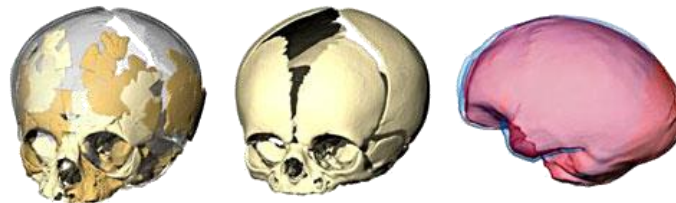




Metodologie di Studio in Paleoantropologia La linea umana



Julie Arnaud

julie.arnaud@unife.it

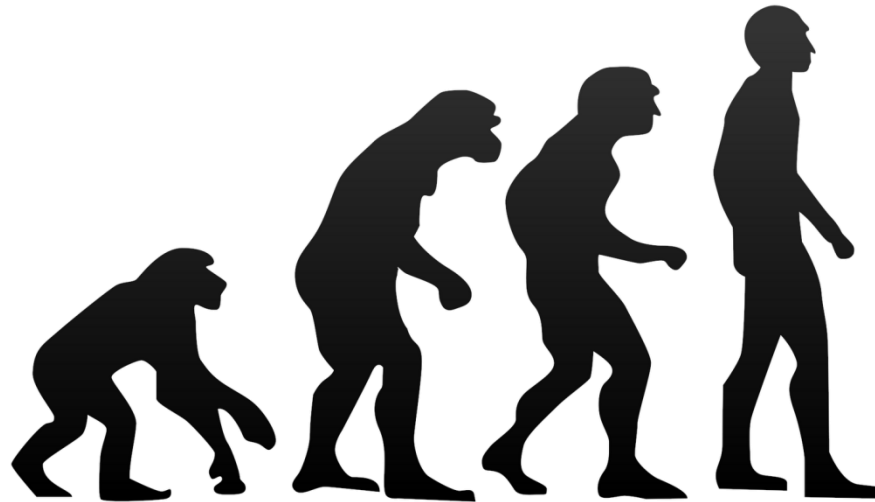
Paleoantropologia / Paleontologia umana

Palaeoanthropology / Human Palaeontology

Definizione

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)



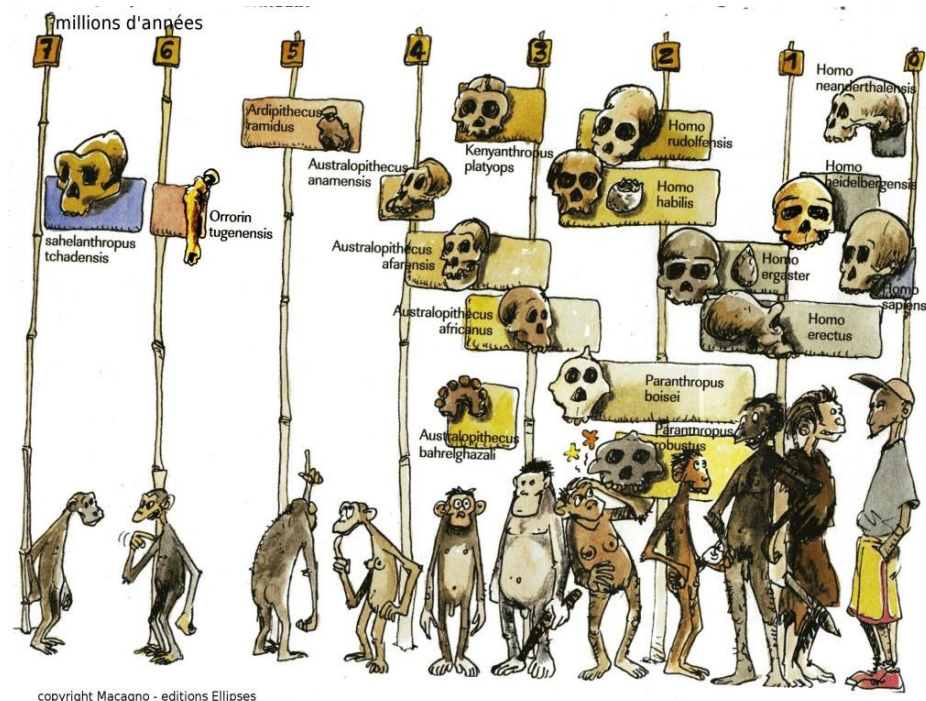
Definizione

« 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)



