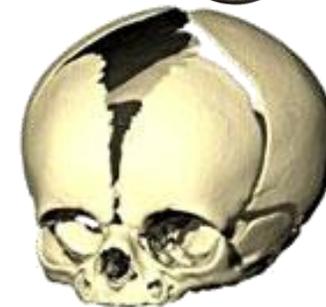
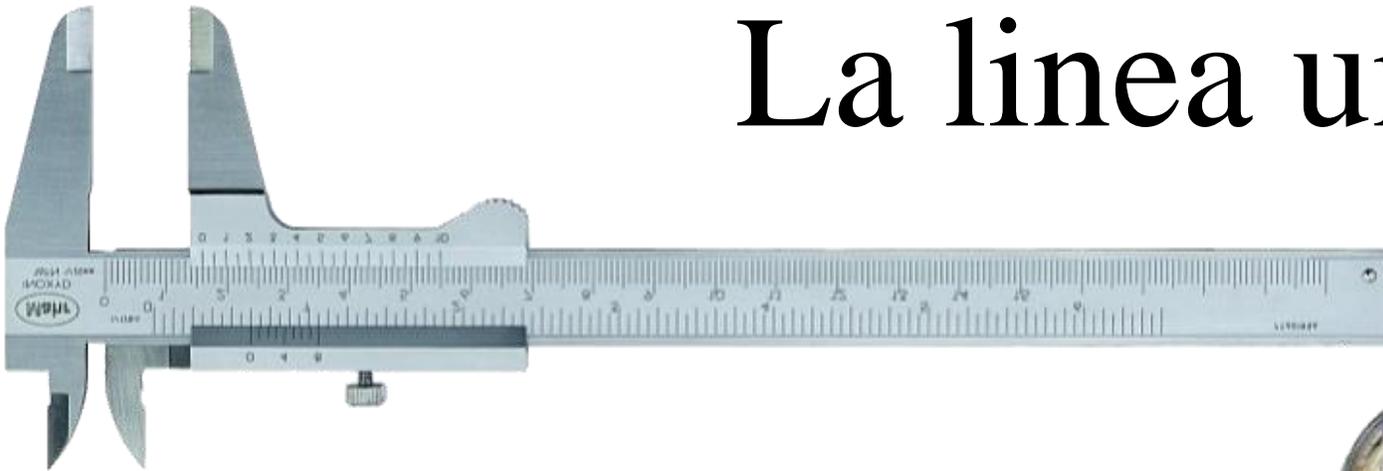




# Metodologie di Studio in Paleoantropologia La linea umana

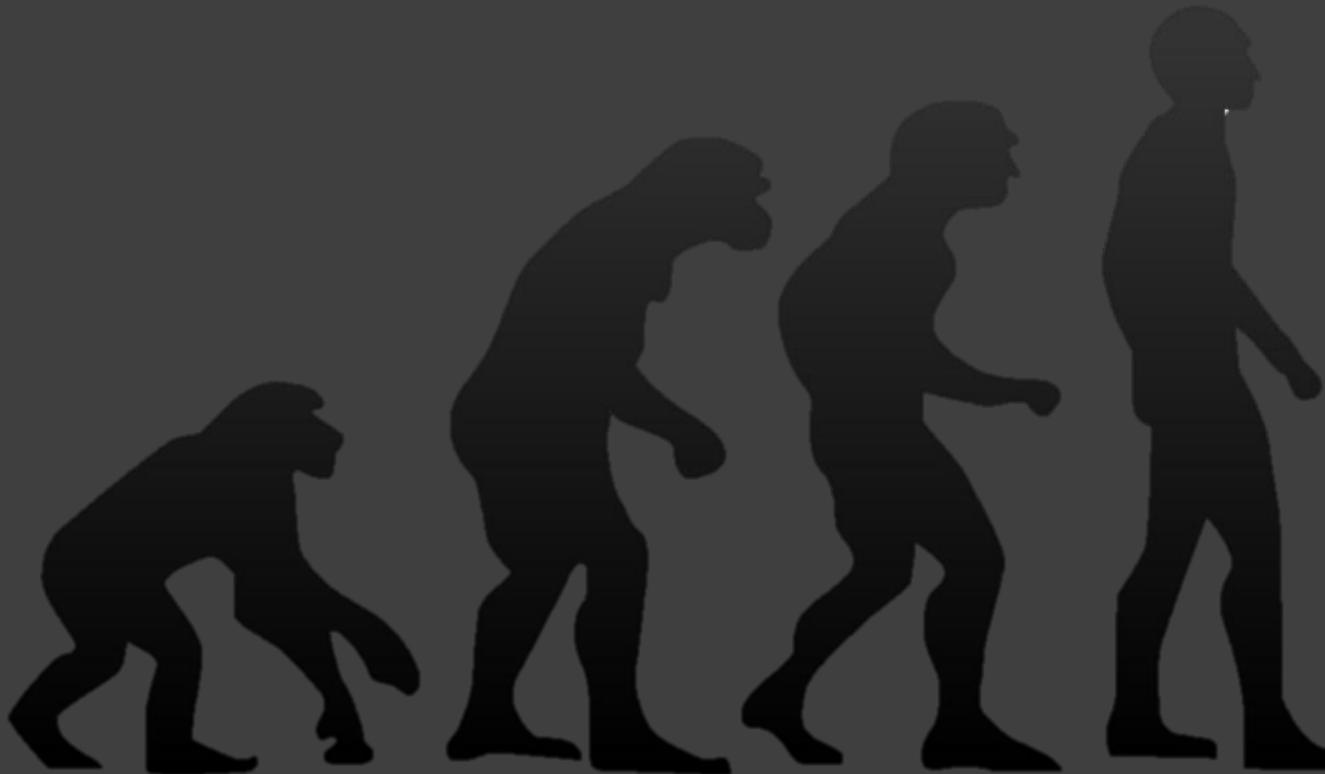


Julie Arnaud

[julie.arnaud@unife.it](mailto:julie.arnaud@unife.it)

# Paleoantropologia / Paleontologia umana

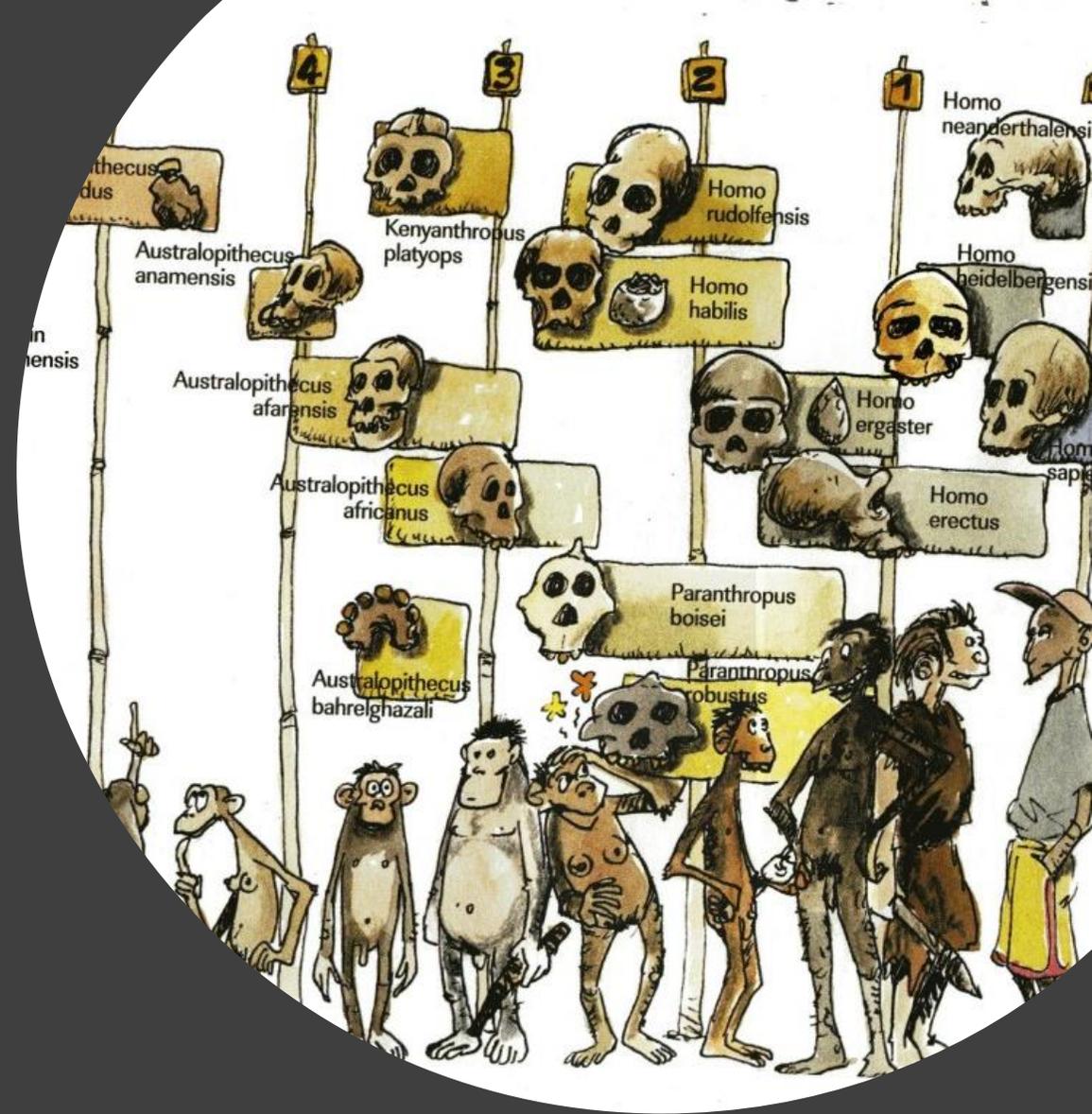
**Paleoantropologia o Paleontologia umana** è una disciplina dell'antropologia nata dallo studio dei resti fossili dell'uomo e dei tipi umani ormai estinti (*wikipedia*)



*Paleoanthropology is the branch of physical anthropology (often called biological anthropology) that focuses on the study of human evolution, tracing the anatomic, behavioral and genetic linkages of pre-humans from millions of years ago up to modern times (wikipedia)*

## Definizione

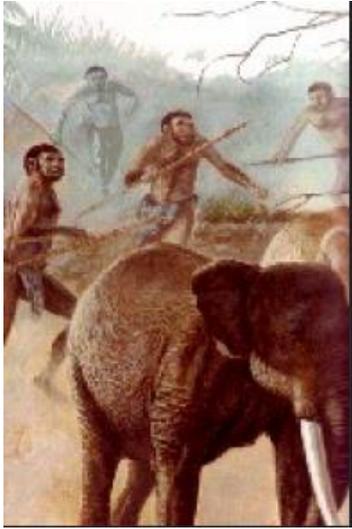
- « La paleoantropologia è la disciplina dell'antropologia che si impegna a scoprire e analizzare i resti fossili e archeologici documentando i ultimi 10 a 15 milioni d'anni [...]. »
- « [...] l'antropologia è lo studio dei essere umani in una prospettiva biologica, sociale, culturale e preistorica. »  
(Mann, 2005)
- « *Paleoanthropology is the branch of anthropology that focuses on research and analysis of fossil and archaeological remains of the last 10 – 15 millions of years [...].* »
- « [...] anthropology is the study of human beings from the biological, social, cultural and prehistoric perspectives. » (Mann, 2005)



Qualche nozioni generali

# Tafonomia

La **tafonomia** è la disciplina della paleontologia che studia i processi che intervengono dopo la morte di un organismo fino alla fossilizzazione.



Biocenosi



Tanatocenosi: resti organici



Fossili



Collezione

→  
Predazioni, Accidenti,  
Malattie, invecchiamento

→  
Carrognaggio, trasporti (acqua),  
calpestamento, seppellimento,  
dissoluzione, mineralizzazione

→  
Erosione, collezione-  
scavo, preparazione,  
restauro

# Quello che rimane...



Venosa 1: vista anteriore, laterale, posteriore, mesiale (mod. da Belli et al. 1991).

Venosa 1 (Notarchirico, ~500ka):  
Diafisi di femore

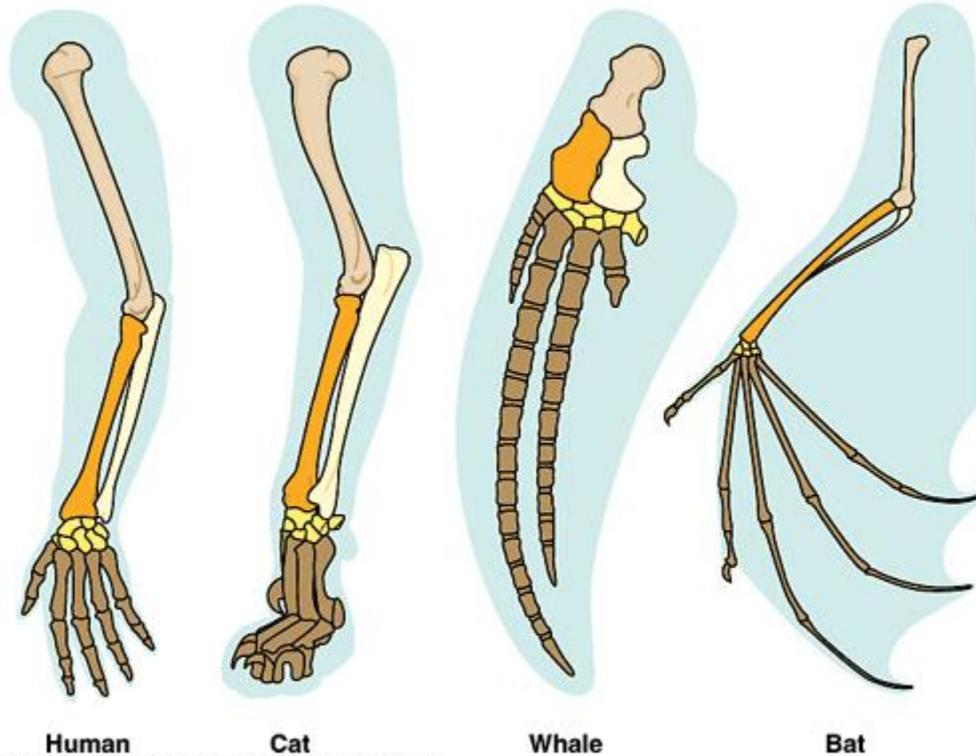
Le ossa lunghe sono facilmente frammentabili, questi frammenti sono difficile da determinare e portano poche informazione morfologiche diagnostiche (tassonomia, filogenia..)

Le parte epifisale che danno delle informazione morfologiche e funzionale sono molto fragile e raramente preservate.

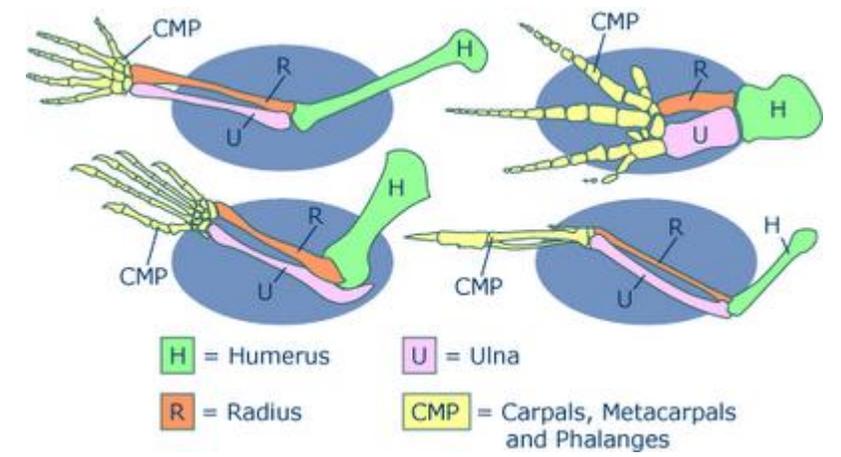
Fortunatamente, una parte delle ossa del cranio e i denti sono più robuste e più spesso preservati e riconosciuti sullo scavo.

# Omologia vs analogia

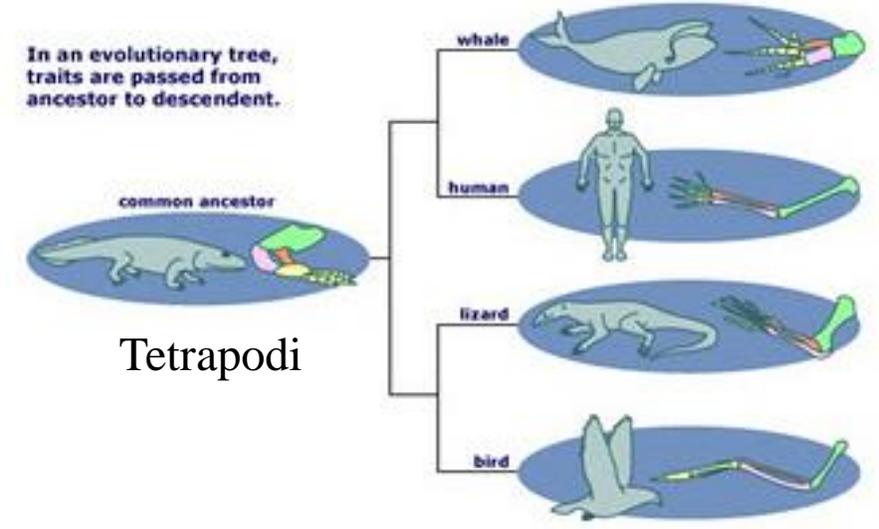
**Omologia** = similitudine ereditata da un antenato comune



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



In an evolutionary tree, traits are passed from ancestor to descendent.

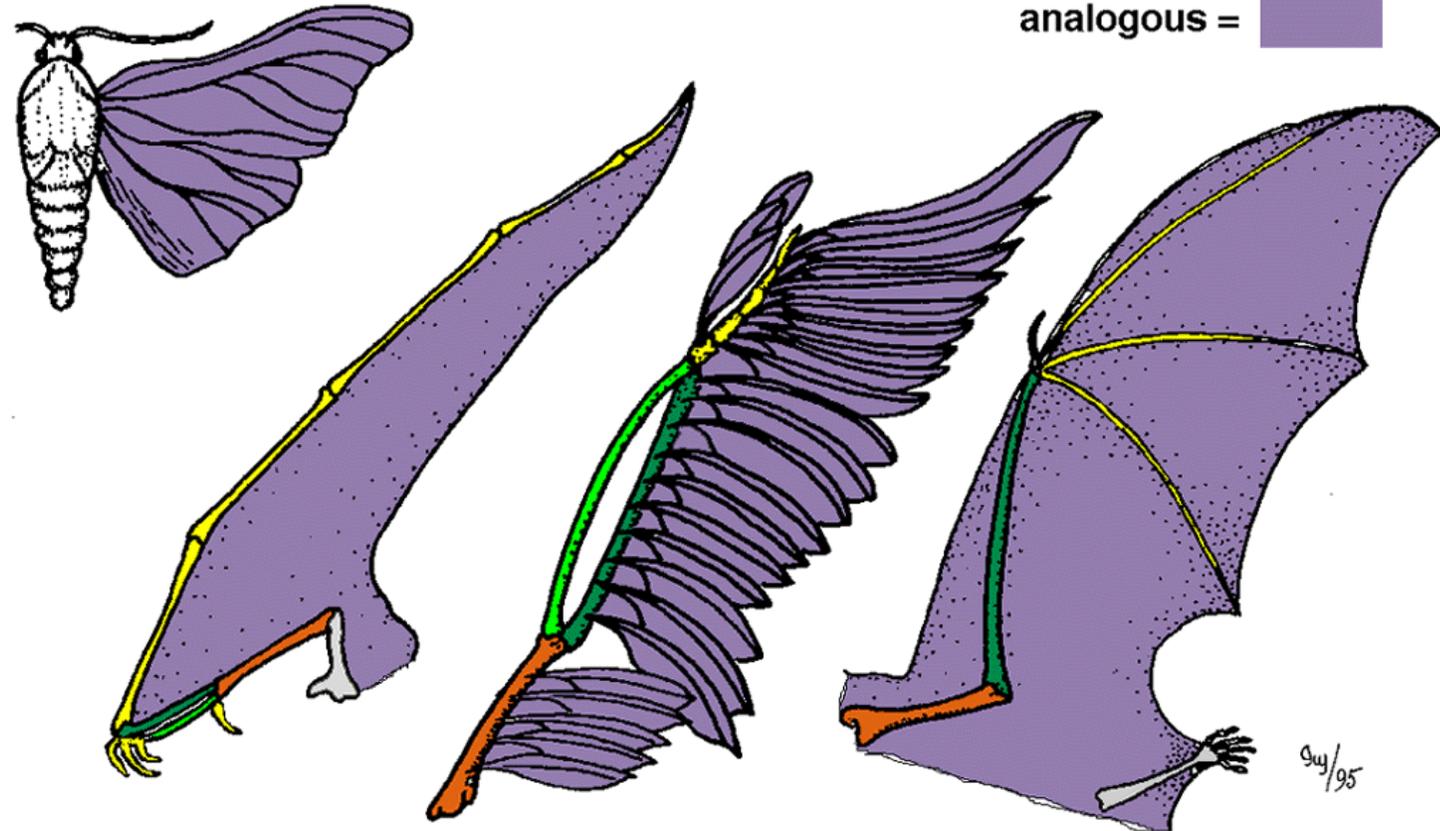


Tetrapodi

# Omologia vs analogia

**Analogia** = similitudine dovuta ad una convergenza evolutiva

Ali dei insetti, Pterodattili, uccelli, pipistrelli



# Filogenesi

Ricostruzione delle relazioni di parentale evolutiva:

- Tra gli individui (genealogia)
- tra le popolazioni (in una stessa specie, intraspecifico)
- tra specie (interspecifico)

## Dendrogramma

Fenetica (fenogramma)

La lunghezza dei rami rappresenta la distanza genetica tra i taxa

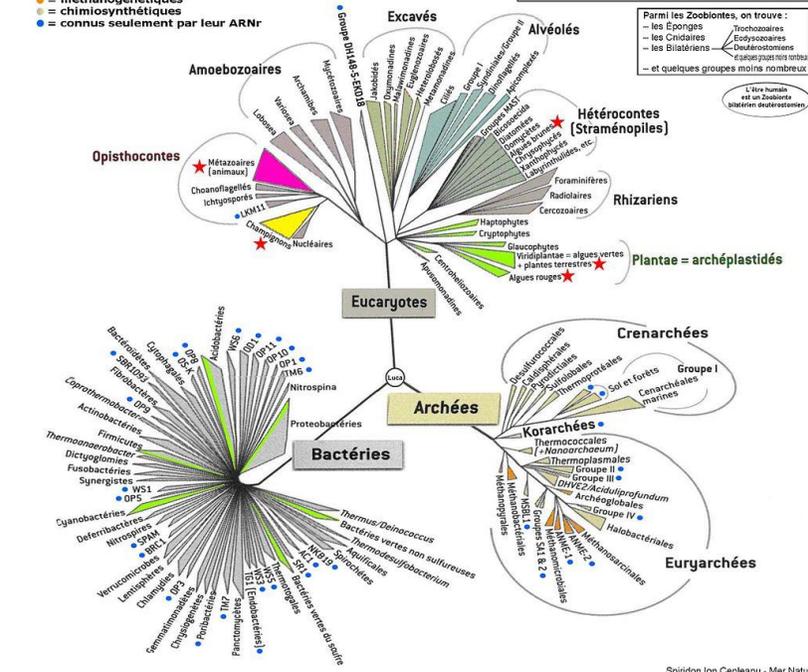
Cladistica (cladogramma)

compare sui rami gli eventi evolutivi (stato derivato di caratteri omologi).  
Ogni nodo corrisponde ad una sinapomorfia

CLASSIFICAZIONE PHYLOGÉNÉTIQUE DU VIVANT  
D'après H. Le Guyader, G. Lecointre, P. Lopez-Garcia

- = photosynthétiques
- = méthanogénétiques
- = chimiosynthétiques
- = connus seulement par leur ARNr

Eucaryotes pluricellulaires :  
● = Zoobiontes (Animaux)  
● = Mycètes (Champignons et Myxomycètes)  
● = Chlorobiontes (Végétaux)



## La reconstruction phylogénétique

Concepts et méthodes [Nouvelle édition revue et augmentée]



Pierre Darlu & Pascal Tassy  
Cyrille d'Haese & René Zaragüeta i Bagils

# Filogenesi – Gli oggetti

Caratteri morfologici

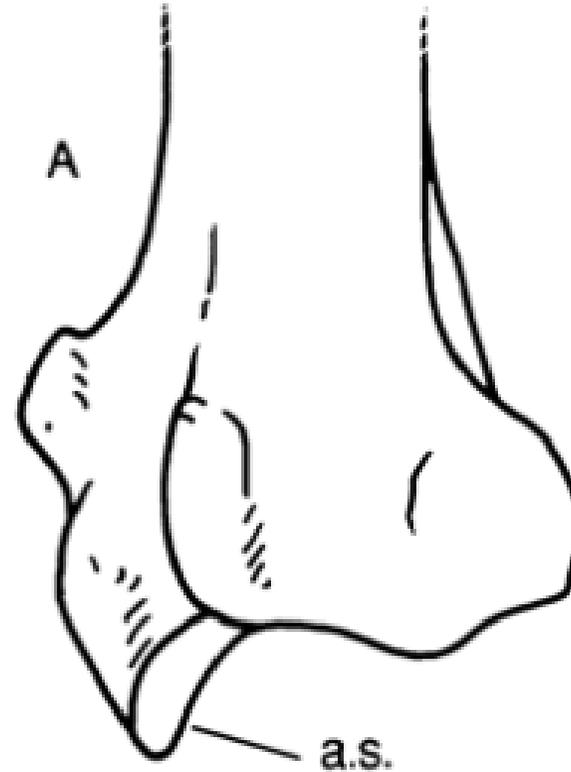


forma nel senso largo

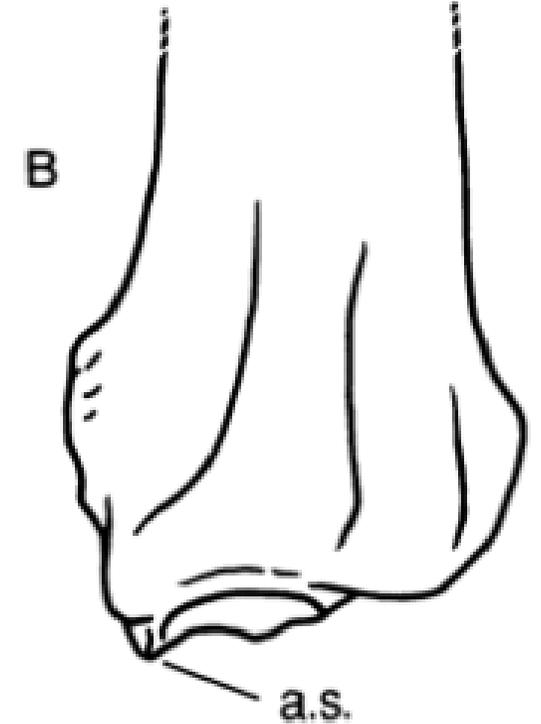


caratteri fenotipici

Carnivoro (*Panthera leo*)



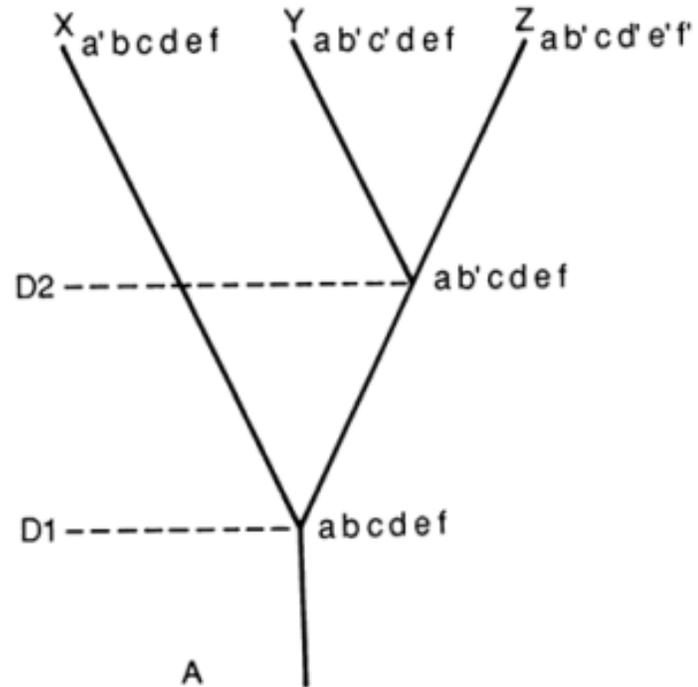
ungulato (*Oryx dammah*)



