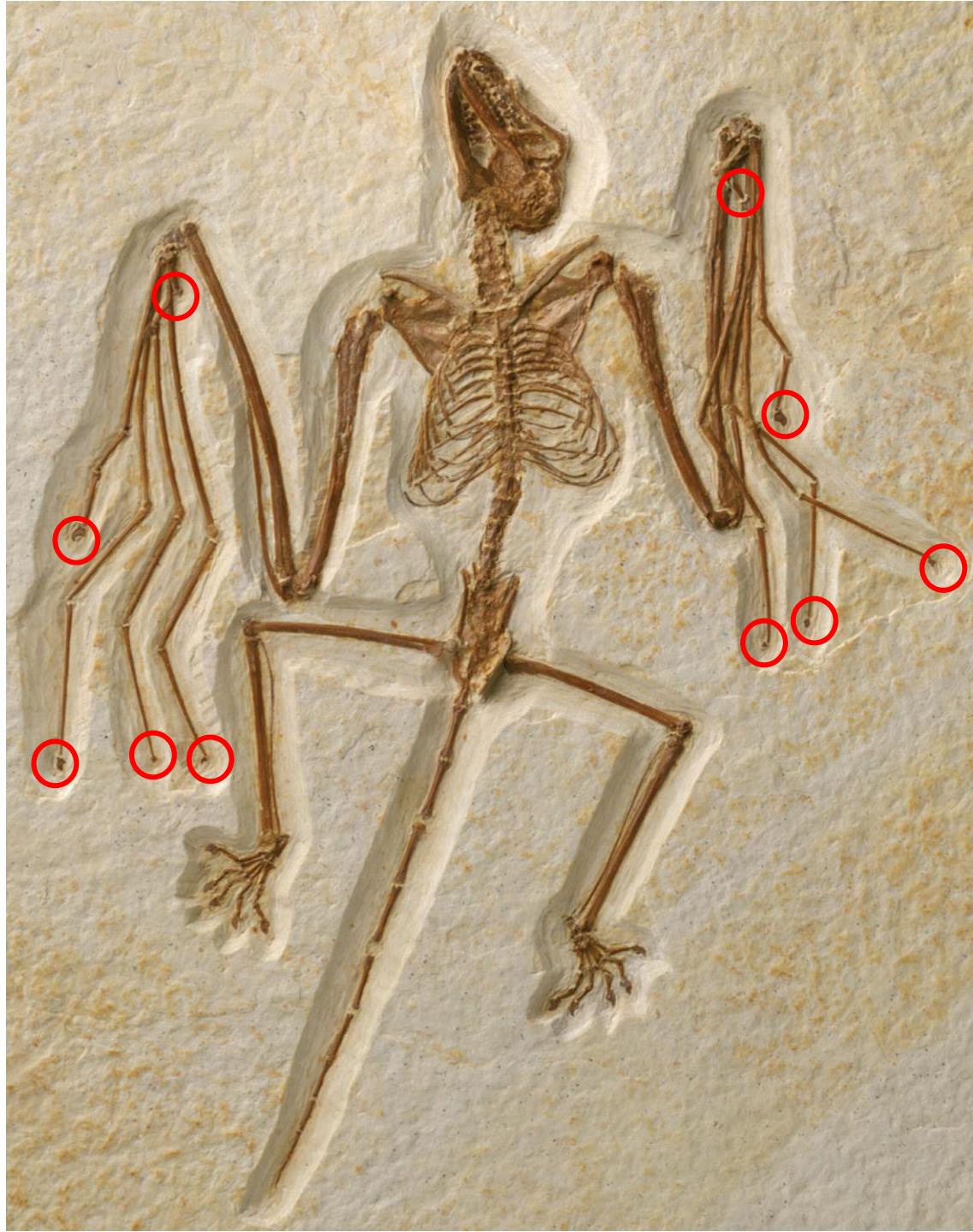
# Adattamenti per il volo

Esistono però differenze significative rispetto ai pipistrelli attuali:

- **La presenza di artigli su tutte le dita degli arti anteriori** (perduti in 4 dita nei pipistrelli attuali) suggerisce che gli antenati dei chiroteri dovevano essere agili scalatori arboricoli.
- **Ulna, radio e dita più corti rispetto ai taxa attuali** indicano che l'allungamento è proseguito anche dopo l'acquisizione del volo attivo.
- **Assenza di stiloiale**, un osso collegato all'orecchio interno dei chiroteri attuali, che cattura gli ultrasuoni di ritorno.



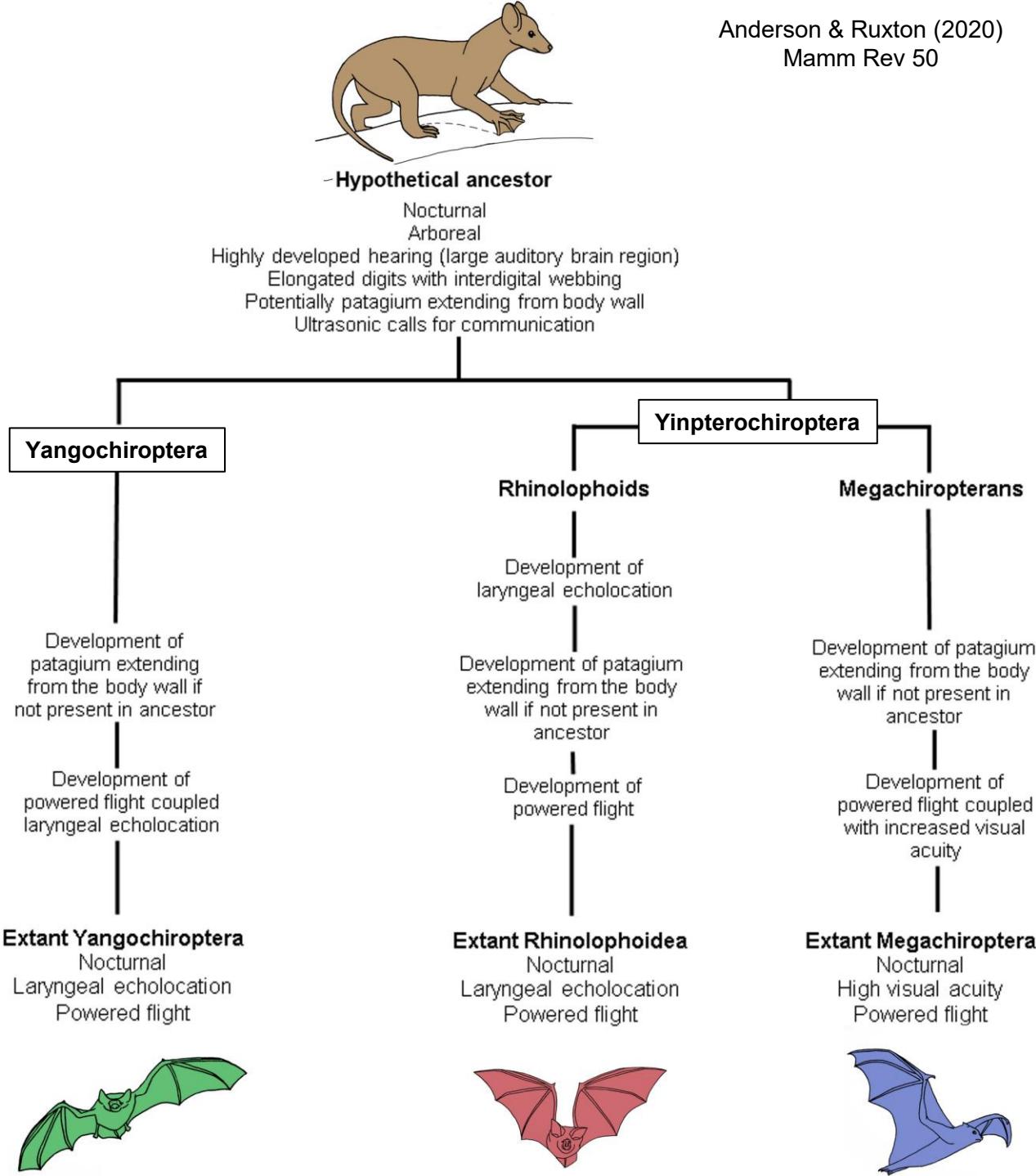
*Onychonycteris*, tra i più antichi pipistrelli conosciuti (Eocene Inf., 52 Ma, Green River Fm, USA)



# Origine del volo in Chiroptera

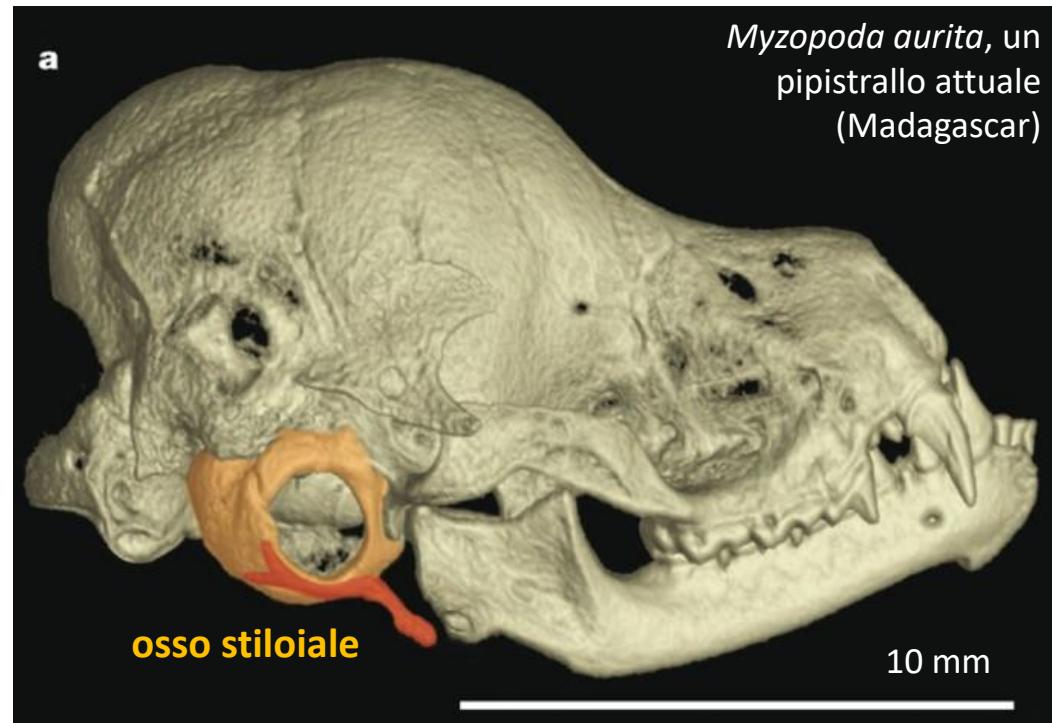
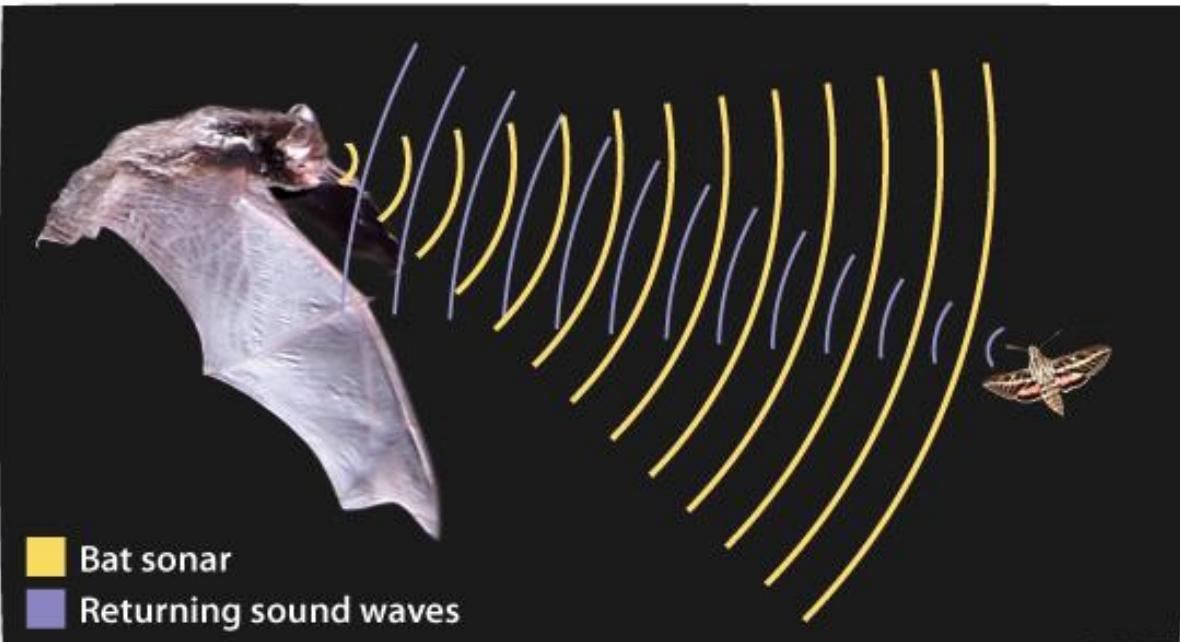
Anderson & Ruxton (2020)  
Mamm Rev 50

- Le più recenti analisi cladistiche basate su morfologia e DNA, suggeriscono che l'ipotetico antenato doveva essere un mammifero **notturno, insettivoro e arboricolo**.
- Uno studio del 2020 sull'origine del volo nei chiroteri, propone l'ipotesi della presenza di una **membrana interdigitale** tra le dita degli arti anteriori nell'antenato comune: il volo attivo si sarebbe evoluto indipendentemente nei tre gruppi attuali, lungo traiettorie parallele da un antenato comune che possedeva una membrana interdigitale. Il patagio lungo il corpo era forse presente nell'antenato comune o più probabilmente si sviluppò in seguito, indipendentemente, nei tre gruppi.
- Pertanto, la somiglianza morfologica fra i tre gruppi sarebbe un caso di **parallelismo**, guidato dal constraint morfologico della membrana interdigitale.



# Origine del volo in Chiroptera

- I chiroterri sono gli unici mammiferi a usare l'**ecolocazione laringea**. Producono cioè ultrasuoni tramite la laringe e ricevono le onde di ritorno che vengono catturate dallo **stiloiale**, un osso del cranio collegato all'orecchio interno.
- L'ipotesi più probabile per spiegare la sequenza di passaggi che portano a questi adattamenti chiave (volo+ecolocazione) è quella del "**flight-first**": dal momento che *Onchonycteris* non possiede lo stiloiale, il modello ipotizza che l'**ecolocazione si sarebbe evoluta solo dopo la comparsa del volo attivo**.

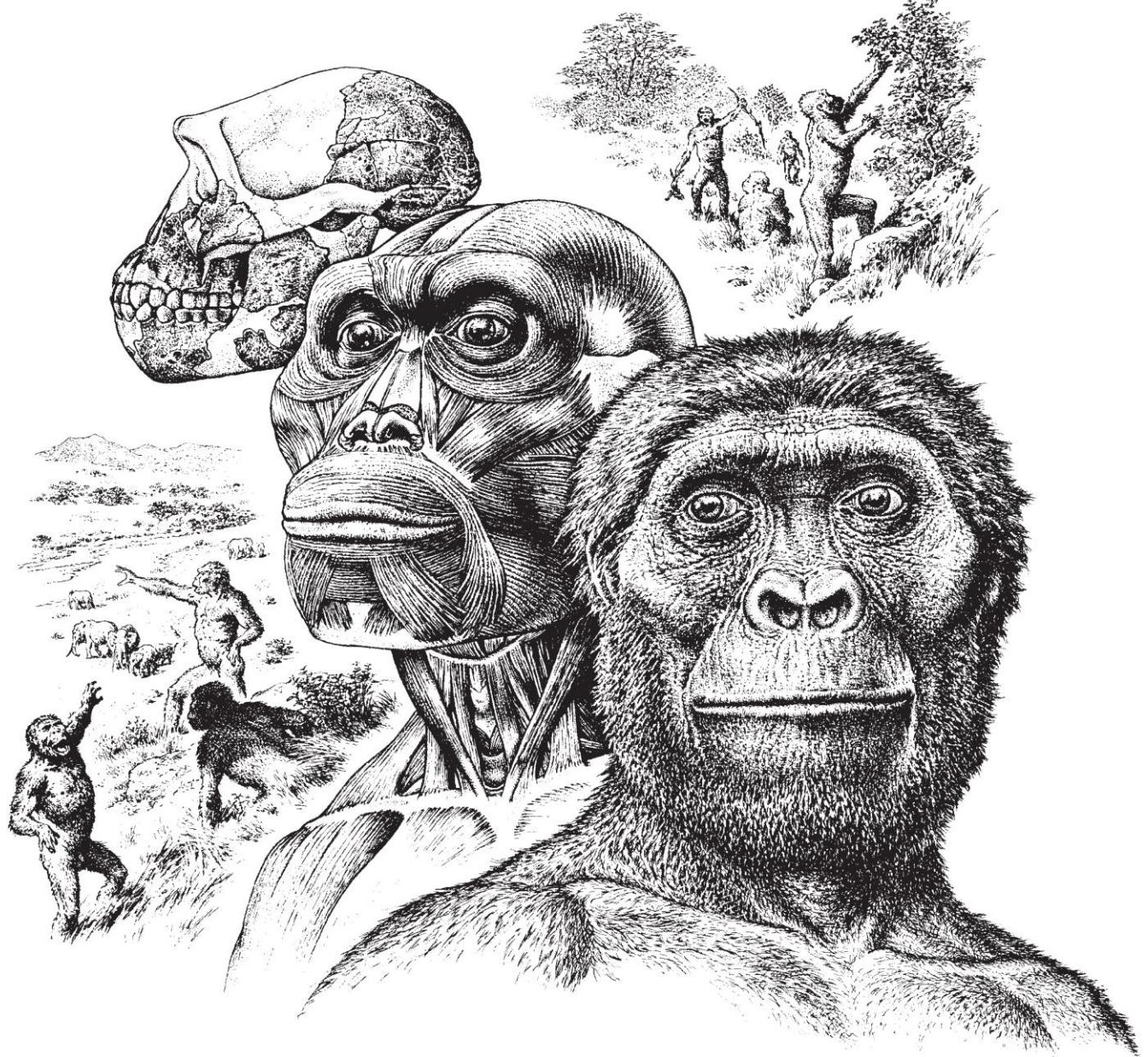


Simmons et al. (2010) *Nature* 466

- L'ipotesi opposta (ecolocazione prima del volo) è poco probabile in quanto l'ecolocazione sarebbe stata troppo costosa energeticamente da sostenere in assenza di volo.
- In sei specie di pipistrelli dell'Eocene più recenti di *Onchonycteris*, esiste già lo stiloiale, segno che l'osso si è evoluto rapidamente subito dopo il volo.