Paleoantropologia : Materiale di Studio

Paleoanthropology: Material

Lo scheletro Umano

The Human Skeleton

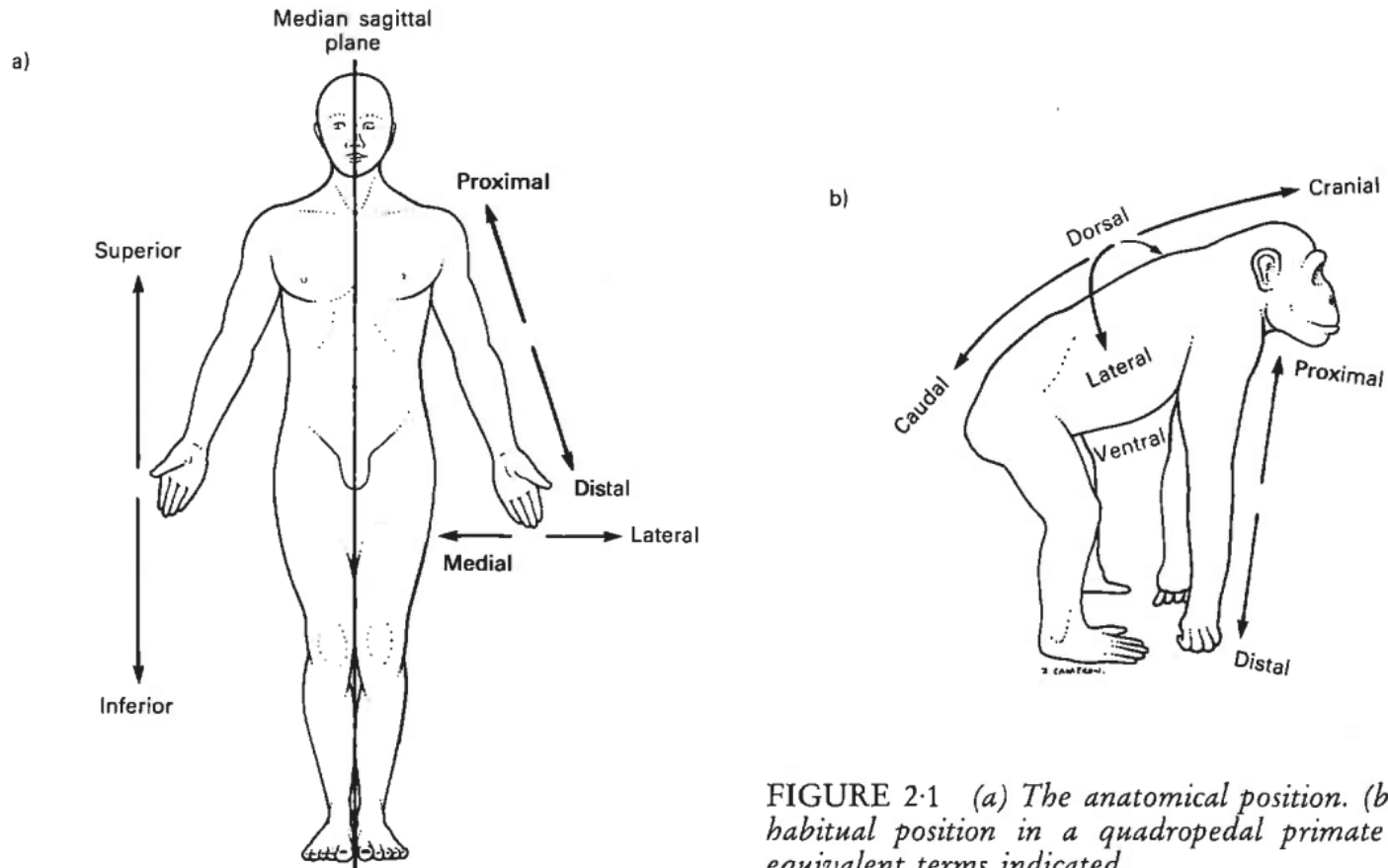


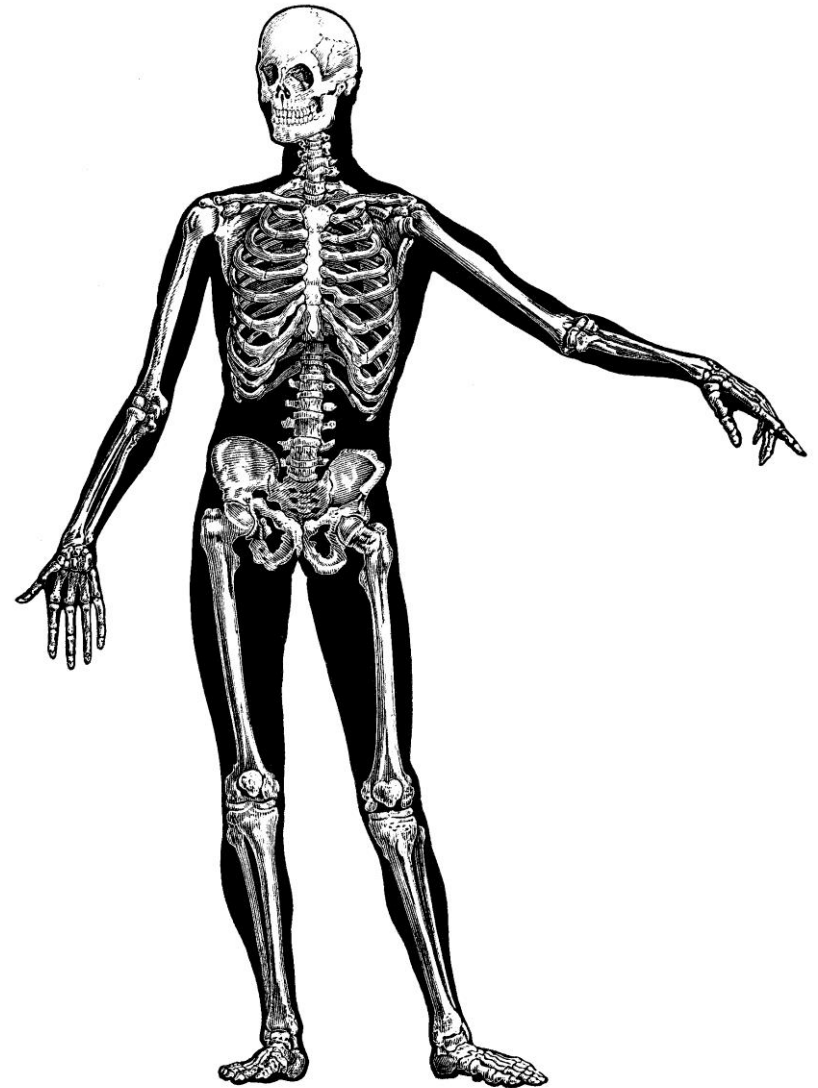
FIGURE 2.1 (a) *The anatomical position.* (b) *The habitual position in a quadrupedal primate with equivalent terms indicated.*

Lo scheletro Umano

The Human Skeleton

Più di 200 ossa articolati (+ ossa dell'orecchio e mano/piedi)

More than 200 articulated bones (+ bones from ears and hand/foot)



Complessi anatomici

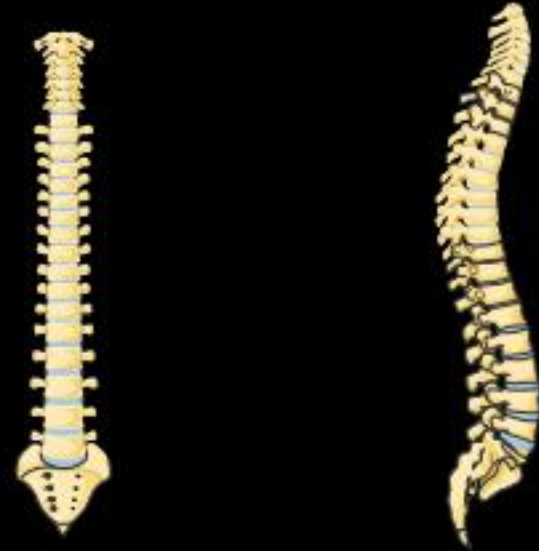
Anatomical complexes

Rachide: Colonna vertebrale

32/33 vertebre

Rachis: vertebral column

32/33 vertebra



Complessi anatomici *Anatomical complexes*

Rachide: Colonna vertebrale

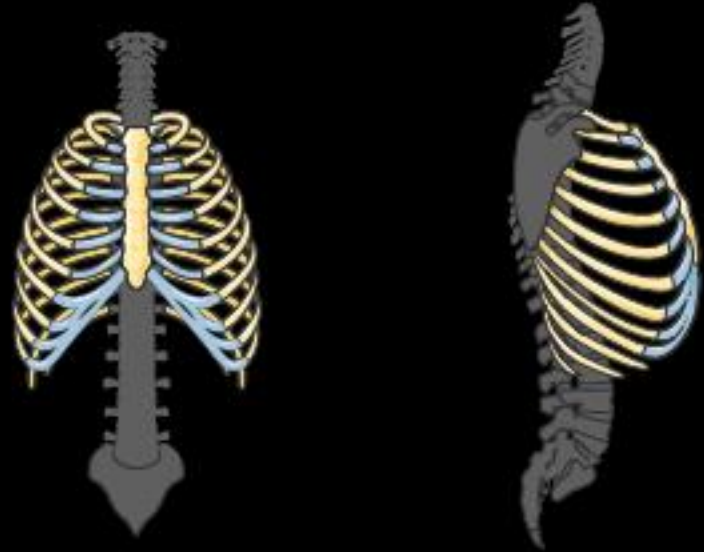
32/33 vertebre

Rachis: vertebral column

32/33 vertebra

Coste e sterno

Ribs and sternum



Complessi anatomici *Anatomical complexes*

Rachide: Colonna vertebrale

32/33 vertebre

Rachis: vertebral column

32/33 vertebra

Coste e sterno

Ribs and sternum

Testa ossea (cranio, mandibola e denti)

Skull (cranium, mandible and teeth)