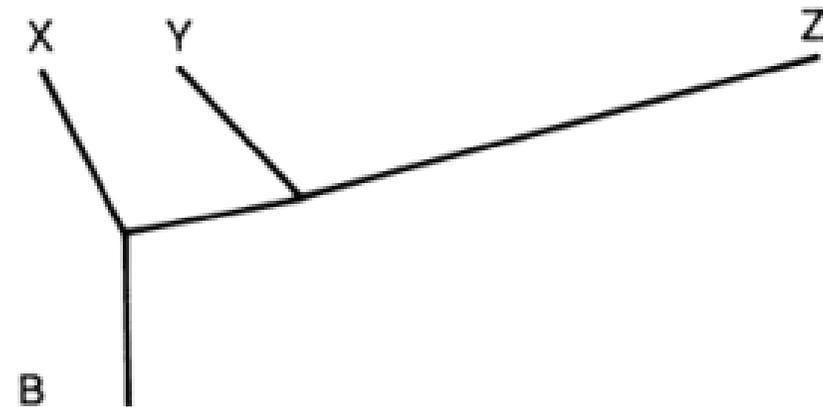
Caratteri e stato di caratteri  
L'apofisi stiloide si presenta sotto due stati:  
massiccia (A) o gracile (B)

# Cladistica

Relazioni filogenetiche tra 3 taxa terminali X, Y e Z a partire dell'analisi di 6 caratteri



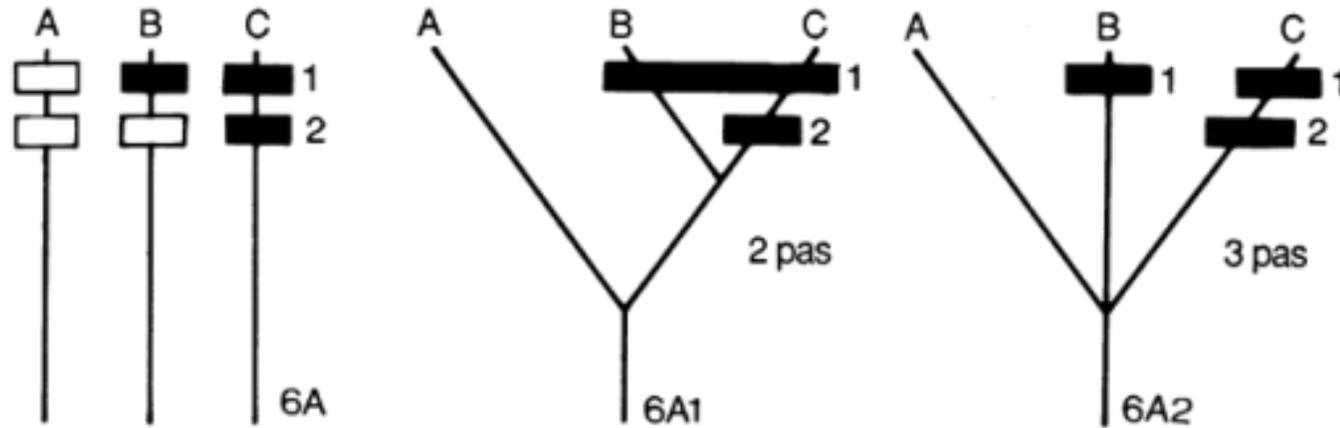
Trasformazioni dei caratteri:  $a \rightarrow a'$   
D1 = data di origine del taxa (Y, Z)  
D2 = data di differenziazione del taxa (Y, Z)



Stesso schema dove le lunghezze dei rami corrispondono al grado di divergenza morfologica

# Il principio di parcimonia

Fa parte dei metodi ipotetico deduttivo basata sull'osservazione dello stato dei caratteri



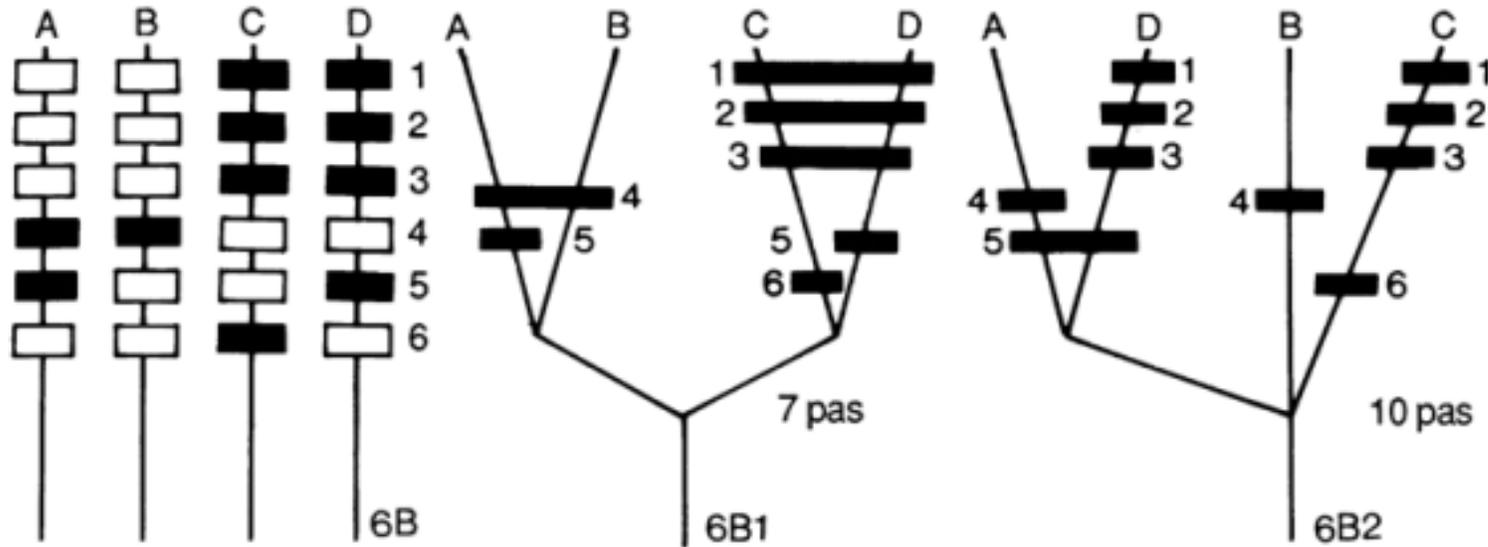
Relazioni di parentela tra 3 taxa

1-2 = caratteri ■ stato apomorfo

□ stato plesiomorfo

# Il principio di parcimonia

Fa parte dei metodi ipotetico deduttivo basata sull'osservazione dello stato dei caratteri



Relazioni di parentela tra 4 taxa

1-6 = caratteri ■ stato apomorfo

□ stato plesiomorfo

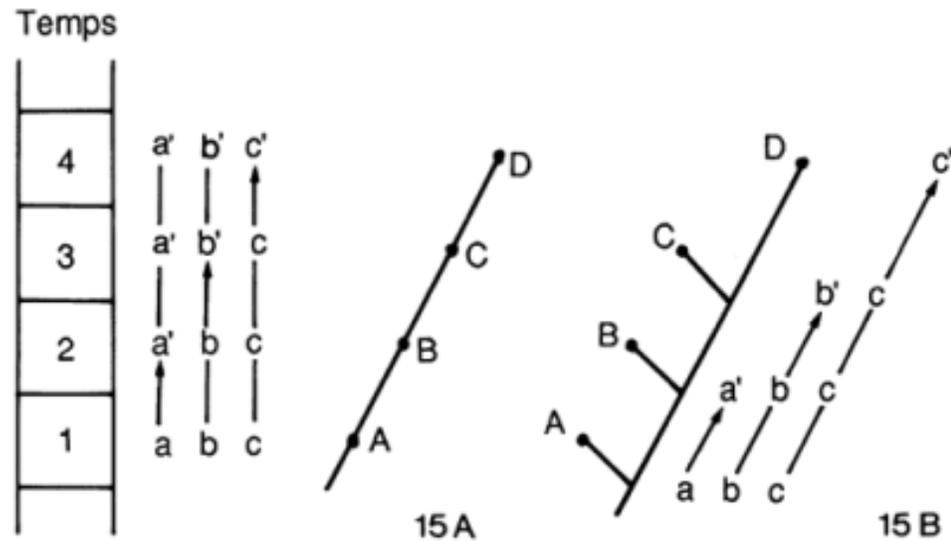
# Il principio di parcimonia

## *criteri paleontologico e corologico*

Criterio paleontologico o criterio della precedenza geologica (Hennig, 1996; Mayr; 1986):

Se, in un gruppo monofiletico, uno stato di carattere è presente nei fossili antichi e l'altro stato è presente nei fossili più recenti, il primo è lo stato **plesiomorfo** e il secondo lo stato **apomorfo**.

Questo criterio è detto ausiliare perché un carattere antico non è sempre primitivo (esempio il mammoth e la blatta fanno parte dello stesso gruppo monofiletico: Metazoa. Secondo questo criterio la blatta dovrebbe essere più evoluta del mammoth)



linea filetica

cladogramma

1-4: era geologica

A,B,C,D: specie

a→a' : serie di trasformazioni dei caratteri

**linea filetica:** sistema chiuso, la totalità delle informazioni a disposizione

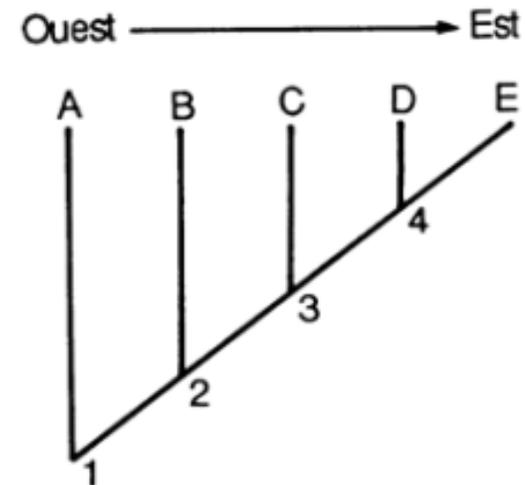
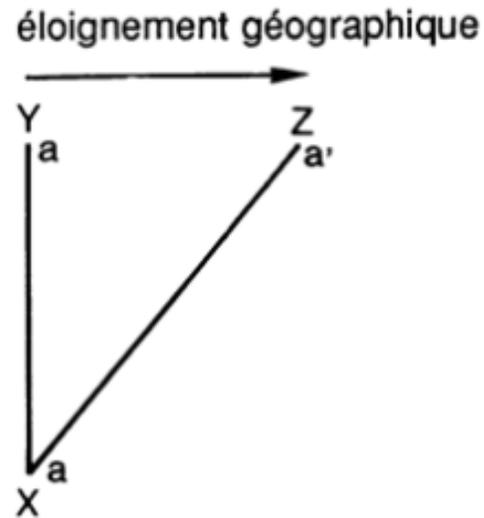
**cladogramma:** sistema aperto, delle popolazioni non ancora scoperte possono essere integrate senza alterare le trasformazioni

# Il principio di parcimonia

## *criteri paleontologico e corologico*

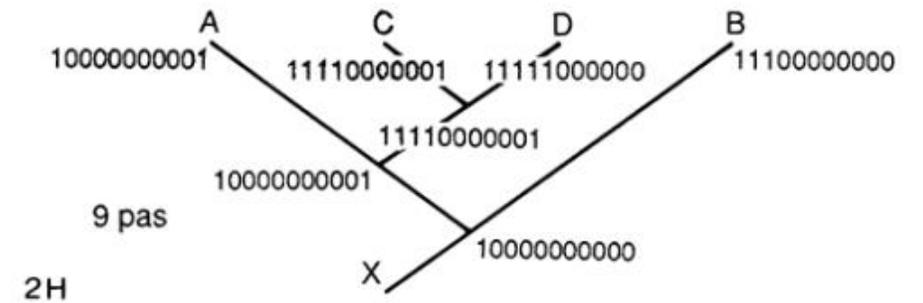
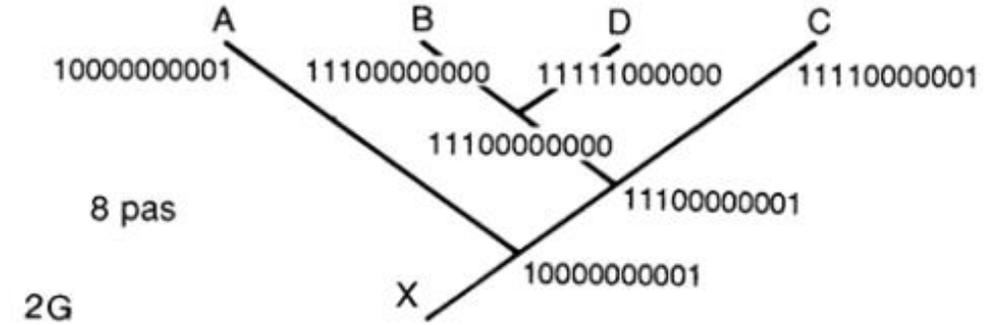
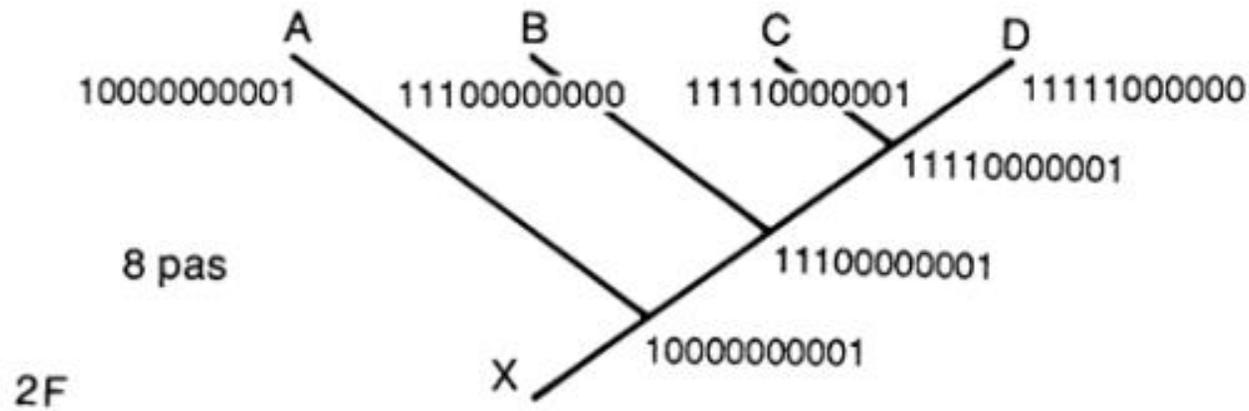
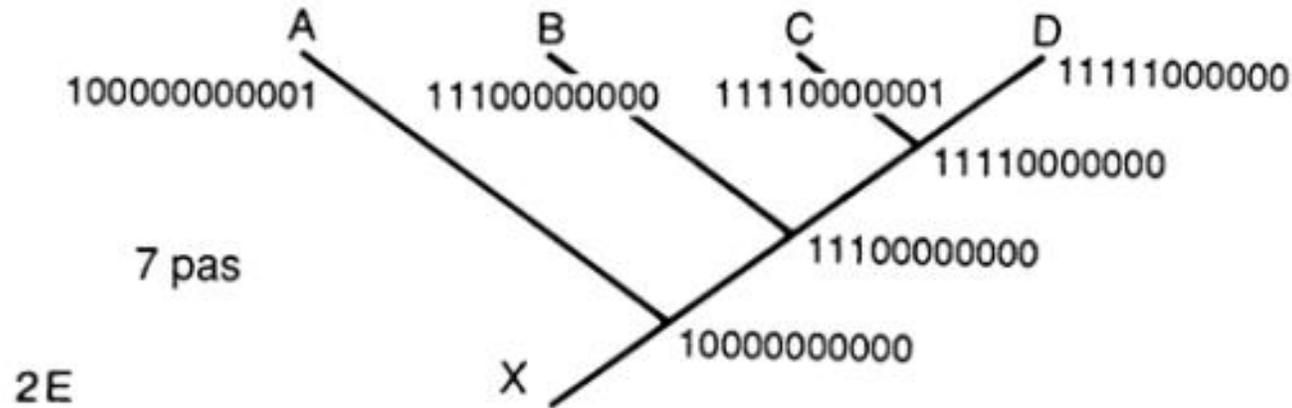
La corologia è la distribuzione geografica dei esseri viventi.

Si ammette che quando una specie X si suddivide in due specie Y e Z, lo stato trasformato  $a'$  compare nella specie Z che si è allontanata di più geograficamente della specie iniziale.



# Il principio di parcimonia alla ricerca dell'albero il più corto

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
B	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
D	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
E	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
F	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
G	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
H	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



# Eterocronia

## *Orologio di Gould*

Cambiamenti dei tempi di sviluppo in una linea evolutiva monofiletica rispetto all'ultimo antenato comune

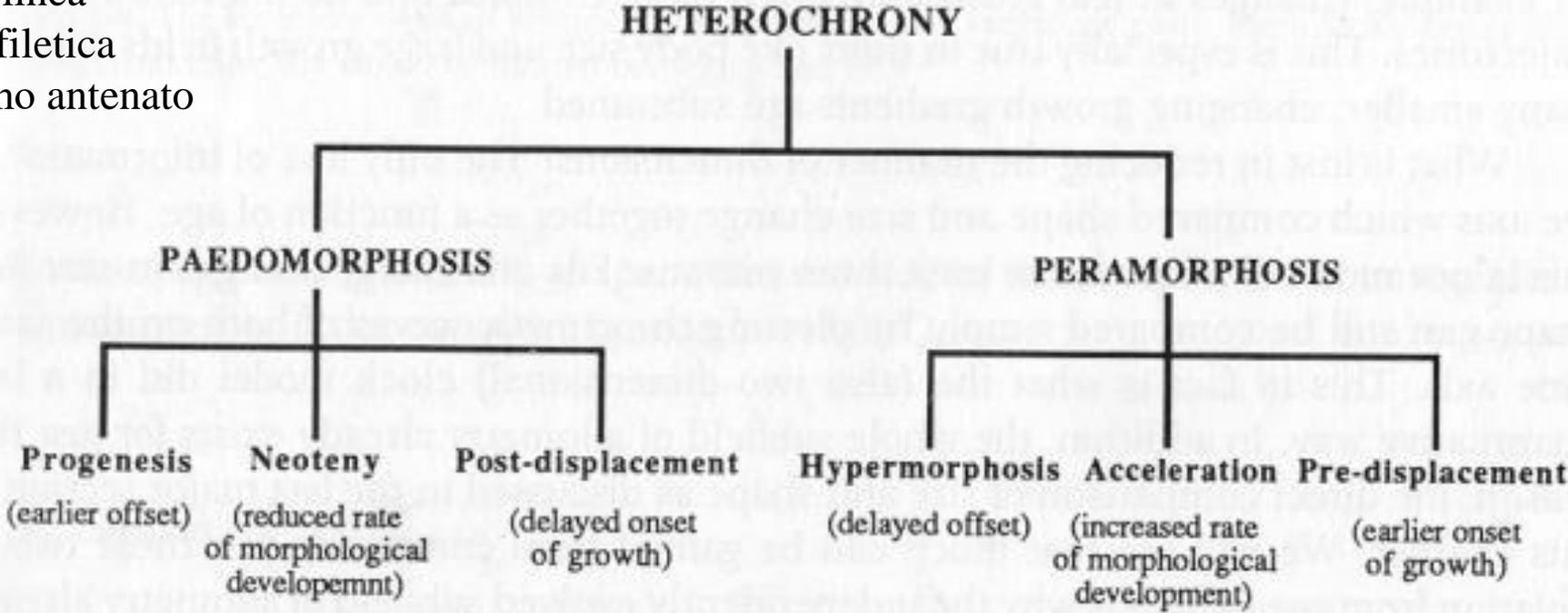
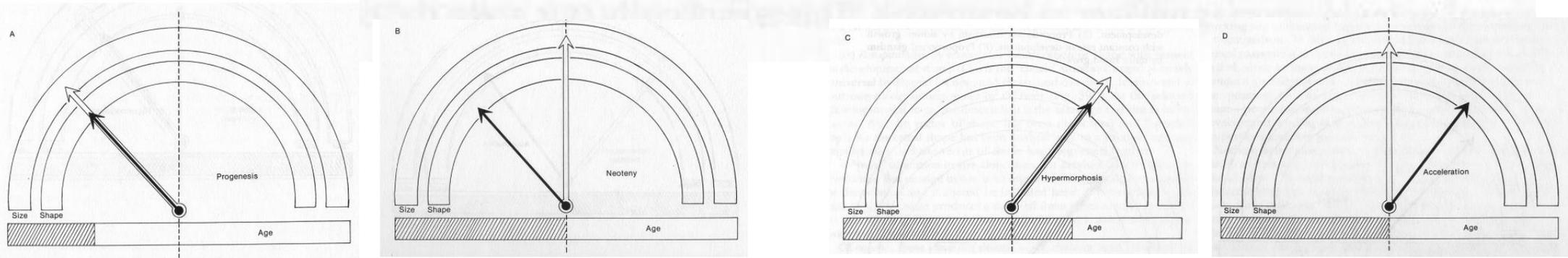
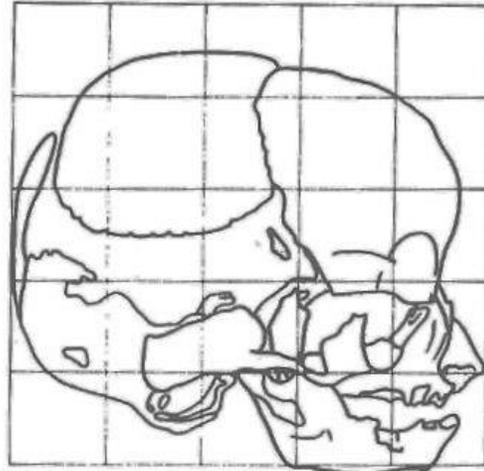
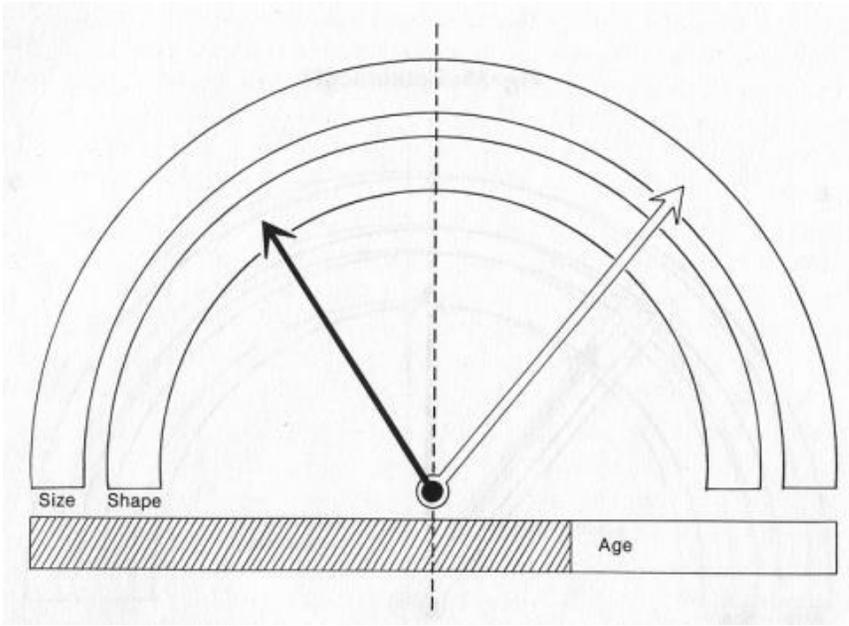


Figure 2-3. The hierarchical classification of heterochrony. Modified from McNamara (1986a).

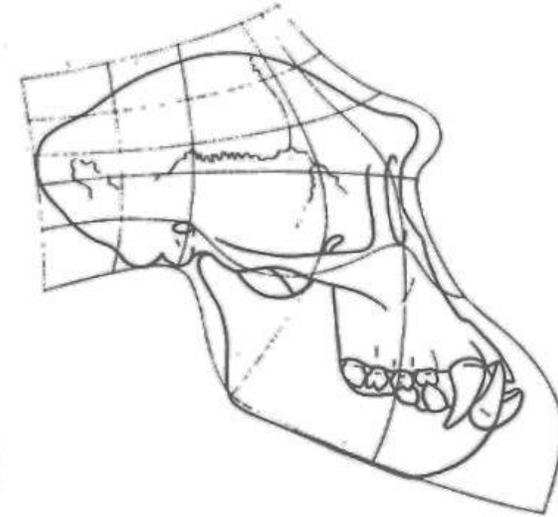
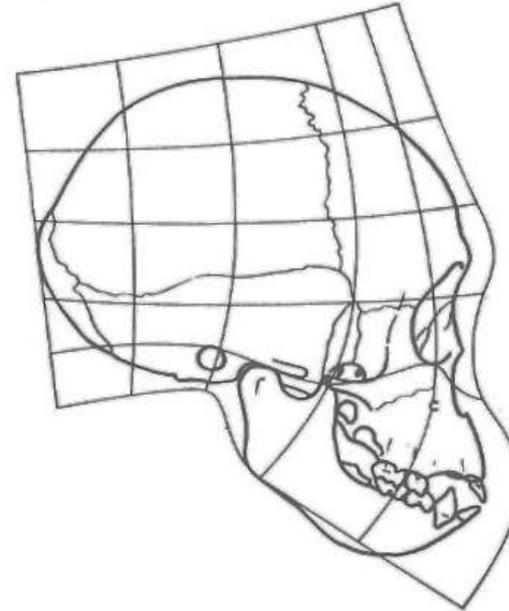


# Eterocronia

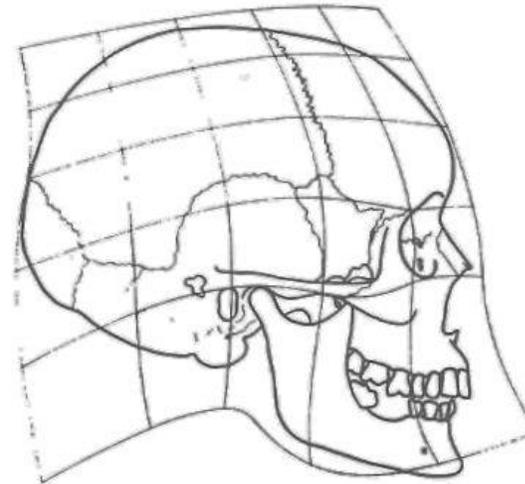
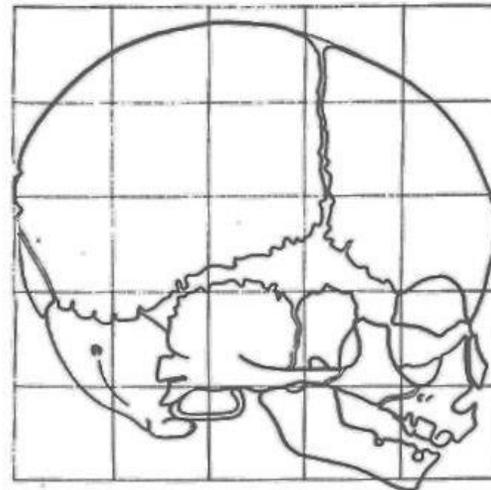
## *Orologio di Gould*