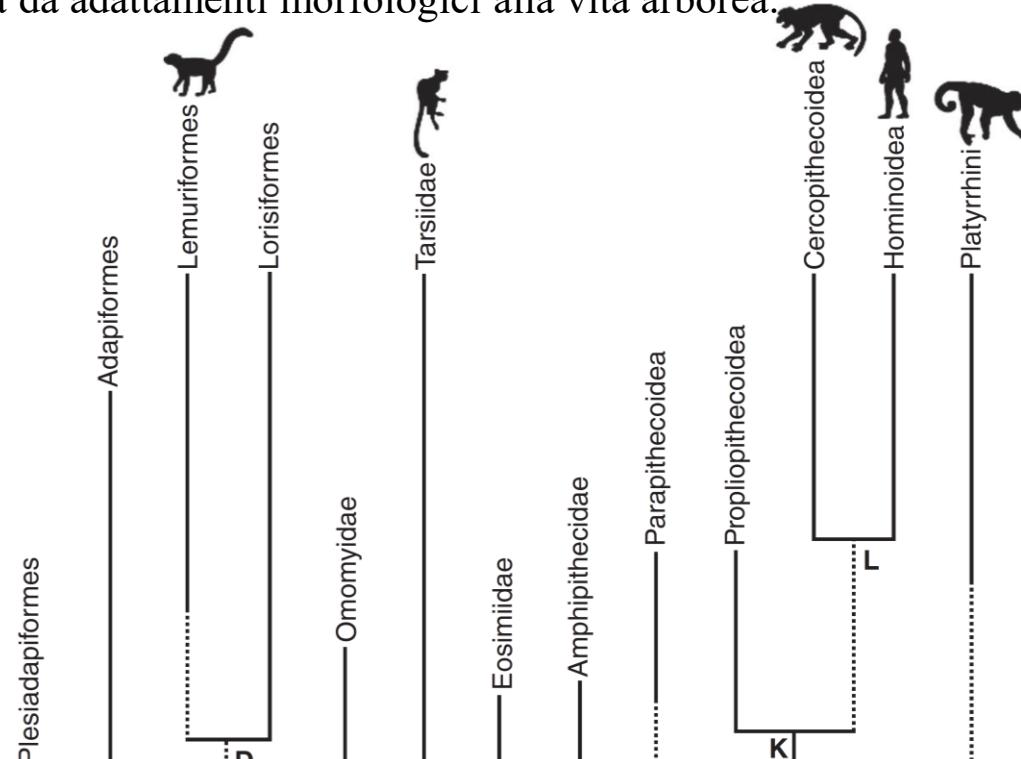
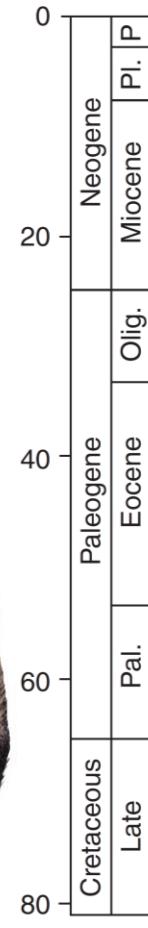
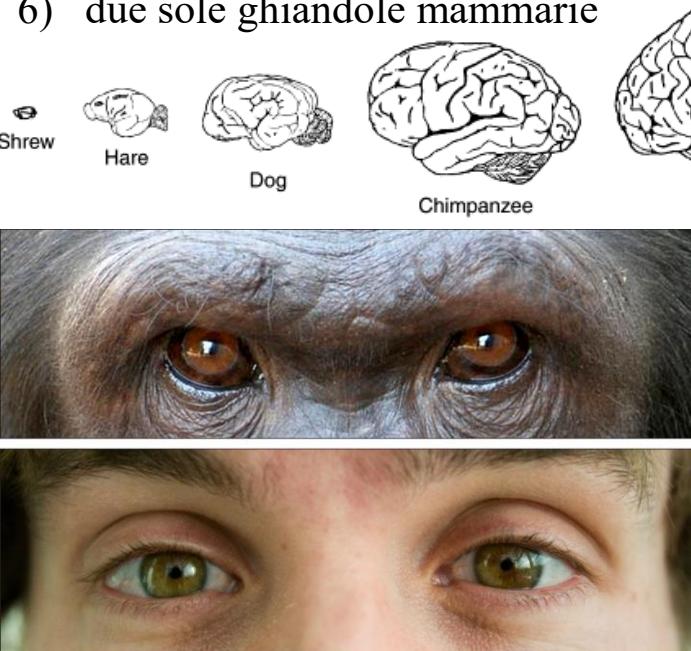
## 6.11.4 Origine ed evoluzione umana



# Cos'è un primate?

- Gli attuali esseri umani (*Homo sapiens*) costituiscono solo una delle oltre 430 specie di primati viventi.
- Queste sono raggruppate in 16 famiglie, e la maggior parte di esse è caratterizzata da adattamenti morfologici alla vita arborea.
- I principali caratteri comuni ai primati includono:

- cervello in proporzione più grande rispetto agli altri mammiferi (e alto EQ)
- occhi grandi, ravvicinati, nella parte anteriore del viso (vista stereoscopica)
- mani e piedi prensili con pollice e/o alluce opponibili
- barra postorbitale
- muso ridotto
- due sole ghiandole mammarie

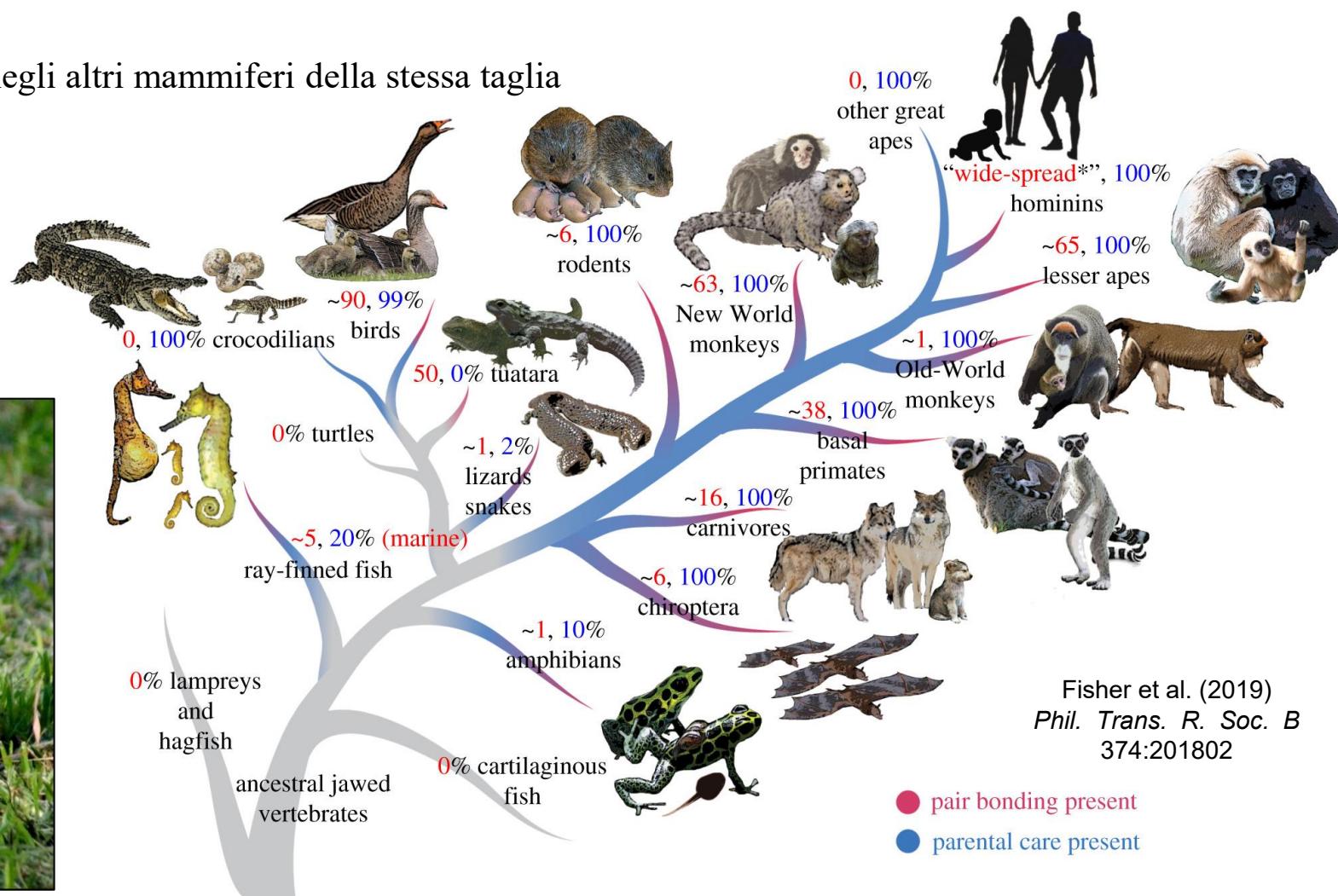
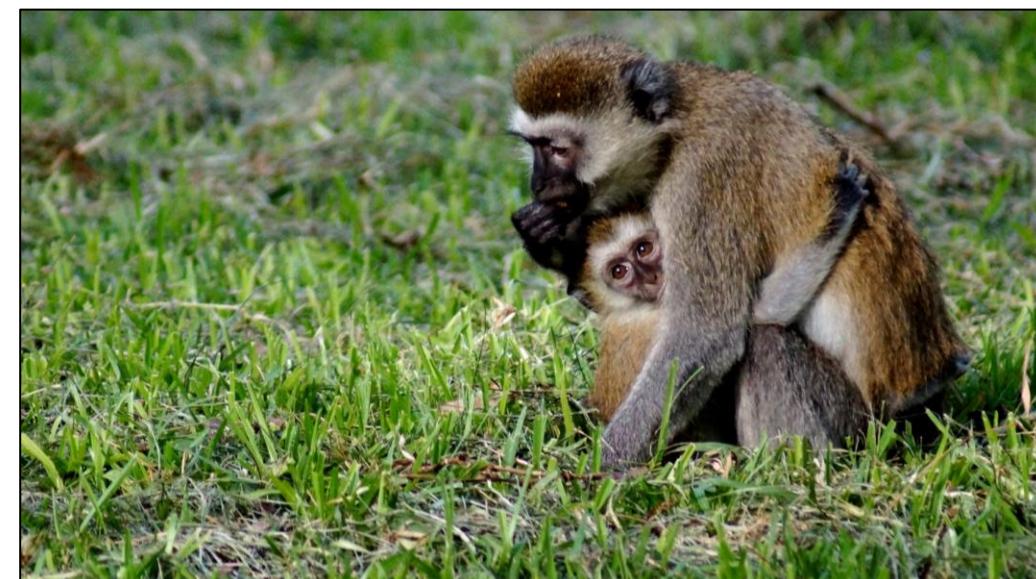


C STREPSIRHINI  
F TARSIIFORMES  
L CATARRHINI

# Cos'è un primate?

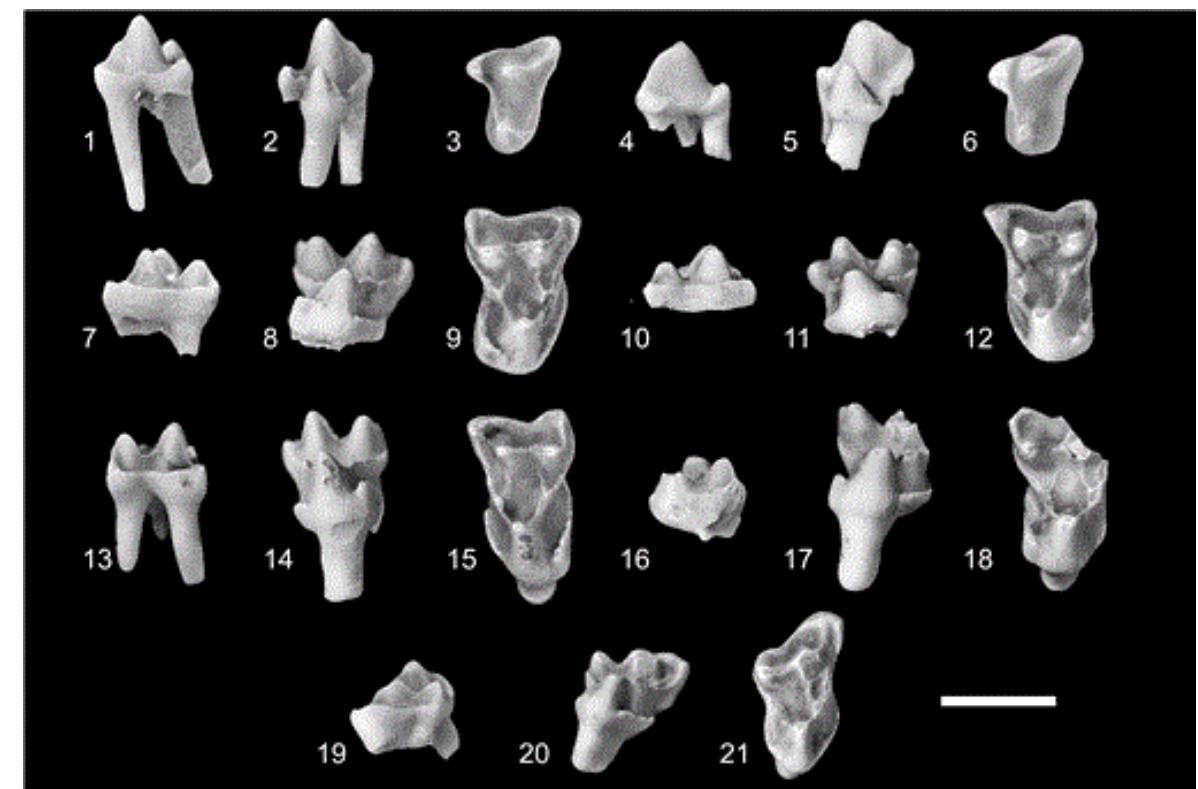
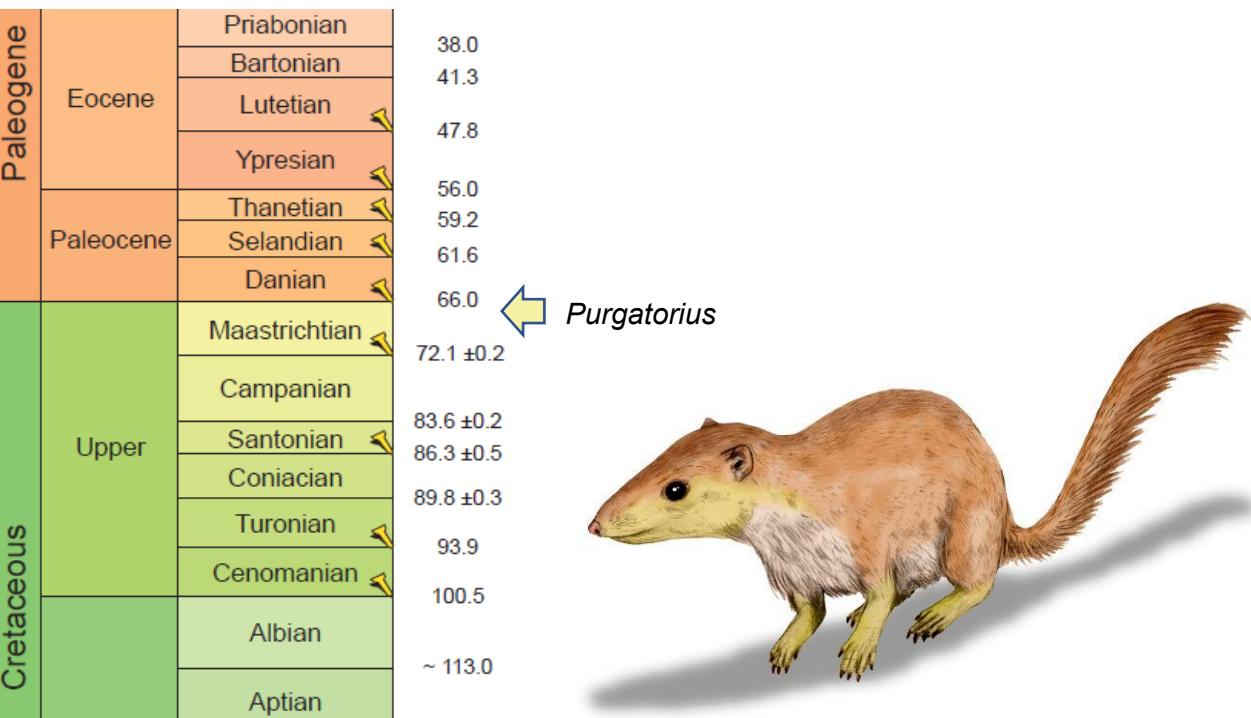
Il secondo gruppo di caratteri tipici dei primati riguarda la loro fisiologia e il comportamento:

- 1) **Alto grado di cure parentali.** I primati hanno optato per un alto investimento parentale, con generalmente un piccolo alla volta, che risulta essenziale affinché i giovani possano imparare la complessità della vita nella foresta.
- 2) **Legame di coppia** che dura tutta la vita
- 3) Il feto rimane nel grembo materno più a lungo che negli altri mammiferi della stessa taglia
- 4) La maturità sessuale è raggiunta tardi
- 5) Vita più lunga rispetto ad altri mammiferi
- 6) Elevata socialità



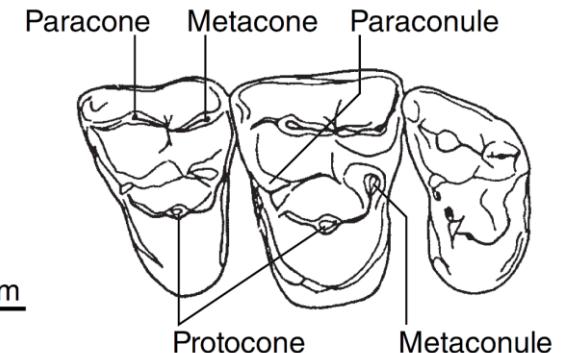
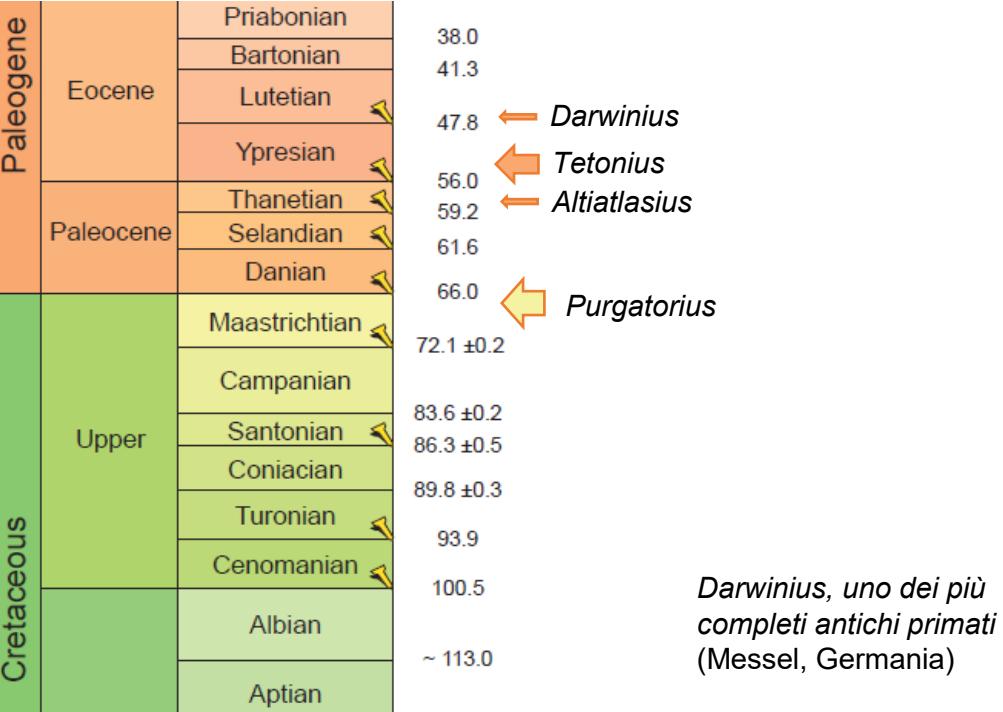
# I più antichi primati

- La più antica documentazione fossile dell'ordine Primates sembrerebbe costituita da denti isolati di *Purgatorius*, un piccolo primate vissuto tra Cretaceo Sup. e Paleocene (67-63 Ma) nel Montana (USA).
- I denti ricordano quelli di un mammifero primitivo, sebbene alcuni caratteri dentali da primate siano già presenti.
- Non tutti sono d'accordo nel ritenere *Purgatorius* un primate ma, se confermato, i primati sarebbero uno degli ordini più longevi di mammiferi placentali.

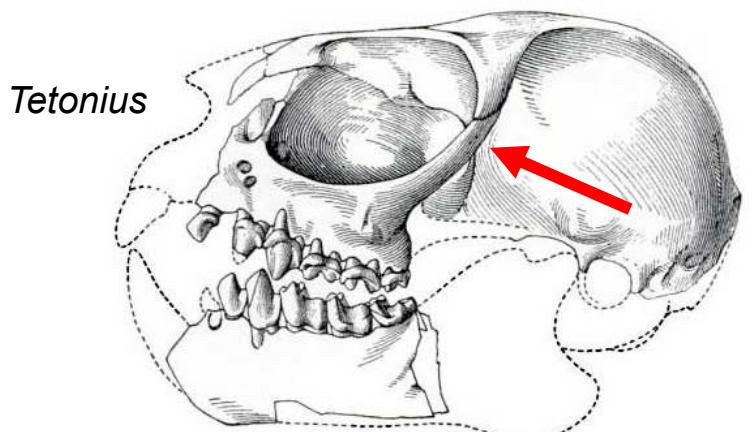
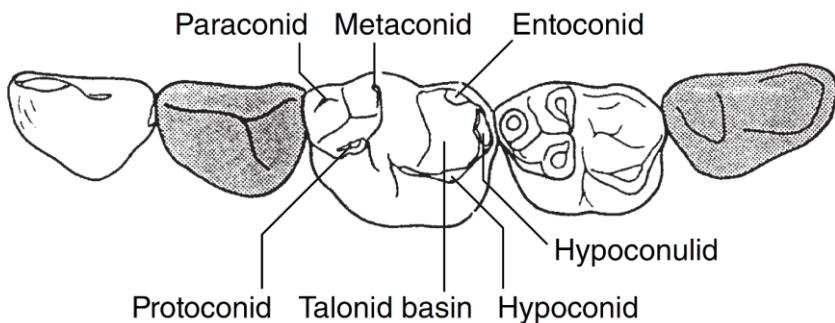


# I più antichi primati

- Il più antico primate certo è invece *Altiatlasius* rappresentato da dieci denti isolati ed un frammento di dentale di un giovane esemplare del Paleocene Superiore del Marocco (57 Ma). Questo animale somigliava ad un lemure e pesava forse 50-100 g.
- Alcune delle forme successive come *Tetonius* (55-50 Ma, Wyoming, USA) raggiunsero 2,5 kg: muso corto, scatola cranica bulbosa ed una evidente **barra postorbitale**.