Complessi anatomici

Anatomical complexes

Rachide: Colonna vertebrale

32/33 vertebre

Rachis: vertebral column

32/33 vertebra

Coste e sterno

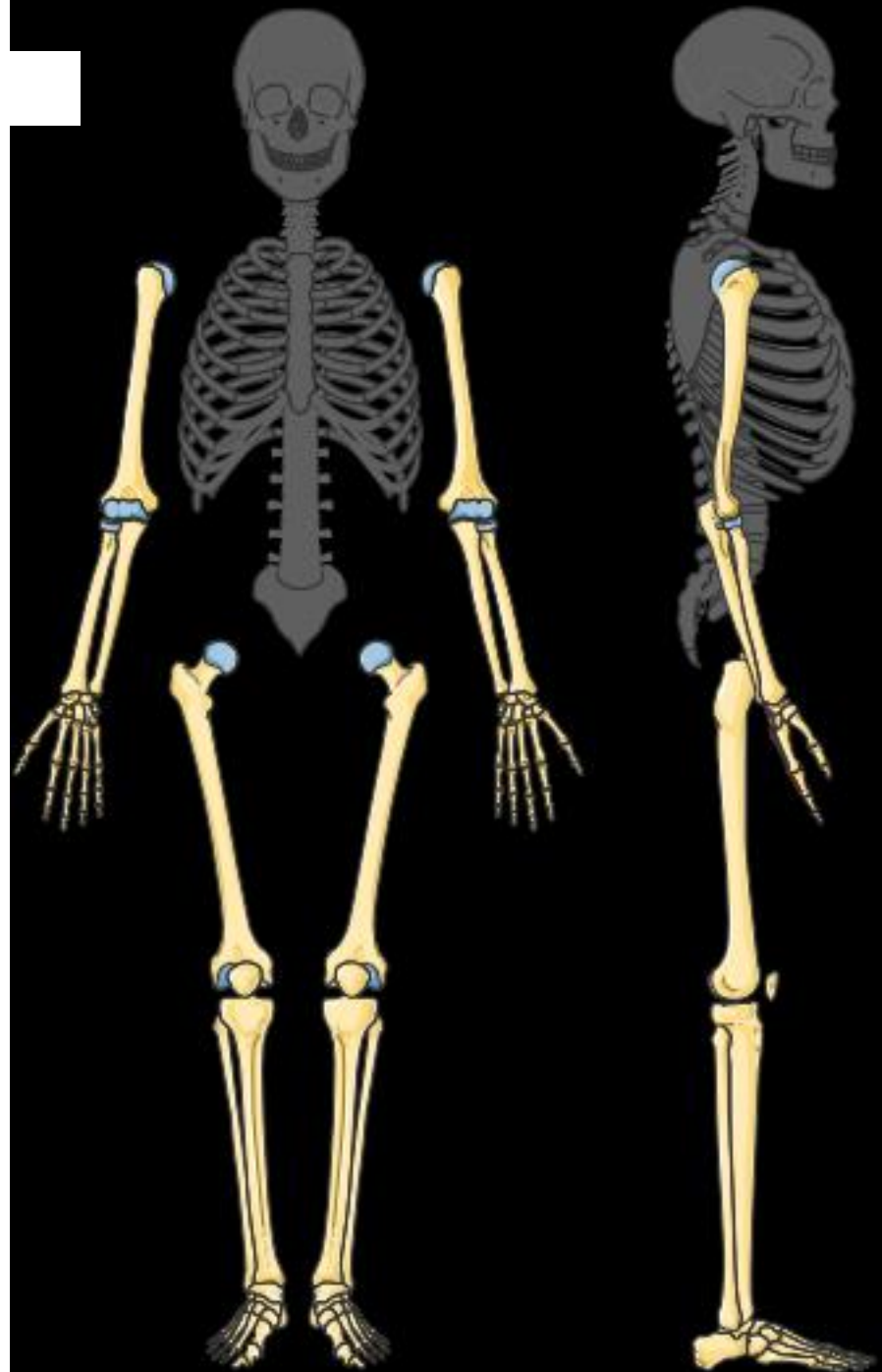
Ribs and sternum

Testa ossea (cranio, mandibola e denti)

Skull (cranium, mandible and teeth)

Arti (superiori e inferiori)

Limbs (superior and inferior)



Complessi anatomici *Anatomical complexes*

Rachide: Colonna vertebrale

32/33 vertebre

Rachis: vertebral column

32/33 vertebra

Coste e sterno

Ribs and sternum

Testa ossea (cranio, mandibola e denti)

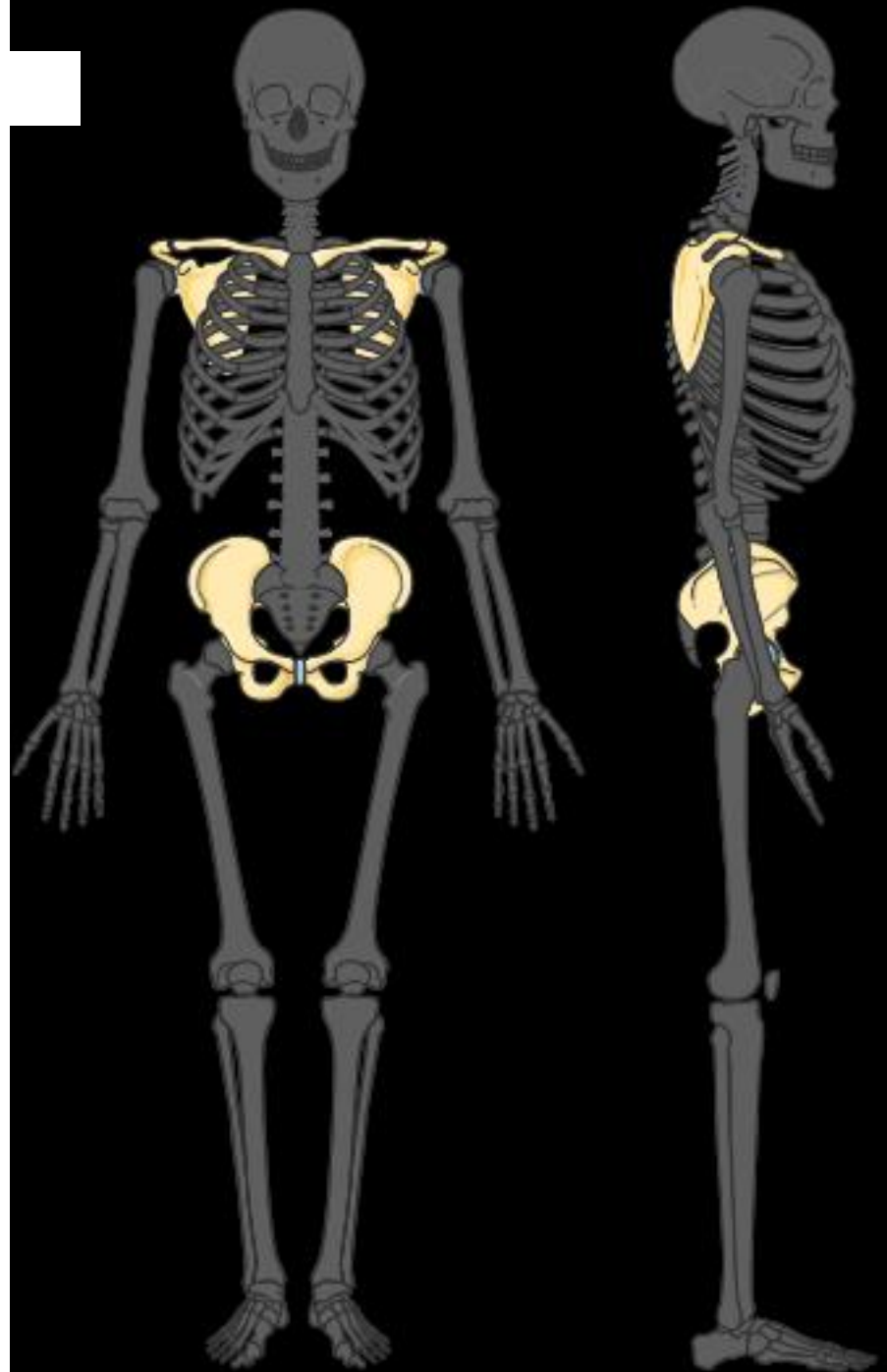
Skull (cranium, mandible and teeth)

Arti (superiori e inferiori)