*Pan*

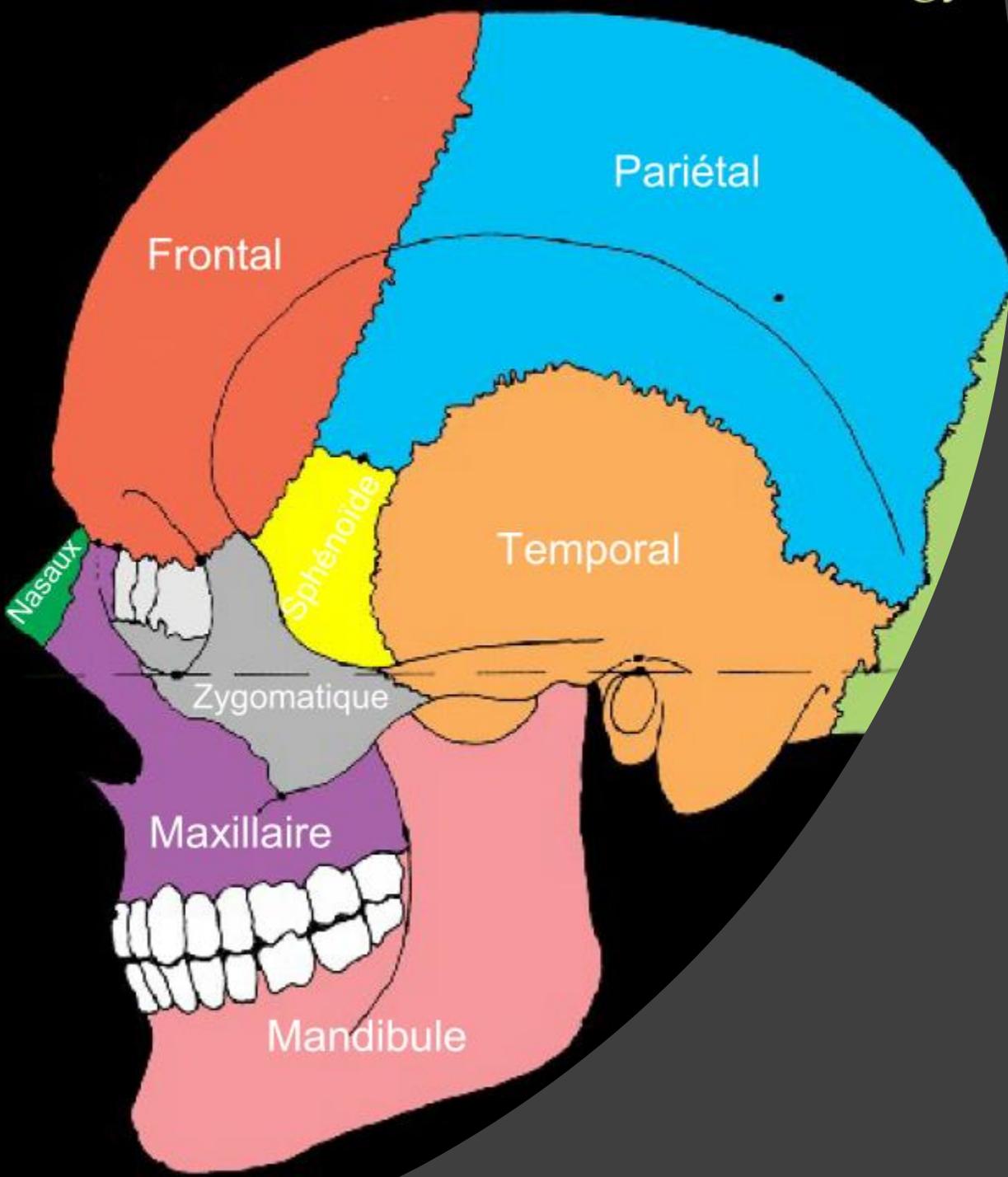


*Homo*



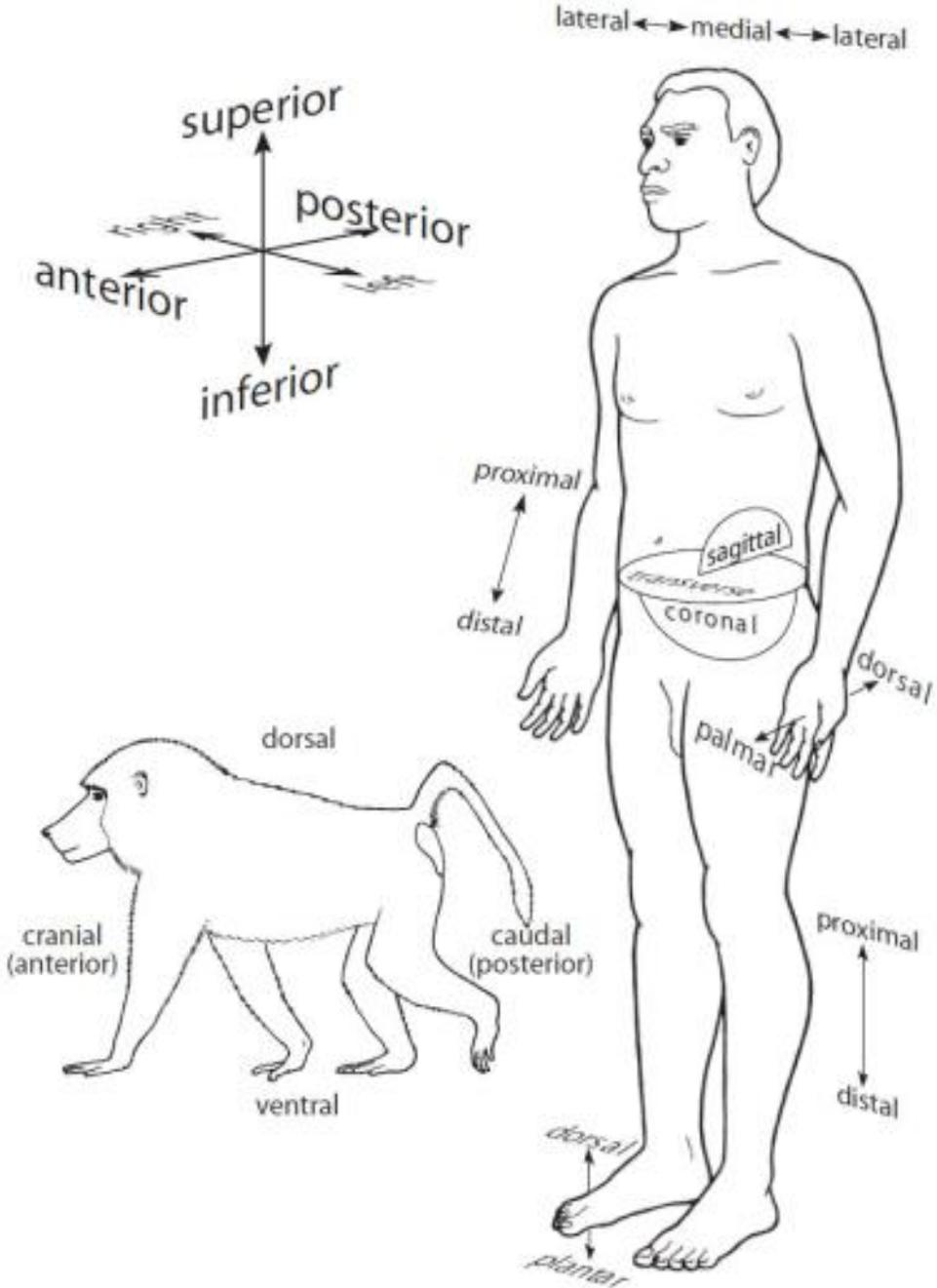
Neotenia: persistenza di caratteristiche morfologiche e fisiologiche delle forme giovanile in un individuo adulto.

Invecchiamento ritardato, aumento della taglia e la forma rimane nel *range* delle forme giovanile dei antenati.



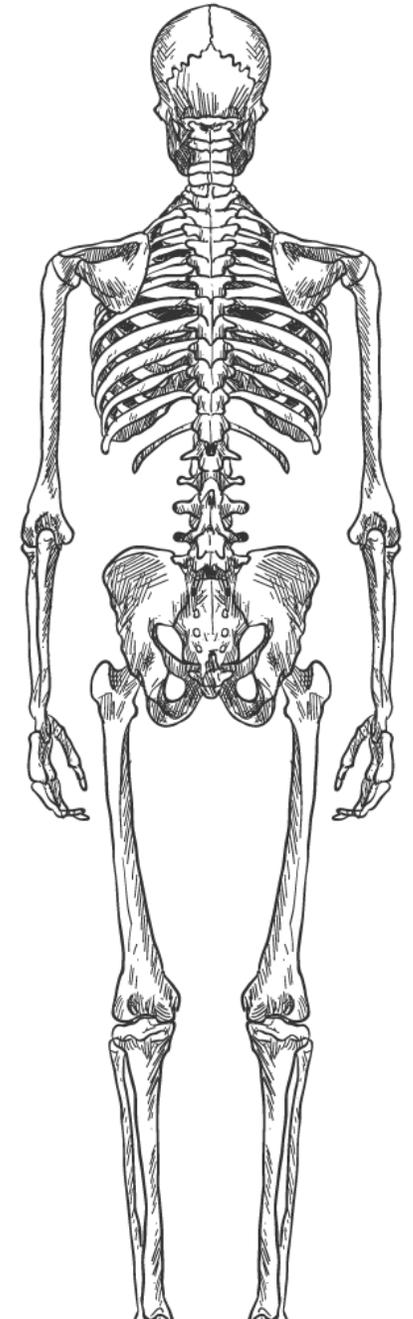
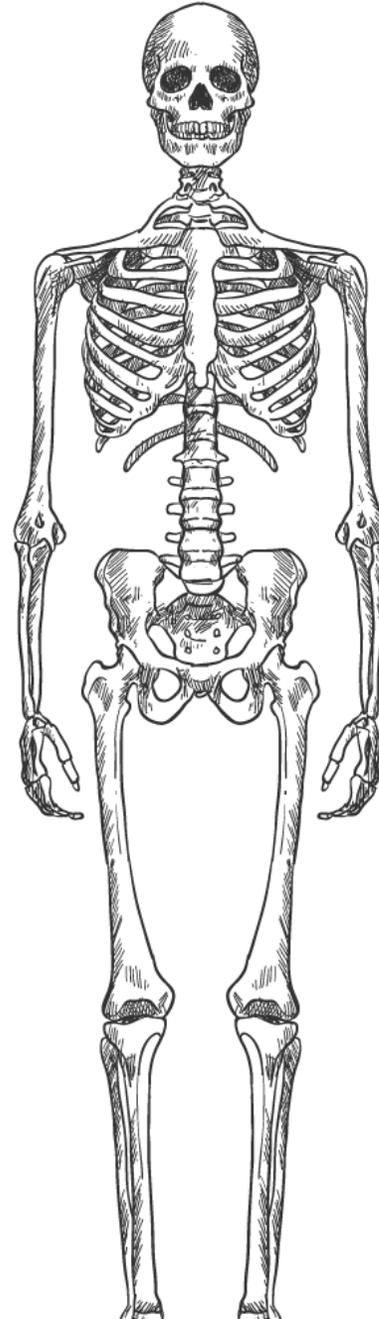
# Caratteri morfologici e strutture anatomiche

# Materiale di Studio - Lo scheletro Umano

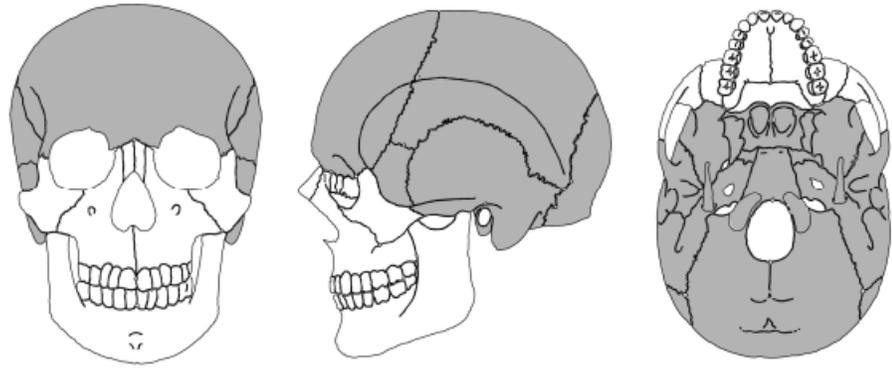


# Lo scheletro Umano

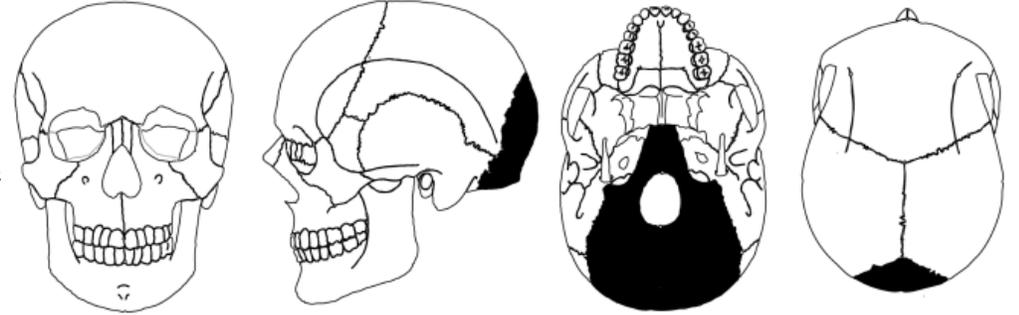
- Più di 200 ossa articolati (+ ossa dell'orecchio e mano/piedi)
- Rachide: Colonna vertebrale
- 32/33 vertebre
- Coste e sterno
- Testa ossea (cranio, mandibola e denti)
- Arti (superiori e inferiori)
- Cinto (scapolare e pelvico)



# Il neurocranio



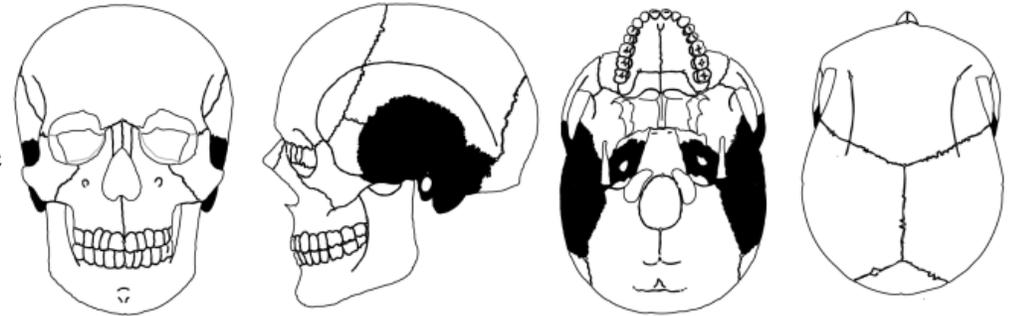
occipitale



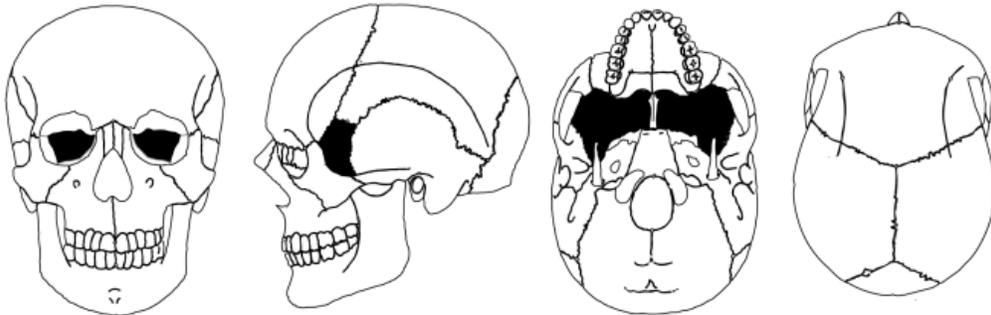
frontale



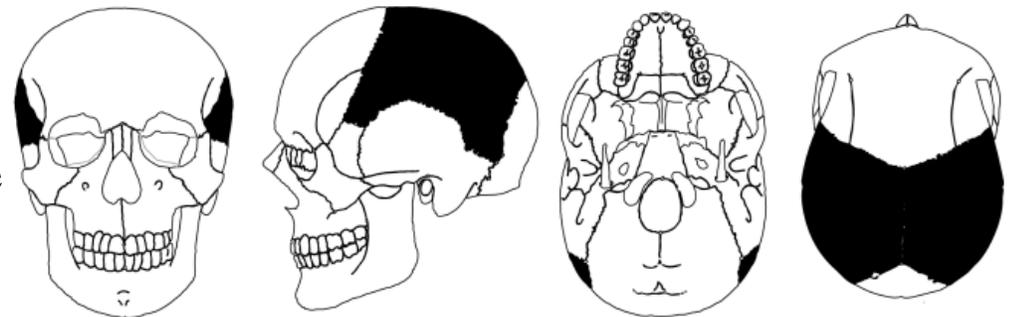
temporale  
(x2)



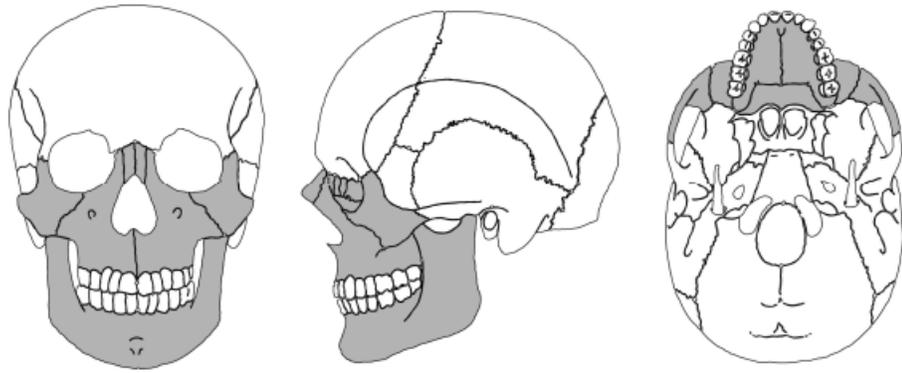
sfenoide



parietale  
(x2)



# La faccia

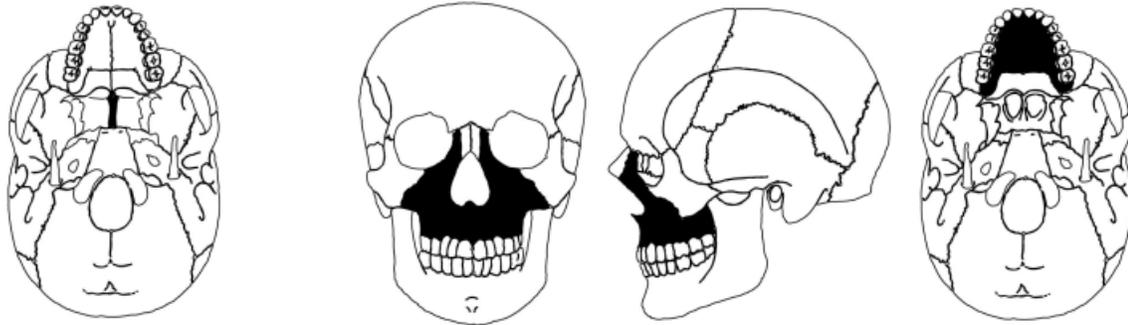


nasale  
(x2)

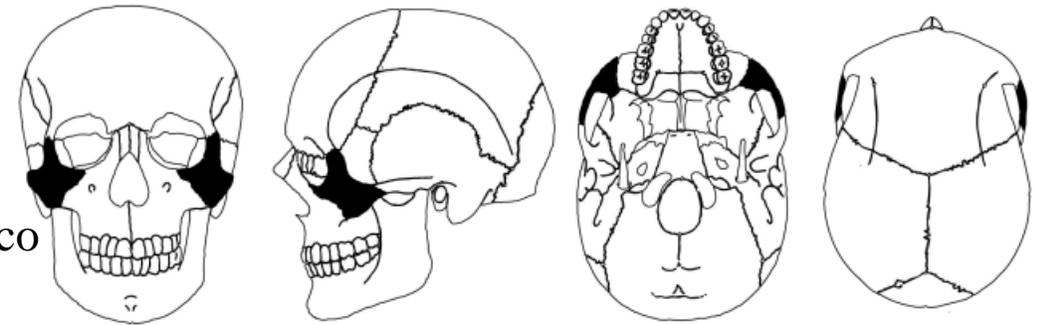


vomere

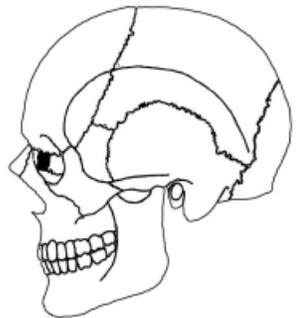
mascellare



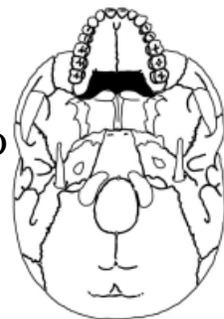
zigomatico  
(x2)



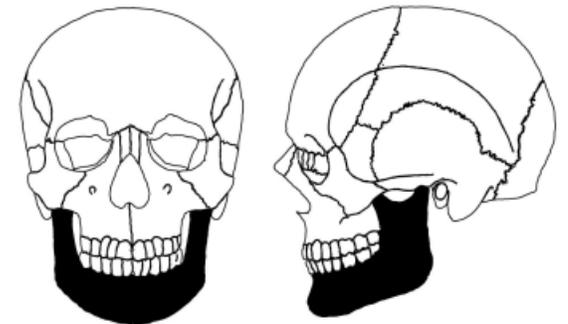
lacrimale  
(x2)



palatino  
(x2)



mandibola



# Muscoli masticatori

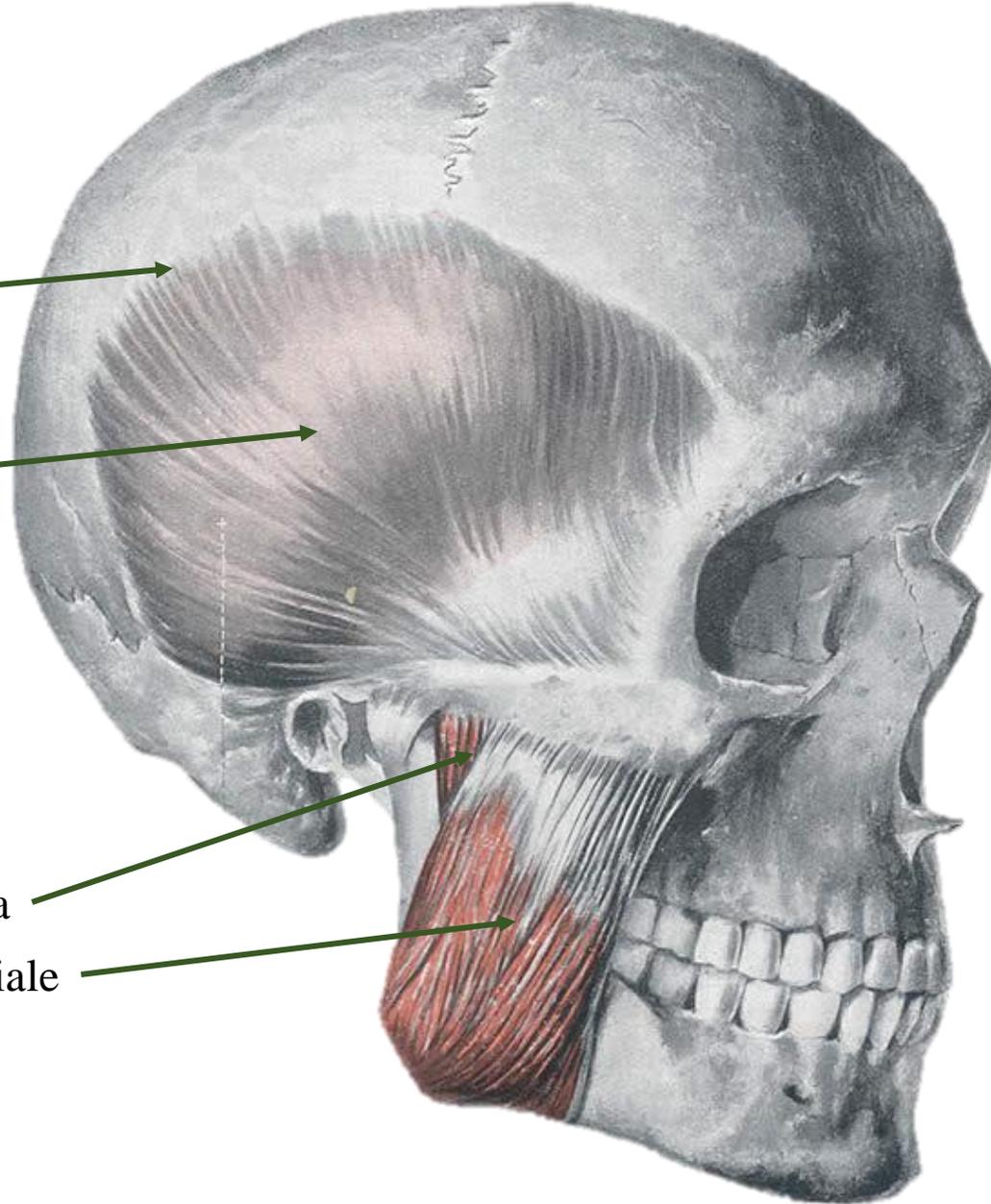
Linea temporale

Muscolo temporale

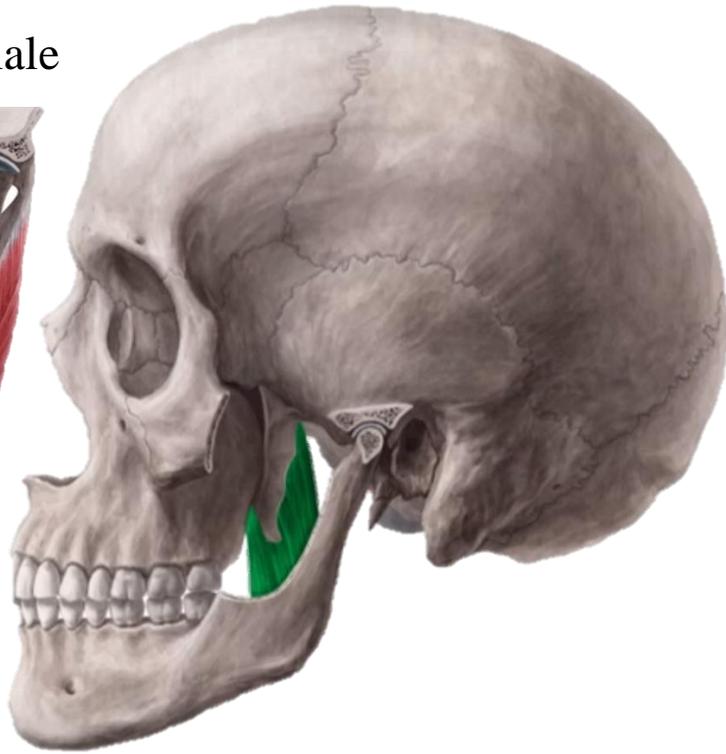
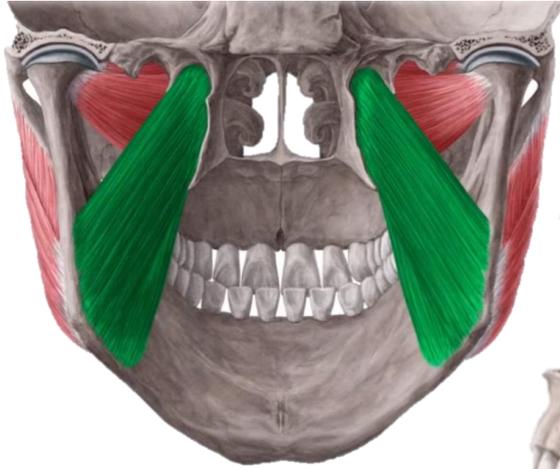
Muscolo massetere

parte profonda

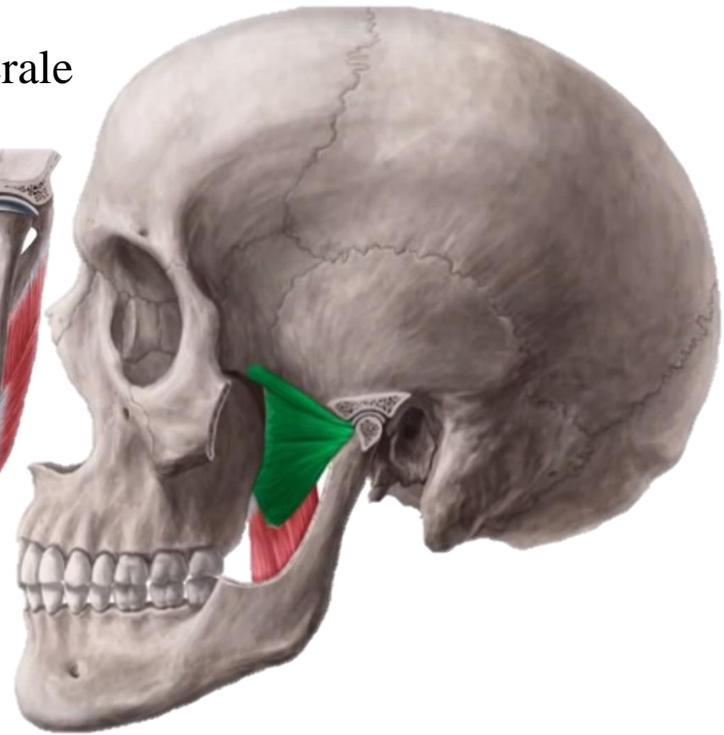
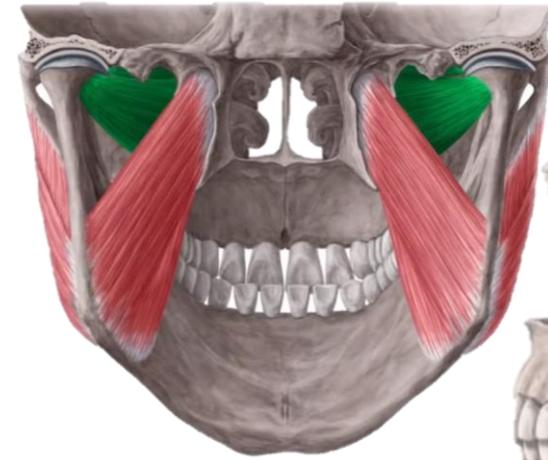
parte superficiale