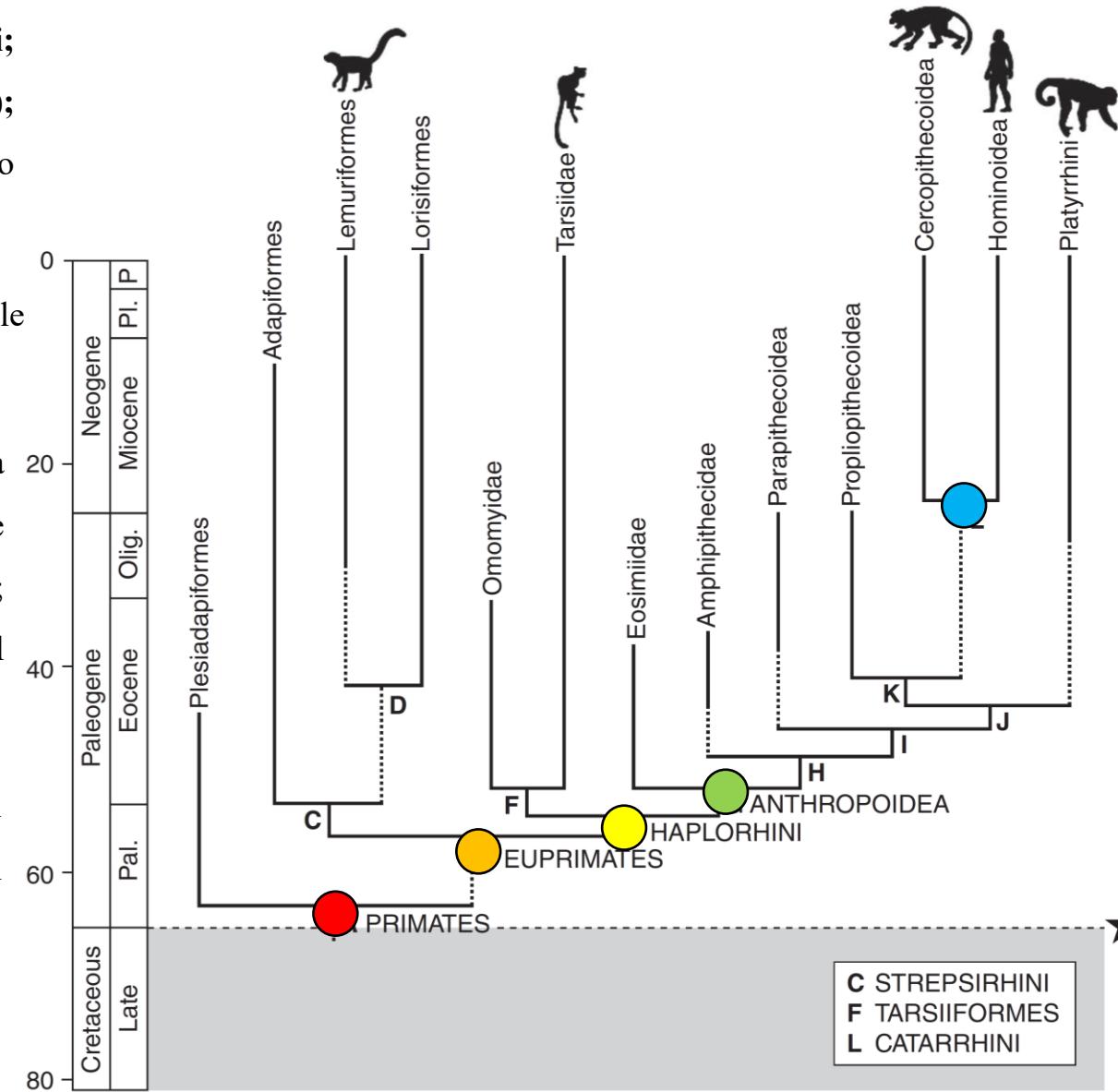
*Altitaliasius*



# L'acquisizione dei caratteri umani

L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

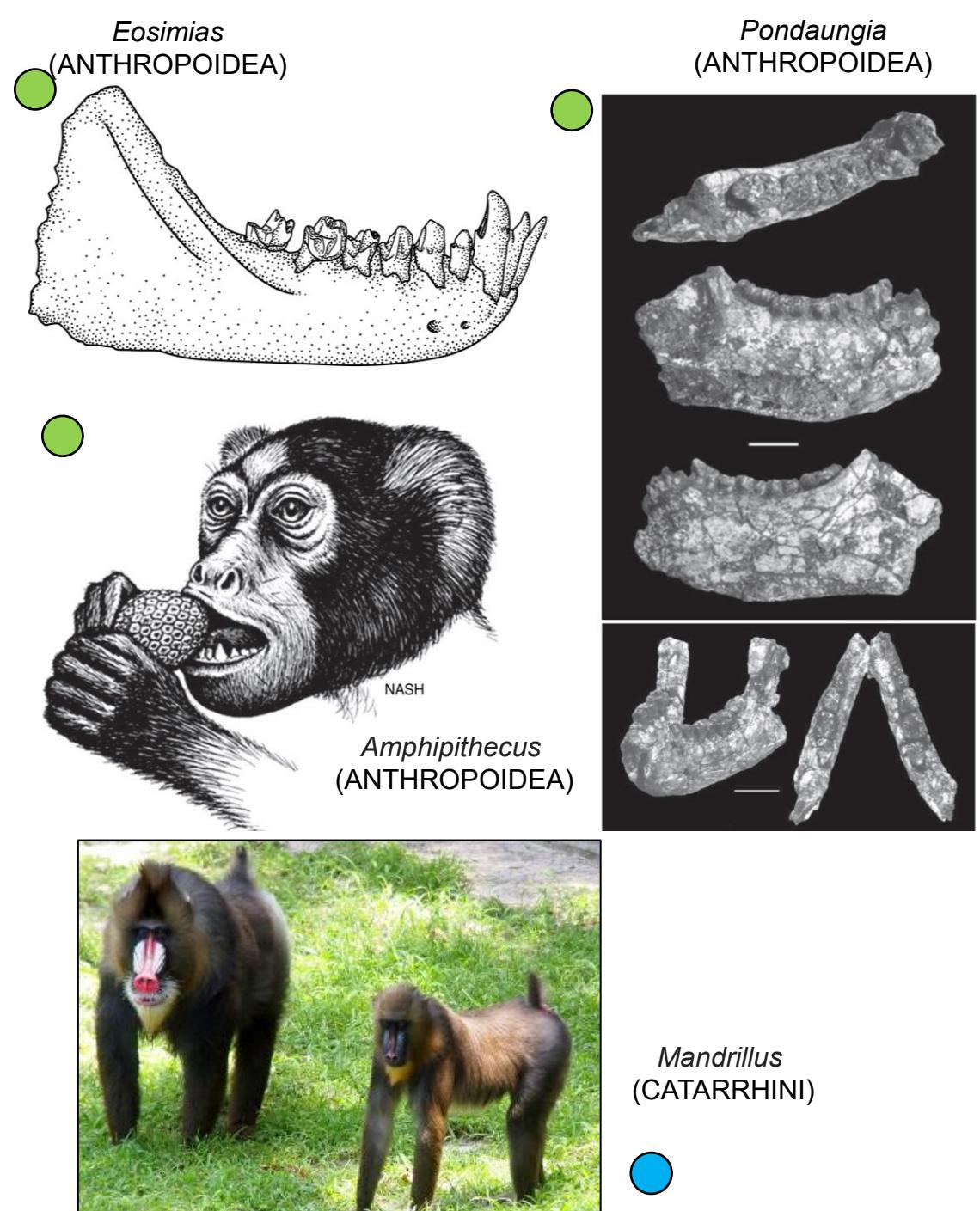
- **PRIMATES**: cervello più grande della maggior parte degli altri mammiferi; occhi grandi, ravvicinati, nella parte anteriore del viso (vista stereoscopica); barra postorbitale; mani prensili e piedi con pollice o alluce opponibili; muso ridotto; due sole ghiandole mammarie.
- **EUPRIMATES**: unghie piatte al posto degli artigli; cuscinetti tattili sensibili sulle dita.
- **HAPLORHINI**: naso aplorino (narici con margini completi, non a fessura); faccia corta posta, in gran parte al di sotto della scatola cranica; barra ossea stretta e semplificata tra le orbite; lobi olfattivi del cervello ridotti; lobi ottici ingranditi; placenta emocoriale (invade la parete uterina e corion direttamente bagnato dal sangue materno).
- **ANTHROPOOIDEA**: ampi seni mascellari; sinfisi mandibolare fusa; molari subquadrati ed espansi; "molarizzazione" dei premolari; occlusione canina; canini grandi rispetto a incisivi.
- **CATARRHINI**: due premolari; dimorfismo sessuale marcato; canini più grandi nei maschi.



# L'acquisizione dei caratteri umani

L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

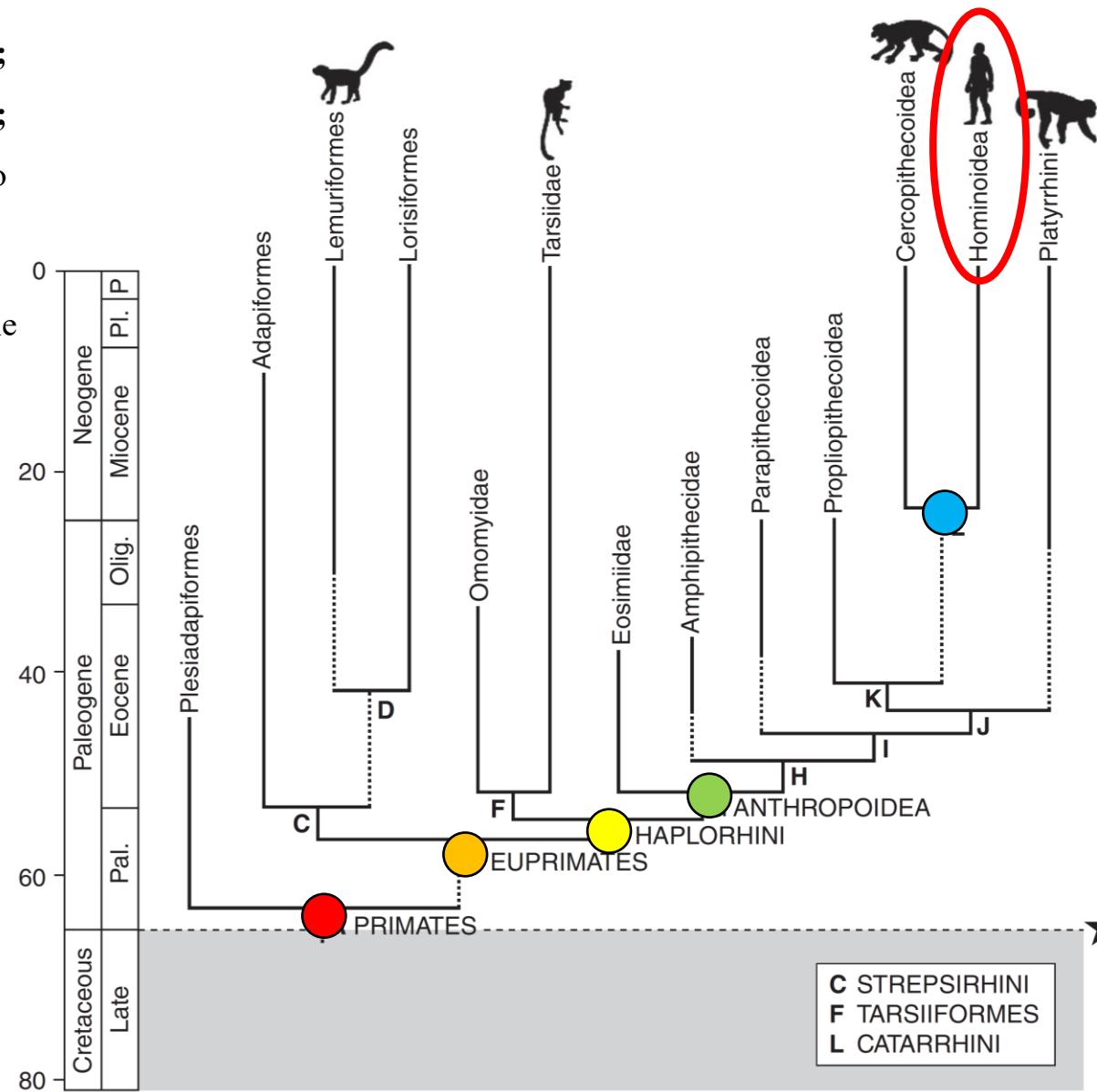
- **PRIMATES**: cervello più grande della maggior parte degli altri mammiferi; occhi grandi, ravvicinati, nella parte anteriore del viso (vista stereoscopica); barra postorbitale; mani prensili e piedi con pollice o alluce opponibili; muso ridotto; due sole ghiandole mammarie.
- **EUPRIMATES**: unghie piatte al posto degli artigli; cuscinetti tattili sensibili sulle dita.
- **HAPLORHINI**: naso aplorino (narici con margini completi, non a fessura); faccia corta posta, in gran parte al di sotto della scatola cranica; barra ossea stretta e semplificata tra le orbite; lobi olfattivi del cervello ridotti; lobi ottici ingranditi; placenta emocoriale (invade la parete uterina e corion direttamente bagnato dal sangue materno).
- **ANTHROPOIDEA**: ampi seni mascellari; sifisi mandibolare fusa; molari subquadrati ed espansi; "molarizzazione" dei premolari; occlusione canina; canini grandi rispetto a incisivi.
- **CATARRHINI**: due premolari; dimorfismo sessuale marcato; canini più grandi nei maschi.



# L'acquisizione dei caratteri umani

L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

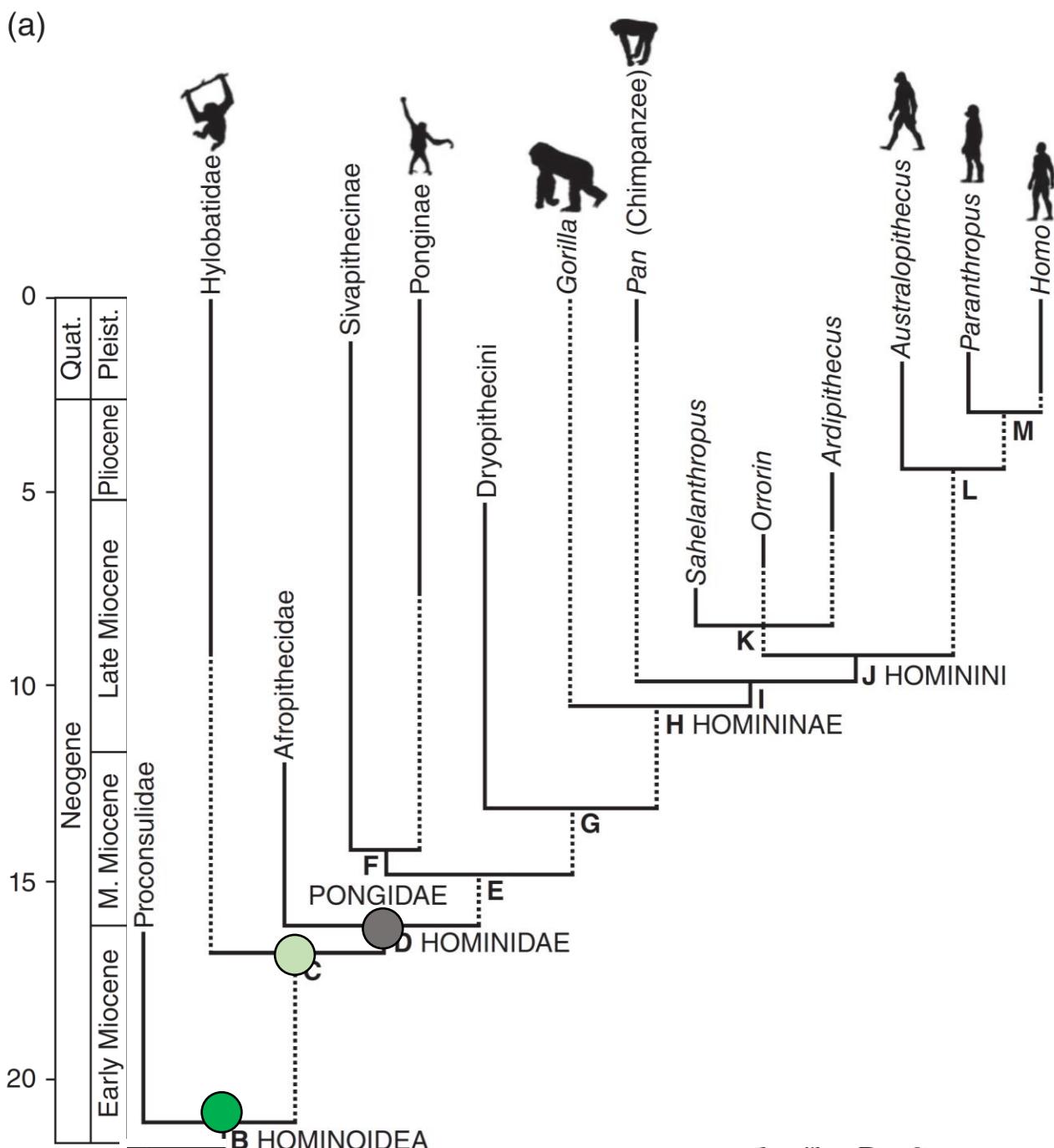
- **PRIMATES**: cervello più grande della maggior parte degli altri mammiferi; occhi grandi, ravvicinati, nella parte anteriore del viso (vista stereoscopica); barra postorbitale; mani prensili e piedi con pollice o alluce opponibili; muso ridotto; due sole ghiandole mammarie.
- **EUPRIMATES**: unghie piatte al posto degli artigli; cuscinetti tattili sensibili sulle dita.
- **HAPLORHINI**: naso aplorino (narici con margini completi, non a fessura); faccia corta posta, in gran parte al di sotto della scatola cranica; barra ossea stretta e semplificata tra le orbite; lobi olfattivi del cervello ridotti; lobi ottici ingranditi; placenta emocoriale (invade la parete uterina e corion direttamente bagnato dal sangue materno).
- **ANTHROPOOIDEA**: ampi seni mascellari; sinfisi mandibolare fusa; molari subquadrati ed espansi; "molarizzazione" dei premolari; occlusione canina; canini grandi rispetto a incisivi.
- **CATARRHINI**: due premolari; dimorfismo sessuale marcato; canini più grandi nei maschi.



# L'acquisizione dei caratteri umani

L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

- HOMINOIDEA: aumento dimensioni cervello; coda assente.
- Seni grandi; braccia più lunghe delle gambe; ampio torace; pollice opponibile
- HOMINIDAE: mascellare e premascellare ampi; orbite più alte che larghe; incisivi, canini e molari più robusti e allargati; arti posteriori ridotti in lunghezza.

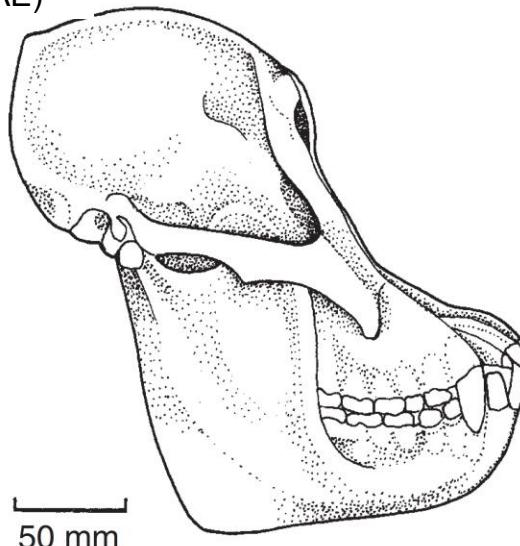


# L'acquisizione dei caratteri umani

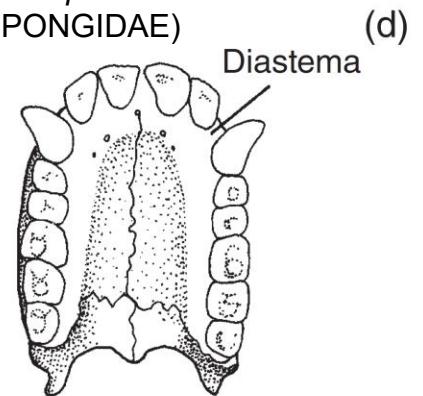
L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

- HOMINOIDEA: aumento dimensioni cervello; coda assente.
- Seni grandi; braccia più lunghe delle gambe; ampio torace; pollice opponibile
- HOMINIDAE: mascellare e premascellare ampi; orbite più alte che larghe; incisivi, canini e molari più robusti e allargati; arti posteriori ridotti in lunghezza.

 *Sivapithecus*  
(PONGIDAE)

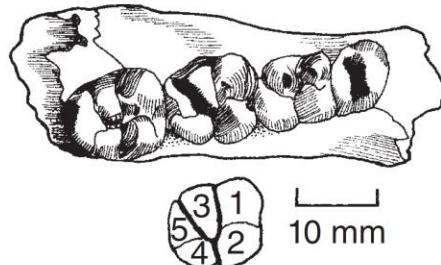


 *Sivapithecus*  
(PONGIDAE)

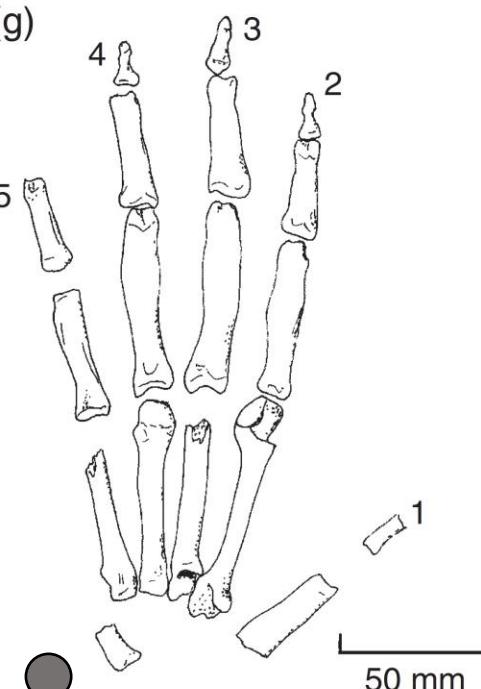


(g)

*Sivapithecus*  
(PONGIDAE)



*Gigantopithecus* (PONGIDAE)



# L'acquisizione dei caratteri umani

L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

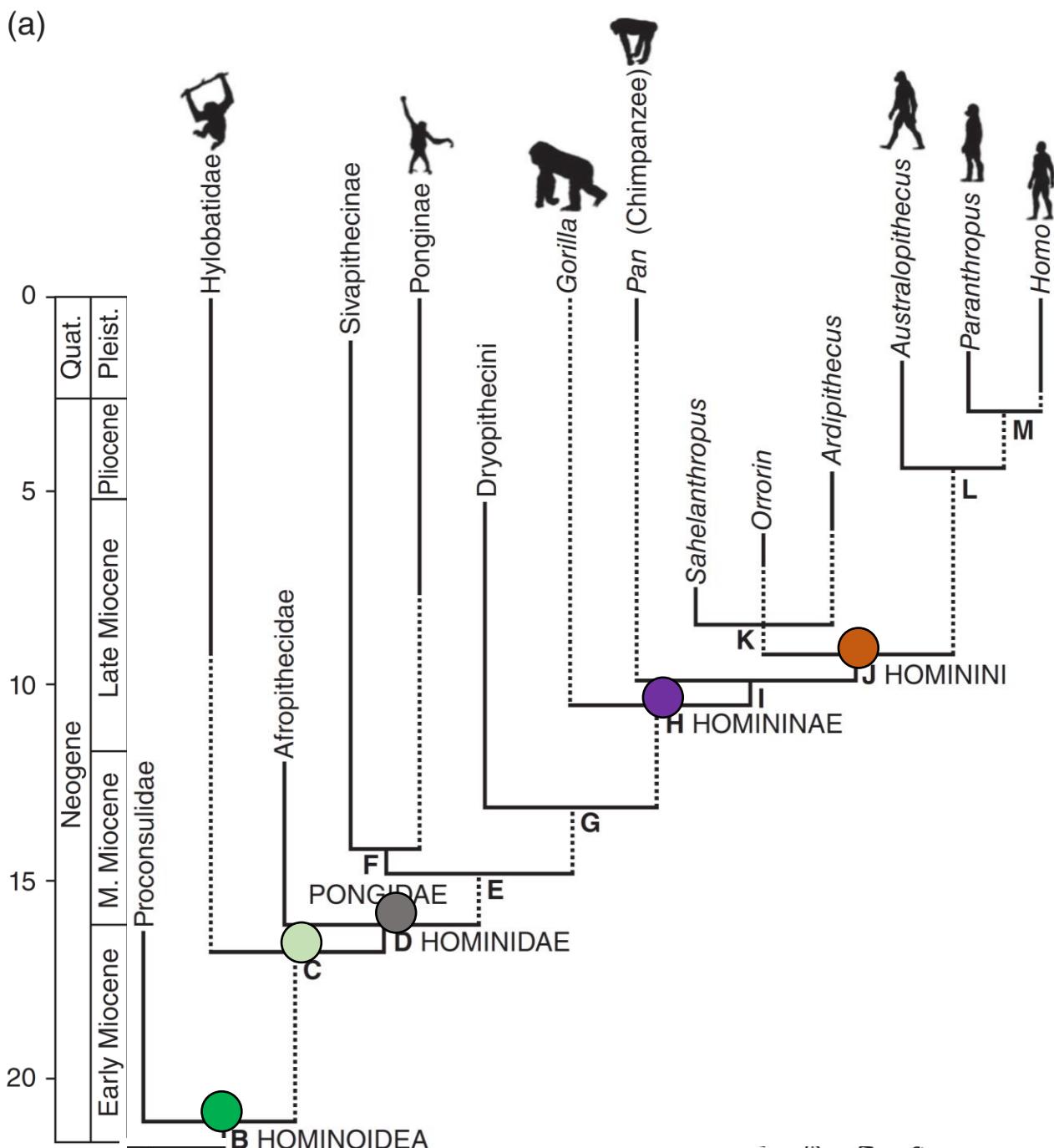
● HOMINOIDEA: aumento dimensioni cervello; coda assente.