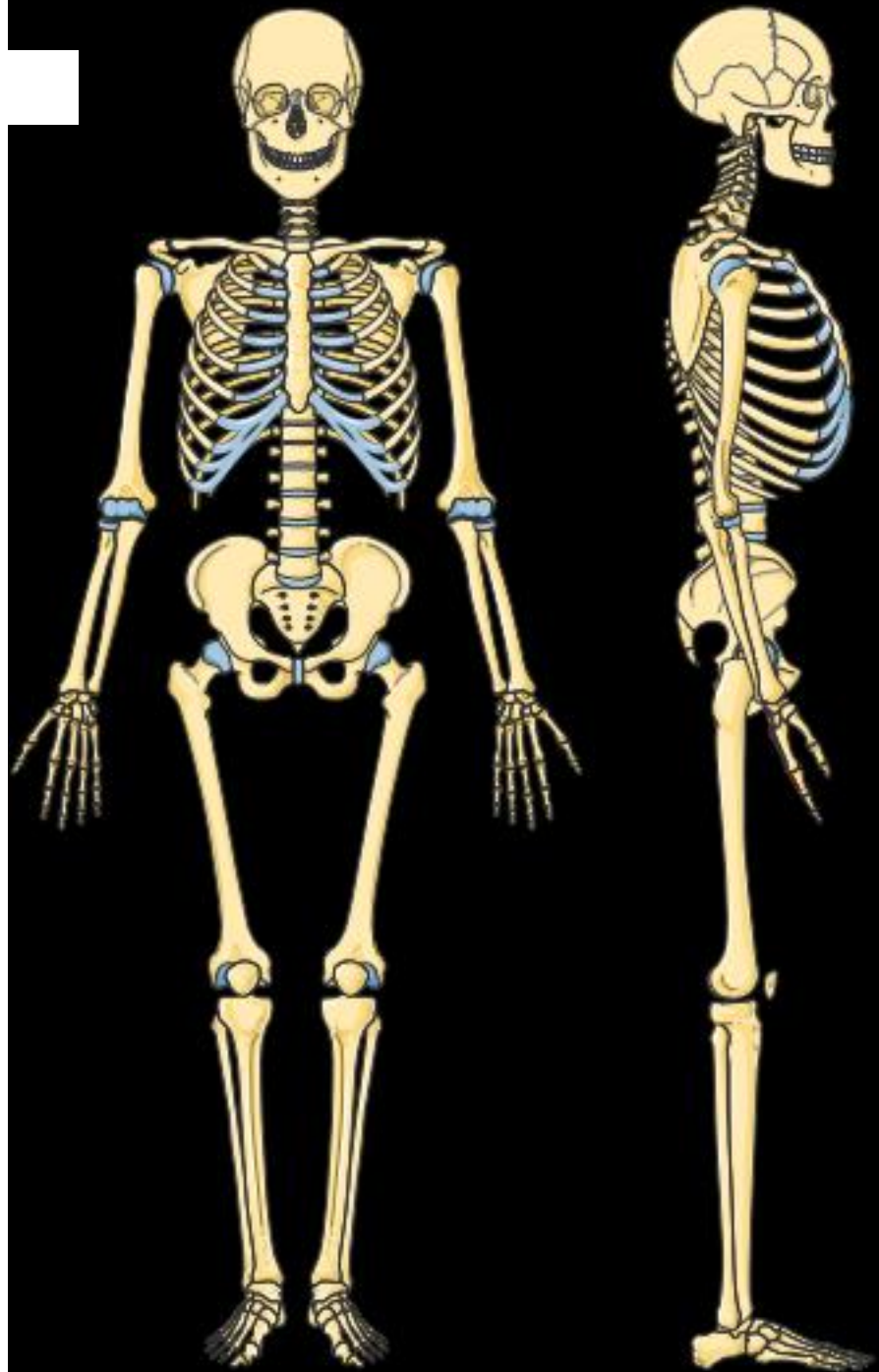
Limbs (superior and inferior)

Cinto (scapolare e pelvico)

Girdles (shoulder and pelvis)



Complessi anatomici
Anatomical complexes



Qualche nozioni generali

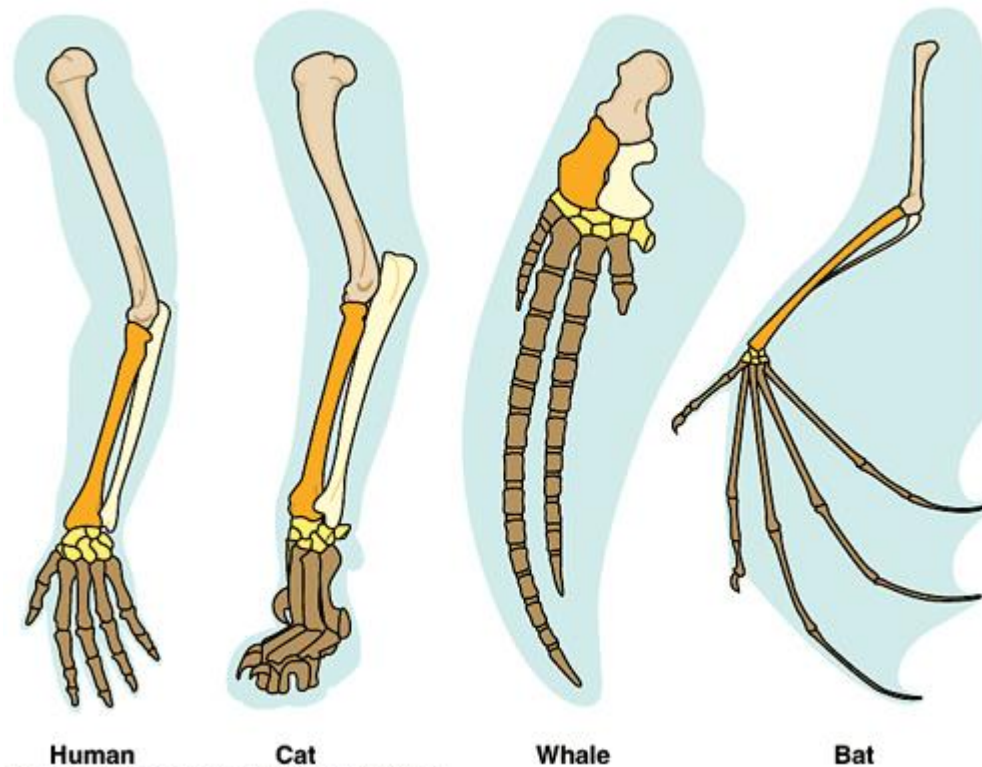
Basic notions

Omologia vs analogia

Homology vs analogy

Omologia = similitudine ereditata da un antenato comune / *similarity inherited from a common ancestor*

Analogia = similitudine dovuta ad una convergenza evolutiva / *similarity due to convergent evolution*