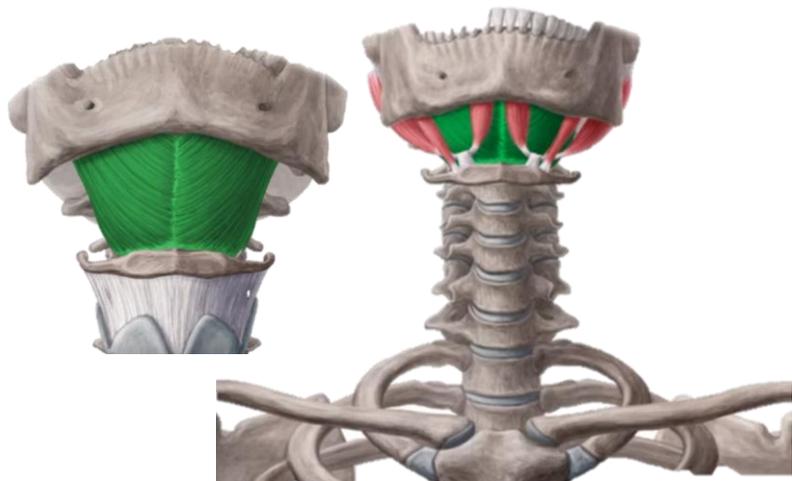
Muscolo pterigoideo mediale



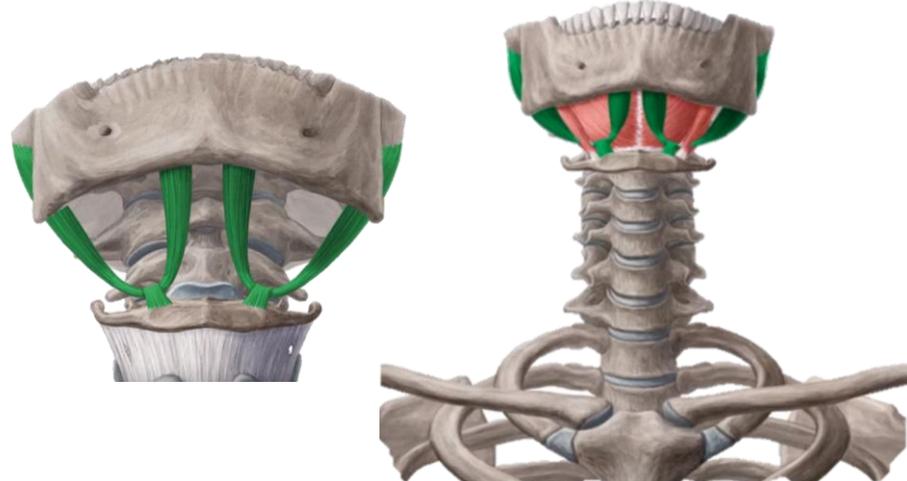
Muscolo pterigoideo laterale



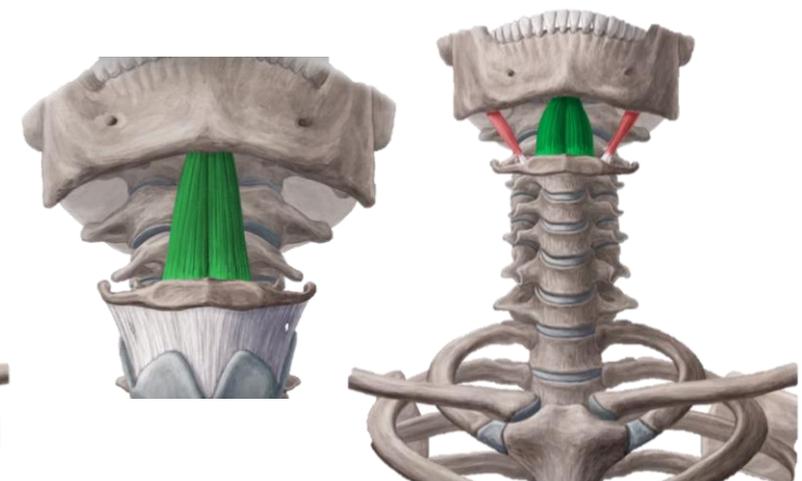
Muscolo milojoideo



Muscolo digastrico



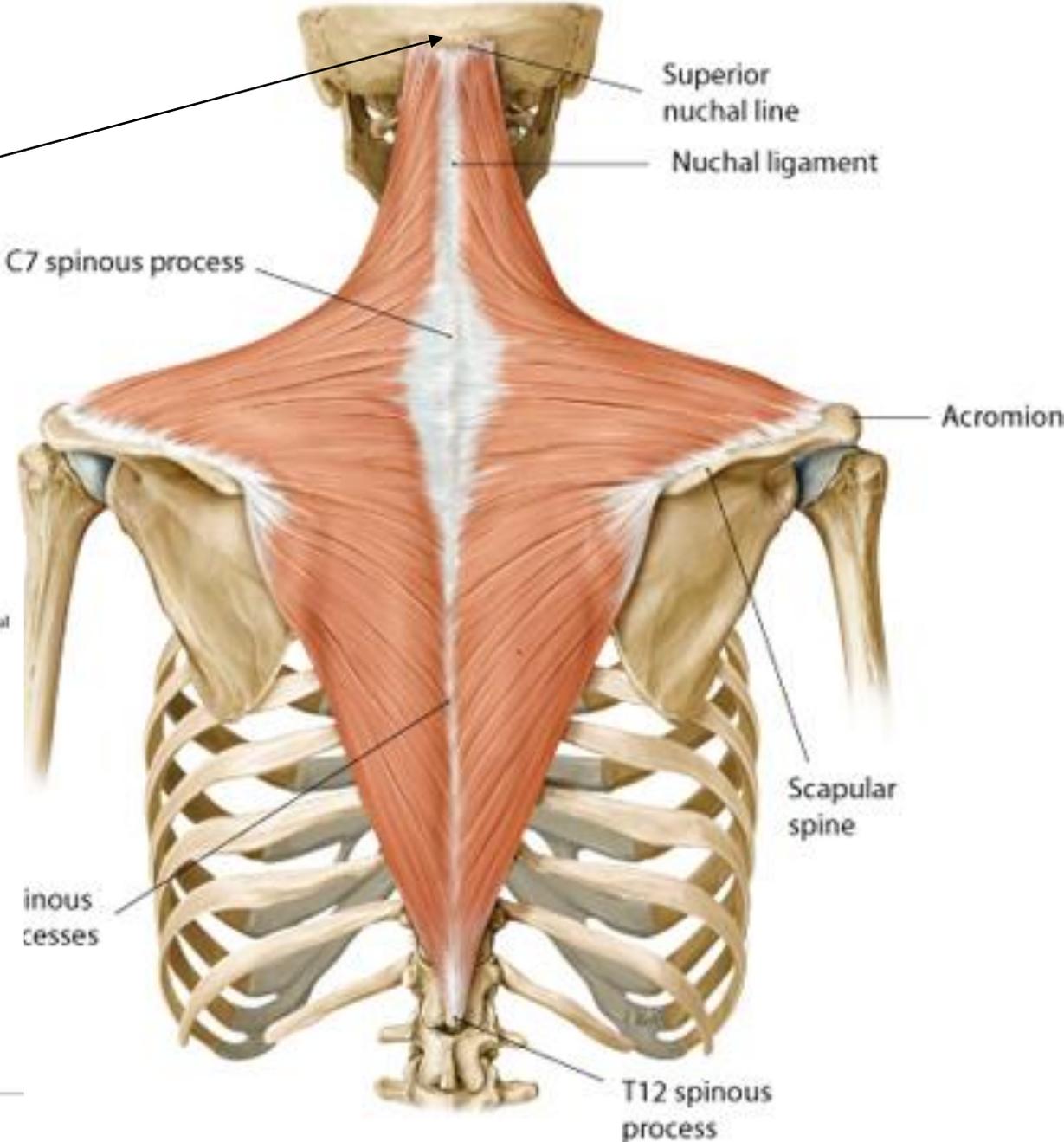
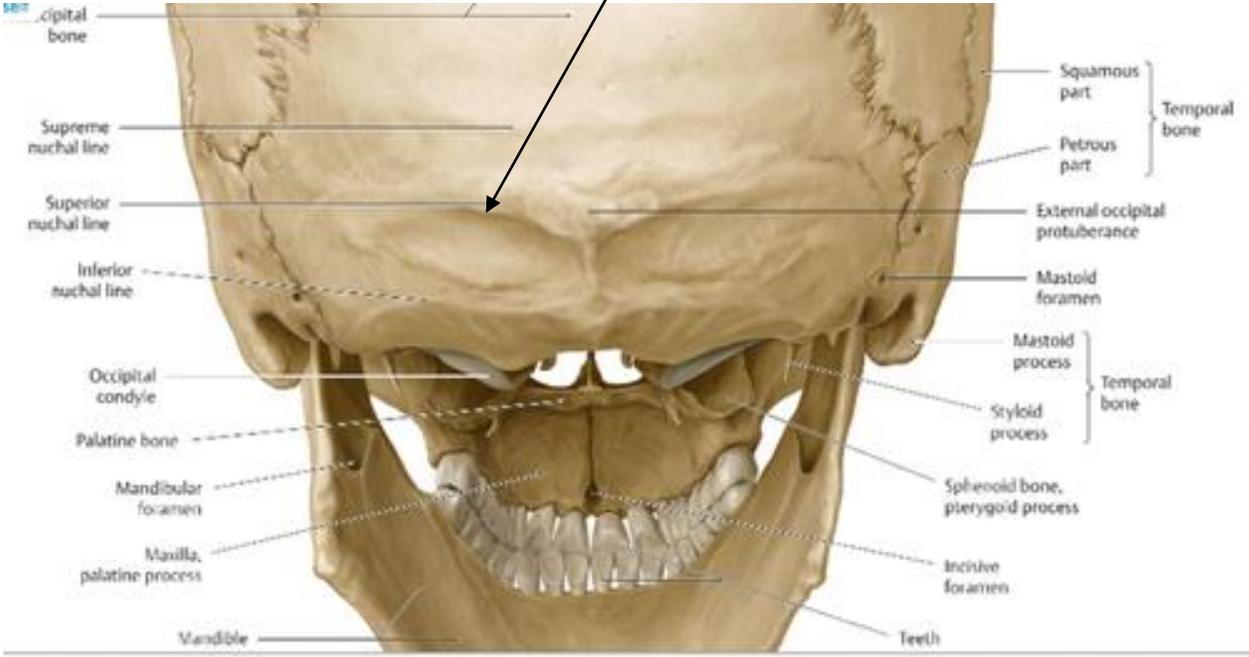
Muscolo geniojoideo



# Caratteri morfologici e strutture anatomiche

## Muscoli del collo

### Linea nucale





Proiezione laterale dei zigomatici



Prognatismo faciale

Forma del cranio in  
vista superiore



Parete convergente verso l'avanti: forma sfenoidale



Parete convergente quasi-  
parallele: forma ovoidea



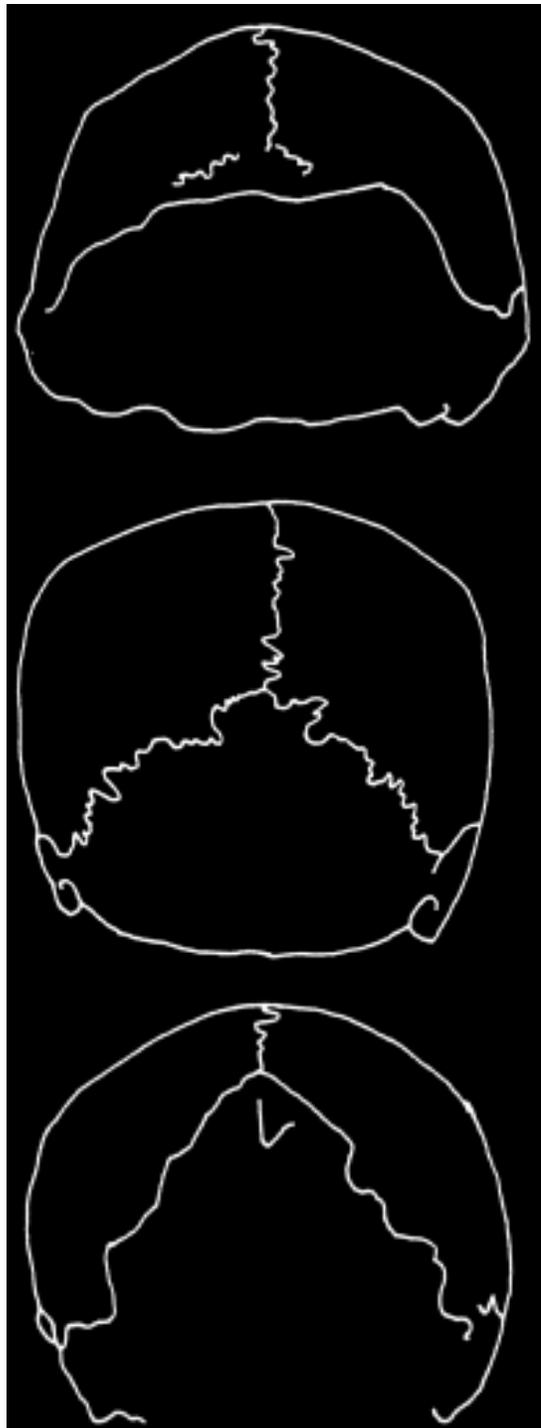
Toro occipitale trasverso



Pentagonale a parete convergente verso l'alto

A « tetto di casa »  
(*Homo sapiens*)

Circolare (Caso particolare dei  
neandertaliani)



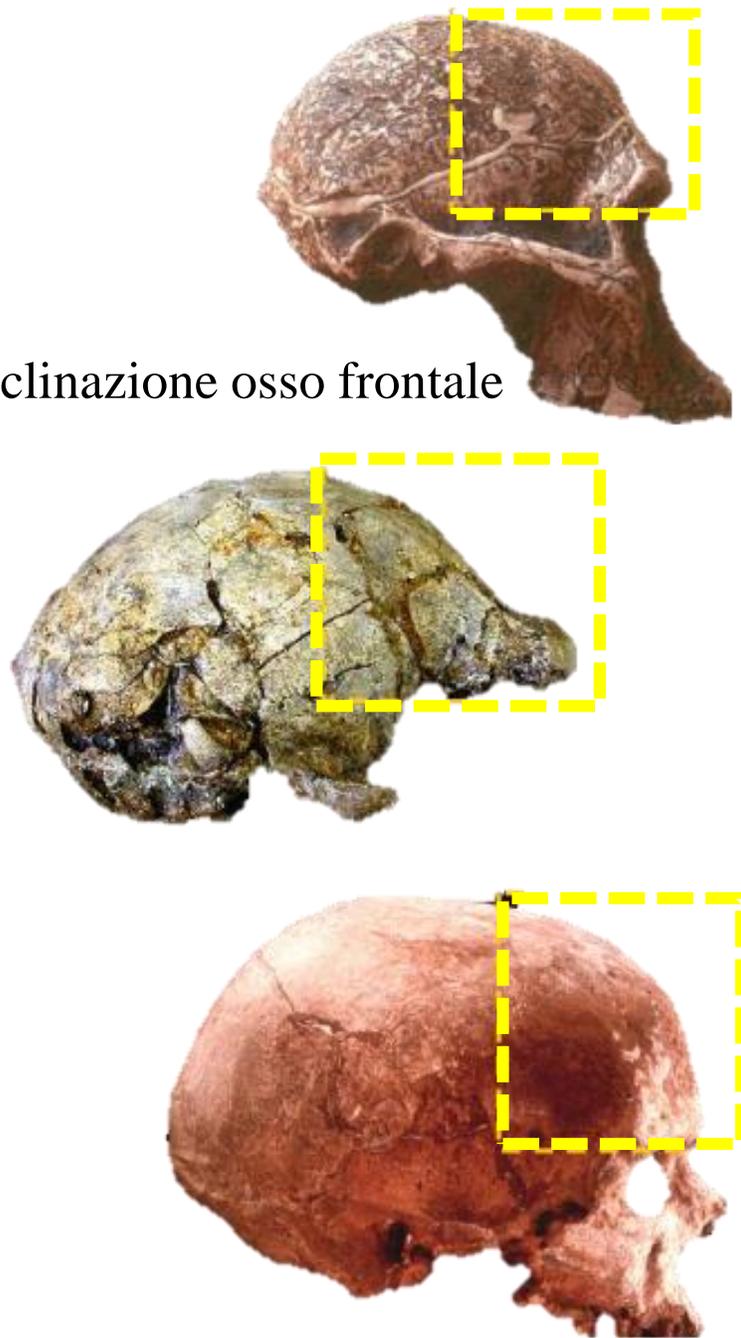


Forma dell'osso occipitale

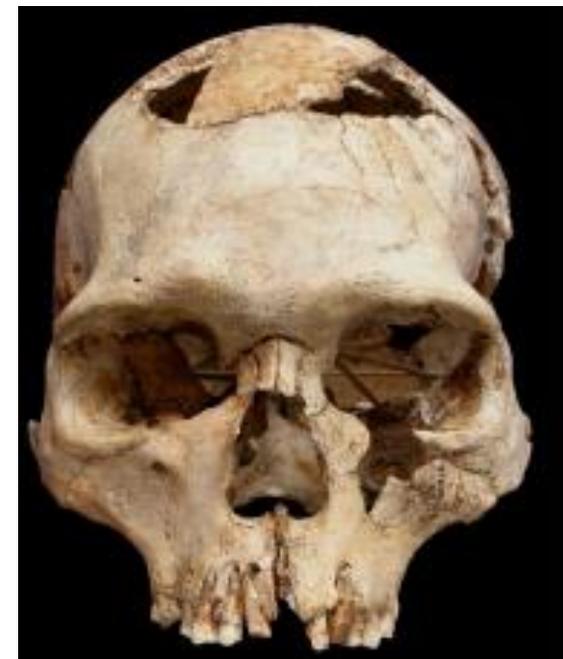
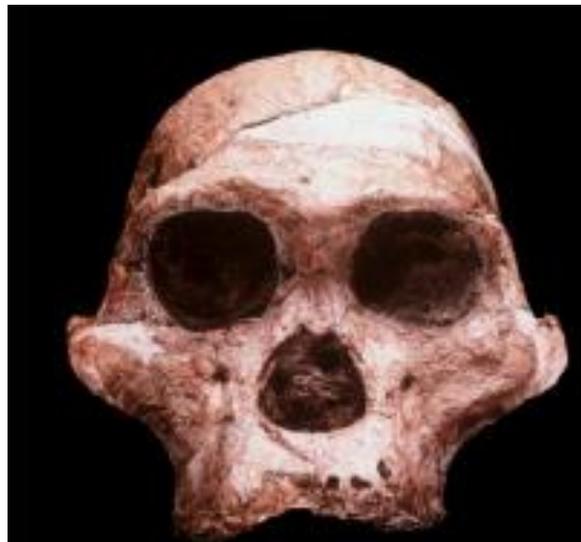


Forma della squama temporale e dell'apofisi mastoidea

Inclinazione osso frontale



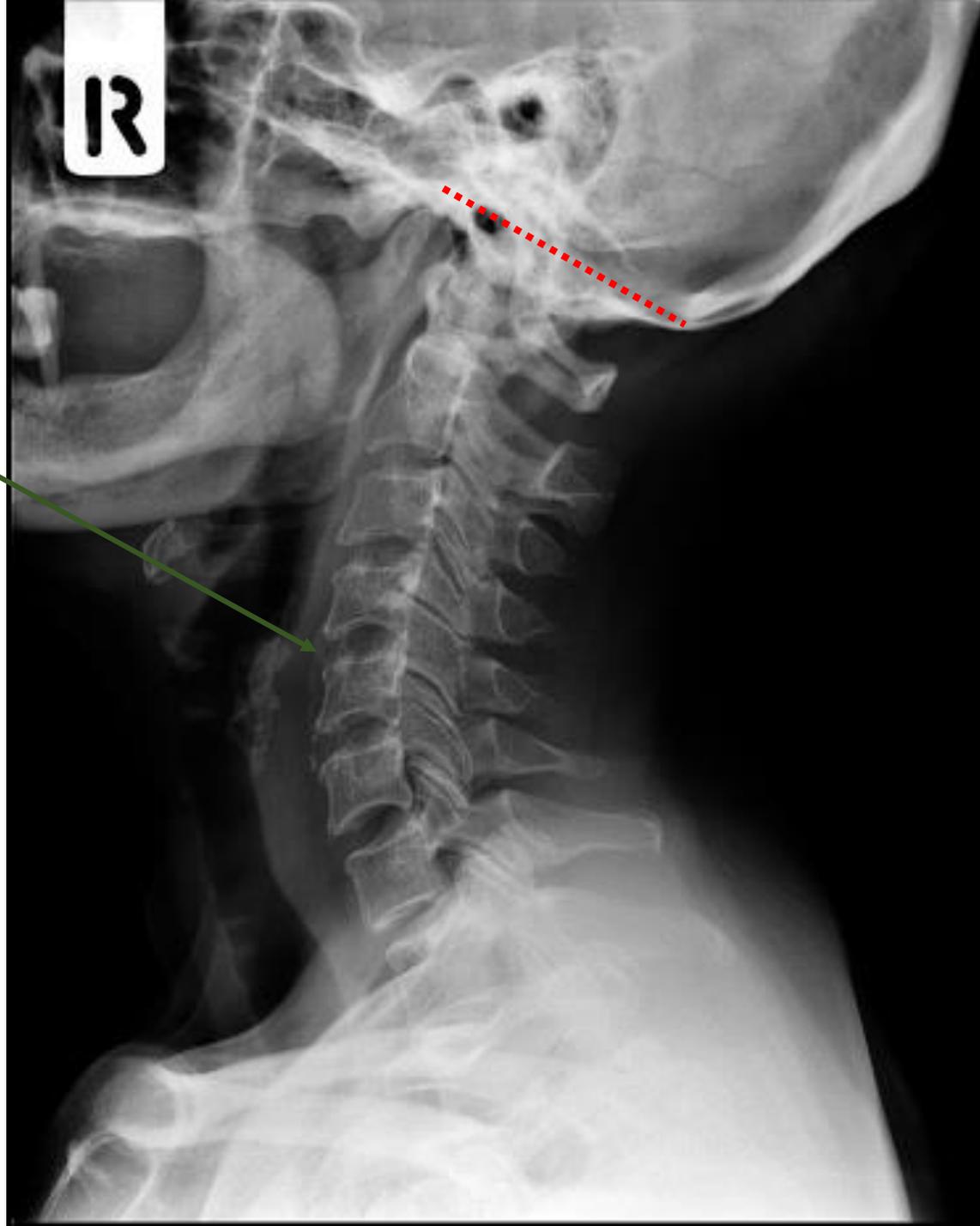
## Complesso sopra-orbitale





Orientazione della base  
del cranio

Accentuazione  
della curvatura  
cervicale

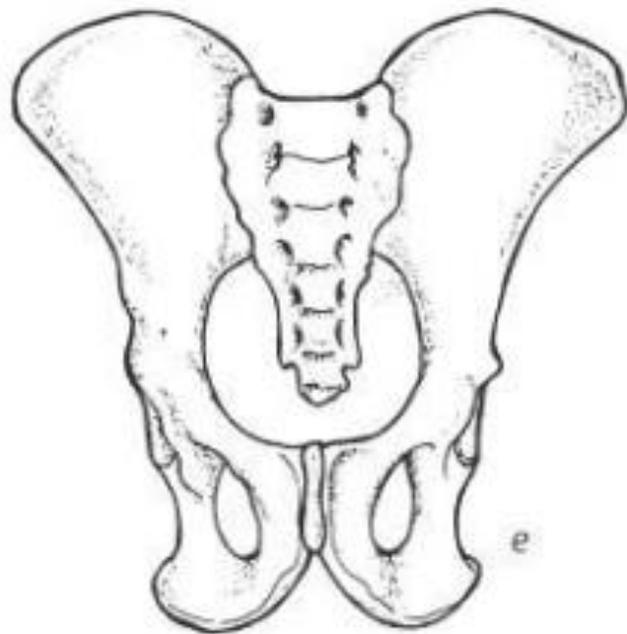
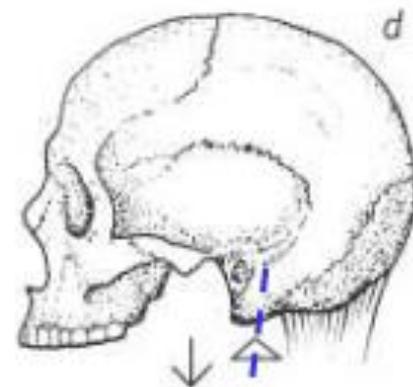
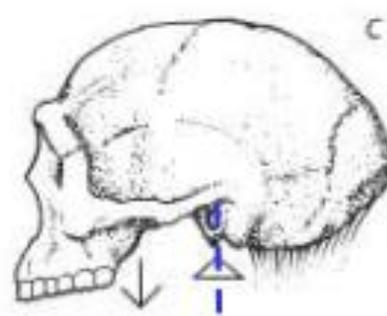
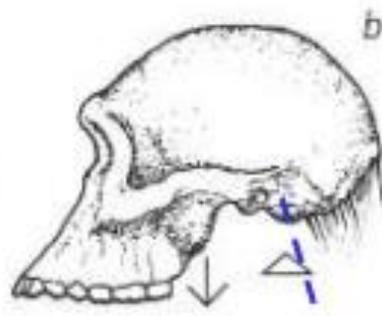
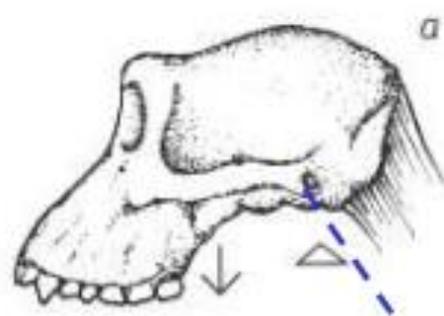


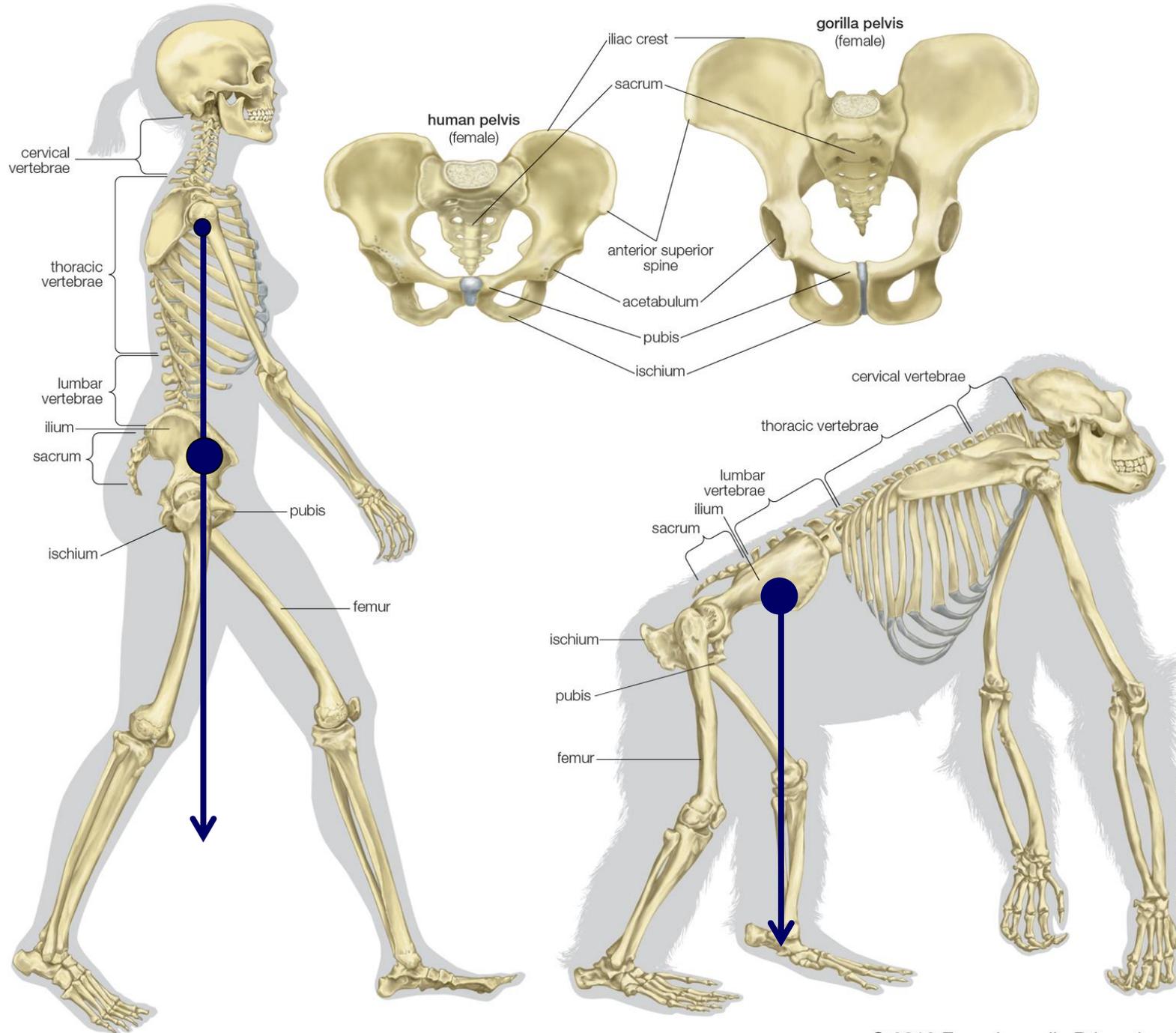
Antenati : orientazione obliqua e orientata posteriormente  
*Homo sapiens* : Orientazione obliqua e orientata anteriormente