● Seni grandi; braccia più lunghe delle gambe; ampio torace; pollice opponibile

● HOMINIDAE: mascellare e premascellare ampi; orbite più alte che larghe; incisivi, canini e molari più robusti e allargati; arti posteriori ridotti in lunghezza.

● HOMININAE: viso perpendicolare rispetto al tetto cranico; arcata sopraccigliare ingrandita; seno frontale; adattamenti per deambulazione

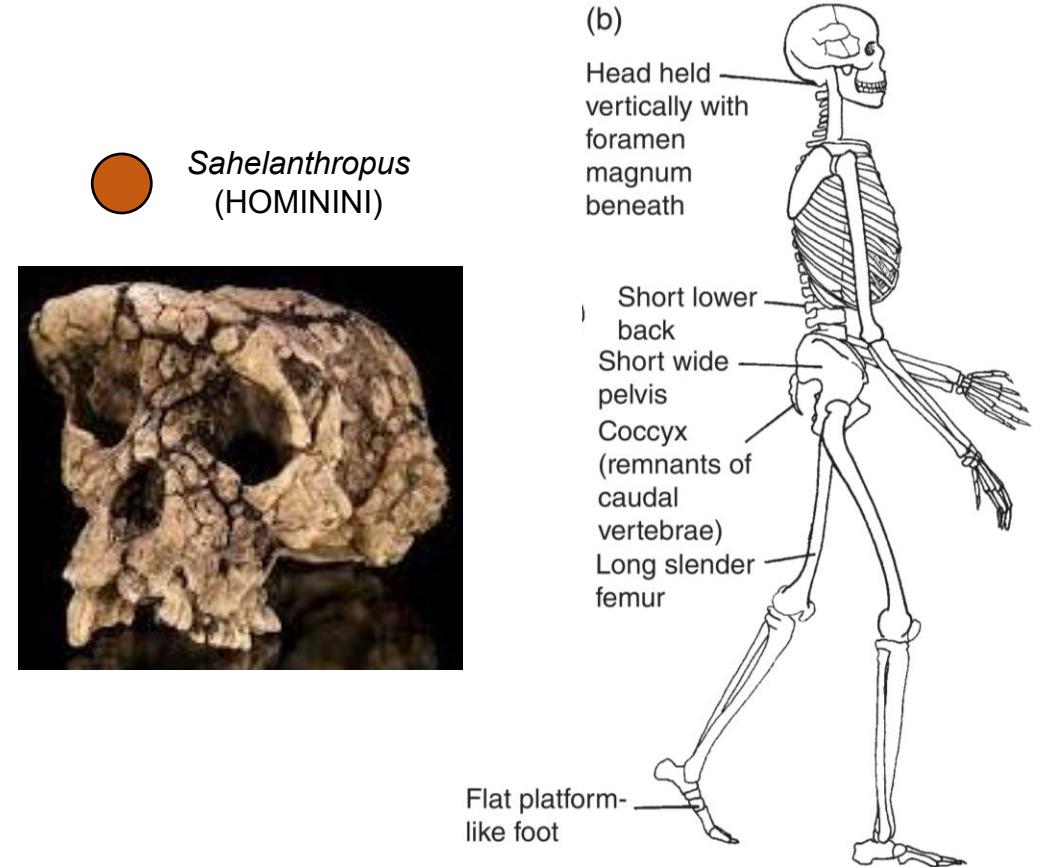
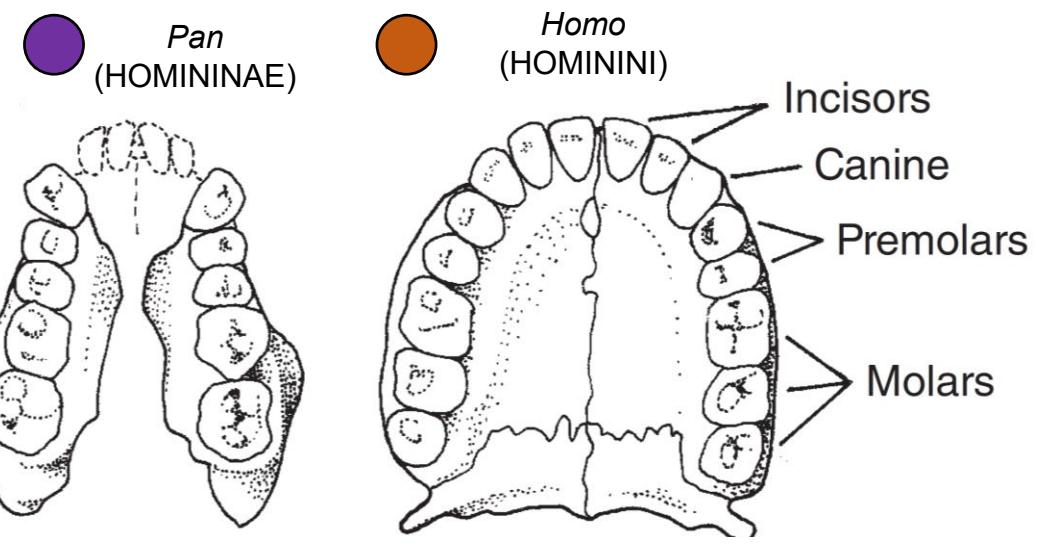
● HOMININI: è il clade (a livello di tribù) che include le specie umane, caratterizzate da: **postura bipede completa; grande cervello;** arti posteriori relativamente lunghi; bacino svasato; foramen magnum situato sotto al cranio; canini piccoli; arcata dentaria a U.



# L'acquisizione dei caratteri umani

L'acquisizione dei caratteri che porterà all'uomo includono:

- HOMINOIDEA: aumento dimensioni cervello; coda assente.
- Seni grandi; braccia più lunghe delle gambe; ampio torace; pollice opponibile
- HOMINIDAE: mascellare e premascellare ampi; orbite più alte che larghe; incisivi, canini e molari più robusti e allargati; arti posteriori ridotti in lunghezza.
- HOMININAE: viso perpendicolare rispetto al tetto cranico; arcata sopraccigliare ingrandita; seno frontale; adattamenti per deambulazione
- HOMININI: è il clade (a livello di tribù) che include le specie umane, caratterizzate da: **postura bipede completa; grande cervello;** arti posteriori relativamente lunghi; bacino svasato; foramen magnum situato sotto al cranio; canini piccoli; arcata dentaria a U.



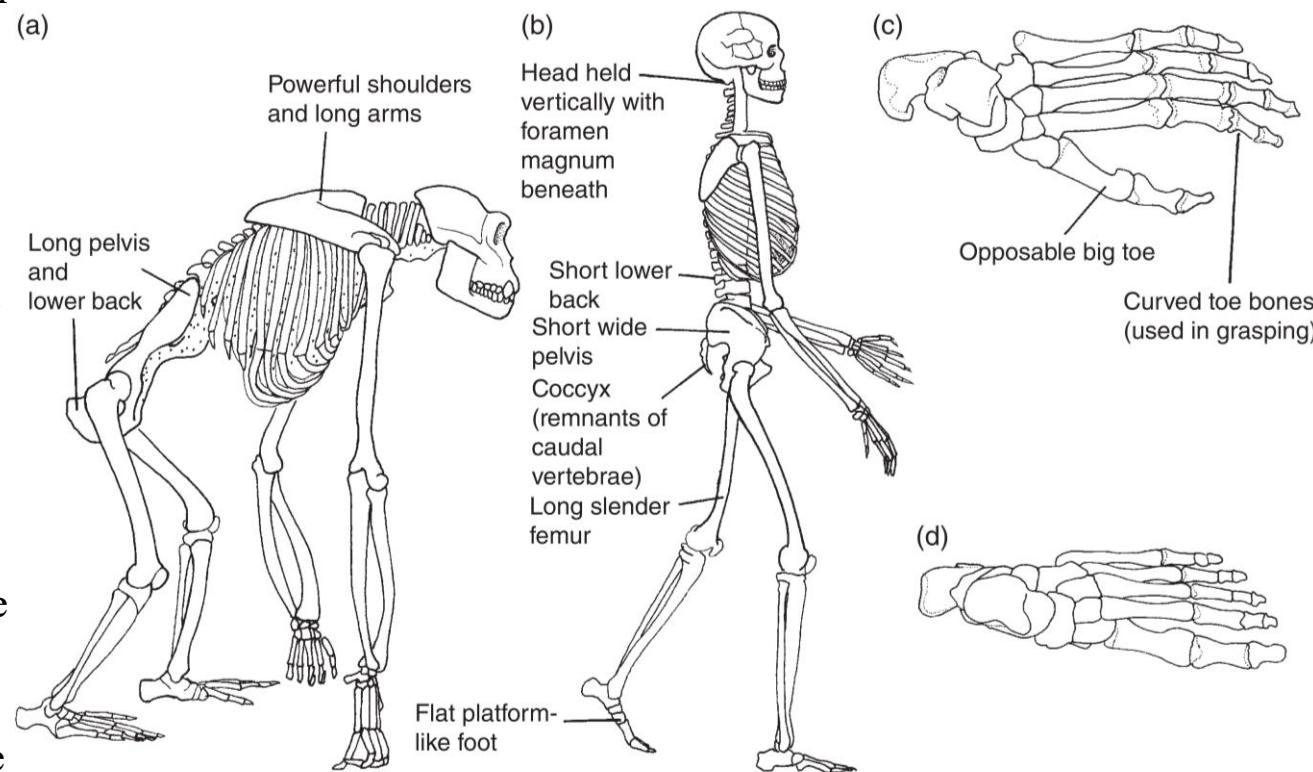
# L'Evoluzione umana

Due principali caratteri separano le specie umane dalle scimmie antropomorfe: 1) bipedia e 2) grandi dimensioni del cervello.

## 1) Bipedia

Camminare eretti sugli arti posteriori ha indotto cambiamenti anatomici di diverse parti ossee dell'intero corpo:

- il piede acquisisce una struttura piatta e design come ammortizzatore, con alluce non opponibile e falangi diritte
- l'angolo d'articolazione del ginocchio si sposta in posizione obliqua per permettere un'articolazione diritta
- allungamento di tutte le ossa della gamba
- articolazione dell'anca rivolta verso il basso e lateralmente
- il femore ha una testa articolare a palla che si adatta all'articolazione dell'anca
- il bacino diviene corto e simile ad una ciotola perché deve sostenere l'intestino e la colonna vertebrale assume una curvatura a S



**Figure 11.10** Comparison of (a) the skeleton and (c) foot of a gorilla with those (b,d) of a modern human, to show major changes in posture and the anatomical changes associated with bipedalism. Source: Adapted from Lewin (2005).

# L'Evoluzione umana

## 1) Bipedia

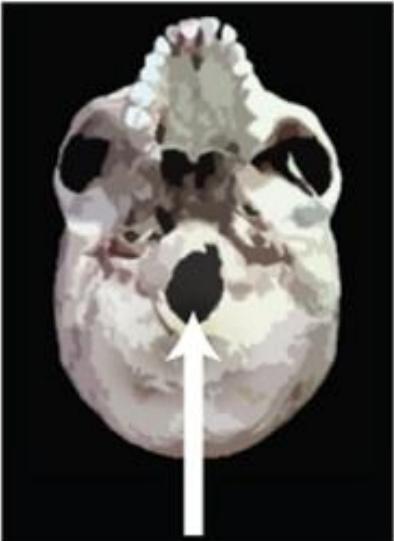
La bipedia ha introdotto anche alcuni cambiamenti al livello del cranio, in quanto ora si trova alla sommità della colonna vertebrale, invece che anteriormente ad essa:

- Il **forame magno**, da cui fuoriesce il midollo spinale, ora è posto sotto, invece che dietro al tetto cranico.
- E' proprio questa caratteristica che permette ad un paleontologo di identificare un ominide bipede persino da un frammento del cranio nella regione del foramen magnum.

Chimpanzee



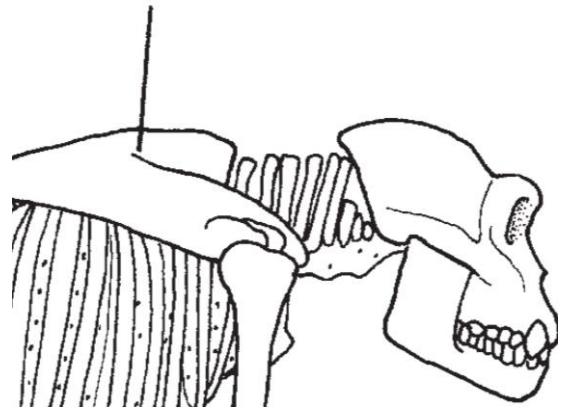
Modern Human



*Sahelanthropus*



Powerful shoulders  
and long arms



Head held —  
vertically with  
foramen  
magnum  
beneath

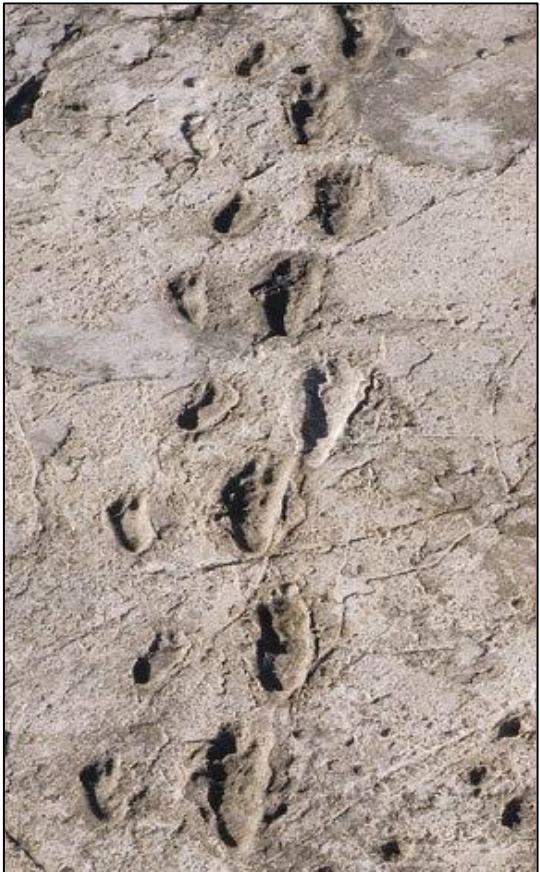


# L'Evoluzione umana

## 1) Bipedia

Le più antiche testimonianze fossili di bipedia possono essere riconosciute:

- dai caratteri scheletrici dei più antichi scheletri di ominidi australopiteci (2,9-4,4 Ma) come "Lucy"
- in alcune **piste fossili di orme umane** (come quella celebre di Laetoli, Tanzania) (3,75 Ma)



La famosa pista fossile di Laetoli (Tanzania). Le impronte sono state lasciate da almeno tre individui che avanzavano (due adulti e un giovanissimo). Poiché le tracce vanno tutte nella stessa direzione, è stato ipotizzato che i tre individui appartenessero ad uno stesso gruppo familiare.



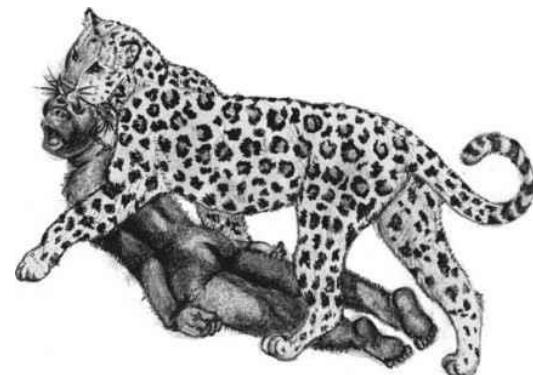
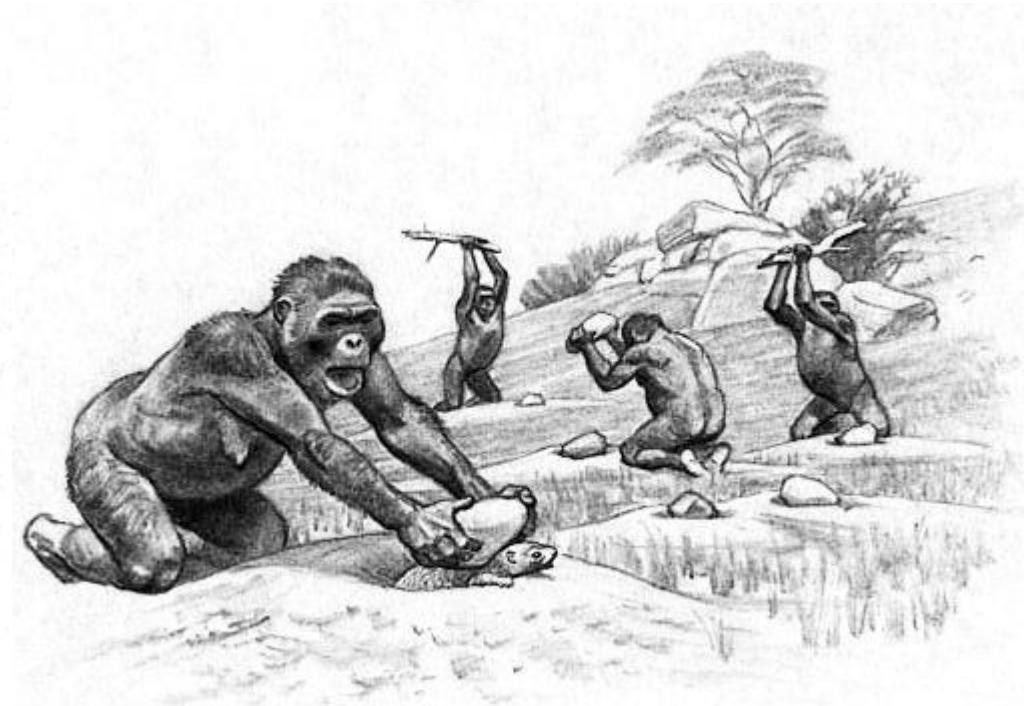
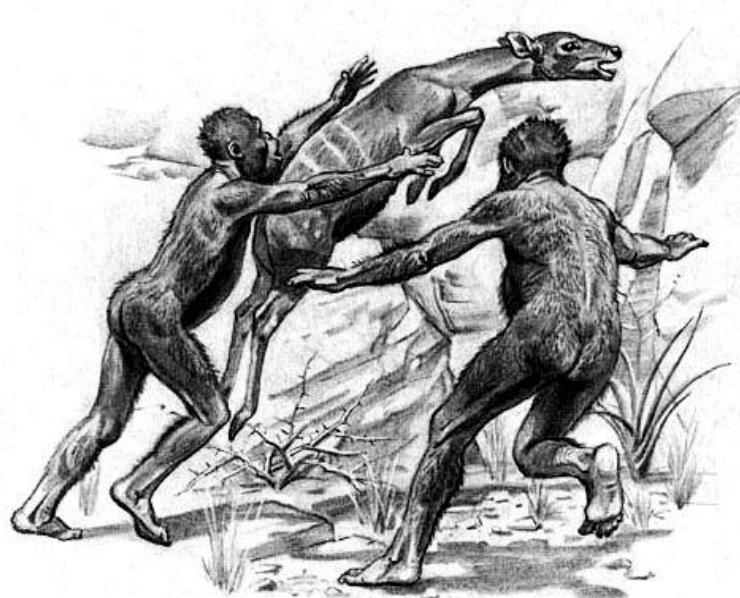
«Lucy», il primo esemplare di *Australopithecus afarensis* (3,9-2,9 Ma) il cui scheletro è completo al 40%