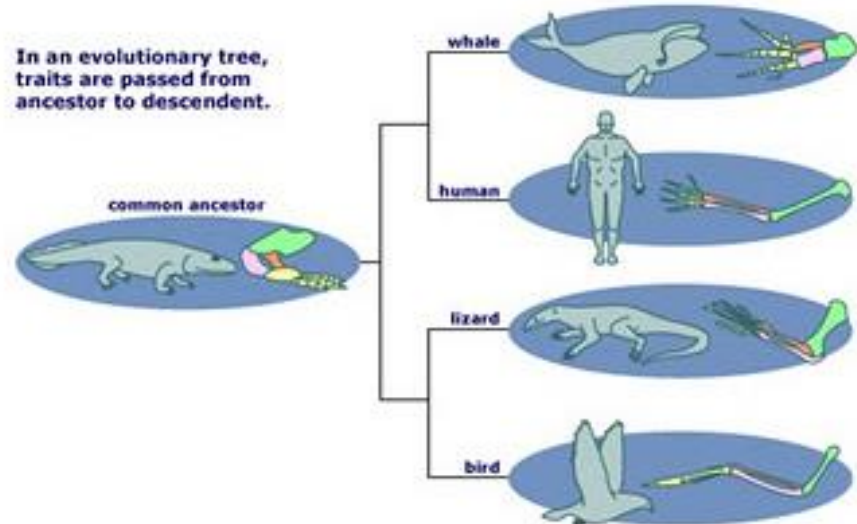
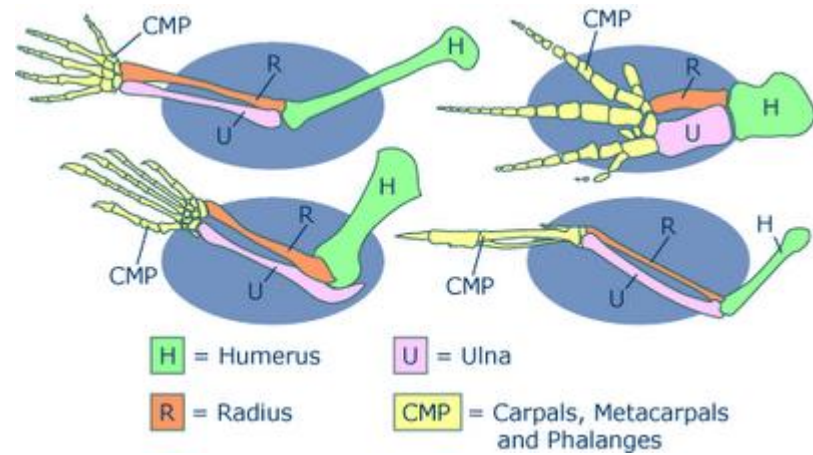


Omologia vs analogia

Homology vs analogy

Omologia: membro anteriore dei tetrapodi

Homology: anteriore limbs of tetrapods

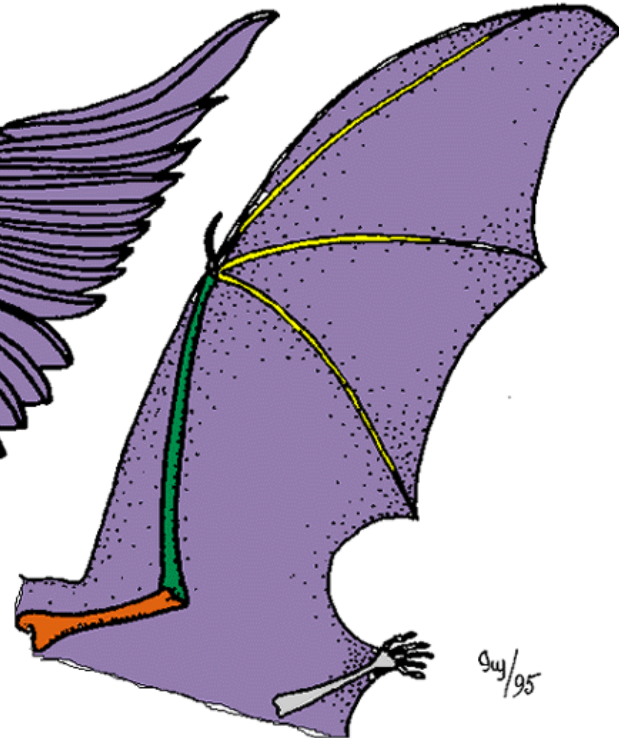
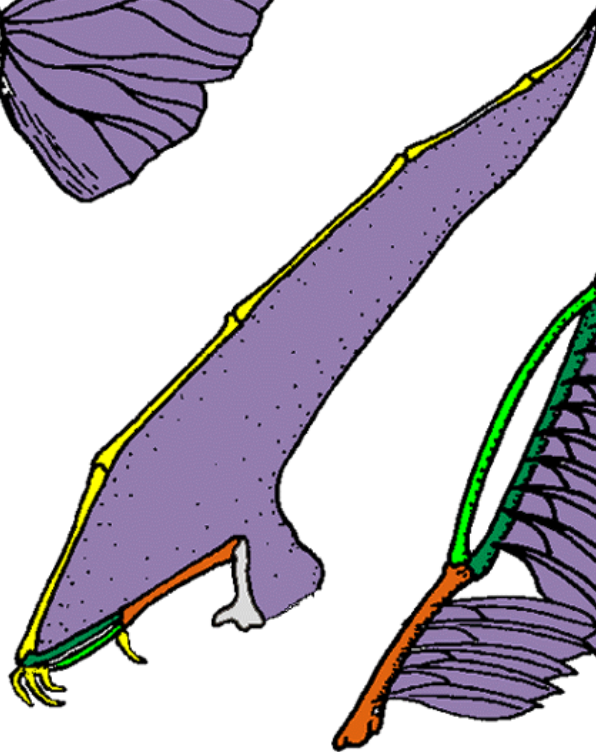
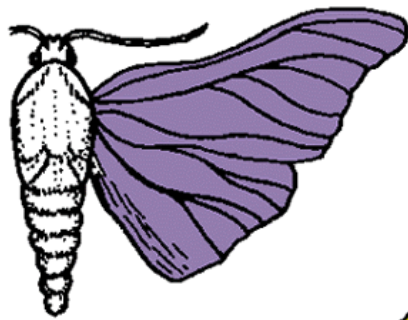


Omologia vs analogia

Homology vs analogy

Analogia: Ali dei insetti, Pterodattili, uccelli, pipistrelli

Analogy: Wings of insect, Pterodactyl, bird and bat



analogous =



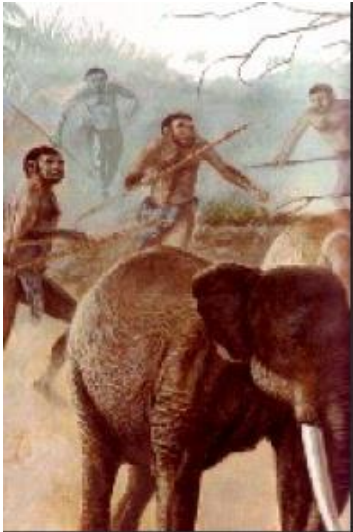
9/9/95

Tafonomia

Taphonomy

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

Taphonomy is the study of decaying organisms over time and how they become fossilized (if they do).



Biocenosi
Biocoenosis



Tanatocenosi: resti organici
Thanatocoenosis: organic remains



Fossili
Fossils



Collezione
Collections

Predazioni, Accidenti,
Malattie, invecchiamento
*Predation, accidents,
diseases, ageing*

Carrognaggio, trasporti (acqua),
calpestamento, seppellimento,
dissoluzione, mineralizzazione
*Scavenging, transport (water), trampling
alteration, burial, dissolution,
mineralization*

Erosione, collezione-scavo,
preparazione, restauro
*Erosion, collection-
excavation, preparation,
restoration*

Quello che rimane...

What remains...



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..)

Long bones are easily fragmented and “hardly” recognized, those fragments are difficult to determine and bear “few” diagnostic morphological information (taxonomic, phylogenetic, functional...)