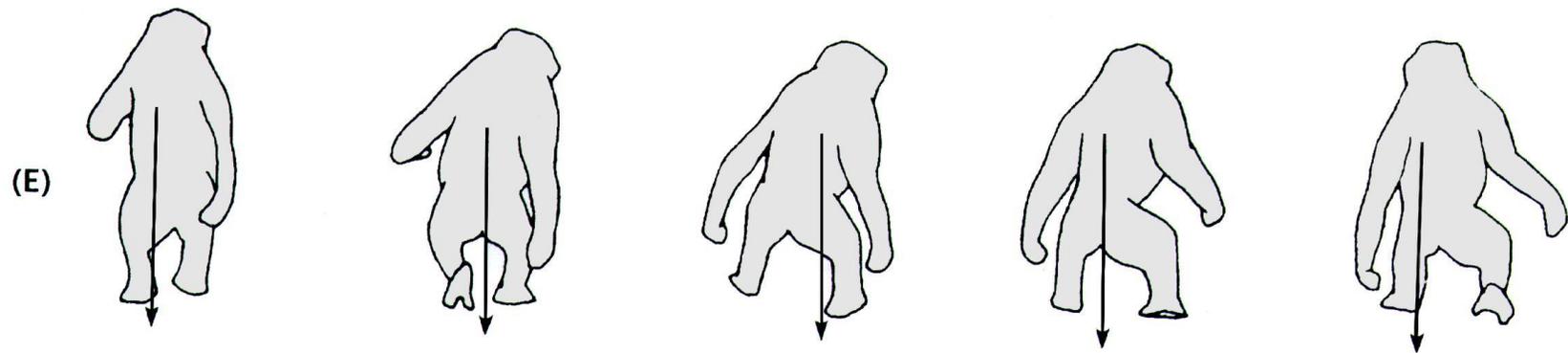
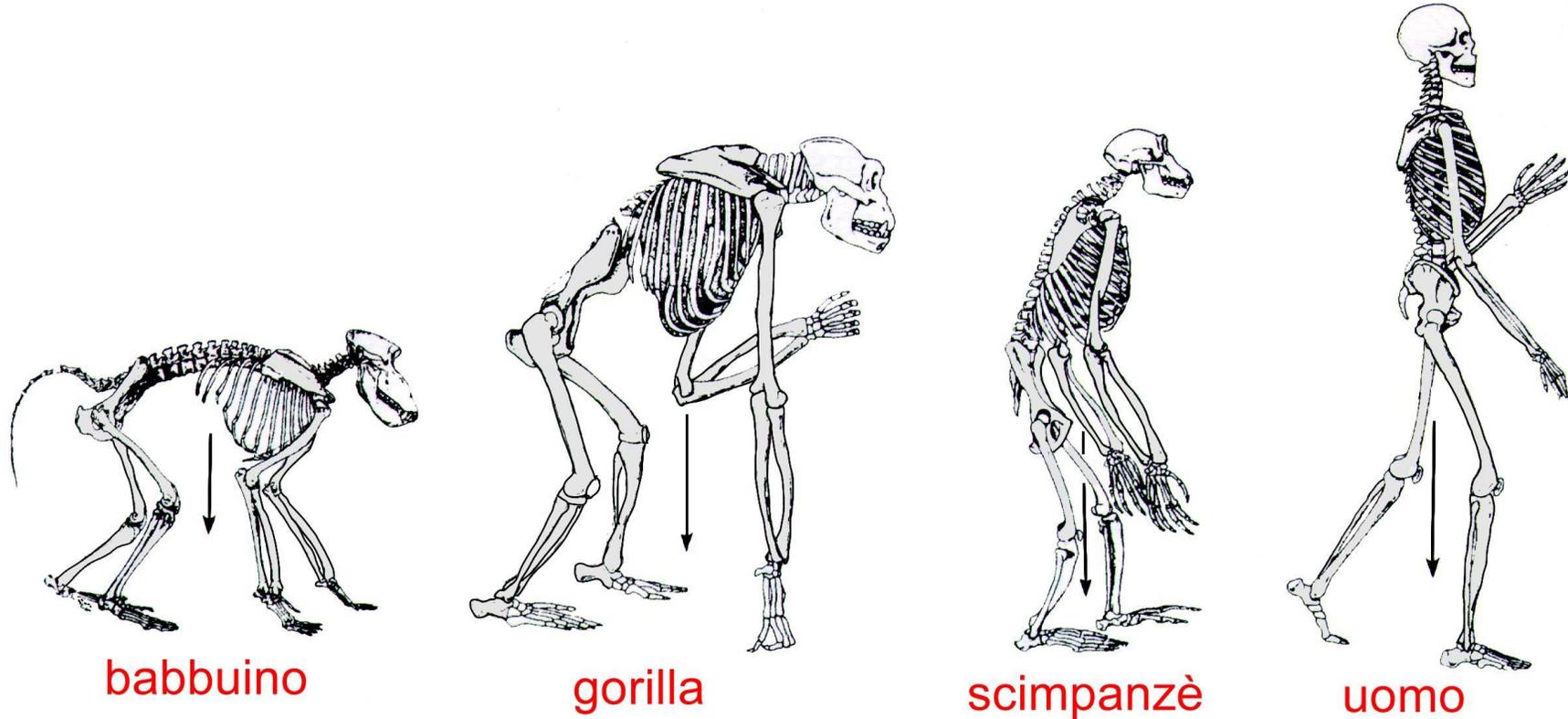
--- Axe de la colonne vertébrale

△ Point d'appui de la colonne vertébrale

↓ « déséquilibre » face / boîte crânienne







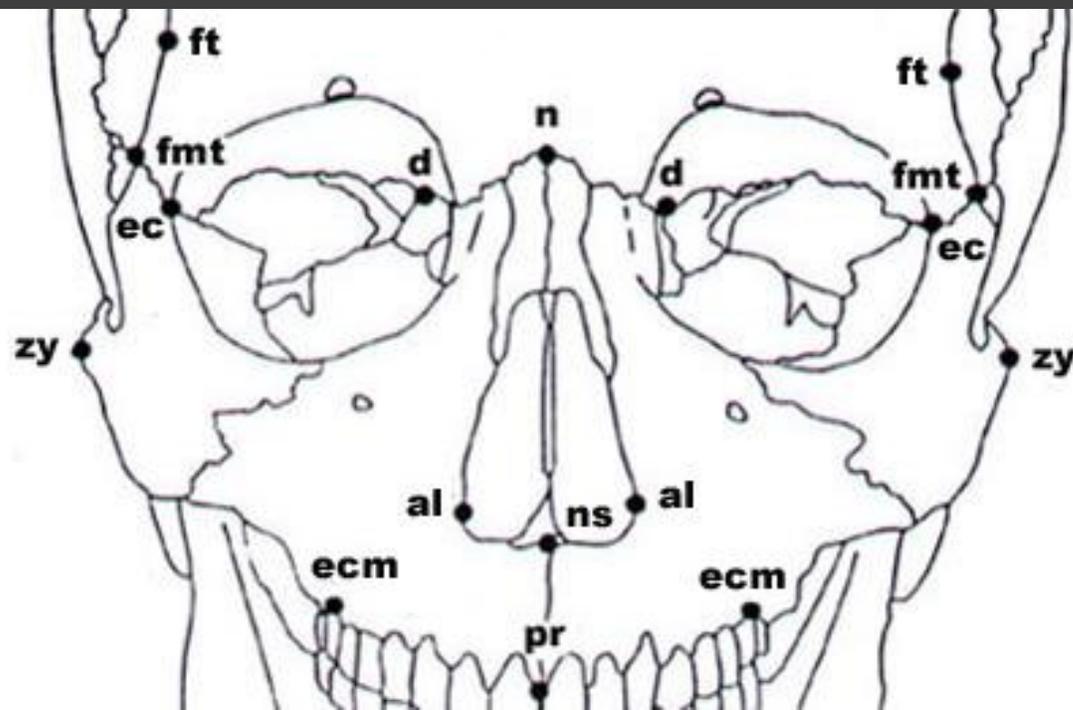
**Bipedismo occasionale**

# Tecnologie e Metodologie per l'acquisizione dei dati



# Digitalizzatore Microscribe

- Tecnica: Cattura le proprietà fisiche dell'oggetto
- Metodica: Il microscribe è un braccio articolato con un puntatore che definisce la posizione di un punto nello spazio in relazione al punto di riferimento dello strumento (base del robot). Il robot conosce la posizione del puntatore grazie a dei potenziometri nel braccio articolato.
- Risoluzione: 0,2 mm



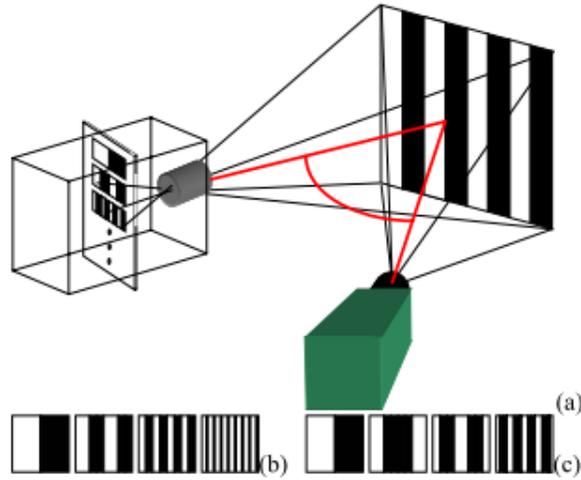


# Scanner di superficie

## *Laser Scanner*

- **Tecnica laser** Principio: Misura la posizione di un campionamento di punti in un sistema cartesiano della superficie di un oggetto.
- **Metodica:** lo scanner misura la distanza dall'oggetto usando un raggio laser. La distanza viene calcolata contando il tempo che il laser impiega nel tragitto a/r.
- **Risoluzione:** fino al  $\mu\text{m}$  per i più precisi

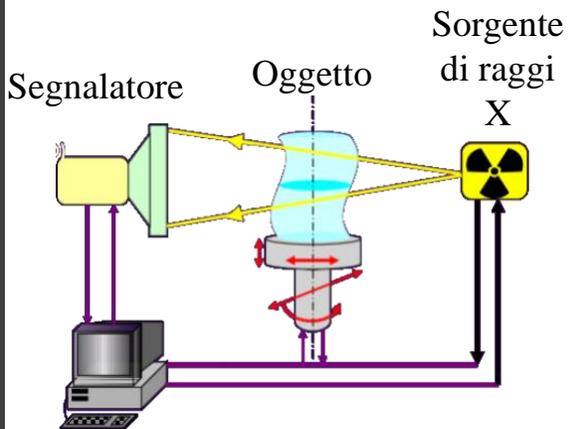




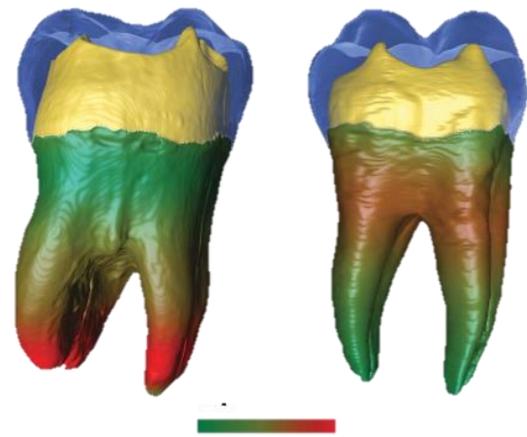
# Scanner di superficie *Breuckmann*

- Tecnica topometrica
- Principio: Analisi di bande di luce bianche proiettate sull'oggetto
- Metodica: Da una parte un proiettore di banda di luce e dall'altra una telecamera CCD (fotosensibile) che cattura le immagini che verranno analizzate da uno speciale software. La luce proiettata è codificata con un sistema binario (000, 001...) che sarà successivamente trasformato in immagine numerica dal computer passando dalla telecamera CCD.
- Risoluzione 0.26mm





Ricostruzione,  
stoccaggio e analisi  
dell'immagine



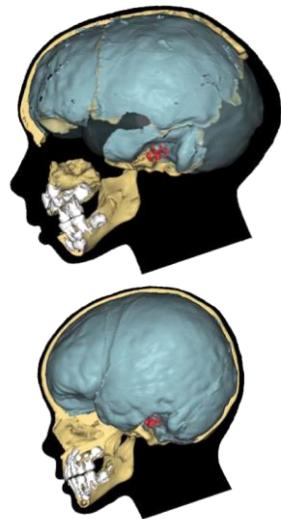
M1 La Chaise (Macchiarelli  
*et al.*, 2006)

## Tomodensitometria *scanografia, CT scan (Computer Tomography), TAC, micro CT.*

- Tecnica di scansione medica
- Principio: Misura l'assorbimento dei raggi X da parte dei tessuti riproducendo sezioni o strati corporei.
- Metodica: Il fascio di raggi X viene attenuato dal corpo che attraversa. L'attenuazione varia in modo proporzionale alla densità elettronica dei tessuti attraversati. Più la densità è alta più la gradazione del grigio è chiara.

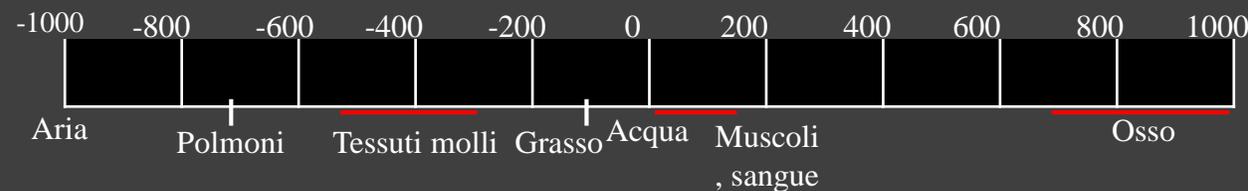
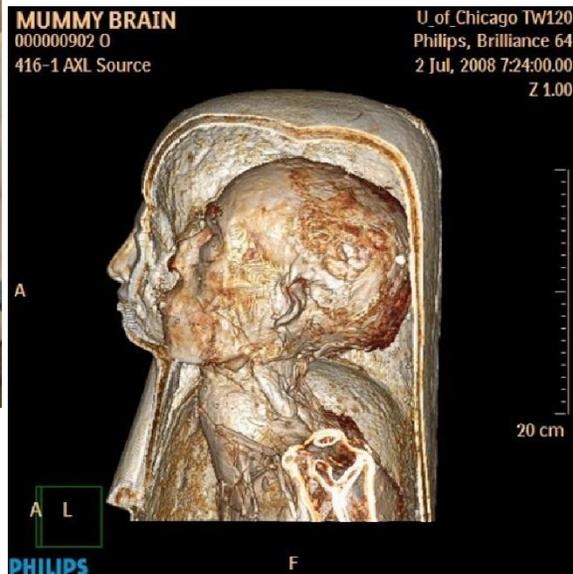


Osso trabecolare  
di un topo



# Tomodensitometria scanografia, CT scan (Computer Tomography), TAC, micro CT.

- Unità di misura: L'UH (Unità di Hounsfield) comprendente 2001 diverse tonalità di grigio, dal nero al bianco:
- Densità dell'aria = -1000 UH
- Densità dell'acqua = 0 UH
- Densità dell'osso compatto = + 1000 UH
- Utilità: Ricostruzione 3D delle strutture anatomiche
- Risoluzione : 0,4-0,8 mm e fino a 5µm per i microCT





Sincrotrone ELLETRA, Trieste



Thrips del cretaceo con i grani di pollini  
(Enrique Peñalver et al., 2012)

# Sincrotrone

- Acceleratore di particelle circolare, in cui il campo magnetico e il campo elettrico variabile sono sincronizzati con il fascio delle particelle stesse.
- Tecnica: Il sincrotrone si compone principalmente di :
  - un piccolo acceleratore che prepara le particelle a bassa energia
  - un anelo magnetico che mantiene le particelle su una traiettorie circolare
  - delle cavità acceleratrici destinate ad aumentare o mantenere l'energia delle particelle girando attorno all'anello.

Le particelle sono mantenute in un vuoto estremo, attorno all'anello, all'interno di un tubo di forma torica.

Metodica: Il raggio ottenuto viene raccolto in diversi punti del tubo, le linee di luce. Ogni raggio incontra lenti, specchi o monocromatore che seleziona una gamma di lunghezze d'onda e modifica le caratteristiche dei fasci di luce.

I raggi X ottenuti permettono di fare della microtomografia ad alta risoluzione



# Apporto delle nuove tecnologie alla ricerca e alla museologia

- Scambio di dati
- Immortalare i resti fossili unici
- Visualizzazione delle strutture interne che aprono nuove prospettive e metodologie di studio dei resti fossili
- Ricostruzione facciale
- Ricostruzione virtuale delle parti mancanti
- Realizzazione di calchi grazie al modello 3D evitando dannosi contatti col reperto

Trattamento dei Dati  
*principi di morfometria*

---

# Perché usiamo la morfometria?



Paleontologia/Paleoantropologia è basata su descrizioni e confronti

Si lavora con delle caratteristiche morfologiche

- Tassonomia
- Filogenia (cladistica)



Si lavora sulle forme (descrizione e confronti quantitativi)

- Caratteristiche ed evoluzione delle forme (crescita, evoluzione, fattori interni e esterni...)

# Perché usiamo la morfometria?

Paleontologia/Paleoantropologia è basata su descrizioni e confronti

Si lavora con delle caratteristiche morfologiche

- Tassonomia
- Filogenia (cladistica)

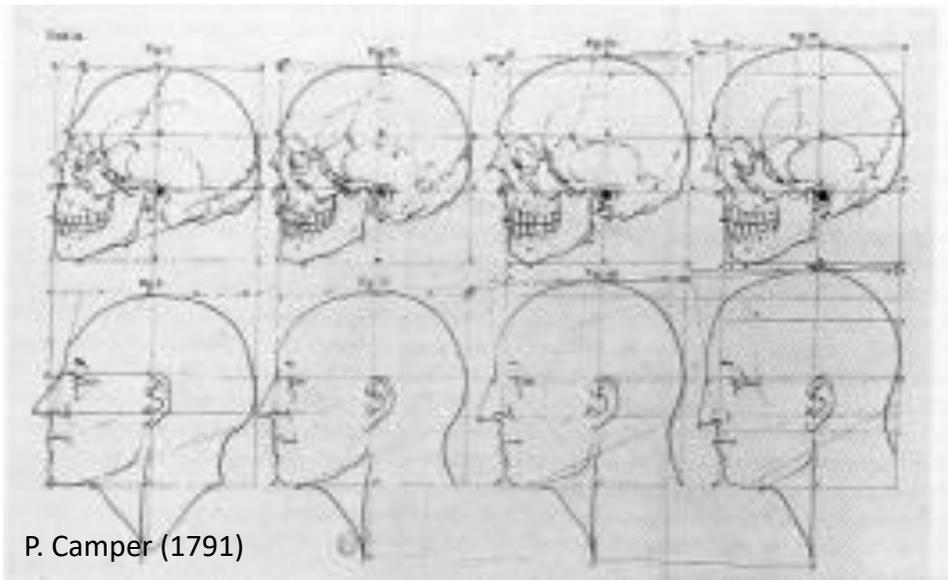
Si lavora sulle forme (descrizione e confronti quantitativi)

- Caratteristiche ed evoluzione delle forme (crescita, evoluzione, fattori interni e esterni...)

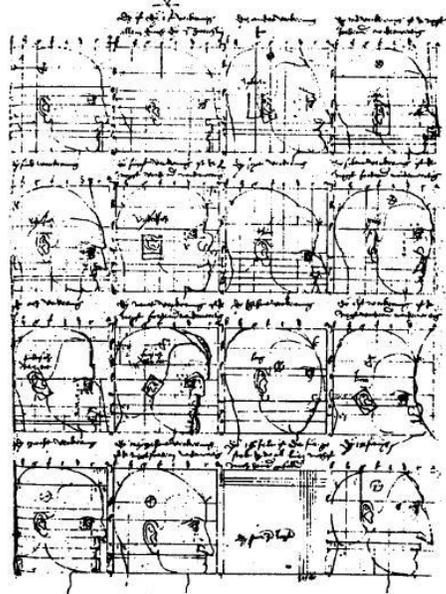
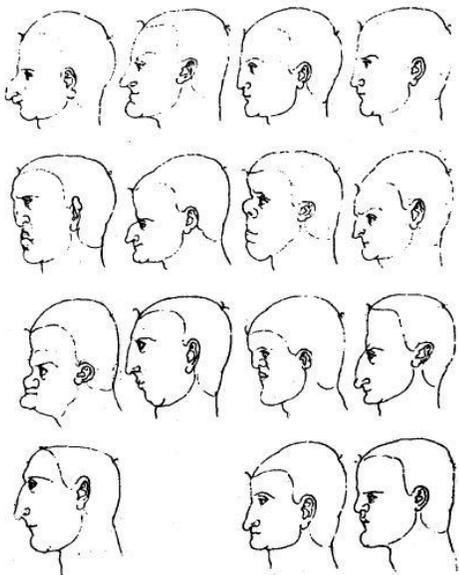


# Perché usiamo la morfometria?

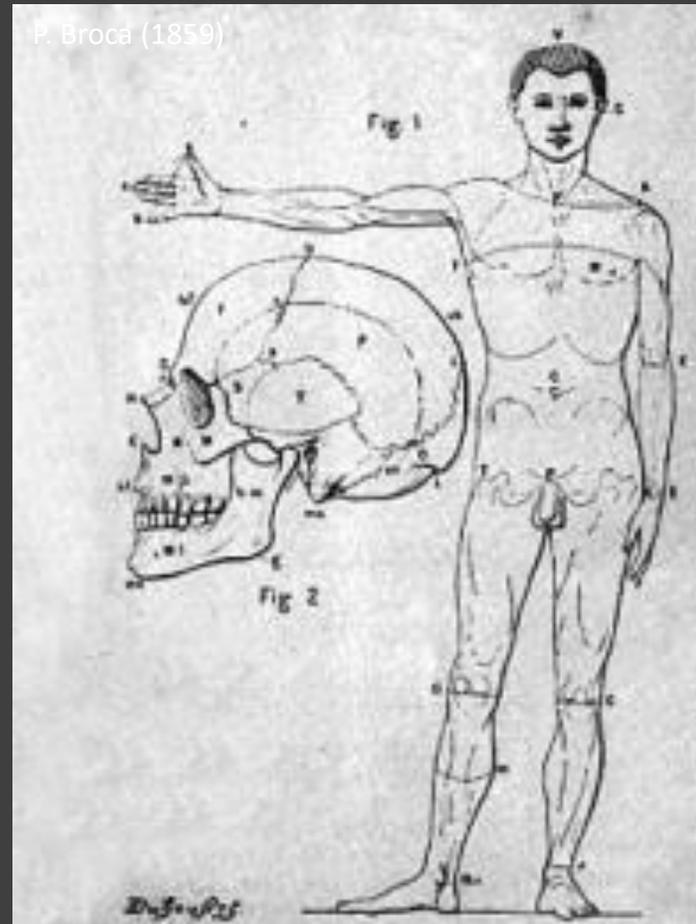
La morfometria è « la descrizione quantitativa, analisi, e interpretazione delle forme e delle variazioni di forme [di soggetti biologici] » (Rohlf, 1990)



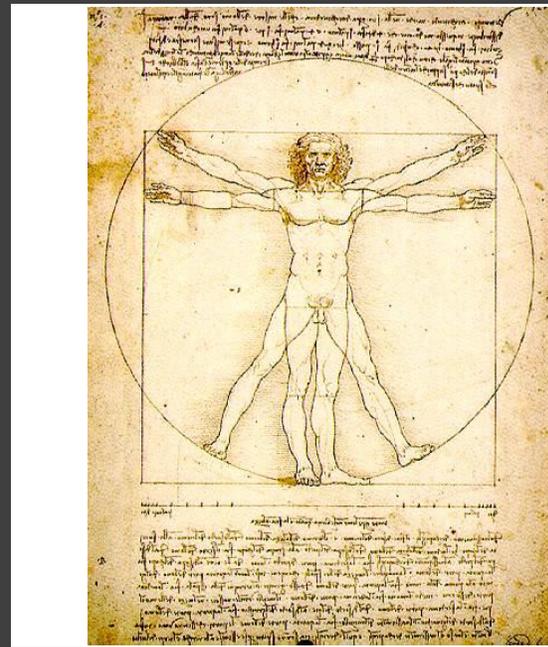
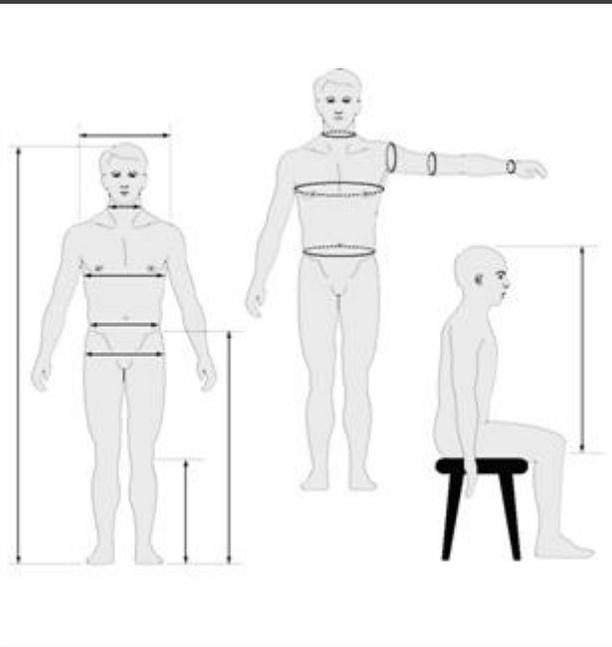
P. Camper (1791)



Disegni di Dürer su il ruolo delle proporzioni nel viso umano.