# L'Evoluzione umana

## 1) Bipedia

### *Vantaggi della bipedia*

- aumento del campo visivo
- scorgere più facilmente prede e predatori nella savana
- gli arti superiori diventano liberi di svolgere altre funzioni, ad esempio:
  - manipolare e trasportare cibo, oggetti e strumenti
  - difendersi da predatori lanciando oggetti contro e apparendo più grandi
  - trasportare la prole e difenderla più efficacemente

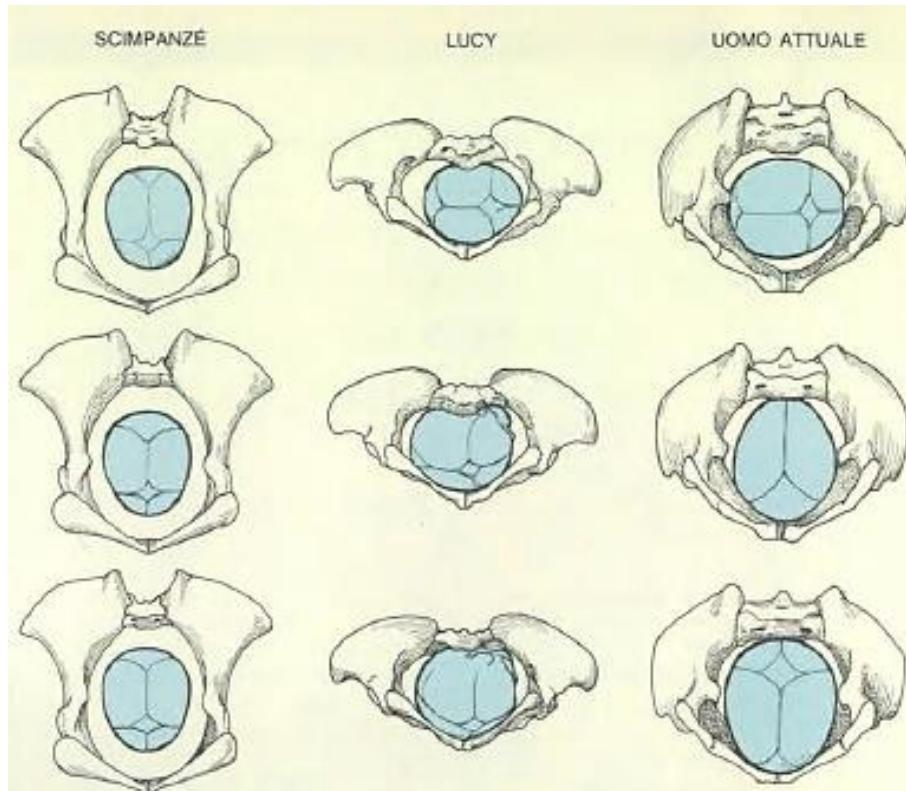


# L'Evoluzione umana

## 1) Bipedia

### Svantaggi della bipedia

- velocità più lenta e più elevato consumo energetico
- problemi derivati dai cambiamenti anatomici (tensione su quelle parti del corpo che non sono ben progettate per camminare in posizione verticale)
- lesioni alla schiena e dolore a causa del peso sulle vertebre (e quindi mal di schiena, dolore cervicale, ernie dei dischi vertebrali, ecc)
- parto più difficoltoso e doloroso a causa di un più voluminoso cranio del nascituro e a causa del cambiamento strutturale del bacino stesso

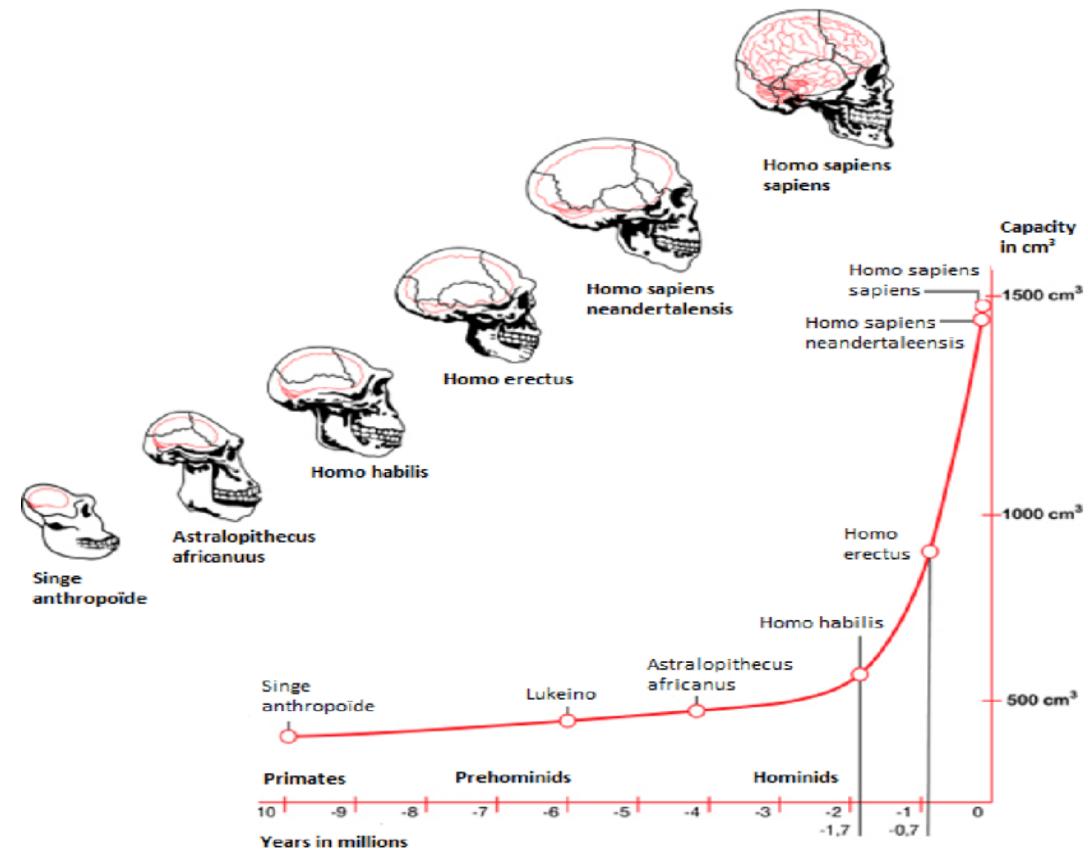


Il parto ha modellato la pelvi di tipo umano in competizione con gli effetti della locomozione bipede. Nella pelvi dello scimpanzé (vista da dietro) la testa del neonato passa senza difficoltà attraverso l'imboccatura (*in alto*), il condotto mediano (*al centro*) e lo shocco (*in basso*) del canale del parto. Per Lucy partorire doveva essere un po' più difficile. I suoi ilei brevi e svasati erano adatti alla deambulazione, ma davano origine a un canale del parto piuttosto stretto in senso antero-posteriore. La testa del piccolo riusciva ad attraversarlo solo disponendosi di traverso e inclinandosi. Il voluminoso cervello del neonato umano richiede un canale nettamente più rotondo. La pelvi dovette perciò allungarsi, perdendo in parte la svasatura degli ilei e quindi il vantaggio meccanico degli abduttori. Ciò nonostante il parto umano è un evento complesso e traumatico in cui la testa del neonato deve compiere due successive rotazioni dentro il canale. L'illustrazione si basa su uno schema di Robert G. Tague della Louisiana State University e di Linda Budinoff della Kent State University.

# L'Evoluzione umana

## 2) Grandi dimensioni del cervello

- La seconda caratteristica umana è un cervello più grande (che passa dai 630 cm<sup>3</sup> dei primi ominidi, ai 1350 cm<sup>3</sup> della specie *Homo sapiens*).
- Un grande cervello si sviluppò tardi nell'evoluzione, rispetto ad altri caratteri anatomici, ma in tempi relativamente brevi (in circa 1,5 Ma).



*Sahelanthropus tchadensis*   *Australopithecus africanus*



Dated to 7.6 million  
years ago

*Homo erectus*



Dated to 1.000.000  
years ago

*Homo neanderthalensis*



Dated to 50,000  
years ago

*Homo sapiens*



Dated to 30,000-10,000  
years ago

# I primi passi dell'Evoluzione umana

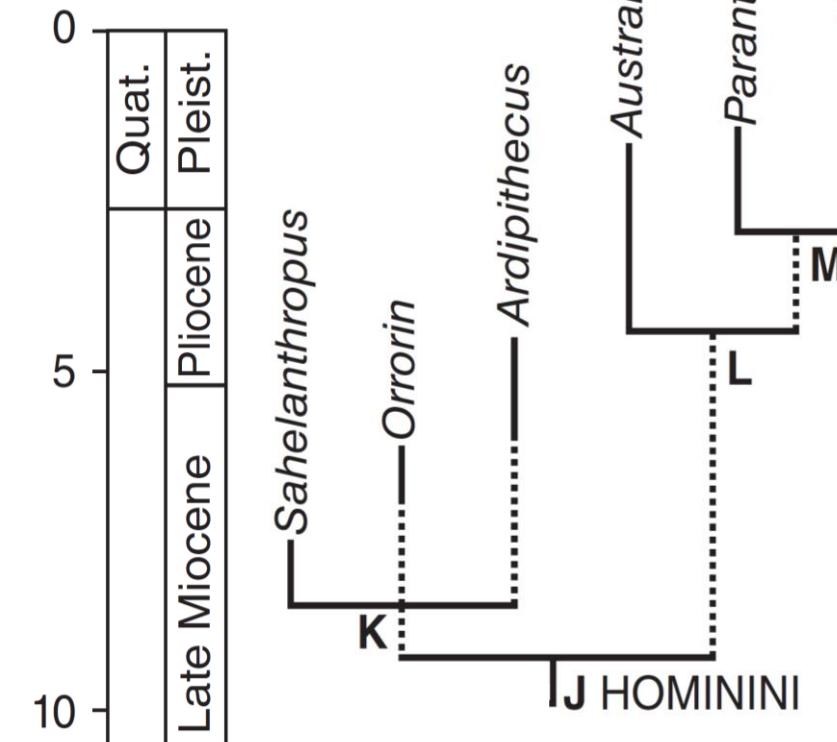
- Fino agli anni '90 tutti gli ominini fossili (ad eccezione di *Homo*) erano attribuiti ad un unico genere, *Australopithecus*, ma nuovi ritrovamenti suggeriscono una classificazione più complessa.
- Allo stesso modo, fino ad allora si riteneva che il genere *Homo* fosse costituito da sole 3 specie (*H. habilis*, *H. erectus*, *H. sapiens*), mentre **oggi si ritiene che il genere *Homo* comprenda almeno 10 specie valide.**

La linea evolutiva che porta agli umani attuali include almeno 22 specie in 6 generi:

- *Sahelanthropus*
- *Orrorin*
- *Ardipithecus*
- *Australopithecus*
- *Paranthropus*
- *Homo*

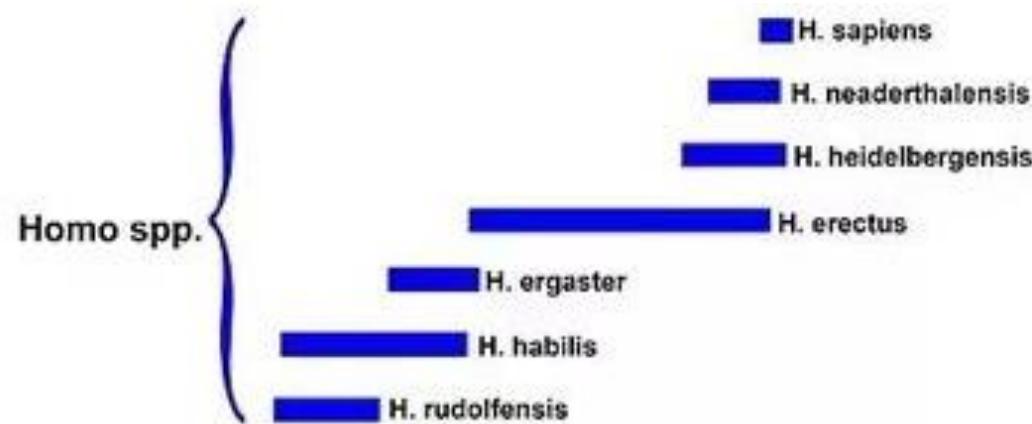


Questi 4 generi sono quelli di maggiore interesse perché è seguendo la loro linea evolutiva che si arriva a quella umana.



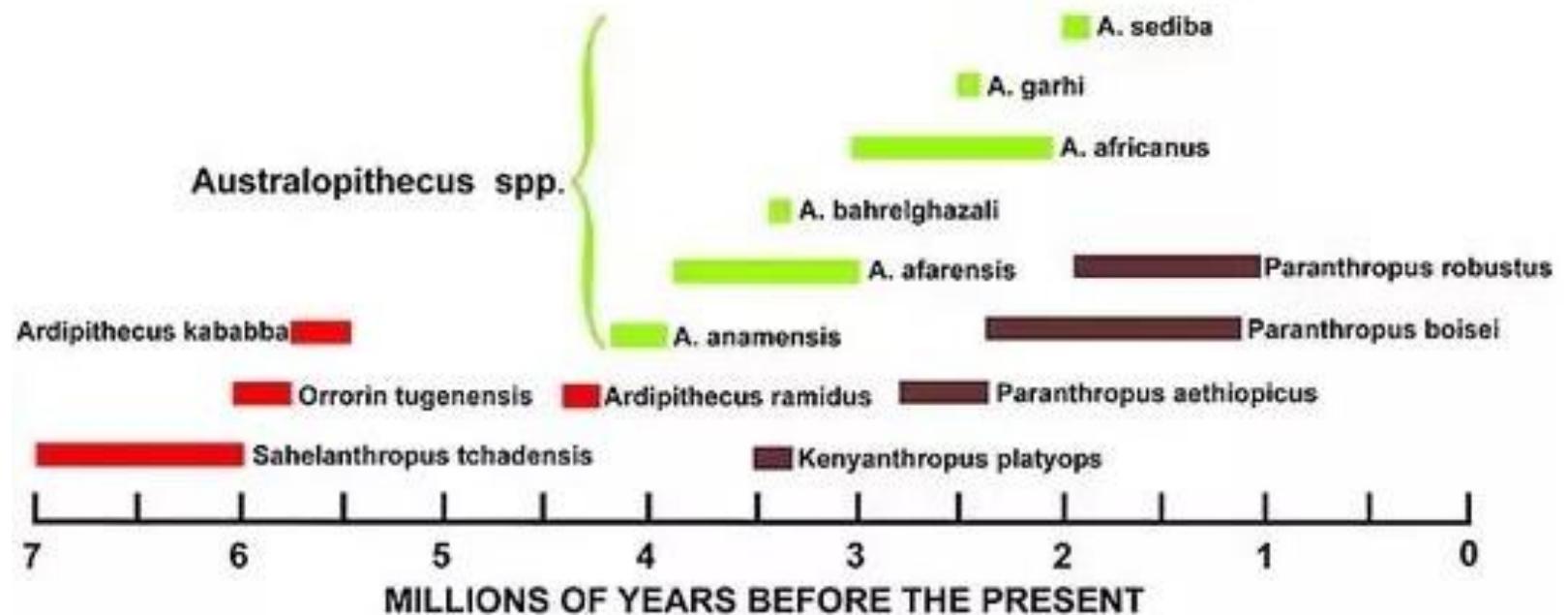
# I primi passi dell'Evoluzione umana

- Le specie all'interno di questi 4 generi si sono succedute con un turnover che va da qualche migliaio di anni a circa 1 milione di anni.



La linea evolutiva che porta agli umani attuali include almeno 22 specie in 6 generi:

- Sahelanthropus*
- Orrorin*
- Ardipithecus*
- Australopithecus*
- Paranthropus*
- Homo*

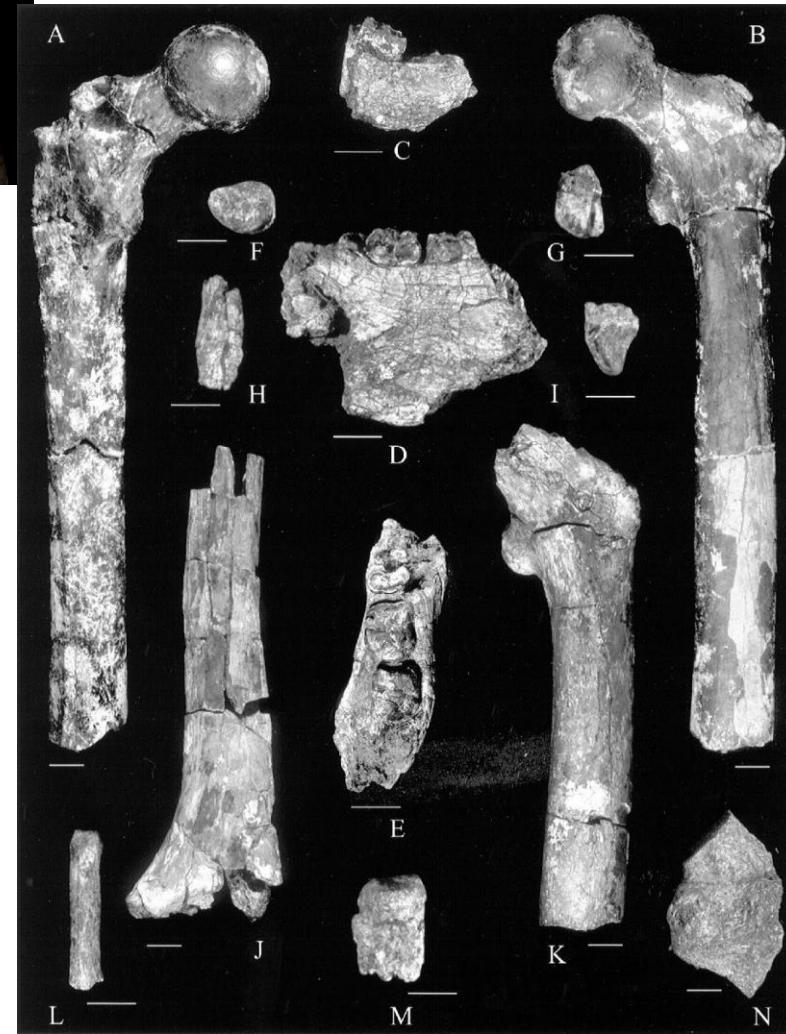


# I primi passi dell'Evoluzione umana

## *Sahelanthropus* (Miocene Sup., 7 Ma; Ciad)

Il più antico genere umano (tribù Hominini) è rappresentato da un cranio quasi completo che mostra un mix di caratteri primitivi e avanzati:

- *primitivi*: cervello di 320–380 cm<sup>3</sup>, paragonabile a quello dello scimpanzé.
- *avanzati*: canini ridotti e arcate sopraccigliari prominenti come *Homo*.



## *Orrorin* (Miocene Sup.; 6 Ma; Kenya)

Di poco più recente, presenta anch'esso un mix di caratteri:

- *primitivi*: denti e ossa del bacino da scimmia antropomorfa
- *avanzati*: i femori suggeriscono che *Orrorin* fosse già un bipede eretto

# I primi passi dell'Evoluzione umana

## *Ardipithecus* (Pliocene; 4,4 Ma; Etiopia)

E' rappresentato da 110 fossili, incluso uno scheletro femminile quasi completo di un individuo alto circa 120 cm per 50 kg di peso, caratterizzato da un mix di caratteri...

*primitivi:*

- piccolo cervello (300–350 cm<sup>3</sup>)
- i denti indicano una dieta principalmente vegetariana
- le ossa degli arti mostrano che poteva arrampicarsi sugli alberi
- alluce divergente, come in scimpanzé e gorilla

*avanzati:*

- i canini piccoli mostrano ridotta aggressività sociale.
- il forame magno in posizione anteriore prova la bipedia, sebbene meno evoluta che in *Australopithecus* e *Homo*.
- le articolazioni delle falangi dei piedi mostrano che potevano piegarsi verso l'alto, al fine di compiere dei passi.