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

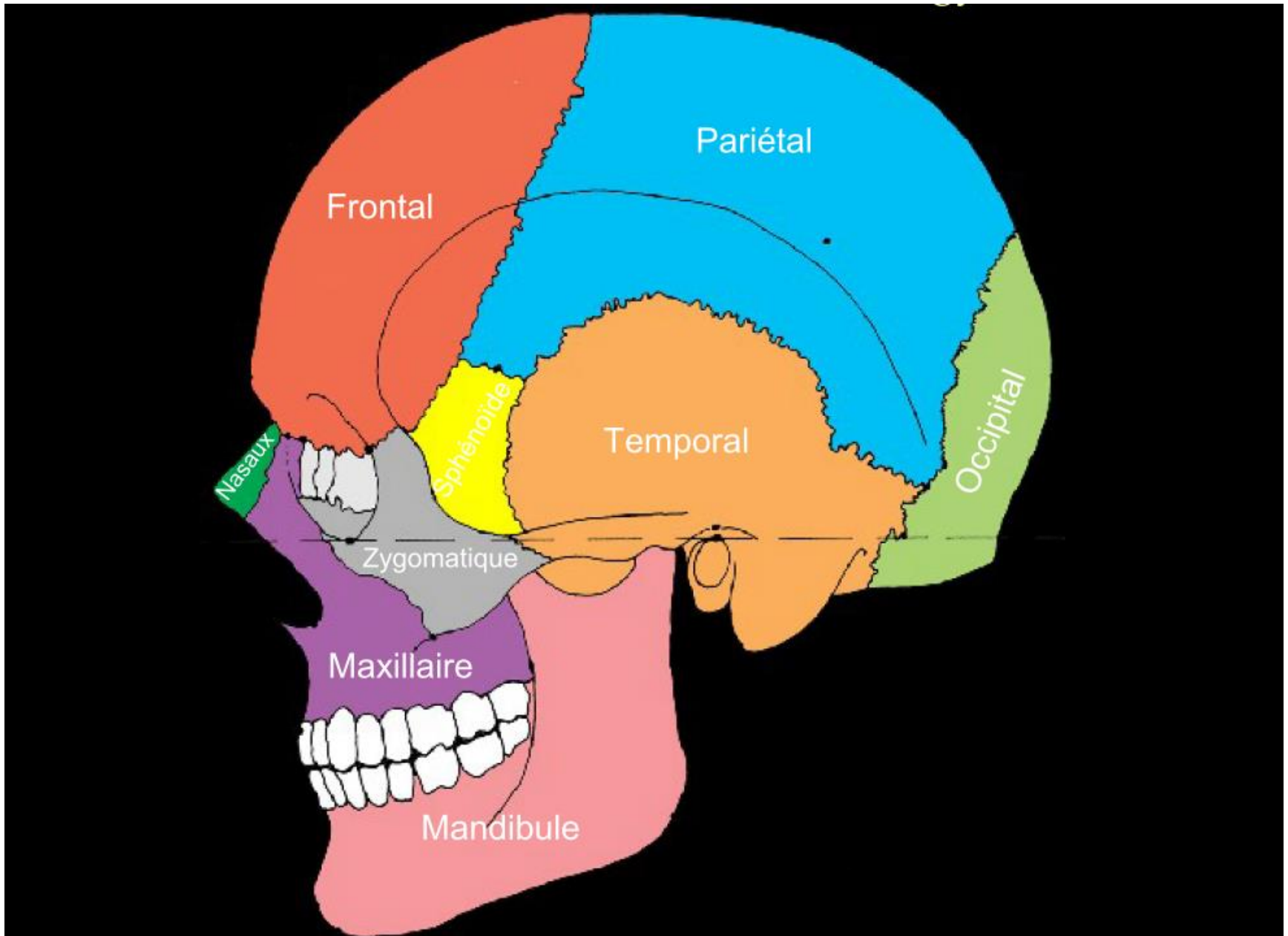
The epiphysis parte which gives morphological and functional information are very fragile and rarely preserved.

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

Fortunately, some bones from the skull and the teeth are more robuste and more often preserved and recognized on excavation.

Caratteri morfologici: l'esempio della linea umana
Morphological features: human evolution

Caratteri morfologici e strutture anatomiche
Morphological features and anatomical features