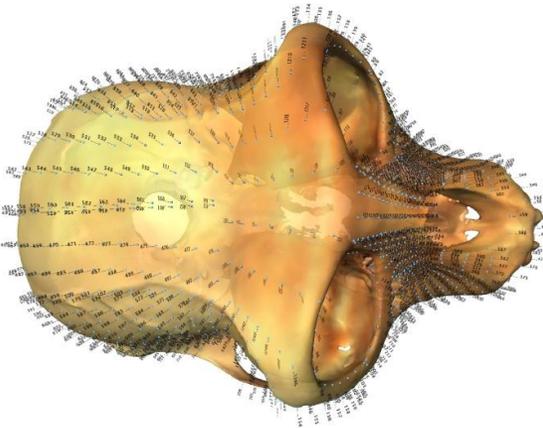
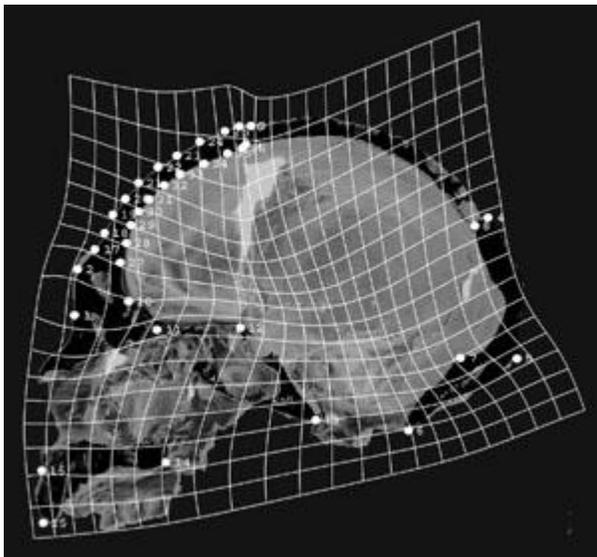


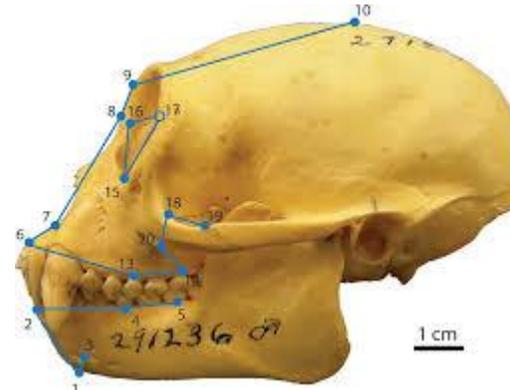
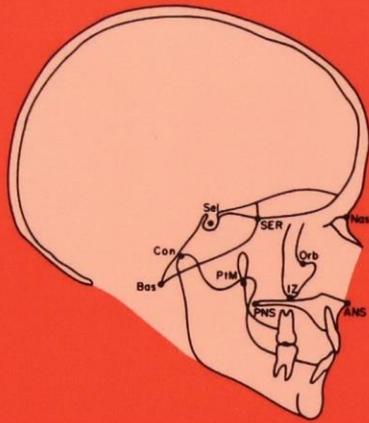
P. Broca (1859)



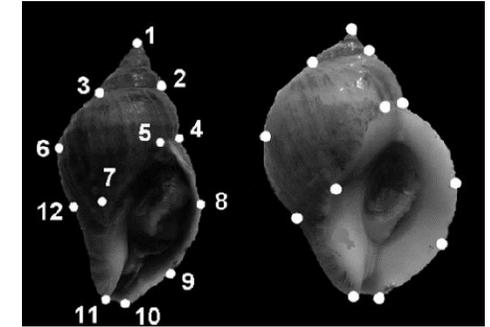
# Tipi di morfometria

- **Morfometria tradizionale** : Misure classiche (lunghezza, larghezza, spessore....). Analisi di dati lineare in 2D
- **Morfometria geometrica su punti omologi** (Landmarks)
- **Morfometria geometrica sull'analisi dei contorni**

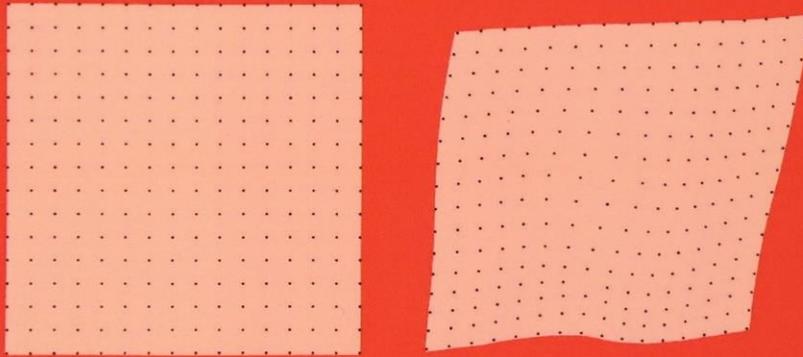




(Cooke and Trehune, 2015)

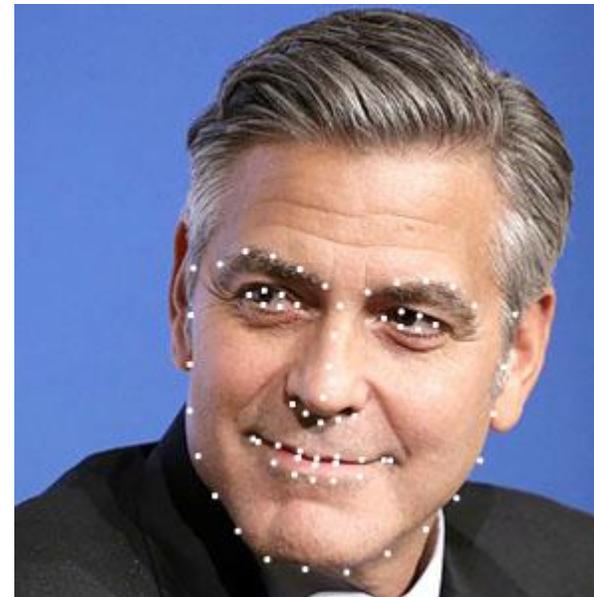


(González-José and Charlin, 2012)



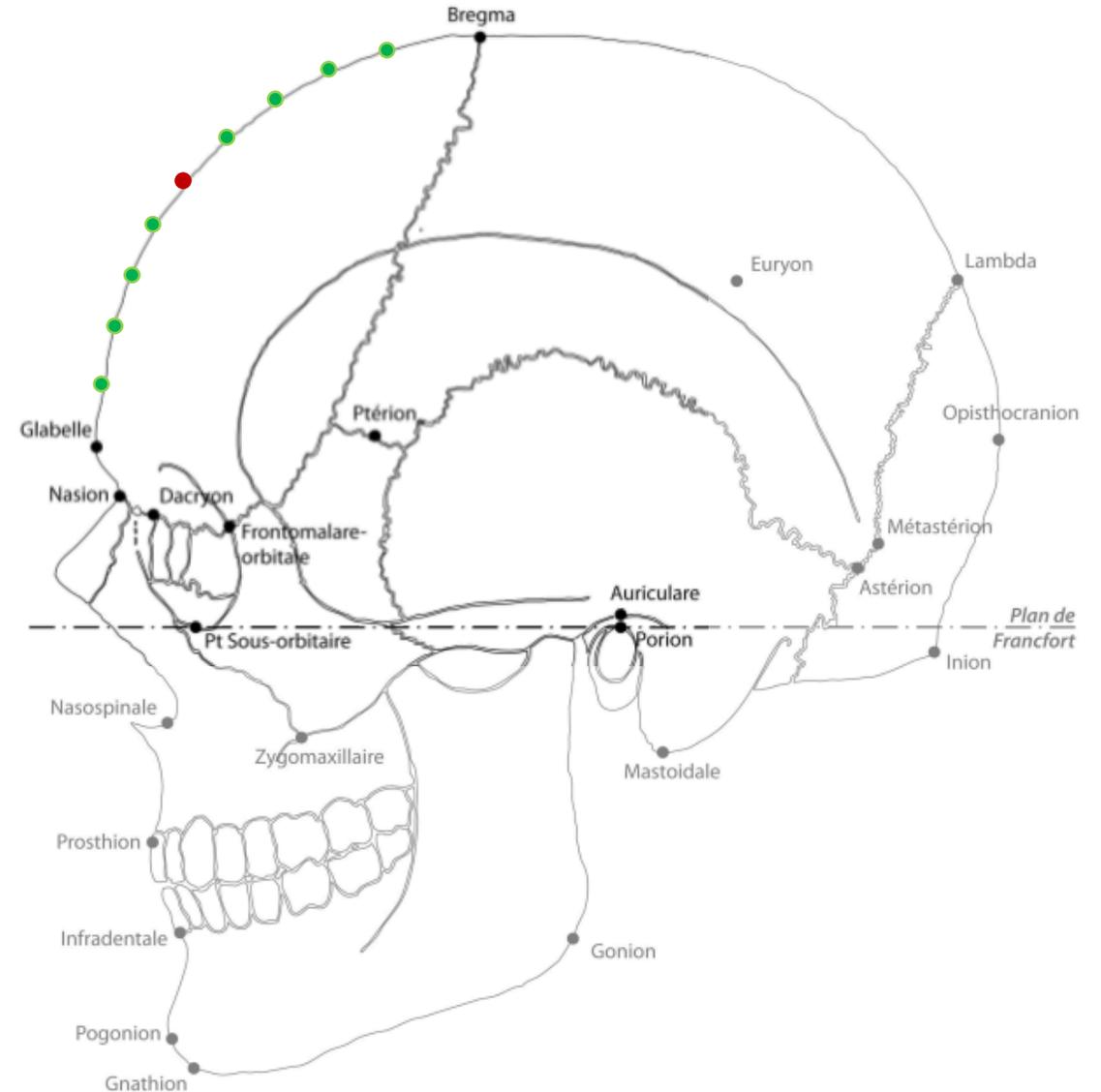
# Morphometric Tools for Landmark Data Geometry and Biology

Fred L. Bookstein



## Definizione dei landmark (Bookstein, 1997)

- Landmark di tipo 1: sono punti facilmente identificabili (e.g. i giunti delle suture craniche) che non richiedono nessuna definizione geometrica in relazione ad altri aspetti del campione; l'omologia tra i campioni è in questo caso evidente.
- Landmark di tipo 2: sono punti morfologicamente isolati o estremità, la cui omologia da individuo a individuo è supportata da evidenze geometriche (e.g. il punto di massima curvatura dell'osso frontale).
- Landmark di tipo 3 o *semilandmark*: punti definiti geometricamente sul campione secondo un protocollo strumentale.  
Concettualmente possono essere considerati come punti omologhi nel senso di essere geometricamente corrispondenti tra le forme. L'omologia non è dunque, in questo caso, inerente a delle proprietà identificabili, ma è qualcosa che può emergere da una definizione chiara e operativamente specificata (O'Higgins, 2000).



# Morfometria: Principi di base

Risoluzione: il più piccolo intervallo che può essere misurato

Affidabilità: La differenza/deviazione tra il «vero» valore e le misure

Ripetibilità (precisione): è il grado di concordanza tra una serie di misure di uno stesso misurando (la grandezza oggetto di misurazione), quando le singole misurazioni sono effettuate lasciando immutate le condizioni di misura.



*Accuracy is how close your shot is to the center.*

*Repeatability is how close to each other your shots are when you shoot multiple times.*

# Morfometria: Principi di base

Forma = Taglia + conformazione

*Form = Size + shape*



A



B



C



D

	<b>Stessa Taglia / <i>Same size</i></b>	Taglia diversa / <i>Different size</i>
<b>Stessa conformazione</b> <i>Same conformation</i>	<b>Stessa forma</b> <i>Same shape</i>	Forma diversa <i>Different shape</i>
<b>Conformazione diversa</b> <i>Different conformation</i>	Forma diversa <i>Different shape</i>	Forma diversa <i>Different shape</i>

# Morfometria: Principi di base

## Caso teorico



Conformazione identiche  
Taglie diverse



Conformazione diverse  
Taglie identiche

# Morfometria: Principi di base

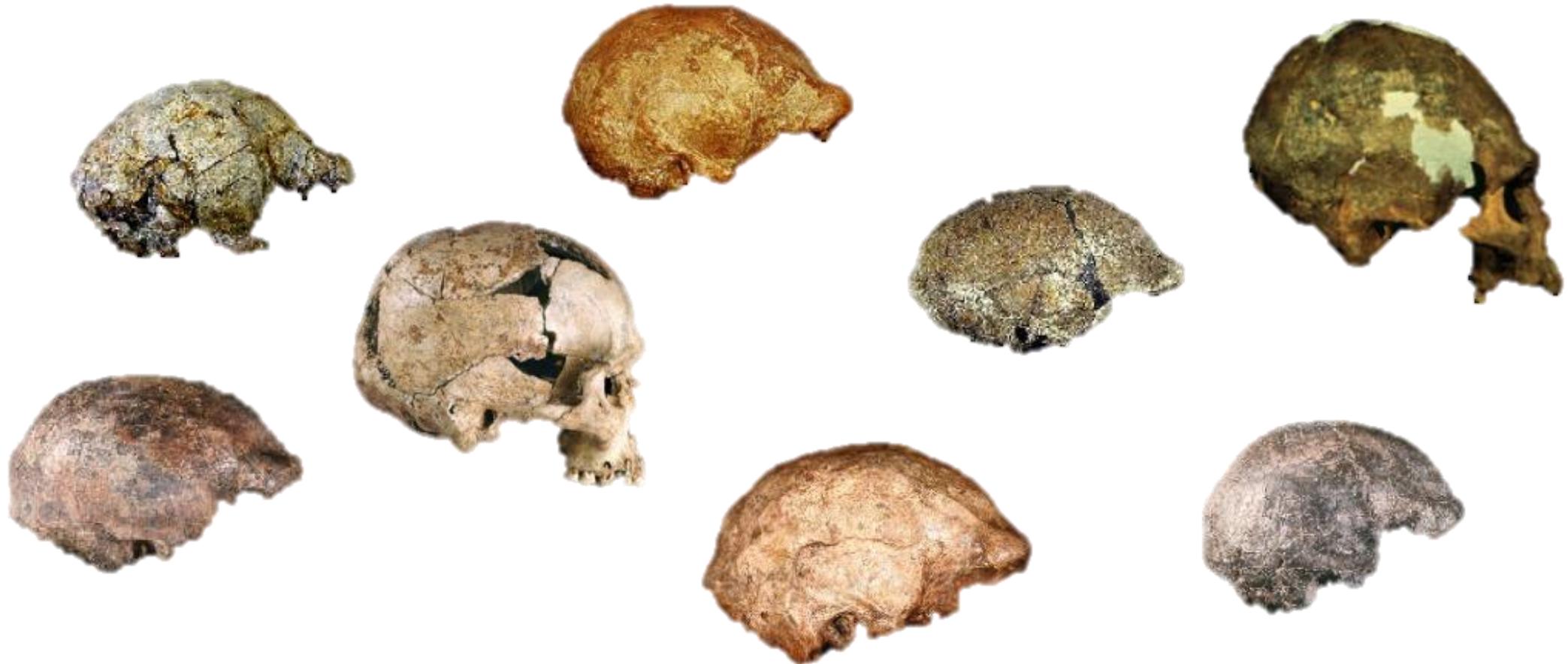
## Caso reale



Conformazione diverse  
Taglie diverse

# Morfometria: Principi di base

*Homo erectus* e *Homo sapiens* in Indonesia - Australia

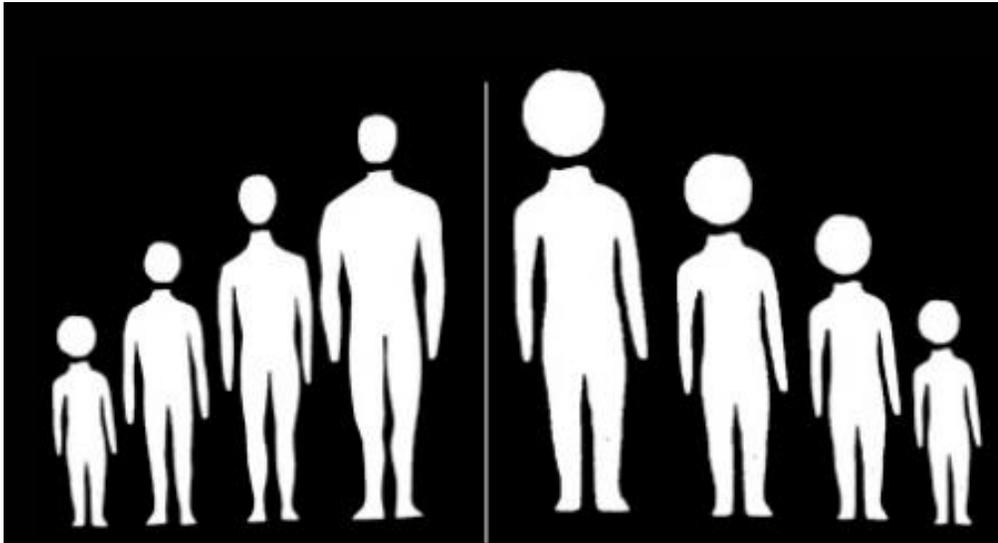


Conformazioni diverse e taglie diverse

Però le differenze sono sottili e analizzare le strutture anatomiche può essere complesso.  
⇒ Bisogna manipolare un gran numero di parametri

# Morfometria geometrica vs tradizionale

Forma = conformazione + taglia

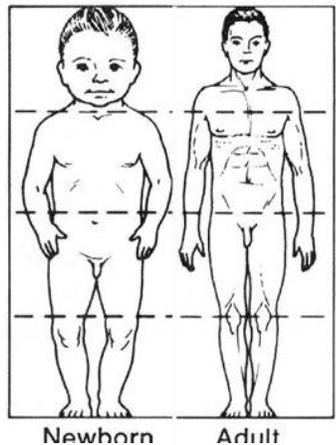


In ogni caso la forma cambia

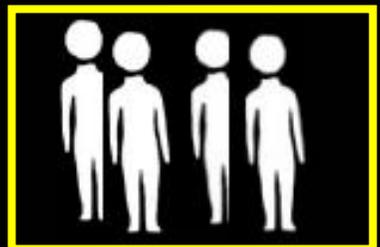
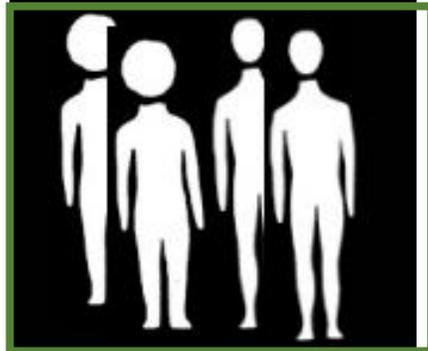
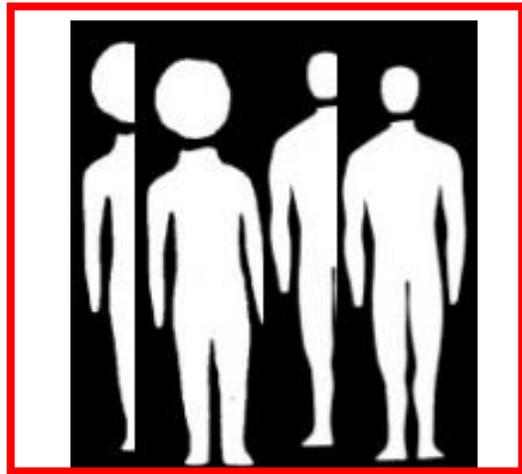
Come distinguere i cambiamenti di taglia dai cambiamenti di conformazione?

Allometrie  
Taglia cambia  
conformazione cambia

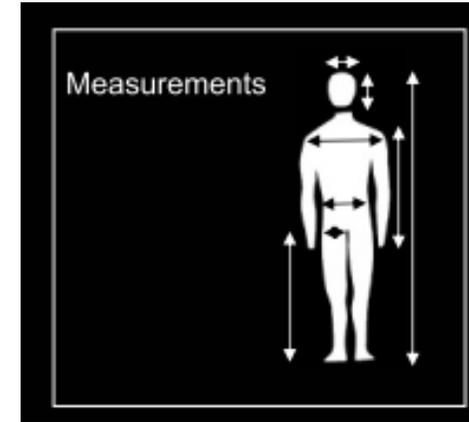
Isometrie  
Taglia cambia  
Conformazione =



# Morfometria tradizionale



Campione

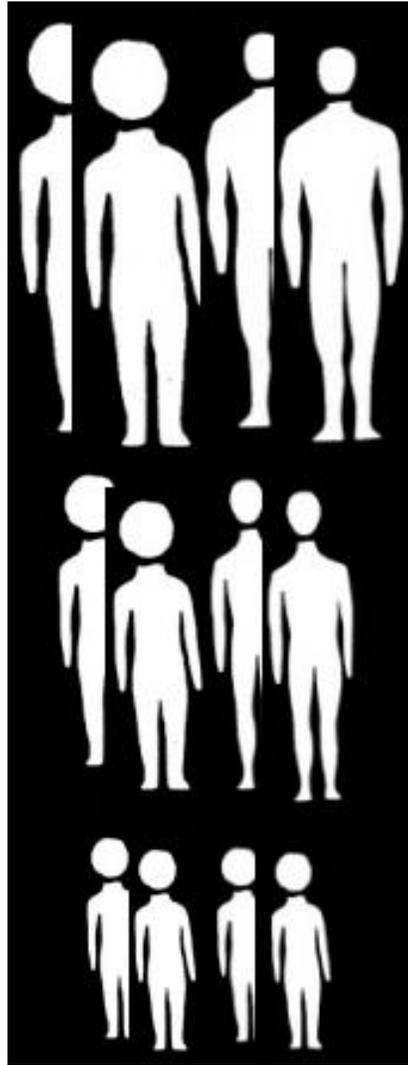


Analisi delle variabili  
lineari in 2D

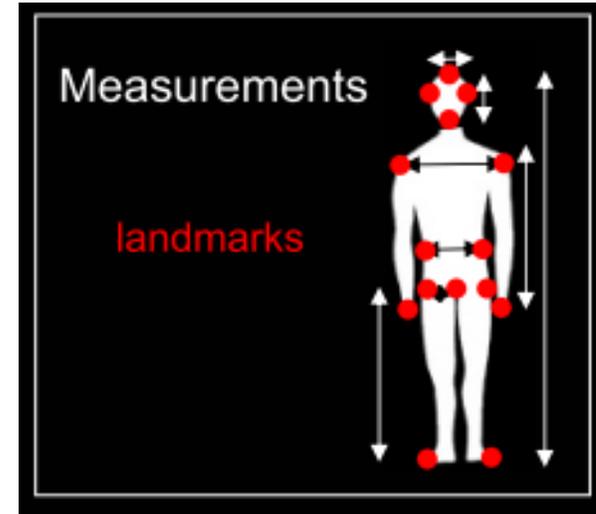


Effetto della taglia : I cambiamenti di conformazione della testa e del corpo sono nascosti

# Morfometria geometrica

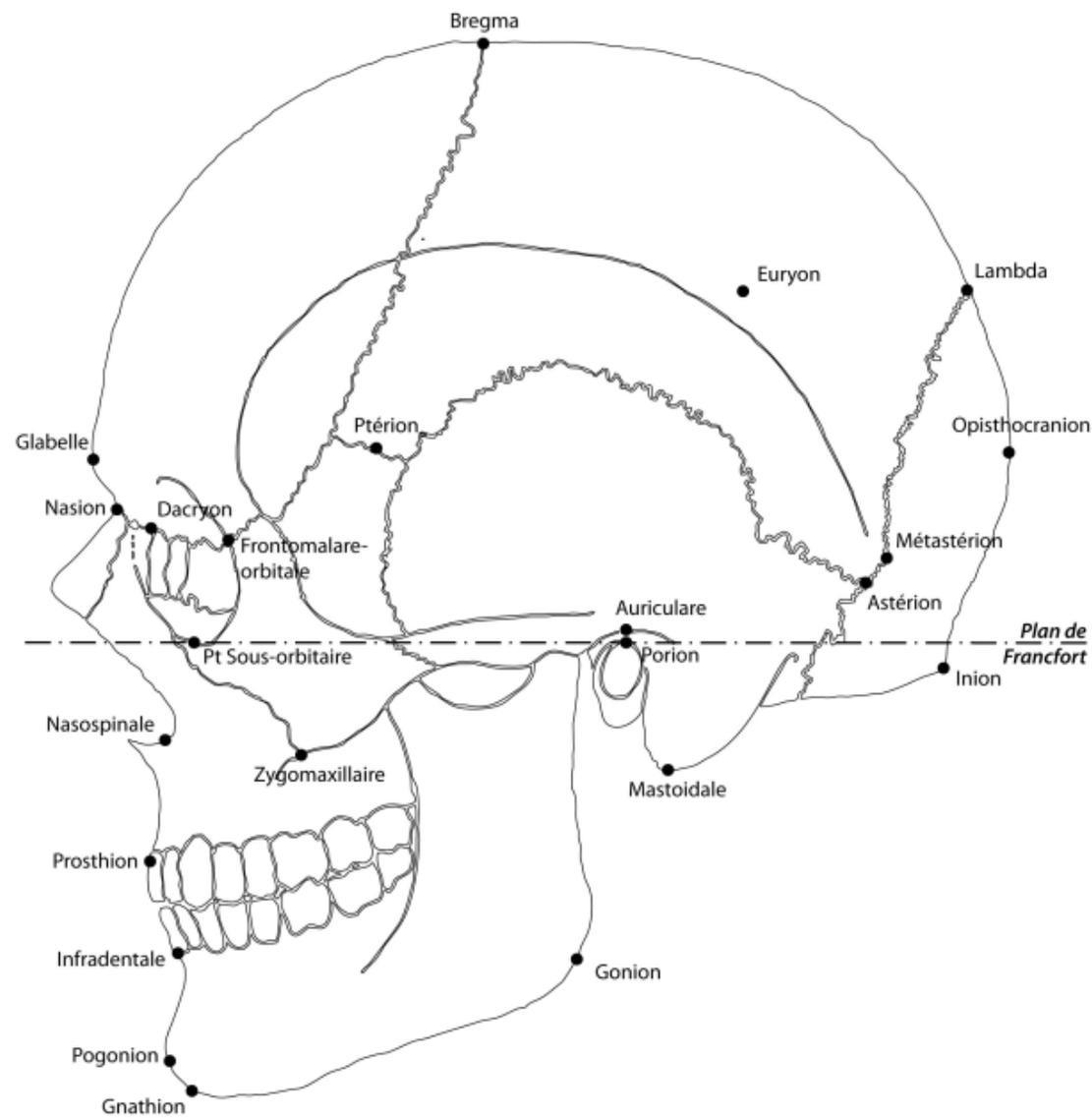
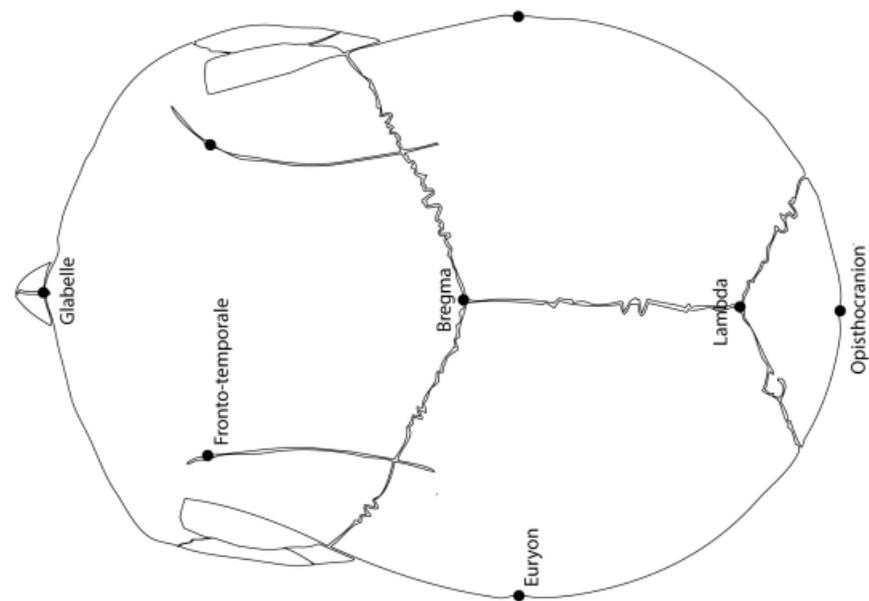
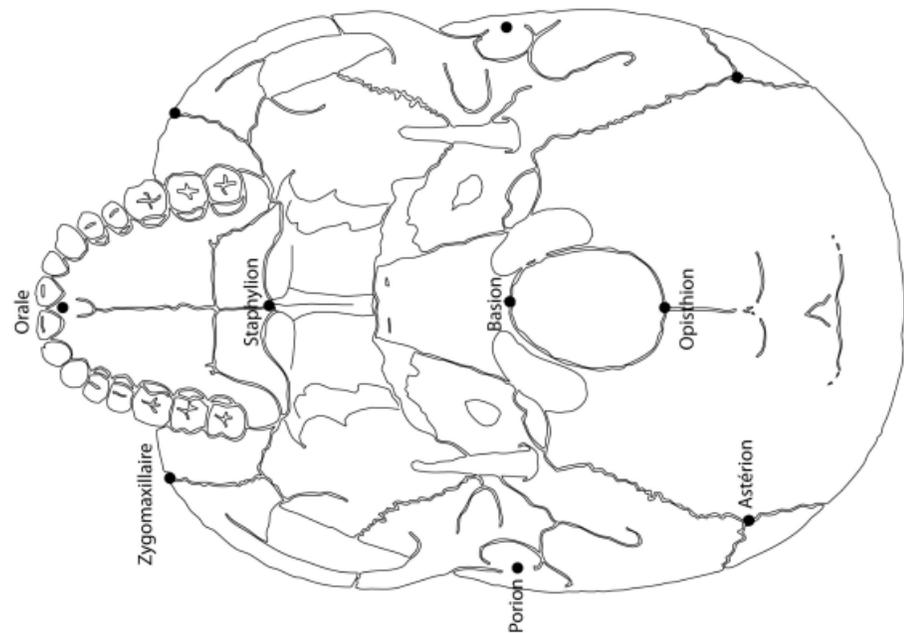