Boisserie (2010) *Annales d'Éthiopie* 25:271-281

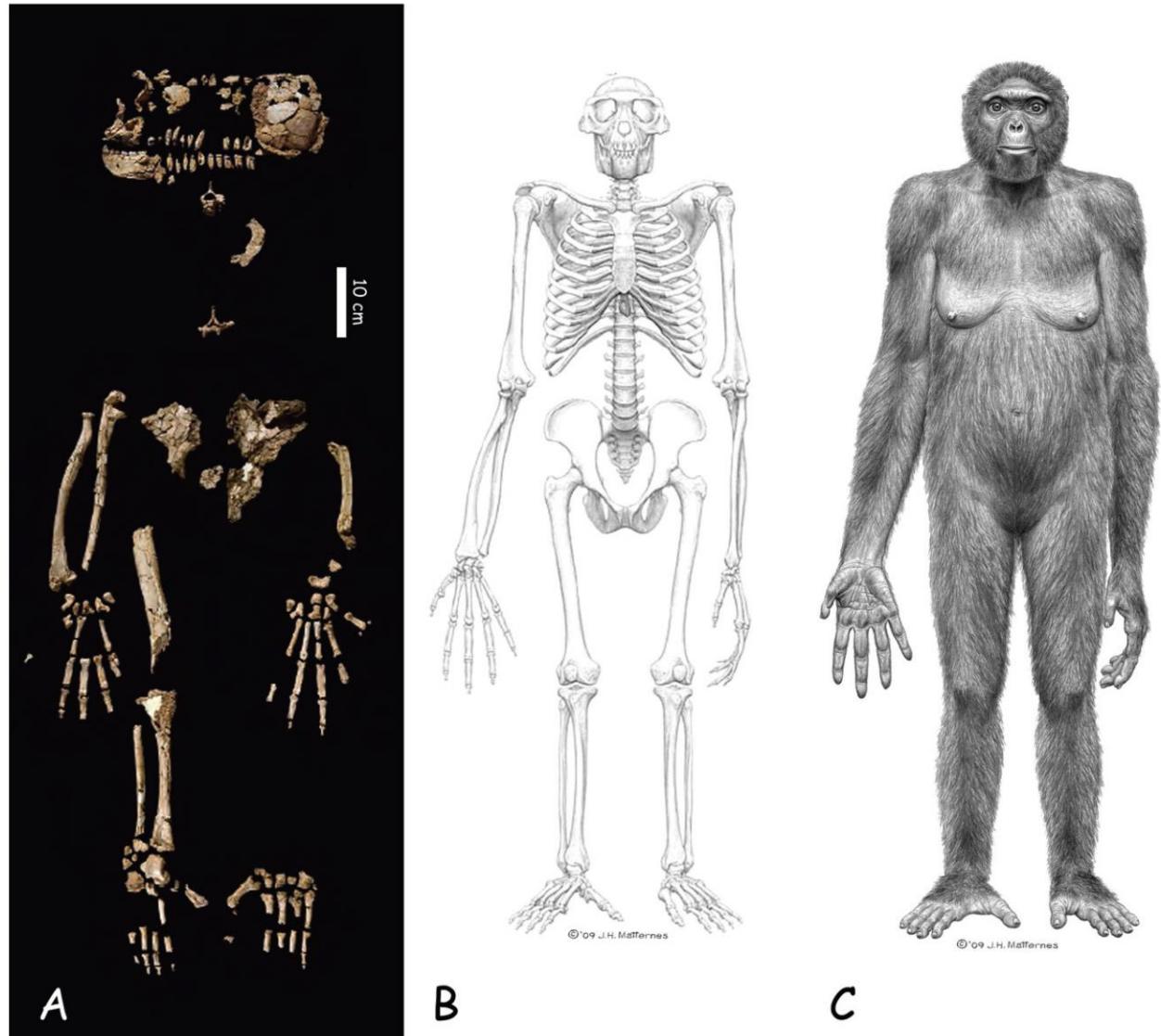


Fig. 1 – Ardi from bones to flesh. A: ARA-VP 1/500, partial skeleton of *Ardipithecus ramidus*; B: reconstruction of the complete skeleton; C: life reconstruction. Images courtesy of Berhane Asfaw.

# I primi passi dell'Evoluzione umana

«Lucy», il primo esemplare della specie *A. afarensis*  
(3,2 Ma) il cui scheletro è completo al 40%

## *Australopithecus* (Pliocene - Pleistocene: 4,5-1,9 Ma)

- E' sicuramente l'ominide non-*Homo* più celebre. Il primo esemplare fu ritrovato dalla paleoantropologa **Mary Leakey** nel 1924 vicino al Lago Turkana in Kenya.
- La scoperta più celebre fatta però da **Donald Johanson** che nel 1974 scoprì "Lucy", un esemplare della specie *A. afarensis* che conserva il 40% delle ossa. A lungo considerato il famoso "anello mancante" tra le scimmie antropomorfe e l'uomo, costituisce in effetti una forma intermedia tra *Ardipithecus* e *Homo*, per la presenza di caratteri primitivi e derivati.

Tra quelli primitivi:

- altezza 100-120 cm con una dimensione del cranio di 415 cm<sup>3</sup>
- mascella ancora primitiva, con canini grandi
- piccolo diastema tra incisivi e canini
- braccia lunghe, gambe corte e dita con falangi ricurve (usava ancora le mani per aggrapparsi ai rami)

Mary Leakey

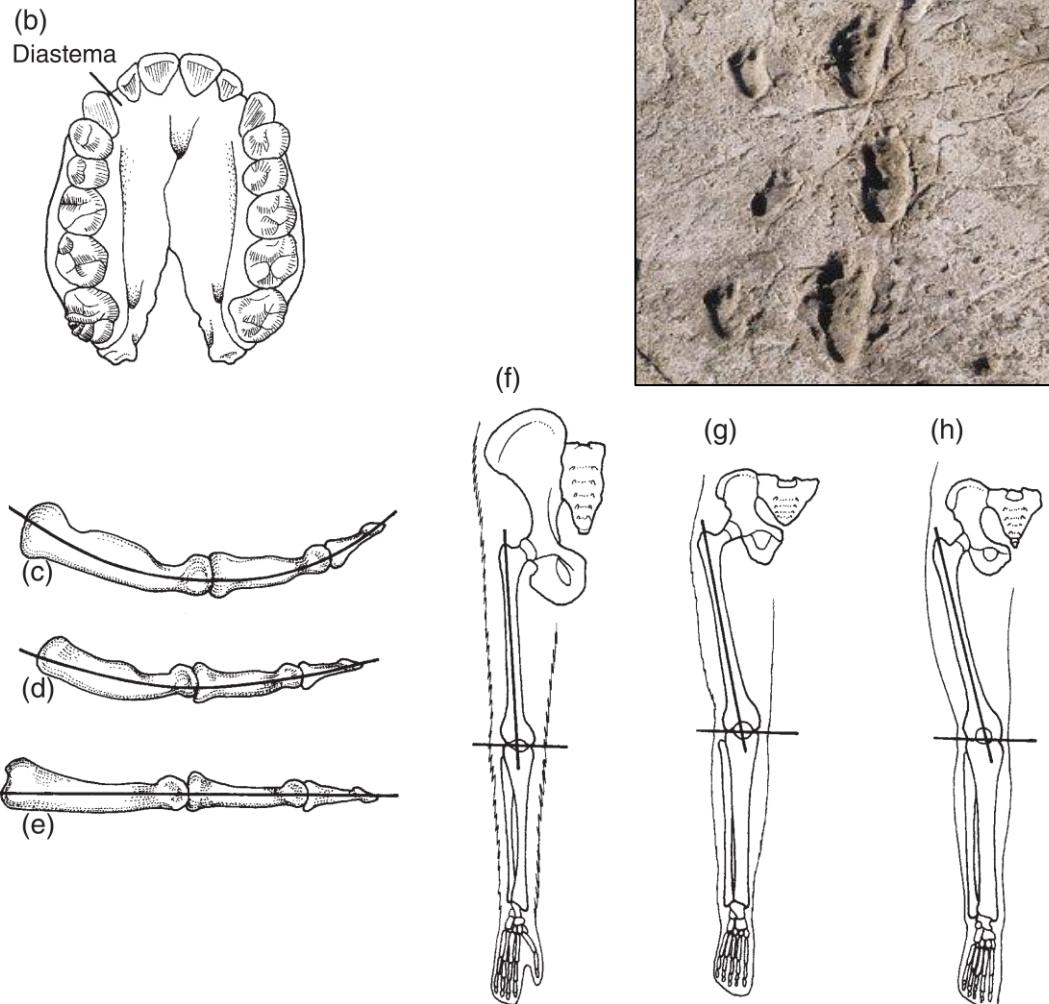


# I primi passi dell'Evoluzione umana

*Australopithecus* (Pliocene - Pleistocene: 4,5-1,9 Ma)

I caratteri più derivati da "umano" comprendono:

- arcata dei denti arrotondata
- falangi e ossa degli arti posteriori e il bacino sono completamente adattati alla **locomozione bipede**
- i diversi esemplari di *Australopithecus* indicano che era una specie caratterizzata da **dimorfismo sessuale accentuato**, con i maschi che avevano le mandibole più grandi del 30% rispetto a quelle delle femmine.



skeleton of 'Lucy', the oldest reasonably complete hominid, *Au. afarensis*; (b) palate of 'Lucy'; fingers of (c) an ape, (d) *Australopithecus* and (e) a modern human, showing the loss of curvature, used for grasping branches; the hindlimbs of (f) an ape, (g) *Au. afarensis* and (h) a modern human, showing changes in pelvic shape, limb bone length and angle. Source: (a) Adapted from various photographs. (b,f-h) Adapted from Lewin (2005). (c-e) Adapted from Napier (1962).

# I primi passi dell'Evoluzione umana

## *Paranthropus* (Pliocene Sup.- Pleistocene Medio; 2,6-0,6 Ma)

Era un grande ominide (170 cm per 50 kg) con una più grande capacità cranica (520 cm<sup>3</sup>). Aveva caratteri più evoluti rispetto ad *Australopithecus* ed

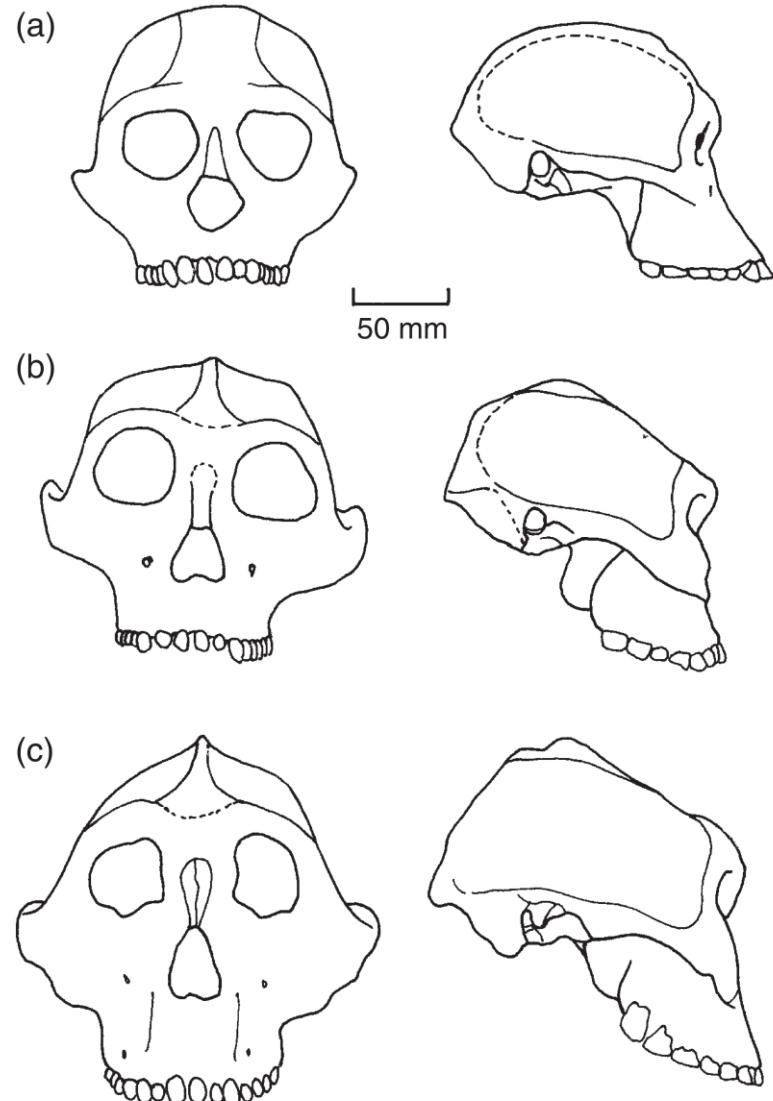
**è quindi il genere umano più vicino a *Homo*:**

- faccia più perpendicolare al tetto cranico
- canini piccoli e perdita del diastema tra incisivi e canini

Alcune specializzazioni però lo pongono al di fuori della linea evolutiva che porta agli attuali umani:

- **cresta sagittale sul cranio** (per l'attacco dei potenti muscoli delle mandibole, come nei gorilla)
- **molari e premolari più massicci** che in *Australopithecus* e

*Homo*, ricoperti da spessi strati di smalto per una dieta fatta di vegetali fibrosi.



**Figure 11.15** Skull proportions of the australopiths: skulls of (a) *Australopithecus africanus*, (b) *Paranthropus robustus* and (c) *P. boisei* in anterior (top) and lateral (bottom) views. Source: Adapted from Tobias (1967).

# I primi passi dell'Evoluzione umana

- *Sahelanthropus*
- *Orrorin*
- *Ardipithecus*
- *Australopithecus*
- *Paranthropus*

- Tutti questi generi non hanno mai lasciato l'Africa poichè i loro fossili non sono stati trovati in altri continenti...
- ...cosa che invece farà il genere *Homo*.



# Il genere *Homo*

(Pleistocene - Attuale)

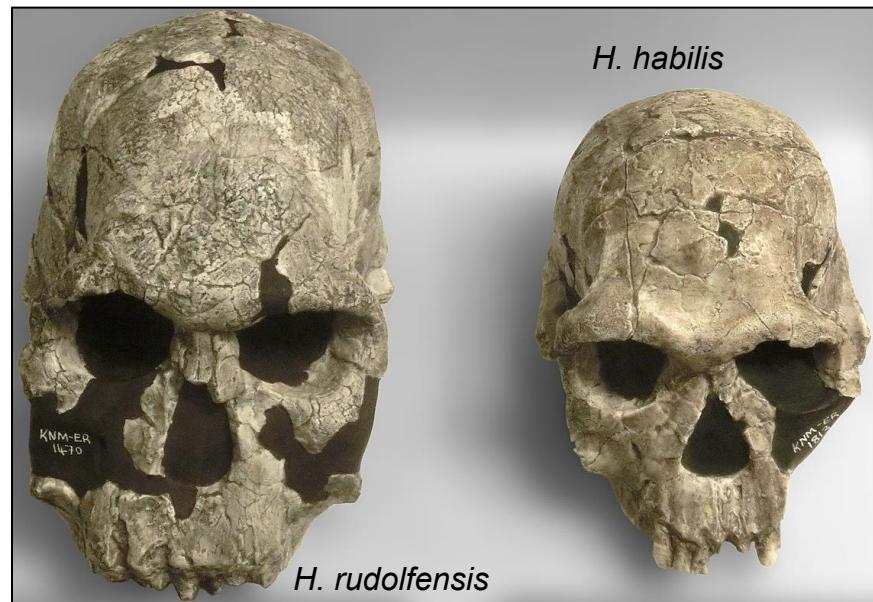
Il genere *Homo* comprende:

- oltre 16 specie nominali (di cui almeno 6 probabili sinonimi)
- **almeno 10 specie valide**

Lineages	Temporal range (kyr)	Habitat	Adult height	Adult mass	Cranial capacity (cm³)	Fossil record	Discovery/publication of name
<i>H. habilis</i> membership in <i>Homo</i> uncertain	2,100–1,500 <sup>[9][10]</sup>	Tanzania	110–140 cm (3 ft 7 in – 4 ft 7 in)	33–55 kg (73–121 lb)	510–660	Many	1960 1964
<i>H. rudolfensis</i> membership in <i>Homo</i> uncertain	1,900	Kenya			700	2 sites	1972 1986
<i>H. gautengensis</i> also classified as <i>H. habilis</i>	1,900–600	South Africa	100 cm (3 ft 3 in)			3 individuals <sup>[78][11]</sup>	2010 2010
<i>H. erectus</i>	1,900–140 <sup>[79][12][80][13]</sup>	Africa, Eurasia	180 cm (5 ft 11 in)	60 kg (130 lb)	850 (early) – 1,100 (late)	Many <sup>[14][m]</sup>	1891 1892
<i>H. ergaster</i> African <i>H. erectus</i>	1,800–1,300 <sup>[82]</sup>	East and Southern Africa			700–850	Many	1949 1975
<i>H. antecessor</i>	1,200–800	Western Europe	175 cm (5 ft 9 in)	90 kg (200 lb)	1,000	2 sites	1994 1997
<i>H. heidelbergensis</i> early <i>H. neanderthalensis</i>	600–300 <sup>[n]</sup>	Europe, Africa	180 cm (5 ft 11 in)	90 kg (200 lb)	1,100–1,400	Many	1907 1908
<i>H. cepranensis</i> a single fossil, possibly <i>H. heidelbergensis</i>	c. 450 <sup>[83]</sup>	Italy			1,000	1 skull cap	1994 2003
<i>H. longi</i>	309–138 <sup>[84]</sup>	Northeast China			1,420 <sup>[85]</sup>	1 individual	1933 2021
<i>H. rhodesiensis</i> early <i>H. sapiens</i>	c. 300	Zambia			1,300	Single or very few	1921 1921
<i>H. naledi</i>	c. 300 <sup>[86]</sup>	South Africa	150 cm (4 ft 11 in)	45 kg (99 lb)	450	15 individuals	2013 2015
<i>H. neanderthalensis</i>	240–40 <sup>[89][p]</sup>	Europe, Western Asia	170 cm (5 ft 7 in)	55–70 kg (121–154 lb) (heavily built)	1,200–1,900	Many	1829 1864
<i>H. floresiensis</i> classification uncertain	190–50	Indonesia	100 cm (3 ft 3 in)	25 kg (55 lb)	400	7 individuals	2003 2004
Nesher Ramla <i>Homo</i> classification uncertain	140–120	Israel				several individuals	2021
<i>H. tsaichangensis</i> possibly <i>H. erectus</i> or Denisova	c. 100 <sup>[q]</sup>	Taiwan				1 individual	2008(?) 2015
Denisova hominin	40	Siberia				2 sites	2000 2010 <sup>[r]</sup>
Red Deer Cave people possible <i>H. sapiens</i> subspecies or hybrid	15–12 <sup>[s][94]</sup>	Southwest China				Very few	
<i>H. sapiens</i> (anatomically modern humans)	c. 300–present <sup>[o]</sup>	Worldwide	150–190 cm (4 ft 11 in – 6 ft 3 in)	50–100 kg (110–220 lb)	950–1,800	(extant)	— 1758
<i>H. luzonensis</i>	c. 67 <sup>[92][93]</sup>	Philippines				3 individuals	2007 2019

## Il genere *Homo*

- ***Homo habilis*** (2,1-1,5 Ma). Negli anni '60 nella Gola di Olduvai (Tanzania) Louis Leakey (marito di Mary) rinvenne la mandibola e resti del cranio di *H. habilis* forse la prima specie della nostra linea evolutiva. Questo ominide possedeva un **cervello più grande rispetto agli ominidi non-*Homo*** (630-700 cm<sup>3</sup>) e le sue mani avevano la **capacità di manipolazione** per fabbricare utensili (da cui il nome "abile"). Ciò si evince dal ritrovamento, in livelli coevi, di "**chopper**", strumenti in pietra con un bordo tagliente ricavato tramite rimozione di scaglie da un solo lato.
- ***Homo rudolfensis*** (1,9 Ma). Un cranio più completo trovato 10 anni più tardi presso il Lago Turkana, anche chiamato Lago Rudolf (Kenya), fu inizialmente attribuito a *H. habilis*. Tuttavia, le dimensioni del cervello erano troppo grandi per un esemplare alto solo 130 cm. Venne così istituita la nuova specie *H. rudolfensis*.
- Il fatto che i resti di *H. habilis* e *H. rudolfensis* sono stati trovati in livelli coevi e nello stesso areale, anche in associazione con il genere *Paranthropus*, supporta la teoria che diverse specie umane vissero contemporaneamente negli stessi habitat e che presumibilmente interagivano tra loro in diversi modi.



## Il genere *Homo*

### *Homo erectus*

#### ***Homo erectus* (2,0-0,5 Ma)**

- Originatosi probabilmente in Africa circa 2 milioni di anni fa, mostra caratteri più avanzati rispetto a *H. habilis*. Il miglior esemplare è uno dei fossili di ominidi più completi mai trovati e fu scoperto nel 1984 da Richard Leakey nel lago Turkana (Kenya). Il cinto pelvico e i denti mostrano che l'individuo era un maschio di 12 anni, alto 160 cm, e con un cervello di 830 cm<sup>3</sup>.
- **Fu la prima specie ad uscire dall'Africa**, in quanto alcuni suoi resti furono trovati nell'isola di Giava (Indonesia), Europa occidentale, Medio Oriente e nel Sud Est Asiatico.
- Alla scoperta, fu dichiarato come l'«anello mancante» e denominato *Pithecanthropus erectus*, più tardi incluso nel genere *Homo* e quindi oggi conosciuto come ***Homo erectus***.