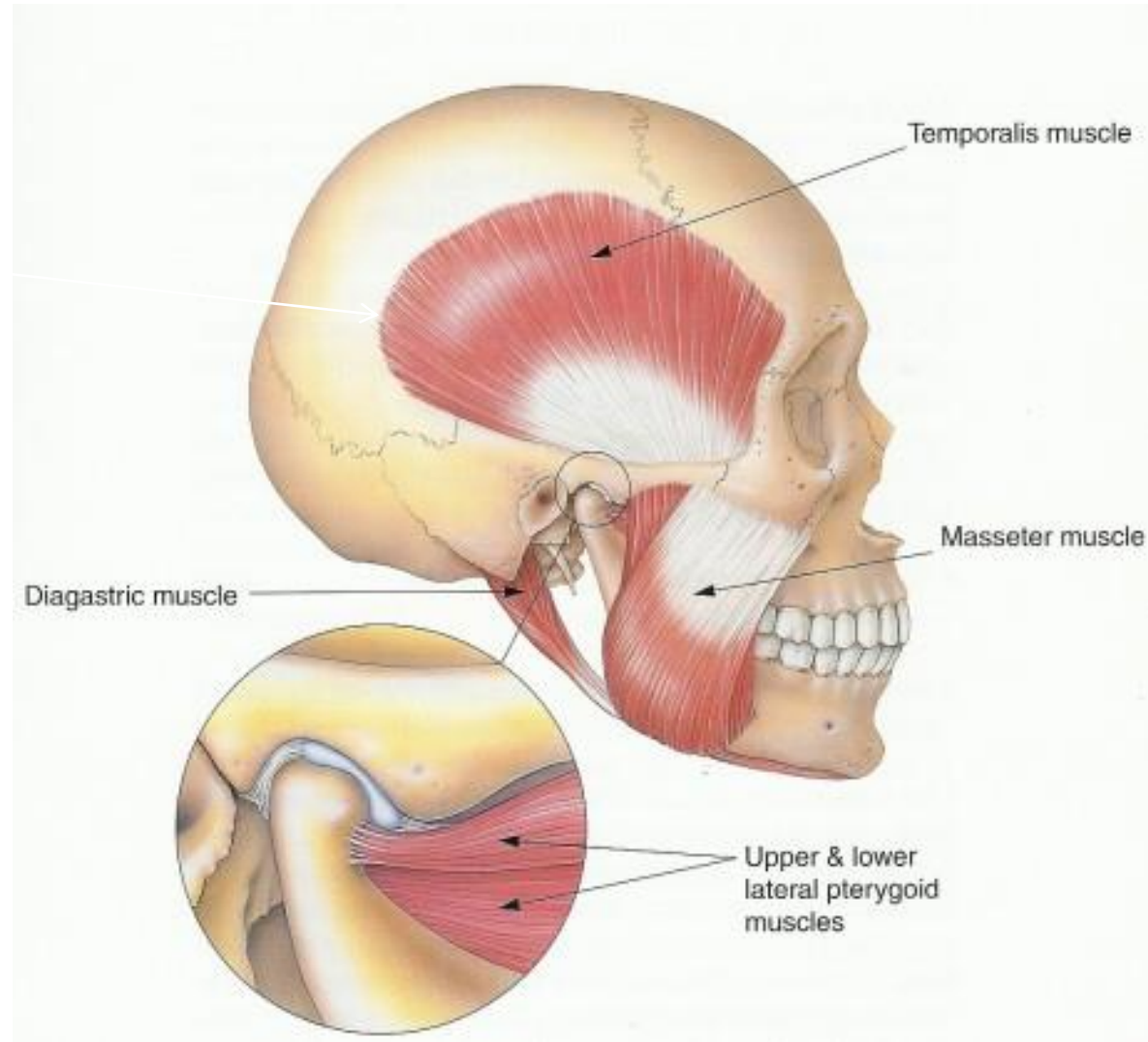


Caratteri morfologici e strutture anatomiche

Morphological features and anatomical features

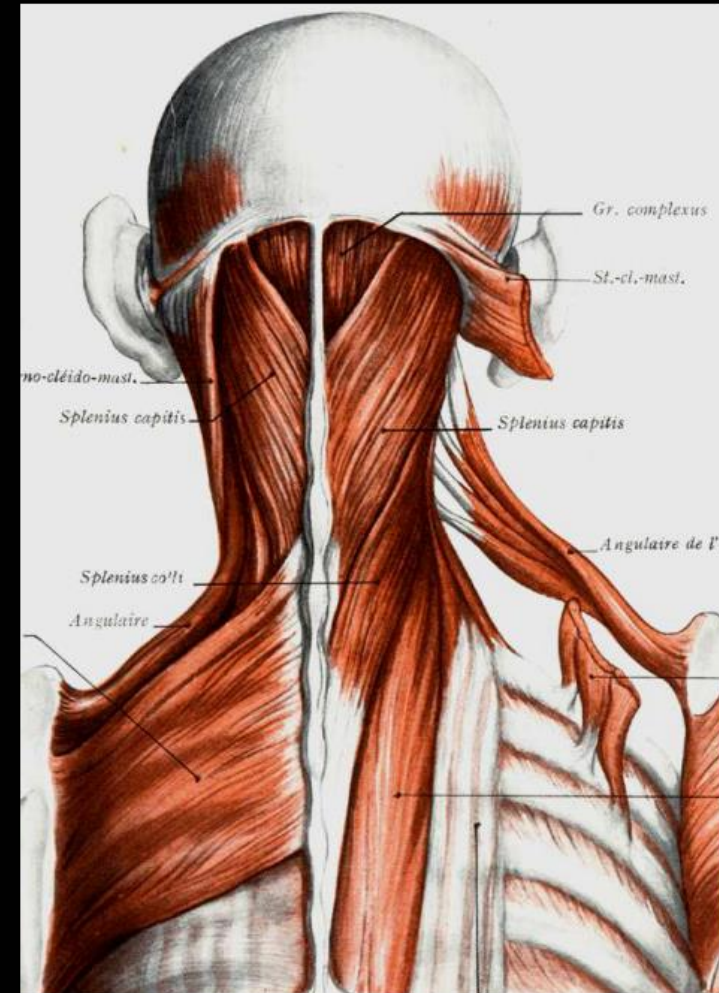
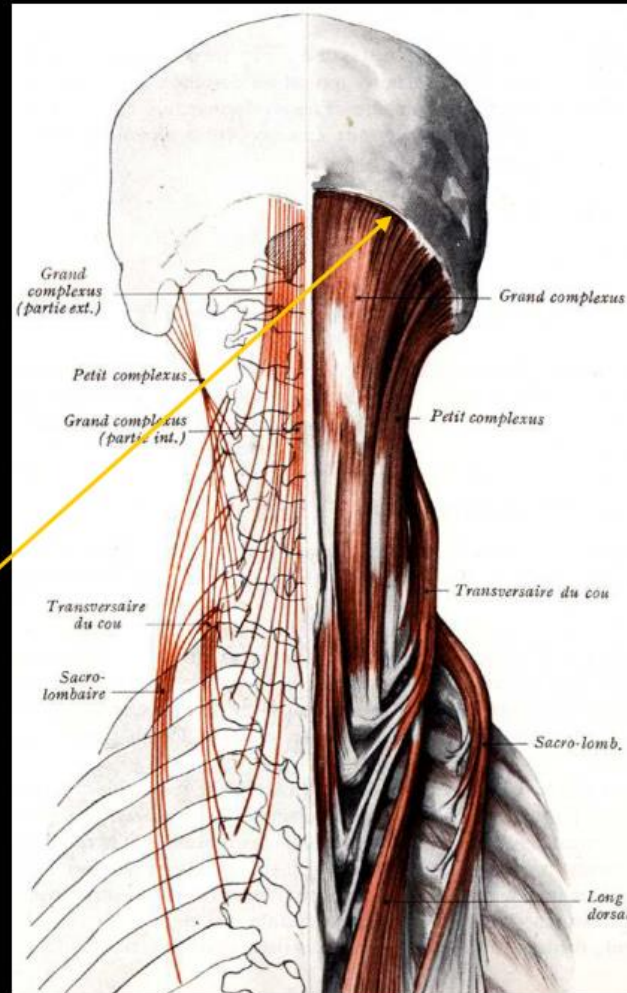
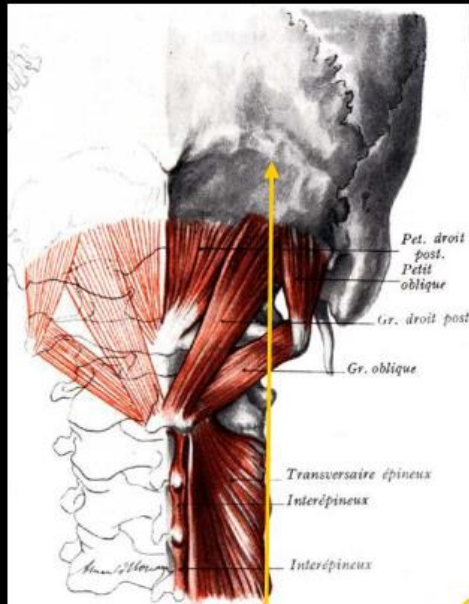
Muscoli masticatori
Chewing muscle

Linea temporale
Temporal line



Caratteri morfologici e strutture anatomiche *Morphological features and anatomical features*