Campione



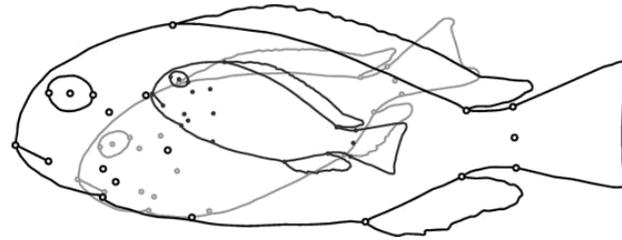
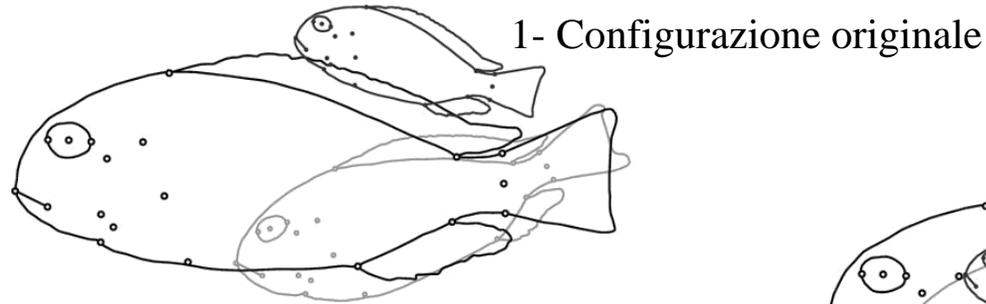
Tutte le informazioni morfometriche (geometriche) disponibili dai landmarks sono prese in considerazione per ulteriori analisi

⇒ Il fattore taglia è comunque presente

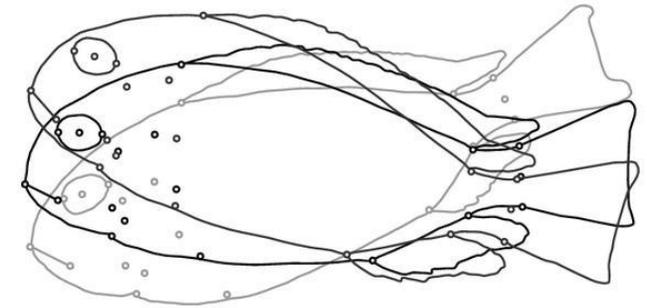


# General Procrustes Analysis

Questo metodo permette di togliere il fattore taglia

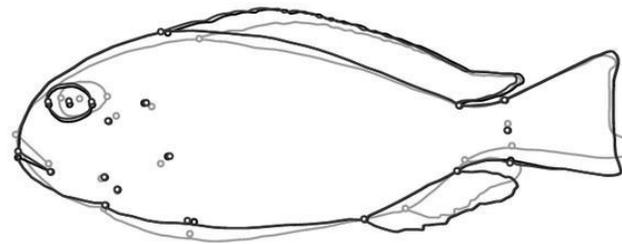


2- Il centroide di ogni configurazione è traslato all'origine



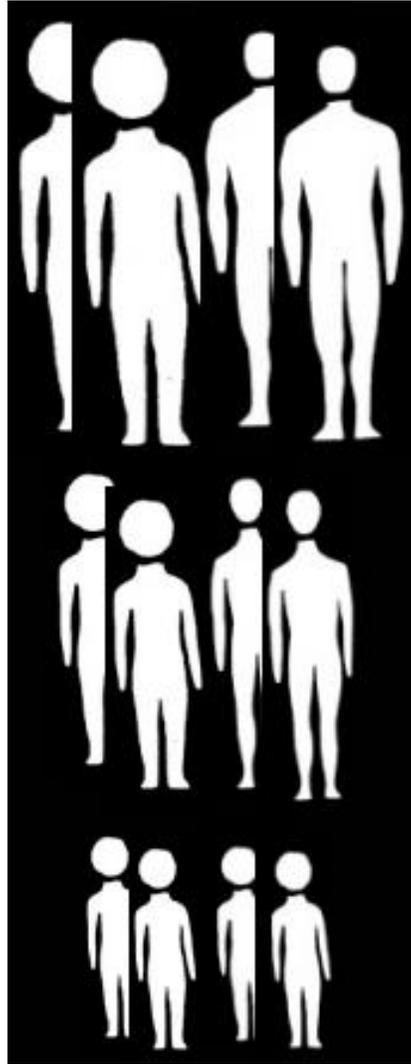
3- Le configurazioni sono successivamente scalate ad un unità di taglia comune (normalizza la taglia)

4- Le configurazioni sono rotate ottimamente per minimizzare la distanza tra i landmarks corrispondente (seguendo una procedura di minimi quadrati)

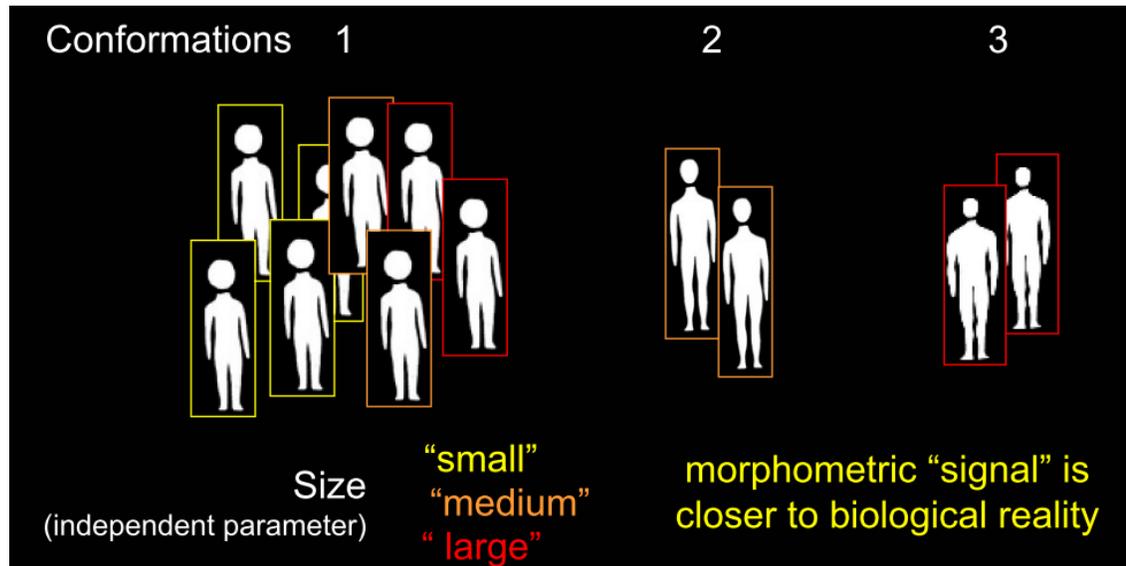
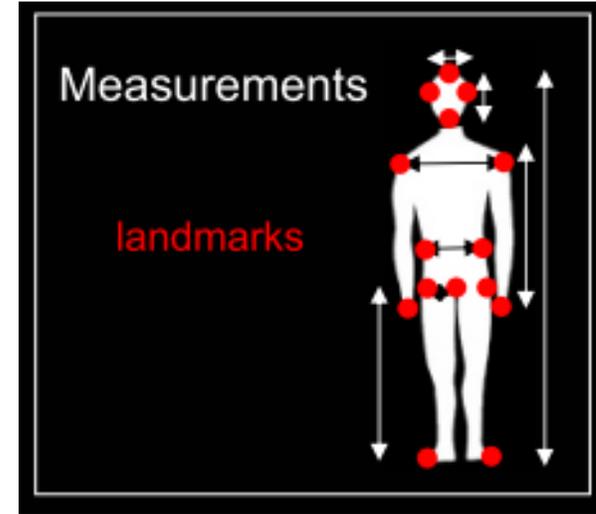


Gli scarti presentati tra i vari individui rappresentano la variabilità e le caratteristiche geometriche di ogni individuo

# Morfometria geometrica



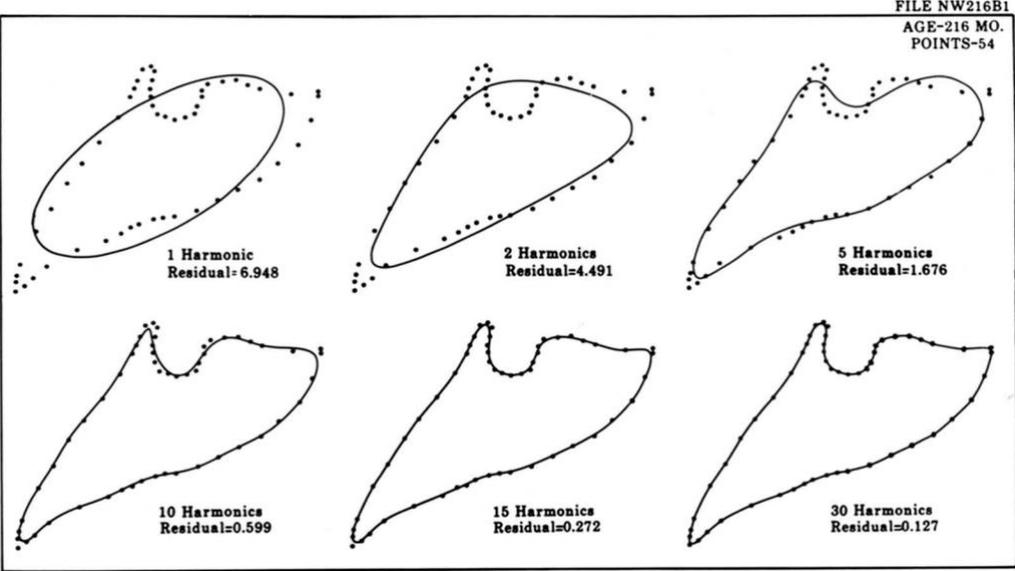
Campione



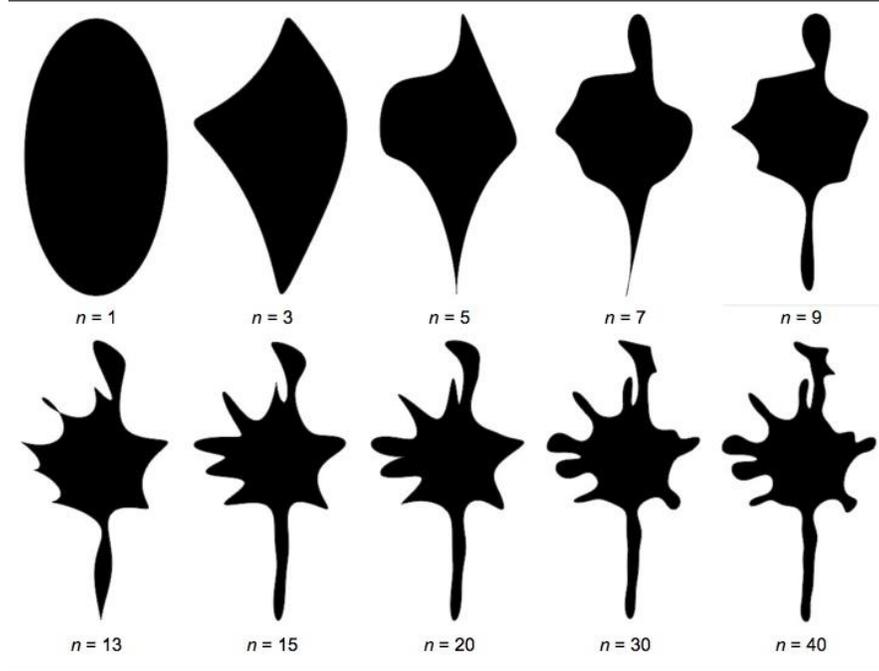
# Analisi morfometriche geometriche – Applicazione dell'Elliptical Fourier Analysis

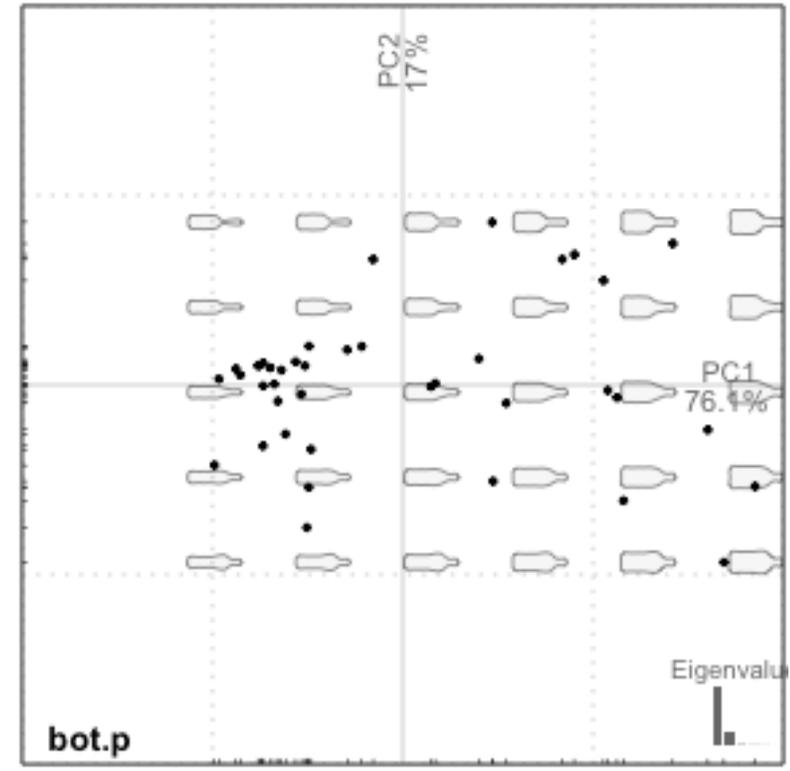
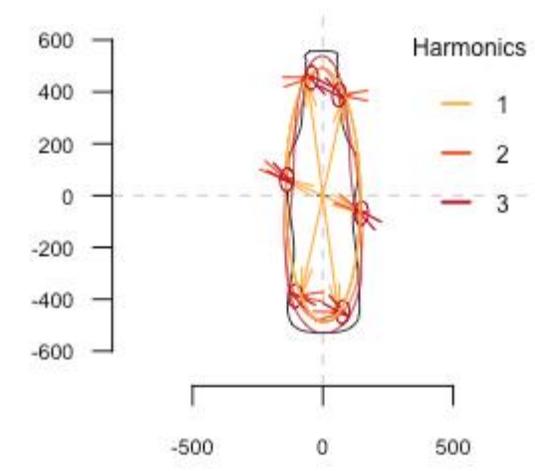
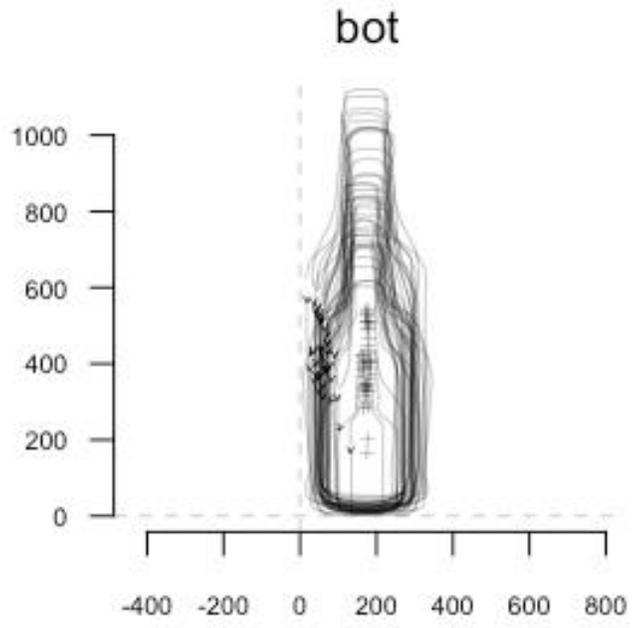
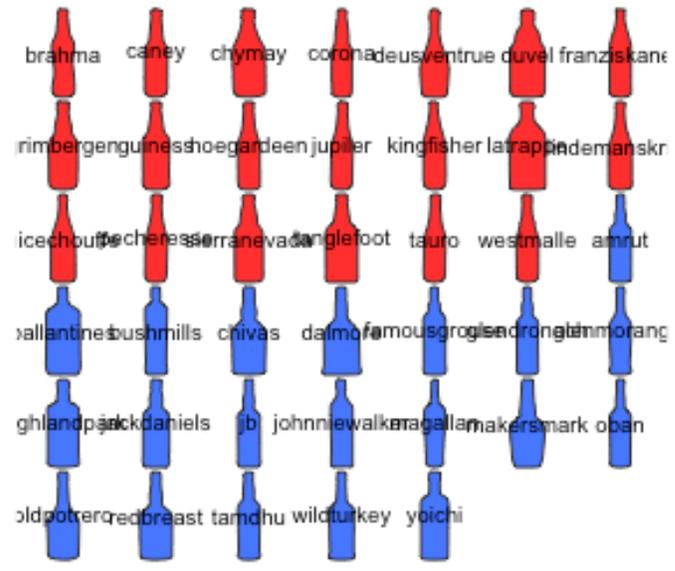
L'EFA è basato sul teorema di Fourier e presuppone che «tutte le funzioni periodiche possano essere decomposte in una serie di sinusoidi o armonici, ciascuno caratterizzato da una frequenza, un'ampiezza e una fase».

→ Quantificazione dei contorni calcolando una serie di curve teoriche che si avvicinano via via alla curva reale calcolando dei coefficienti chiamati armonici (Kuhl & Giardina, 1982).

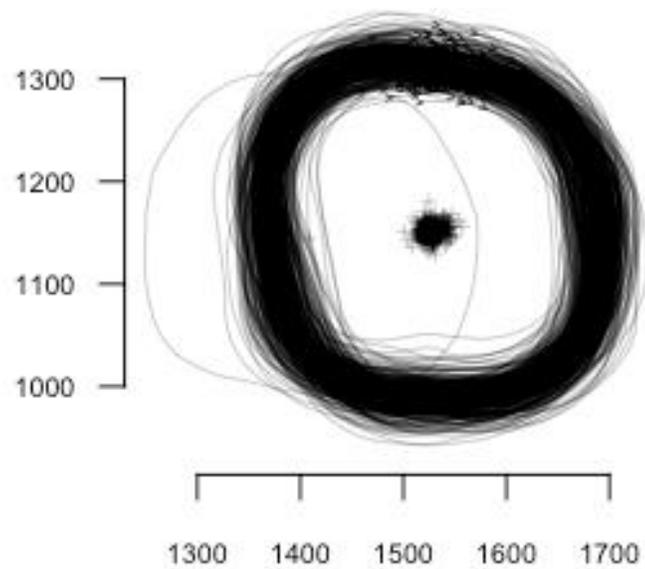


Applicazione dell'Elliptical Fourier Analysis su un contorno di un basi-cranio umano. L'analisi è illustrata come un processo graduale per mostrare le convergenze delle serie della forma presa in considerazione (Lestrel, 1989).

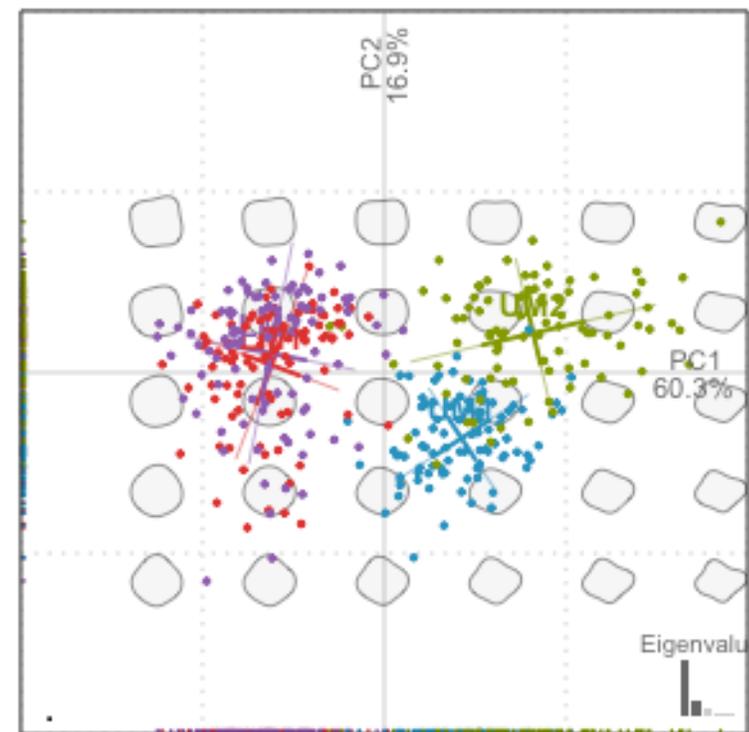
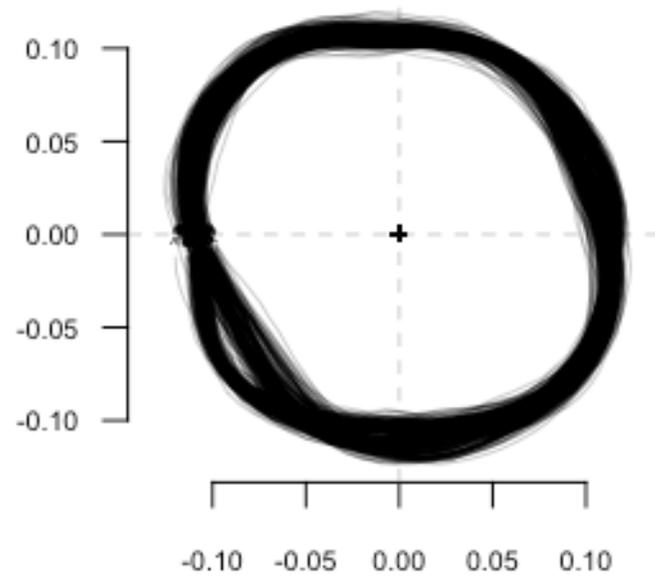




### Non-aligned molars

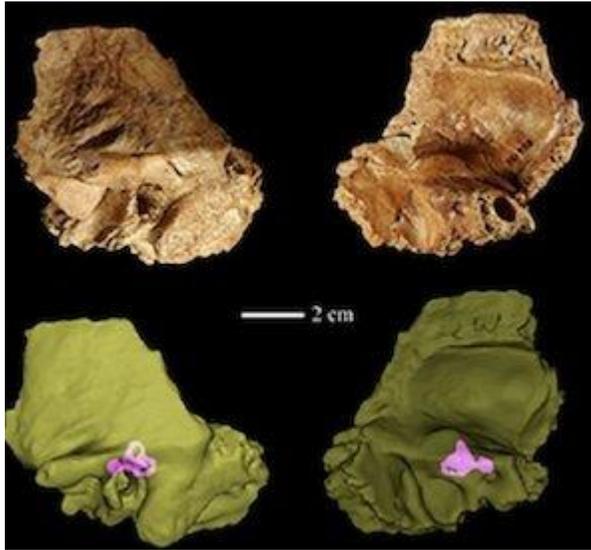


### Aligned molars



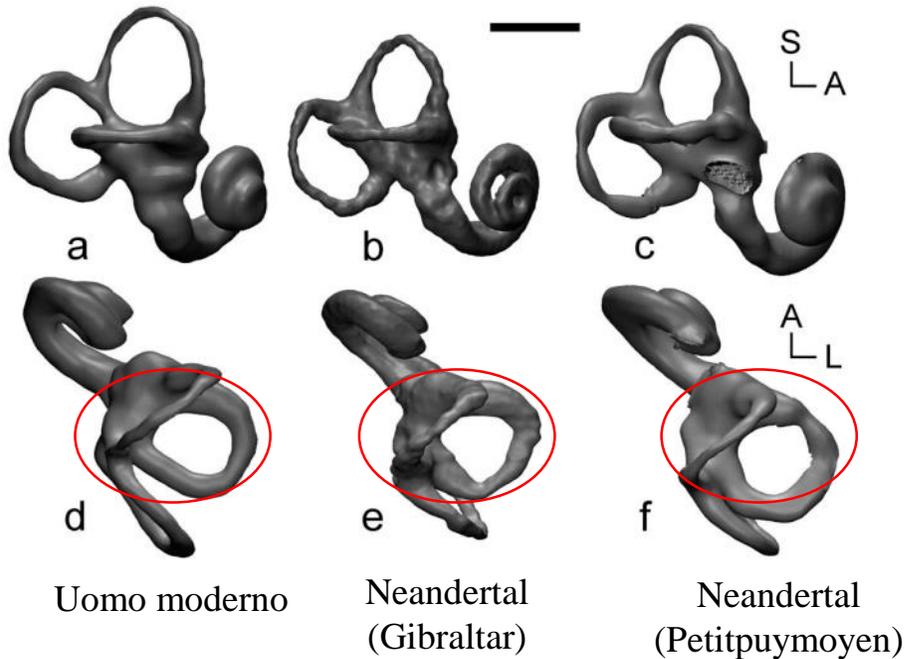
# Applicazioni e casi studi

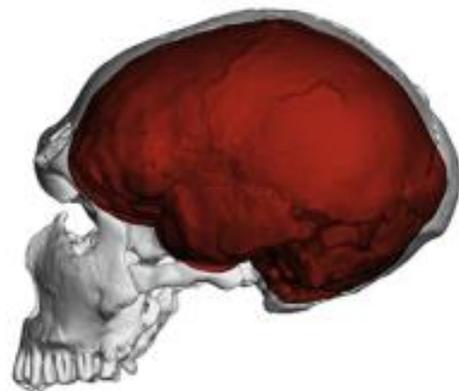
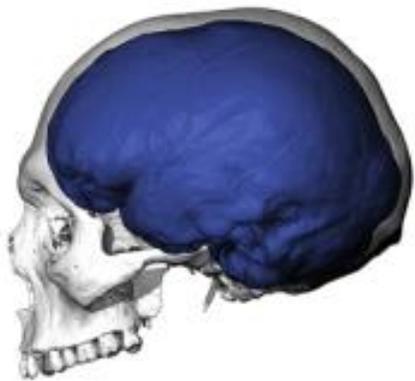
---



## The bony labyrinth of Neandertal (Spoor, 2003)

- I risultati dimostrano che l'orecchio interno dei Neandertal si distingue nella morfologia dei uomini dell'Olocene e del Pleistocene superiore.
- Rispetto all'uomo moderno l'orecchio interno del Neandertal è caratterizzato da un arco del canale semicircolare anteriore più piccolo nel valore assoluto e relativo, abbastanza appuntito e con più torsioni





A uniquely modern human pattern of endocranial development. Insights from a new cranial reconstruction of the Neandertal newborn from Mezmaiskaya

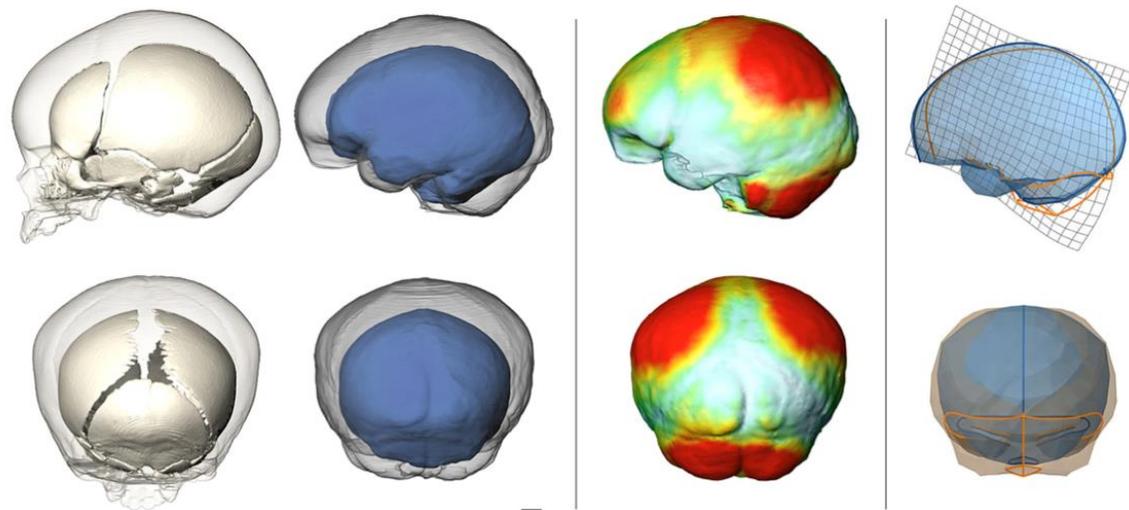
Philipp Gunz<sup>a,\*</sup>, Simon Neubauer<sup>a</sup>, Lubov Golovanova<sup>b</sup>, Vladimir Doronichev<sup>b</sup>, Bruno Maureille<sup>c</sup>, Jean-Jacques Hublin<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, Deutscher Platz 6, D-04103 Leipzig, Germany