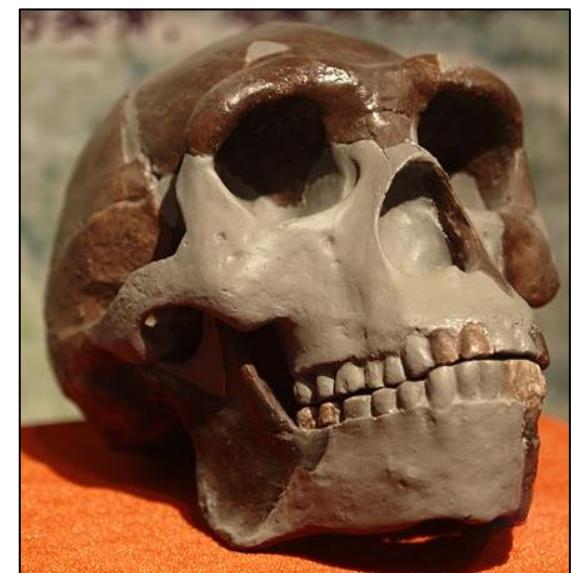
I diversi fossili di *H. erectus* mostrano che gli adulti possedevano:

*caratteri primitivi*:

- grande arcata sopracciliare e una mascella grande e senza mento

*caratteri avanzati*:

- capacità cranica più grande, da 850 a 1100 cm<sup>3</sup>
- arti e bacino mostrano adattamenti per una postura completamente bipede



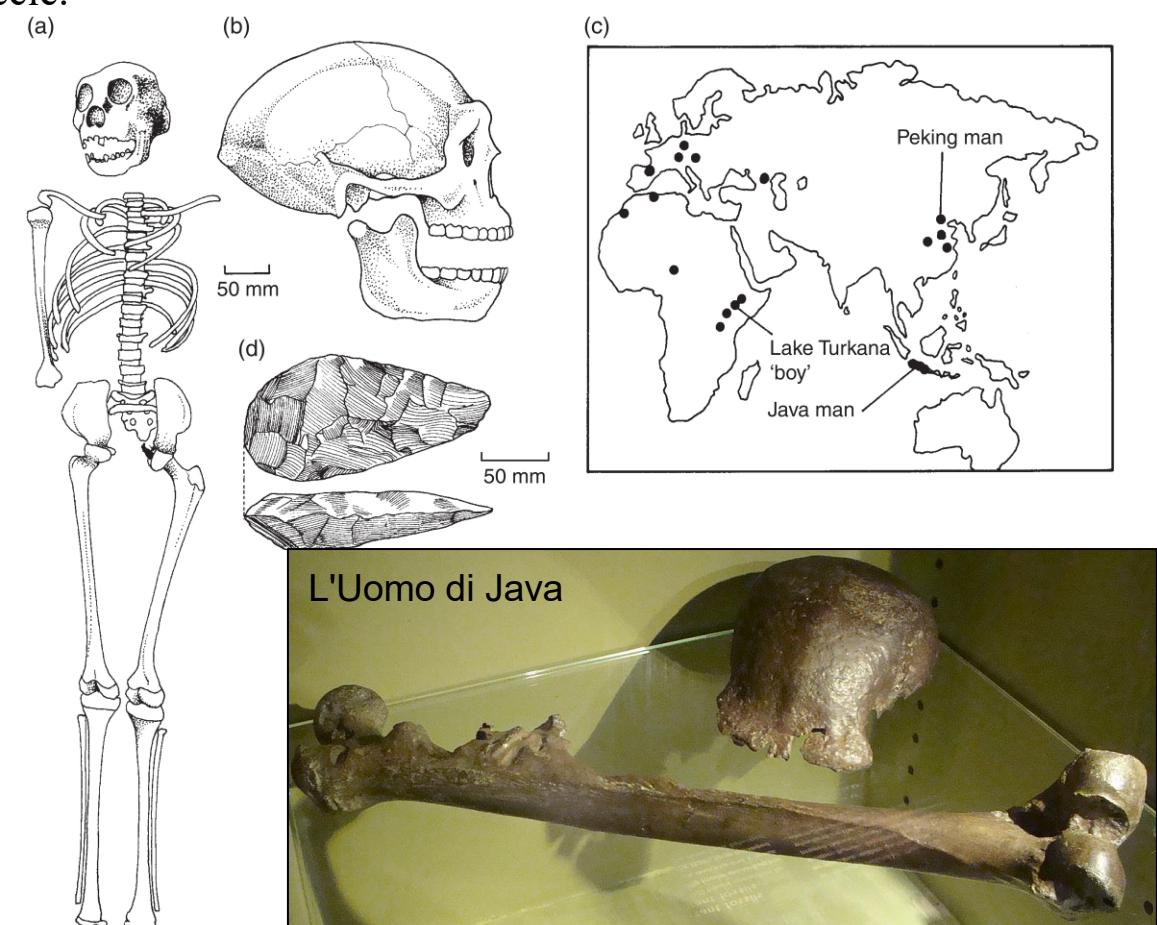
# Il genere *Homo*

## *Homo erectus* (2,0-0,5 Ma)

Alcuni esemplari di *H. erectus* risalenti a 1,8-0,6 milioni di anni fa, potrebbero appartenere a una specie separata, *H. ergaster*, benchè molti considerano questa specie come sinonimo di *H. erectus*, oppure come sottospecie.

Ma quand'è che *Homo* ha lasciato l'Africa per la prima volta?

- Fossili del Caucaso di *H. erectus* (*H. "georgicus"*) e dell'isola di Java (*H. "ergaster"*) sono datati a 1,8–1,7 Ma fa.
- **Per cui è possibile che *Homo erectus* abbia lasciato l'Africa intorno a 2 Ma fa.**

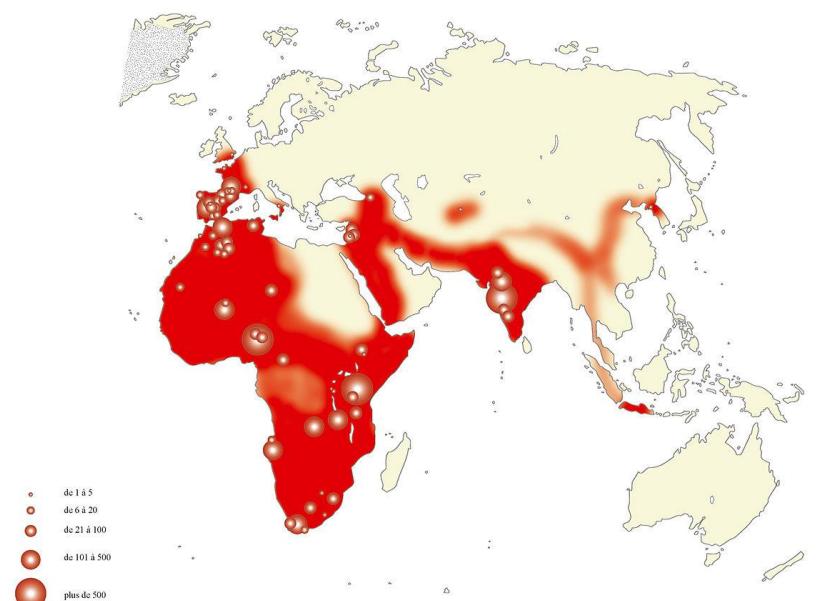
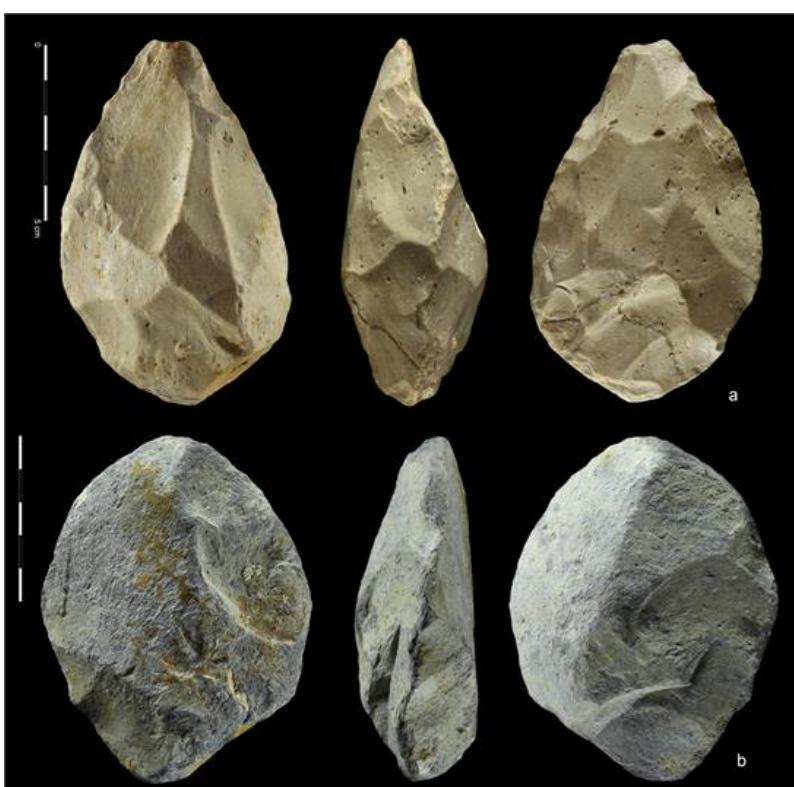
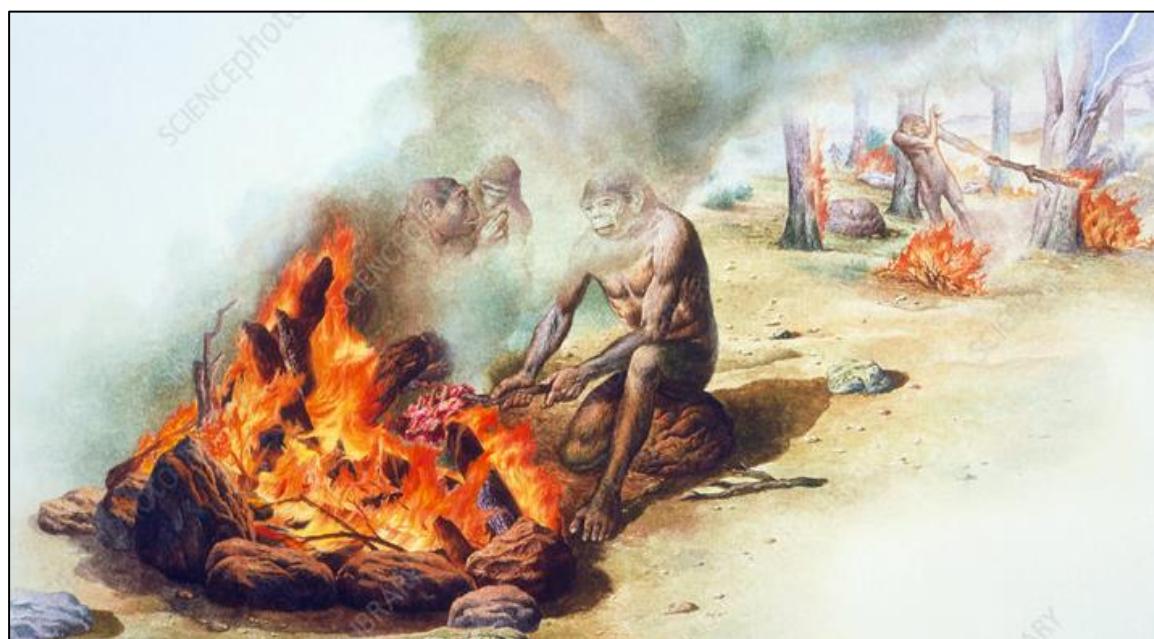


**Figure 11.17** Finds of *Homo ergaster* (a) and *H. erectus* (b): (a) the skeleton of a youth from Lake Turkana, Kenya; (b) skull of Peking man; (c) map showing the distribution of finds of *H. erectus* and *H. ergaster*; (d) Acheulean hand axe. Source: (a) Adapted from a photograph. (b) Adapted from Black (1934). (c) Adapted from Delson (1985). (d) Adapted from Savage and Long (1986).

# Il genere *Homo*

## *Homo erectus* (2,0-0,5 Ma)

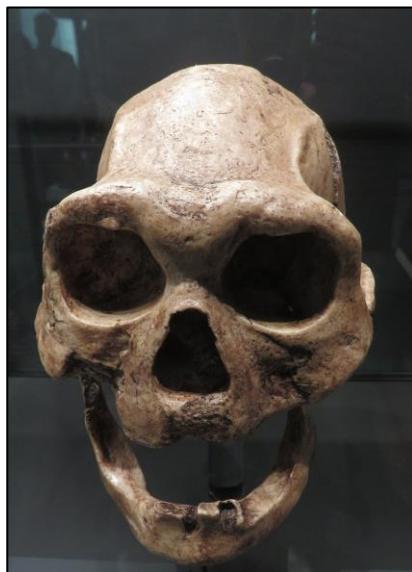
- *H. erectus* potrebbe essere stato il primo ominide ad "**addomesticare**" **il fuoco** per tenere lontani predatori e forse cuocere il cibo, come si evince da un sito di grotte in Sud Africa risalente a 1,5–1,0 Ma.
- Oltre a maneggiare il fuoco, *H. erectus* si serviva di **strumenti in pietra** più avanzati rispetto ai chopper di *H. habilis* perché hanno bordi affilati su più lati.
- Essi si ritrovano in livelli coevi nel tempo e nello spazio ai resti scheletrici di *H. erectus*.



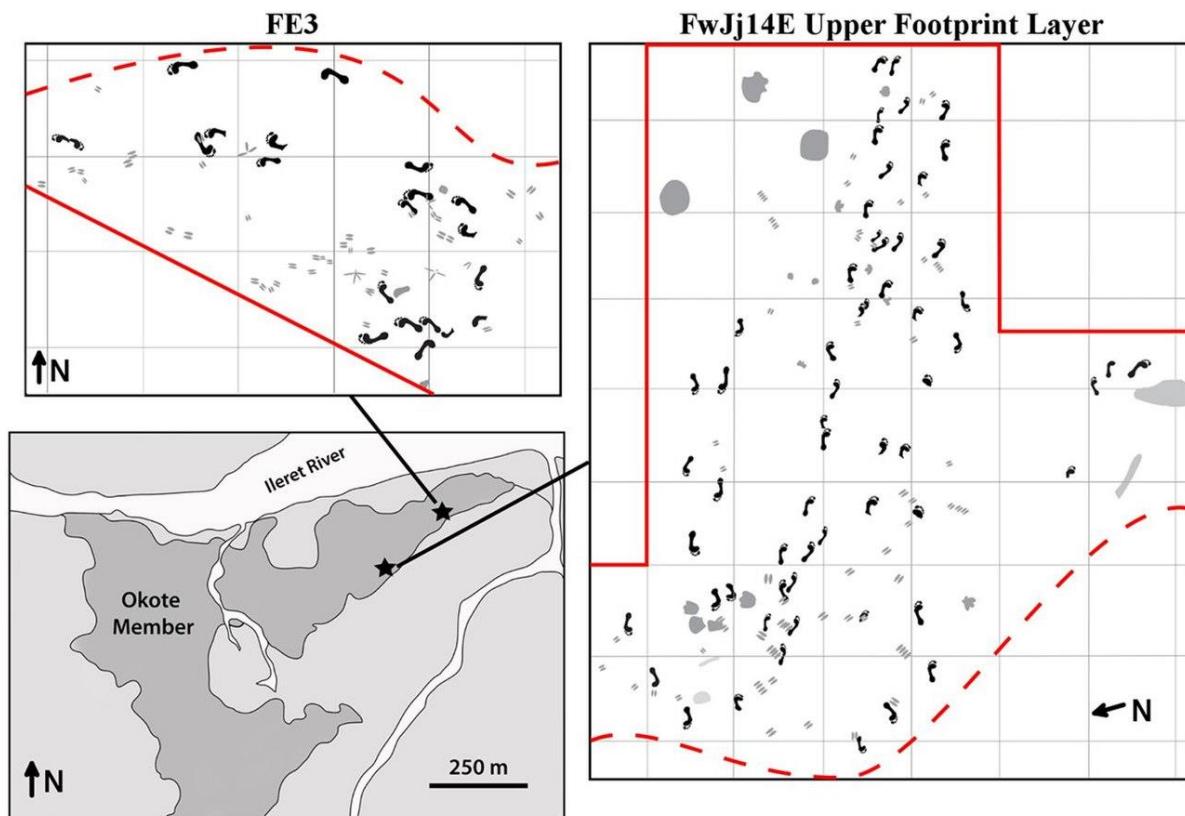
# Il genere *Homo*

## *Homo erectus* (2,0-0,5 Ma)

- Prove relative alla **socialità** di *H. erectus* si evincono da alcuni resti scheletrici con evidenti segni di anzianità (es. assenza di denti) o con malformazioni (scoliosi) che avrebbero causato la morte in assenza di **cure sociali**. Invece questi esemplari sono sopravvissuti fino alla vecchiaia, segno di un'avanzata cura di gruppo.
- Altre prove della socialità di *H. erectus* provengono da 4 siti in Kenya, dove 97 impronte di 1,5 Ma sono state probabilmente lasciate da un gruppo di almeno 20 individui.
- In uno dei siti, in base alle dimensioni delle impronte, la pista potrebbe essere stata lasciata da un gruppo interamente maschile, il che potrebbe indicare che si trattava di un gruppo in attività specializzata (cacciatori? pattuglia di confine?)
- Ciò indicherebbe una **divisione sessuale del lavoro, che distingue le società umane da quelle di altre scimmie e mammiferi sociali**.
- H. erectus* potrebbe aver vissuto in grandi gruppi con tanti maschi per difendersi dai predatori.



L'Uomo Georgico, sdentato e in età avanzata. L'osso "ricostituito" negli alveoli indicherebbe che l'individuo è sopravvissuto per lungo tempo dopo la perdita dei denti.



## Il genere *Homo*

### *Homo heidelbergensis* (da 800.000 a 200.000 anni fa)

- Anche chiamato "*H. sapiens* arcaico", è rappresentato da vari crani trovati in Germania, Spagna, Etiopia, Zambia e Sud Africa che presentano caratteristiche di *H. erectus*, di *H. neanderthalensis* e di esseri umani moderni.
- I resti sono talvolta associati a strumenti litici.

Le caratteristiche generali sono:

- **capacità cranica fino a 1600 cm<sup>3</sup>**
- altezza anche oltre 170 cm per 60 Kg (maschi), 160 cm e 50 Kg (femmine)
- rispetto a *H. erectus*: arcata supraorbitale più piccola e faccia più perpendicolare al tetto cranico
- di costituzione meno robusta di *H. erectus*, ma più robusta di *H. sapiens*.



Il genere *Homo****Homo neanderthalensis* (da 250.000 a 40.000 anni fa)**

- Fu la prima specie umana ad essere scoperta, grazie ad un cranio trovato in Germania nel 1856 nella Valle di Neander che divenne l'esemplare tipo (olotipo) di ***Homo neanderthalensis***, più conosciuto come "uomo delle caverne" o "uomo di Neanderthal".
- **Originatosi in Europa**, probabilmente da popolazioni isolate di *H. erectus*, emigrò successivamente nel Vicino Oriente, come dimostrano i numerosi ritrovamenti.
- Fu l'ultima specie a divergere dalla linea umana prima di *H. sapiens* e l'ultima specie di ominide ad estinguersi.



## Il genere *Homo*

### *Homo neanderthalensis* (da 250.000 a 40.000 anni fa)

Visse durante uno dei periodi più freddi del Quaternario, sopravvivendo a ben 4 glaciazioni.

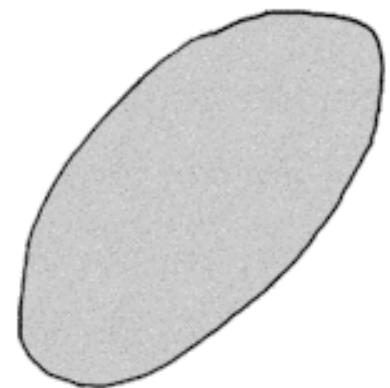
Era ben adattato ai climi freddi, come si evince da alcune caratteristiche della sua corporatura:

- naso corto e grande (per riscaldare l'aria in entrata)
- bassa statura (160 cm i maschi; 150 cm le femmine) cosicché il sangue poteva raggiungere tutte le parti del corpo più velocemente; inoltre il rapporto superficie/volume più basso limitava la dispersione del calore corporeo

Inoltre possedeva:

- capacità cranica media di 1450 cm<sup>3</sup>, ma che poteva arrivare a 1800 cm<sup>3</sup> (più grande di *H. sapiens*!)
- arti corti e molto robusti con ossa spesse e pesanti con segni di potenti collegamenti muscolari

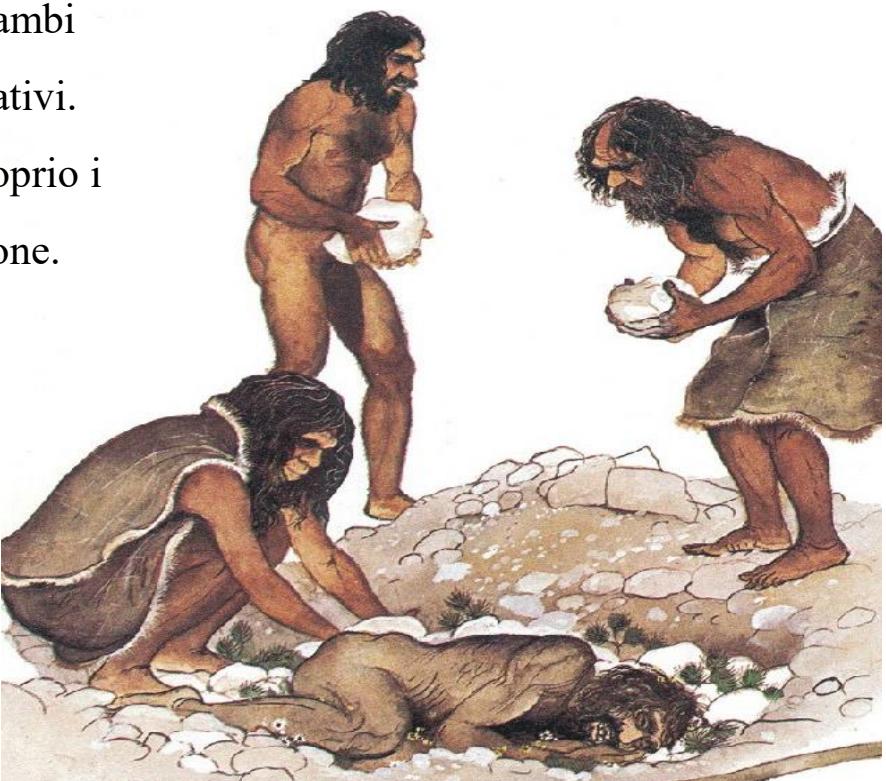
Aveva una **cultura dei materiali avanzata**: tantissimi strumenti ed armi sono stati trovati in luoghi abitati dai neanderthal, tutti appartenenti all'industria detta Musteriana.



## Il genere *Homo*

### *Homo neanderthalensis* (da 250.000 a 40.000 anni fa)

- I primi seppellimenti corredati da cibo e armi, indicano una presa di coscienza del concetto di morte e di vita post-mortem.
- Alcuni esperti sostengono che *H. neanderthalensis* e *H. sapiens* abbiano condiviso alcuni habitat fino a circa 30.000 anni fa ma senza scambi culturali o genetici significativi.
- Per altri, invece, furono proprio i sapiens a causarne l'estinzione.

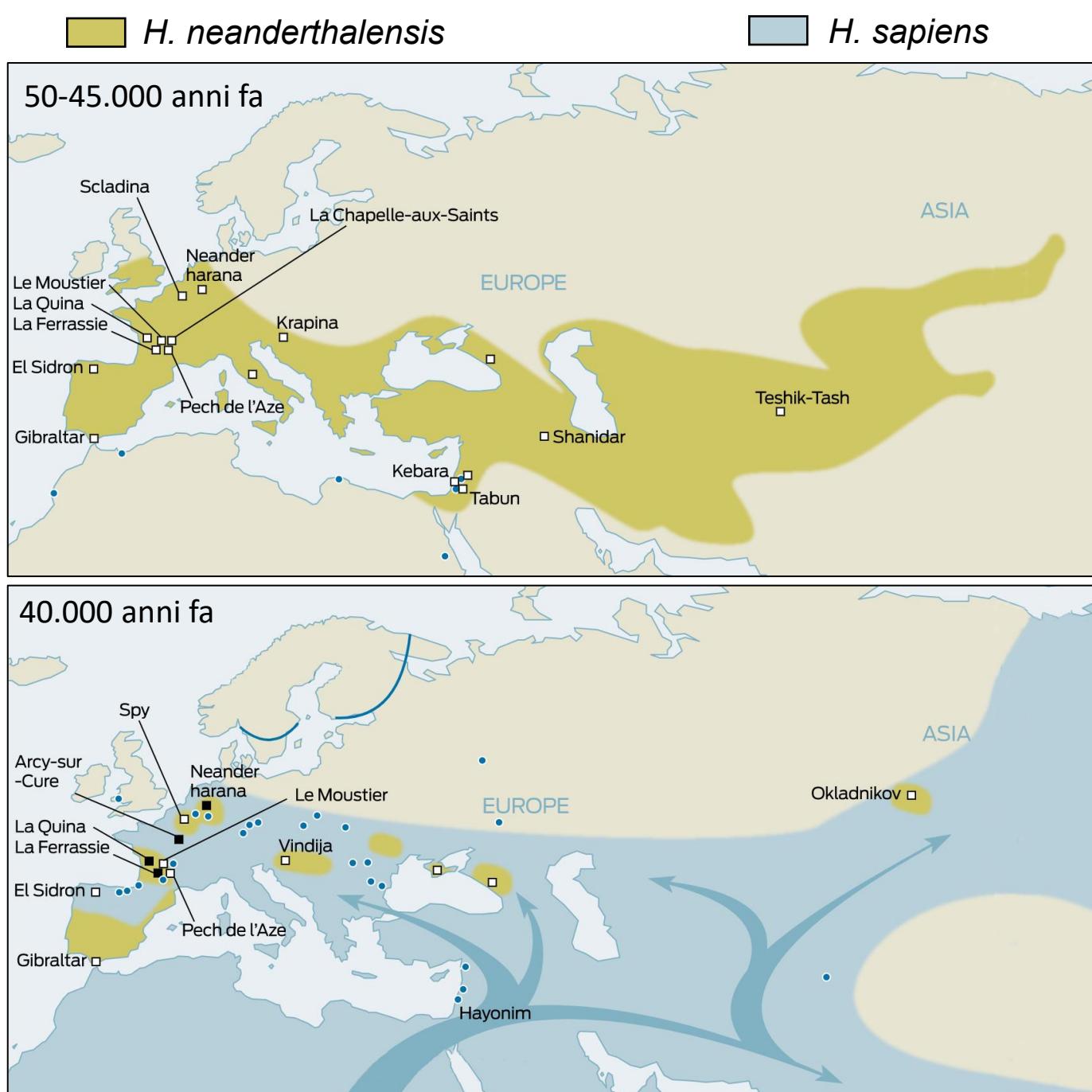


## Il genere *Homo*

### *Homo neanderthalensis* (da 250.000 a 40.000 anni fa)

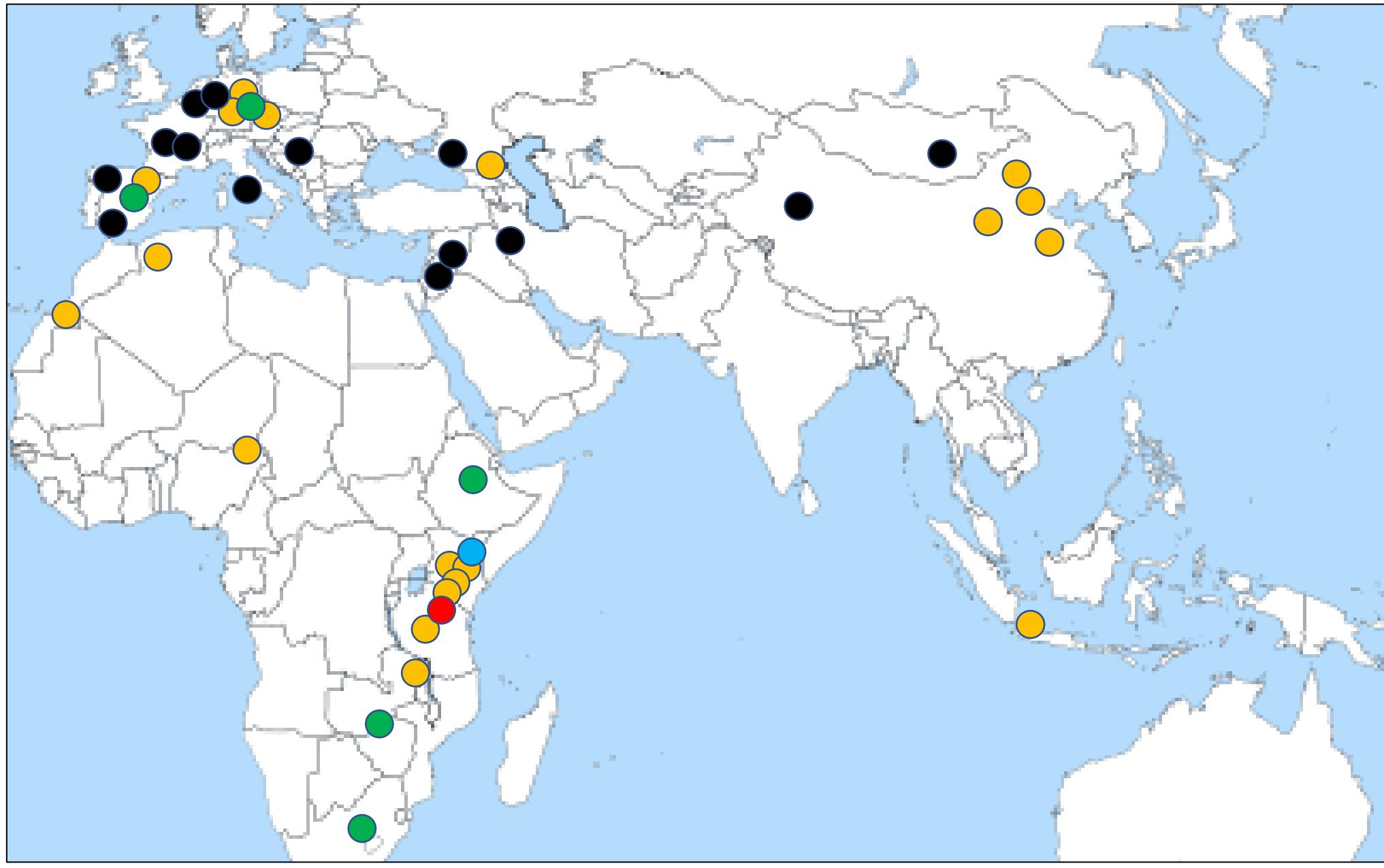
L'estinzione dei neanderthal avvenuta 40.000 anni fa coincide, nella maggior parte delle regioni geografiche, con l'arrivo degli esseri umani anatomicamente moderni (*H. sapiens* di Cro-Magnon) proveniente dall'Africa. L'estinzione fu probabilmente dovuta ad una o, più certamente, una serie di cause che includono:

- l'aumento delle temperature registrato in questo periodo, insieme al ritiro degli ultimi ghiacciai, può aver sfavorito chi come i neanderthal si era così tanto specializzato per il freddo
- competizione alimentare: avrebbe favorito i sapiens, culturalmente più avanzati
- parassiti o malattie portate dai sapiens
- l'ibridazione (*interbreeding*) coi sapiens o gli incroci tra consanguinei (*inbreeding*) dovuti alla riduzione e isolamento delle popolazioni



## Il genere *Homo*

- *H. habilis*
- *H. rudolfensis*
- *H. erectus*  
(include "ergaster")
- *H. heidelbergensis*
- *H. neanderthalensis*



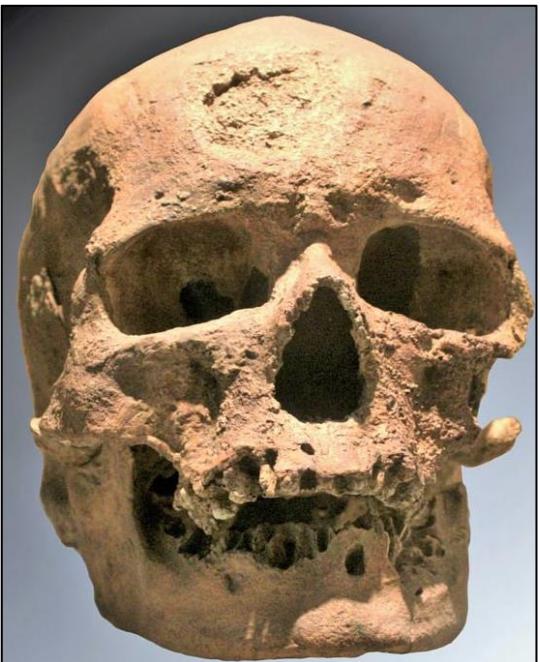
## Il genere *Homo*

### ***Homo sapiens* (200.000 - attuale)**

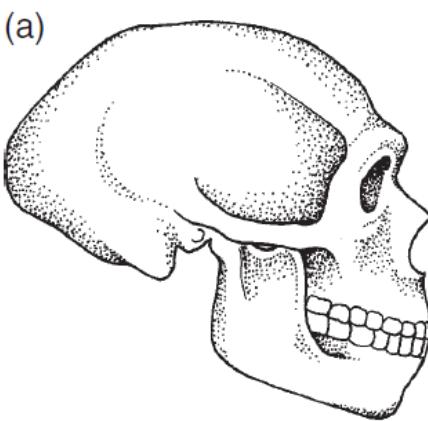
Si origina molto probabilmente tra Kenya e Tanzania.

Tra le caratteristiche:

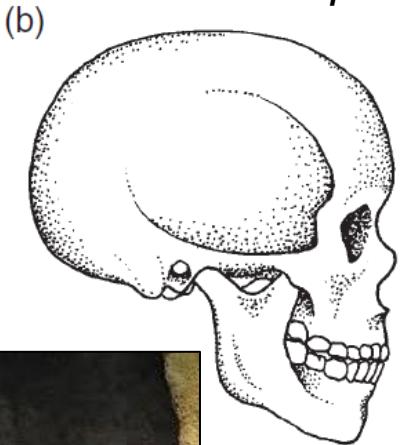
- grande cervello (1040-1595 cm<sup>3</sup>)
- fronte alta, arcate supraorbitali piccole o assenti
- mento prominente, riduzione della mandibola e dentatura
- scheletro e ossa più gracili (170-180 cm per ~65 Kg)
- Crescita più lenta durante lo sviluppo (periodo più lungo di cure parentali > aumenta l'importanza della socializzazione del bambino e della trasmissione culturale).



*H. neanderthalensis*



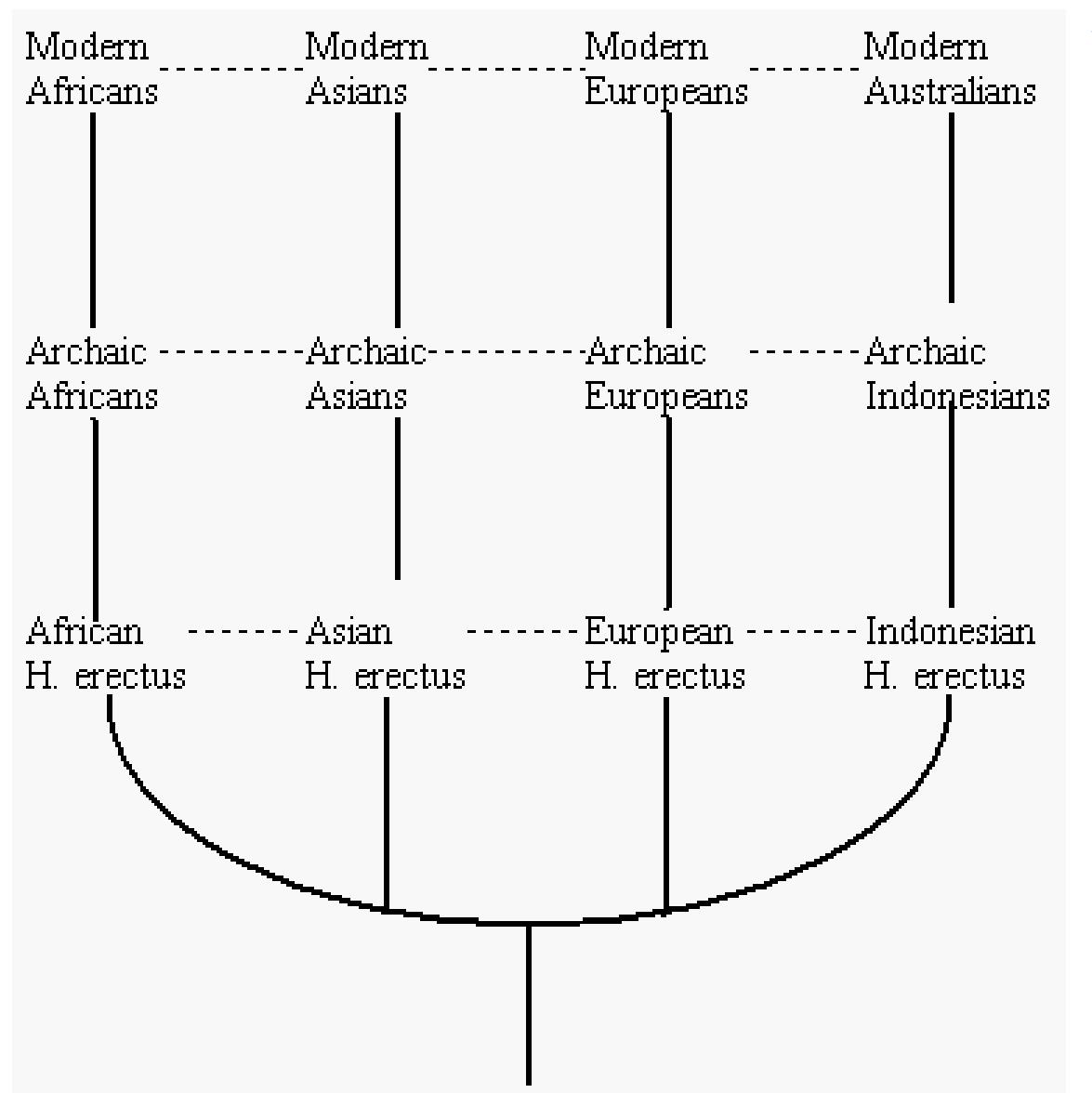
*H. sapiens* (Cro-Magnon)



## *Homo sapiens* (200.000 - attuale)

L'origine dell'uomo moderno è stata per lungo tempo un argomento particolarmente dibattuto soprattutto da due opposti schieramenti di specialisti che hanno proposto:

1. **L'evoluzione multiregionale di *H. sapiens*:** ipotizza che ciascuna delle popolazioni attuali sia discesa da popolazioni arcaiche di regioni diverse, a partire da diverse popolazioni di *Homo erectus*, evolute in parallelo ma che non si separarono mai dal punto di vista genetico, grazie ai continui incroci.

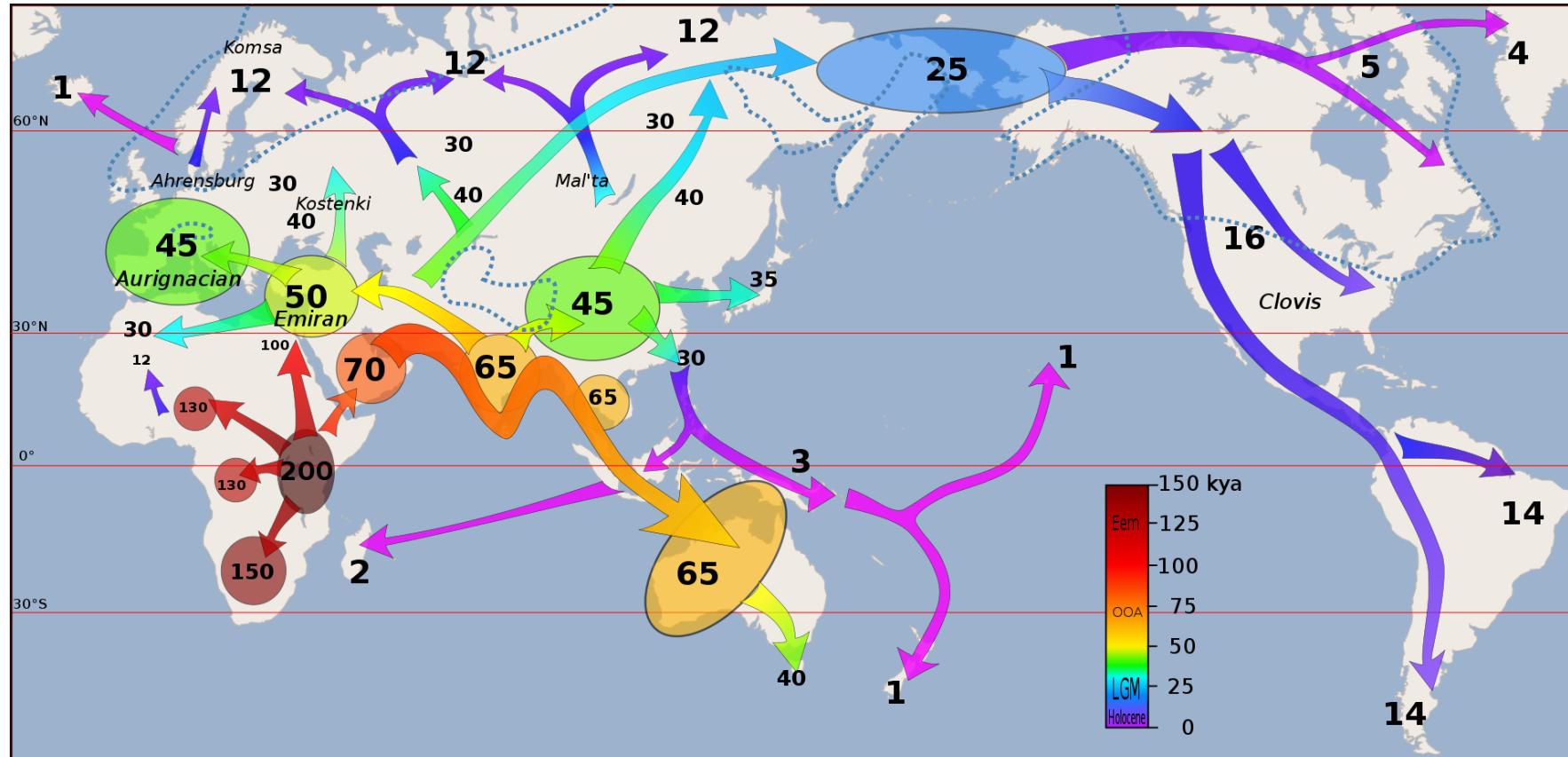


## *Homo sapiens* (200.000 - attuale)

L'origine dell'uomo moderno è stata per lungo tempo un argomento particolarmente dibattuto soprattutto da due opposti schieramenti di specialisti che hanno proposto:

2. **L'origine africana di *H. sapiens*:** i sapiens sarebbero nati in Africa circa 200.000 anni fa come una nuova specie che si sarebbe poi dispersa in tutto il mondo, sostituendo le popolazioni allora esistenti di altri ominidi (come i neanderthal).

- Quest'ultima ipotesi è quella ritenuta oggi più probabile in quanto analisi molecolari smentirebbero l'ipotesi multiregionale.
- Oggi si ritiene che, dalla sua origine 200.000 anni fa in Africa orientale, *H. sapiens* sarebbe entrato in Medio Oriente tra i 70 e 50.000 anni fa, per poi raggiungere l'Europa e il resto del mondo.



## *Homo sapiens* (200.000 - attuale)

- Circa 40.000 anni fa, in seguito alla nascita della **cultura di Cro-Magnon**, si ha un perfezionamento nella lavorazione della pietra che raggiunge il suo culmine nel Paleolitico (tra i 40 e i 10.000 anni fa), quando vengono realizzate le pitture rupestri e compaiono le prime forme di addomesticazione di altri animali.



## *Homo sapiens* (200.000 - attuale)

- Con l'avvento delle prime forme scrittura (protoscrittura) che risalgono al Neolitico tra 9000 e 8000 anni fa, finisce la "Preistoria" (insieme al nostro racconto) e inizia la **Storia...**



Esempi delle più antiche forme di protoscrittura trovati su un guscio di tartaruga e datati al 6000 a.C. (8000 anni fa).





# PALEOBIOLOGIA



Prof. Giuseppe Marrama - Dip. Scienze della Terra - giuseppe.marrama@unito.it



## MODALITA' D'ESAME

- L'esame è orale e consiste nella discussione in presenza di tre degli argomenti trattati a lezione.

## APPELLI D'ESAME

(presso il Dip. Scienze della Terra, via Valperga Caluso 35)

- 29 gennaio 2026 - ore 09:00
- 25 febbraio 2026 - ore 09:00
- 16 giugno 2026 - ore 09:00
- 02 luglio 2026 - ore 09:00
- 09 settembre 2026 - ore 09:00