<sup>b</sup>Laboratory of Prehistory, St. Petersburg 199034, Russia

<sup>c</sup>Université de Bordeaux, UMR5199 PACEA – Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, CNRS Université Bordeaux 1, MCC F-33405 Talence cedex, France

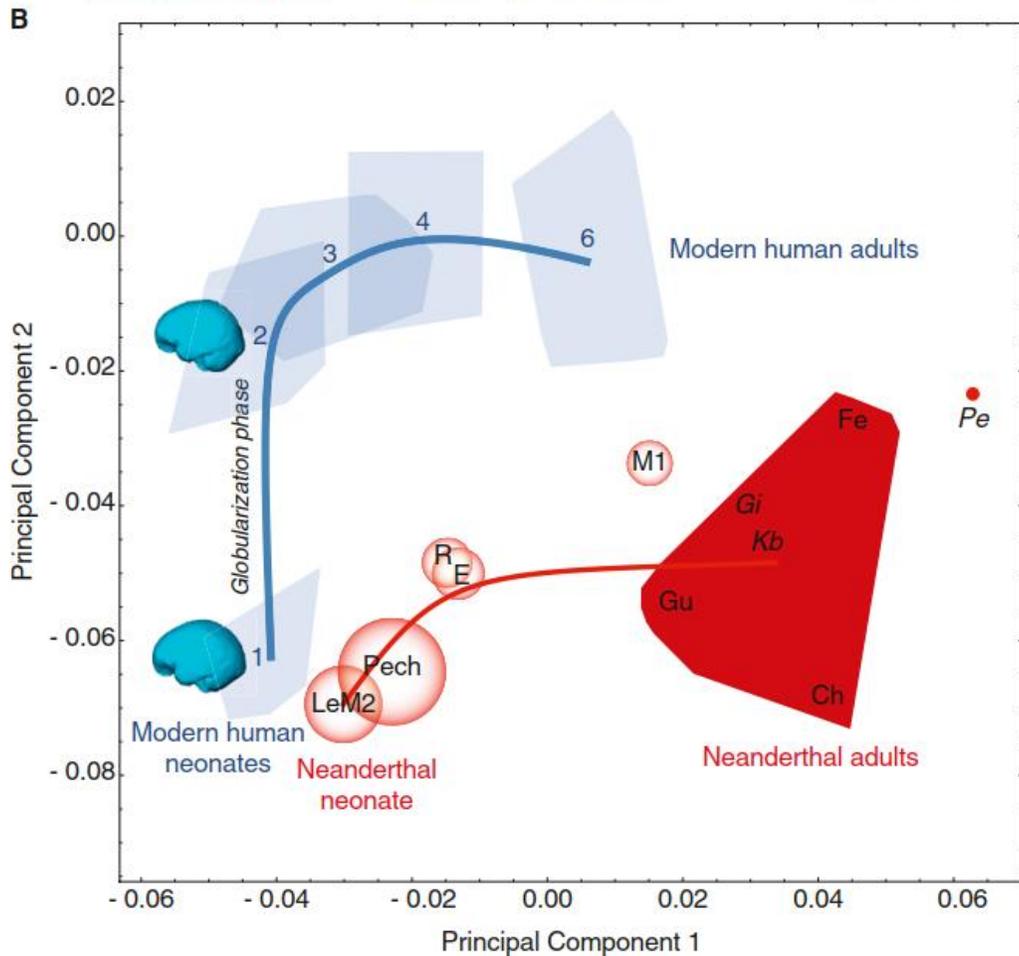
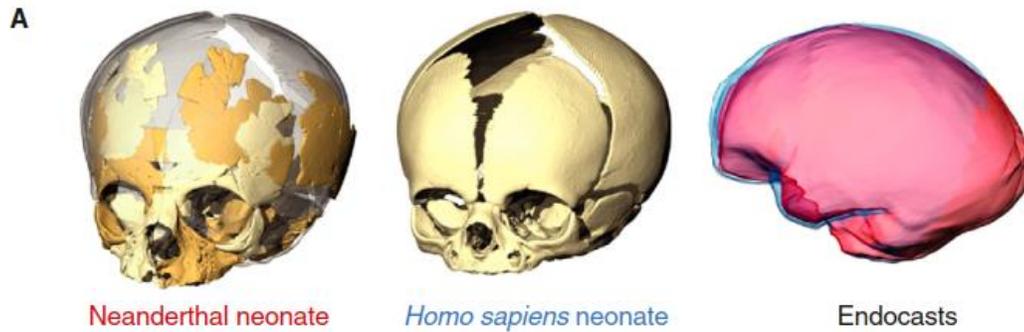
CT scans of a modern human and a Neandertal adult (La Ferrassie 1). Neandertals have elongated braincases and endocasts when compared with modern human adults. Neandertal faces are larger and more projecting than in *Homo sapiens*.



Modern human ‘globularization-phase’. Left: A modern human neonate (white: bone; blue: virtual endocast) and a one-year old *Homo sapiens* infant (semitransparent surfaces) in lateral and posterior view.

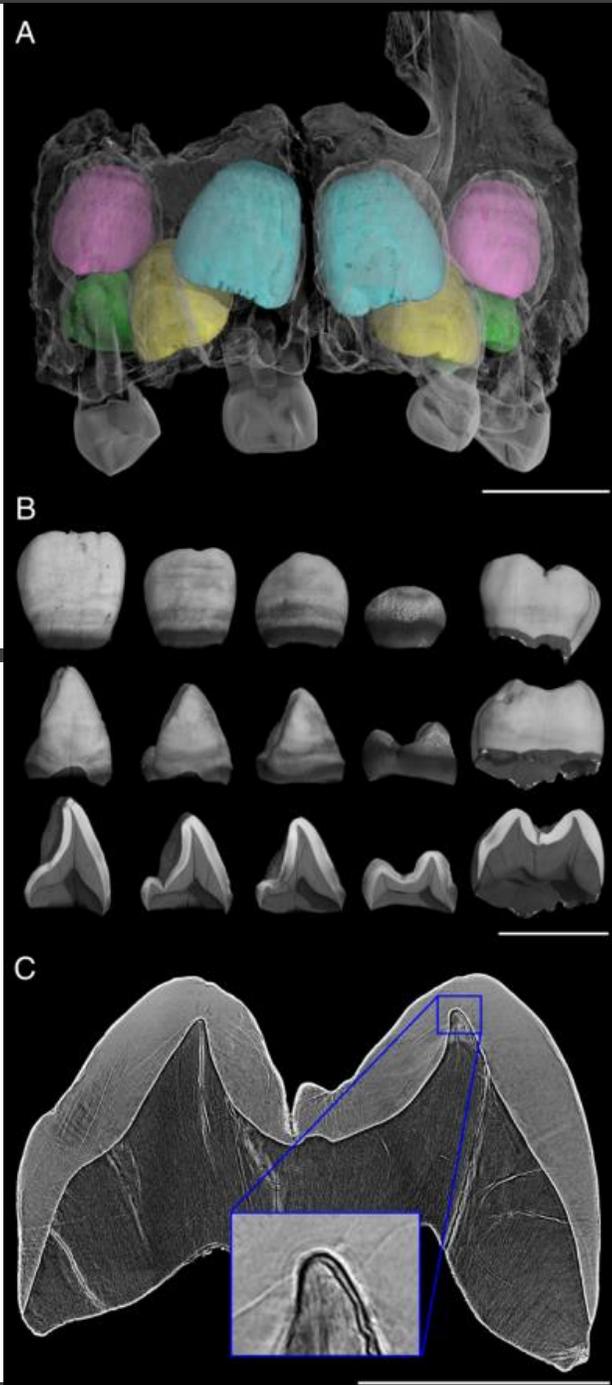
# Brain development after birth differs between Neanderthals and modern humans

Philipp Gunz<sup>1,§,\*</sup>, Simon Neubauer<sup>1,§</sup>, Bruno Maureille<sup>2</sup>, and Jean-Jacques Hublin<sup>1</sup>



## At birth, Neanderthals and modern humans have very similar endocranial volumes and shapes

(red: Le Moustier 2; blue: modern human). (B) A principal component analysis of endocranial shape changes from birth (age group 1) to adulthood (age group 6). The convex hulls for modern humans (blue) are based on dental age groups. The fossil convex hull (red) is based on the Neanderthal adults only. The average developmental trajectory is plotted as a solid line. Endocranial mean shapes visualize the shape change during the modern human globularization phase between age groups 1 and 2. All fossils were reconstructed multiple times; each distribution of reconstructions falls within the respective semitransparent disks (Neanderthal specimens: LeM2 — Le Moustier 2; Pech — Pech de l’Azé; R — Roc de Marsal; E — Engis 2; M1 — Le Moustier 1; Gu — Guattari; Fe — La Ferrassie 1; Gi — Gibraltar; Ch — La Chapelle-aux-Saints. Archaic Homo: Kb — Kabwe; Pe — Petralona).



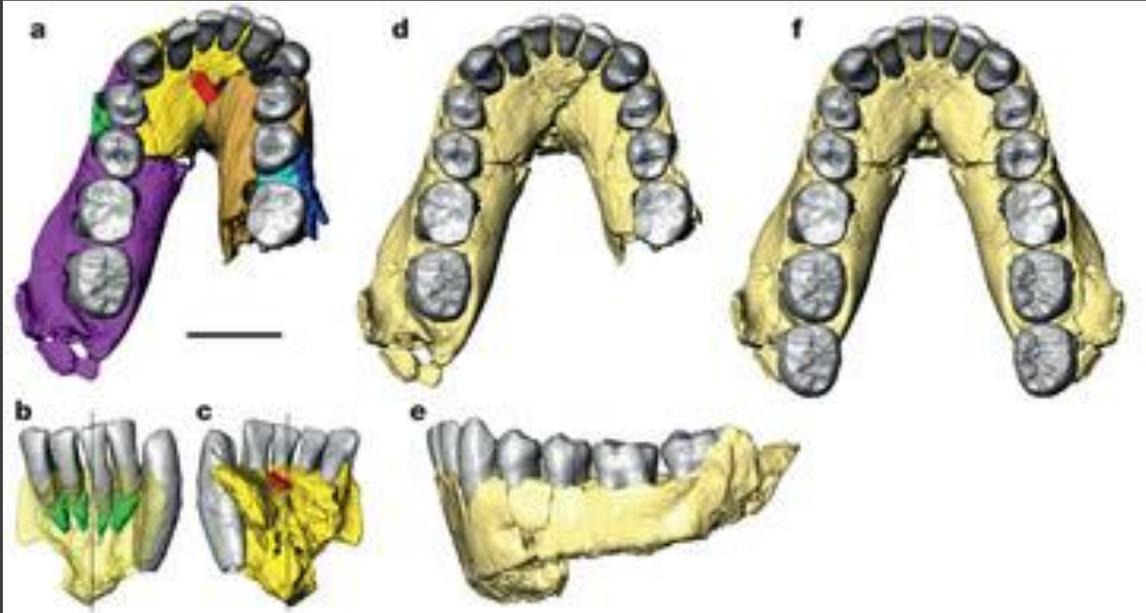
## Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neanderthals

PNAS

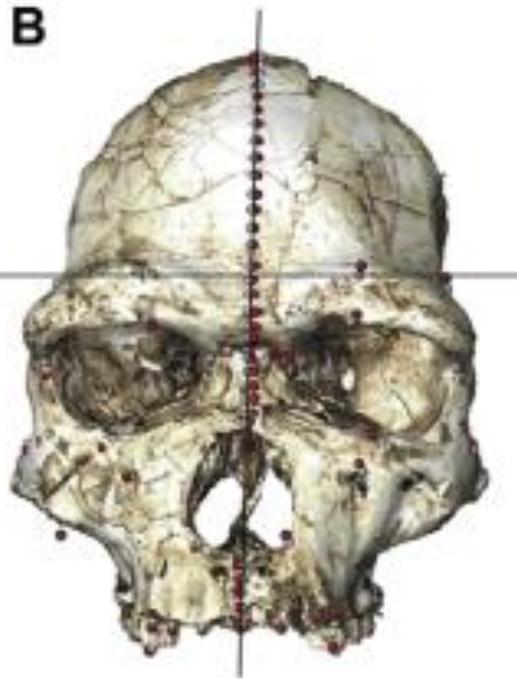
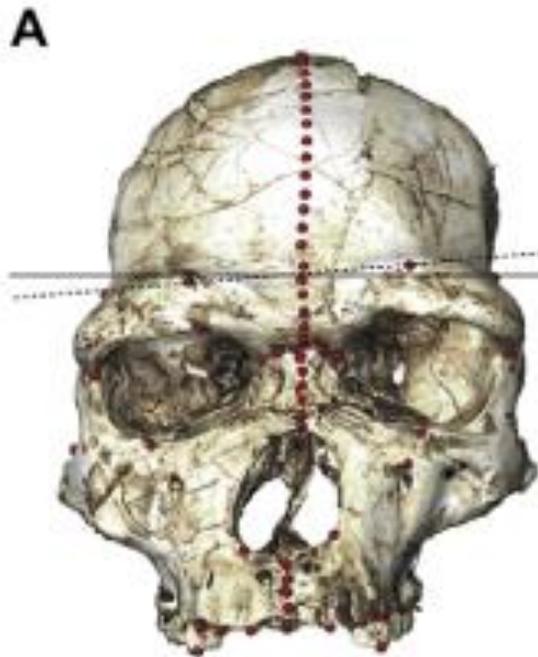
Tanya M. Smith<sup>a,b,1</sup>, Paul Tafforeau<sup>c,1</sup>, Donald J. Reid<sup>d</sup>, Joane Pouech<sup>b,c</sup>, Vincent Lazzari<sup>b,c,e</sup>, John P. Zermeno<sup>a</sup>, Debbie Guatelli-Steinberg<sup>f</sup>, Anthony J. Olejniczak<sup>g</sup>, Almut Hoffman<sup>g</sup>, Jakov Radović<sup>h</sup>, Masrour Makaremi<sup>i</sup>, Michel Toussaint<sup>j</sup>, Chris Stringer<sup>k</sup>, and Jean-Jacques Hublin<sup>b</sup>

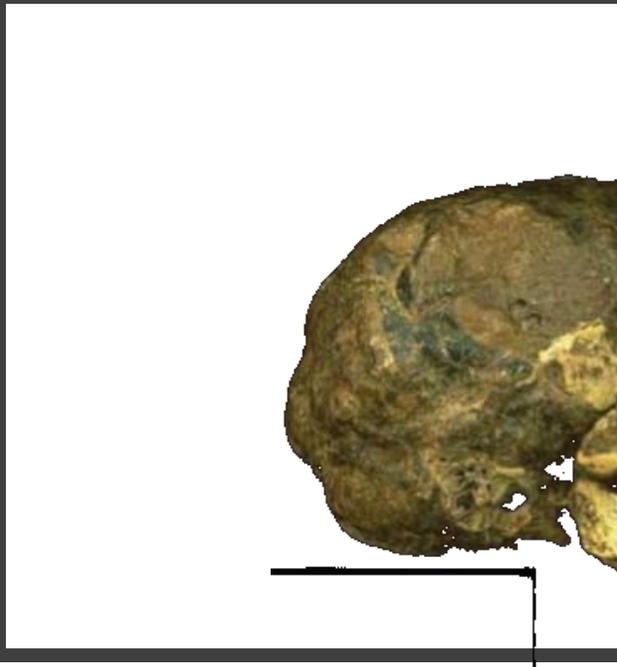
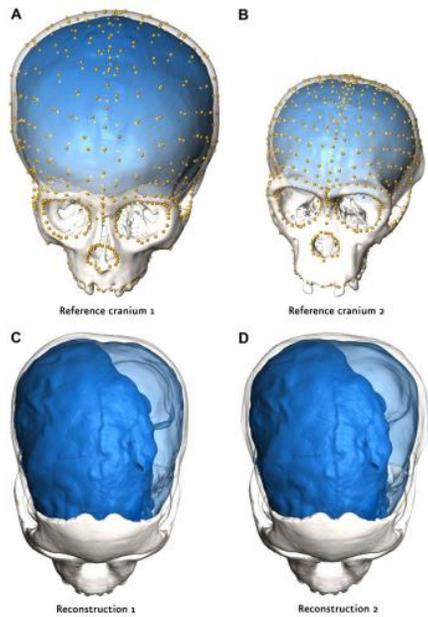
<sup>a</sup>Department of Human Evolutionary Biology, Harvard University, Cambridge, MA 02138; <sup>b</sup>Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, 04103 Leipzig, Germany; <sup>c</sup>European Synchrotron Radiation Facility, BP 220, 38046 Grenoble Cedex, France; <sup>d</sup>Department of Oral Biology, School of Dental Sciences, Newcastle University, Newcastle upon Tyne NE2 4BW, United Kingdom; <sup>e</sup>International Institute of Paleoprimatology and Human Paleontology: Evolution and Paleoenvironments, Unité Mixte de Recherche Centre National de la Recherche Scientifique 6046, Université de Poitiers, 86022 Poitiers cedex, France; <sup>f</sup>Department of Anthropology, Ohio State University, Columbus, OH 43210; <sup>g</sup>Museum für Vor- und Frühgeschichte, Schloss Charlottenburg-Langhansbau, D-14059 Berlin, Germany; <sup>h</sup>Croatian Natural History Museum, 10000 Zagreb, Croatia; <sup>i</sup>Department of Orthodontics, University of Bordeaux II, 33000 Bordeaux, France; <sup>j</sup>Direction de l'Archeologie, Service Public de Wallonie, 5100 Namur, Belgium; and <sup>k</sup>Department of Palaeontology, Natural History Museum, London SW7 5BD, United Kingdom

Virtual histology of the maxillary dentition from the 3-y-old Engis 2 Neanderthal.

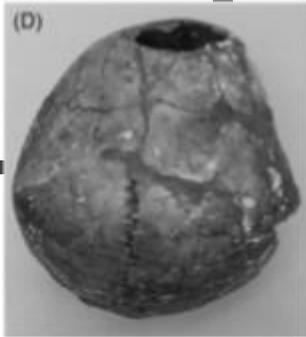
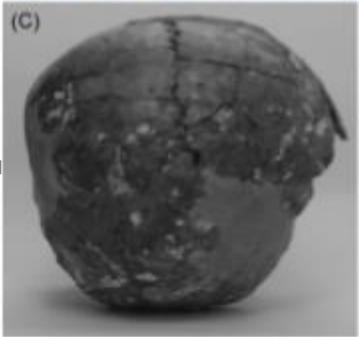
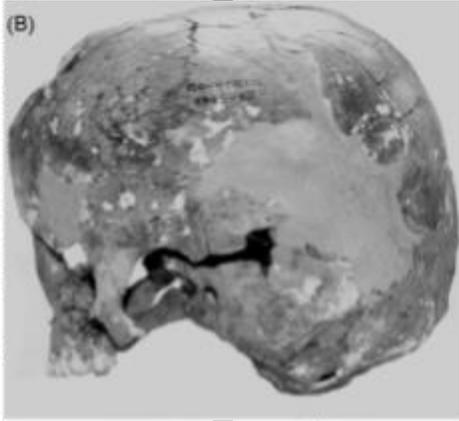
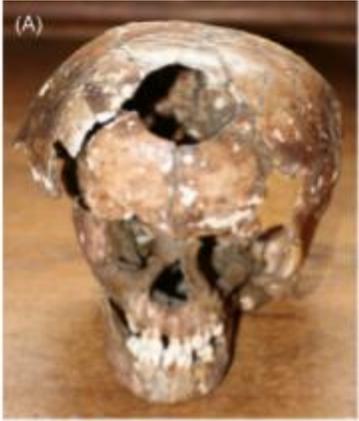


CT-based visualization of the OH 7 (*Homo habilis*) mandible (Spoor et al., 2015)

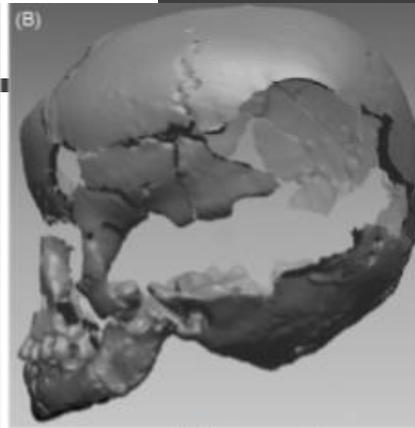
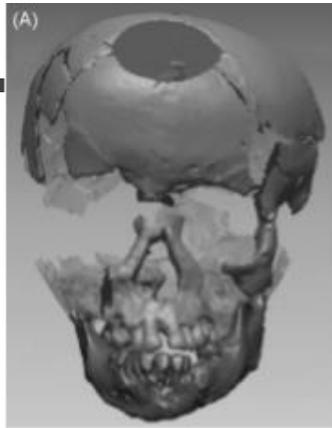




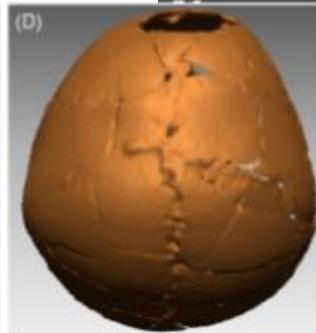
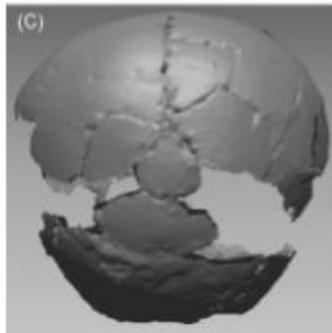
Ricostruzione del cranio di Taung. I frammenti facciali e endocraniali sono stati trasferiti e ruotati in modo che le superfici delle due parti si allineino perfettamente. Poi il lato sinistro meno completo è stato rimpiazzato dal riflesso della parte destra (Gunz *et al.*, 2009)



Bambino Rochereil ricostruito con materiale sintetico



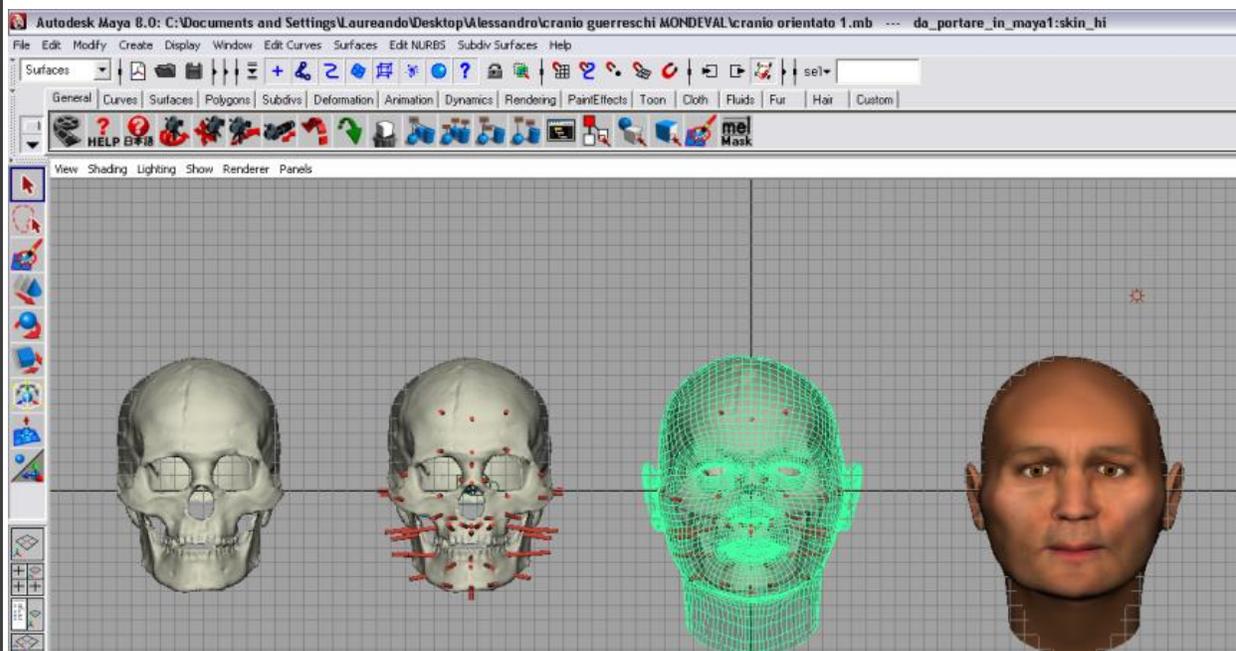
Ricostruzione tri-dimensionale del cranio di Rochereil con la mandibola dopo rimozione virtuale del materiale sintetico



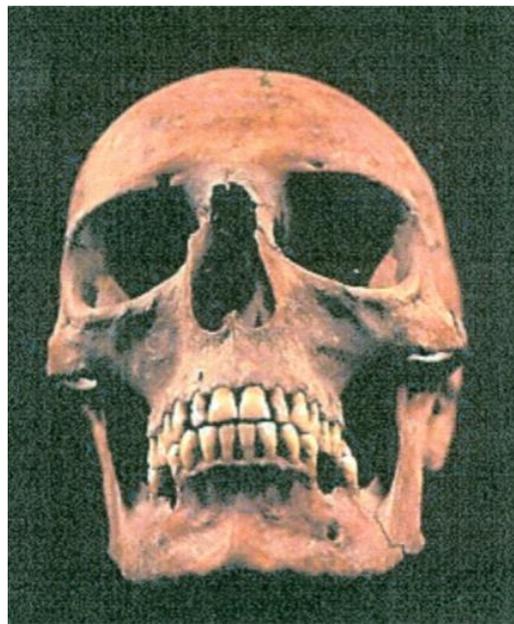


Ricostruzione facciale a partire da resti scheletrici

Uomo di Mondeval

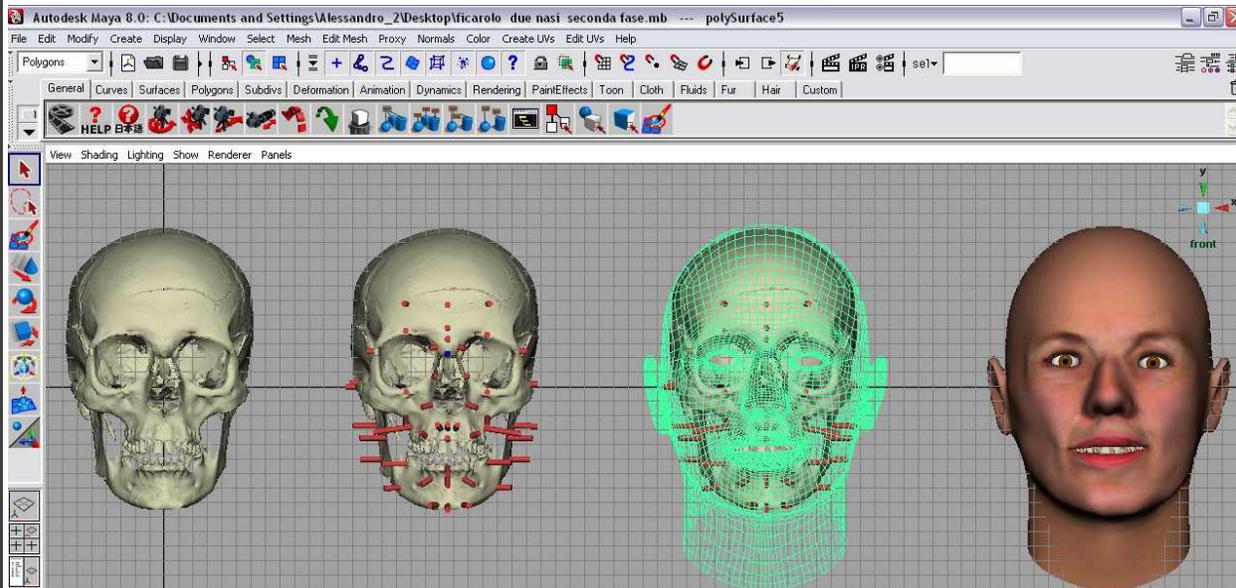


Si applica sulla scansione 3D dei landmark più o meno lunghi, nei punti craniometrici precisi. La lunghezza rappresenta lo spessore dei tessuti molli, stimati a partire dai dati di confronto della popolazione, del sesso, dell'età e della corpulenza.



Ricostruzione facciale a partire da resti scheletrici

Dama di Ficarolo



Si applica sulla scansione 3D dei landmark più o meno lunghi, nei punto craniometrici precisi. La lunghezza rappresenta lo spessore dei tessuti molli, stimati a partire dai dati di confronto della popolazione, del sesso, dell'età e della corpulenza.

Restauro virtuale nella grotta di Marsoulas (Fritz *et al.*,2010)