Muscoli del collo *Neck muscle*



Linea nuchale
Nuchal line

Proiezione laterale dei zigomatici
Lateral projection of the zygomatics



*Australopithecus
africanus*



Homo erectus



Homo sapiens

Toro occipitale trasverso
Occipital transverse torus



*Australopithecus
africanus*



Homo sapiens



Homo erectus

Larghezza cranica massima
Maximum cranial breadth



*Australopithecus
africanus*



Homo erectus



Homo sapiens

Forma del cranio in vista superiore

Cranial shape in superiore view

Parete convergente verso l'avanti: forma sfenoide

Wall convergente forward: sphenoidal shape

Parete convergente quasi-parallele: forma ovoidea

Wall almost parallele: ovoidal shape



*Australopithecus
africanus*



Homo erectus



Homo sapiens

Prognatismo faciale

Facial prognatism



*Australopithecus
africanus*



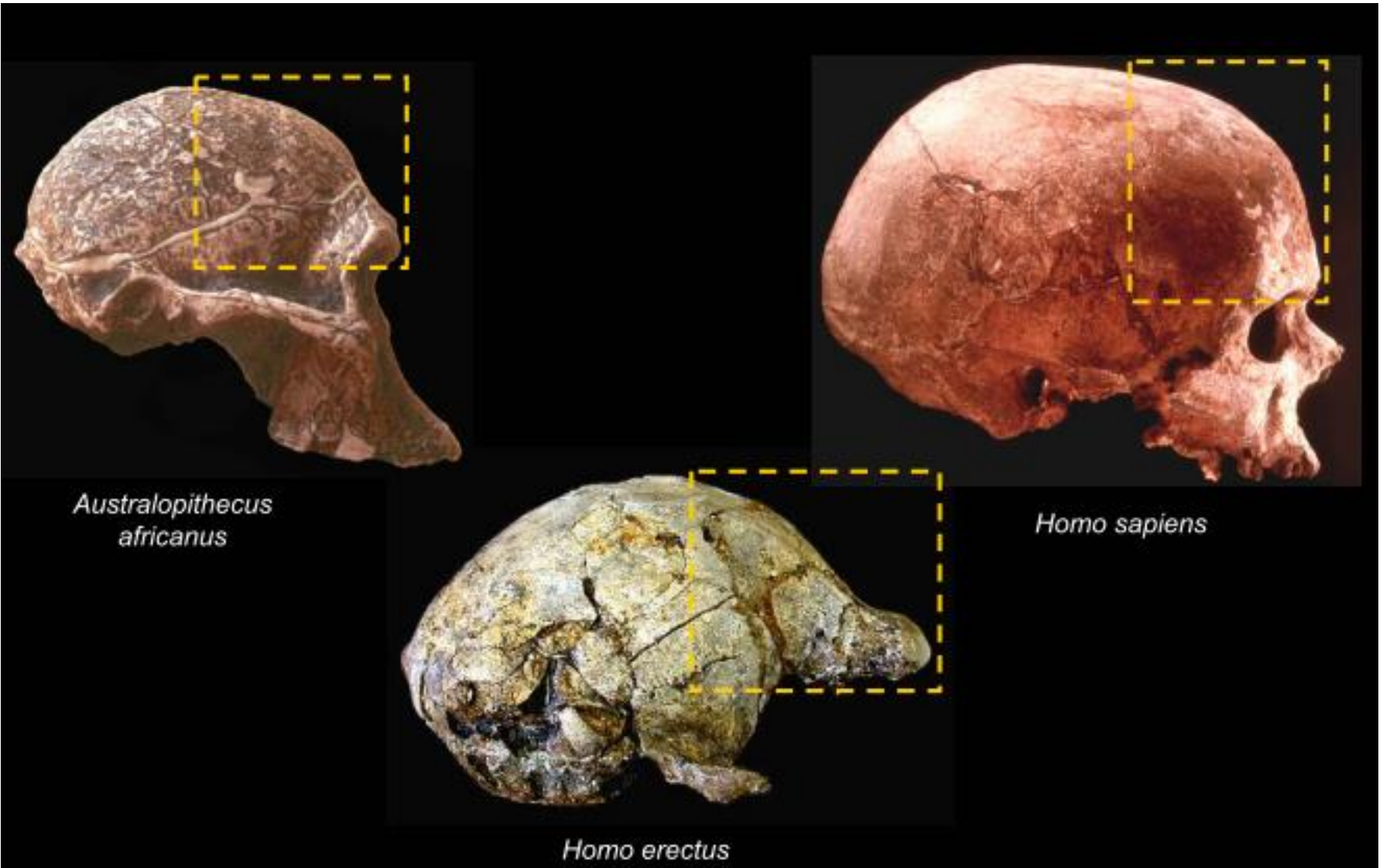
Homo erectus



Homo sapiens

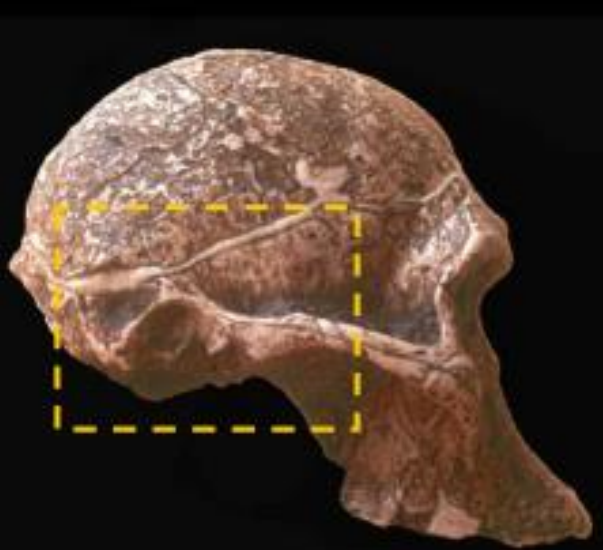
Forma dell'osso frontale: convessità e inclinazione

Frontal shape: convexity and inclination



Forma della squama temporale e dell'apofisi mastoidea

Temporal shape and mastoide



*Australopithecus
africanus*



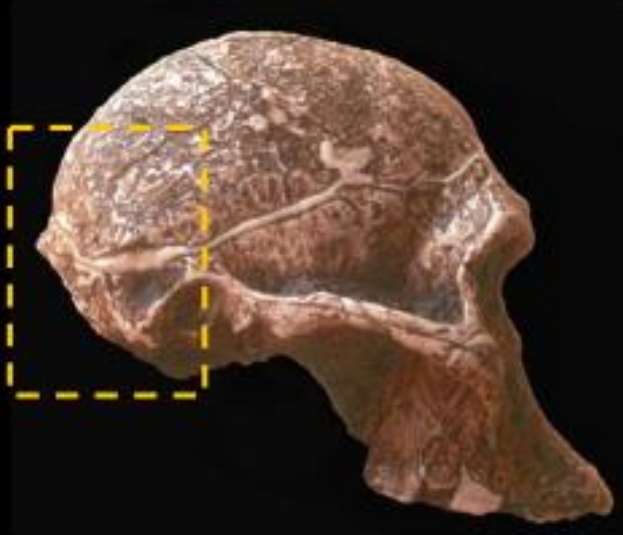
Homo sapiens



Homo erectus

Forma dell'osso occipitale

Occipital shape



*Australopithecus
africanus*



Homo sapiens



Homo erectus

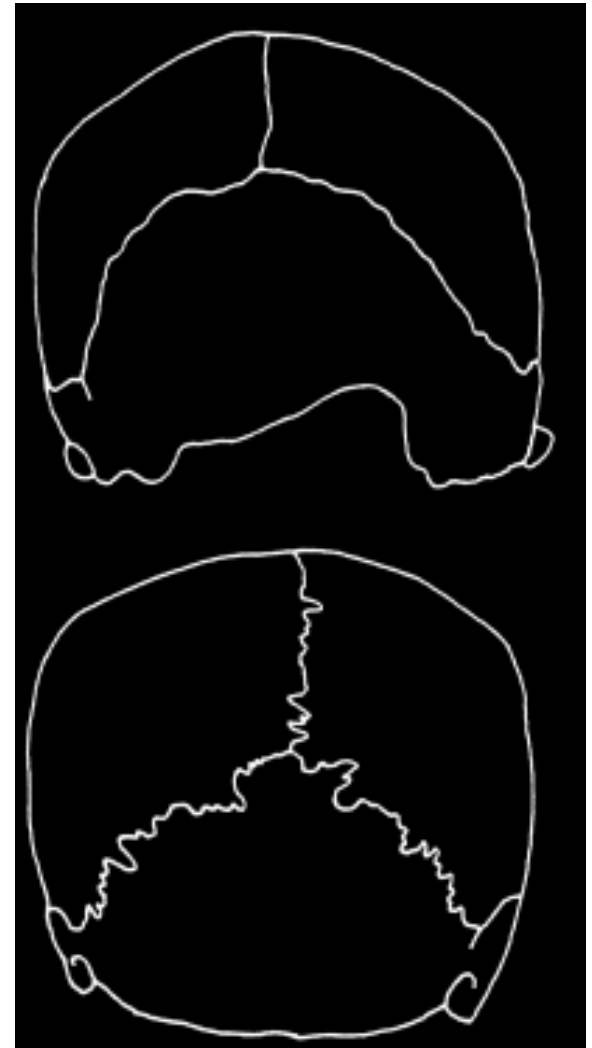
Forma del cranio in vista posteriore

Cranial shape in posterior view



Pentagonale a parete
convergente verso l'alto
*Pentagonal with the wall
convergent upward*

Circolare (Caso
particolare dei
neandertaliani)
*Circular
(neanderthals)*



A « tetto di casa »
(*Homo sapiens*)
In « House roof »
(*Homo sapiens*)

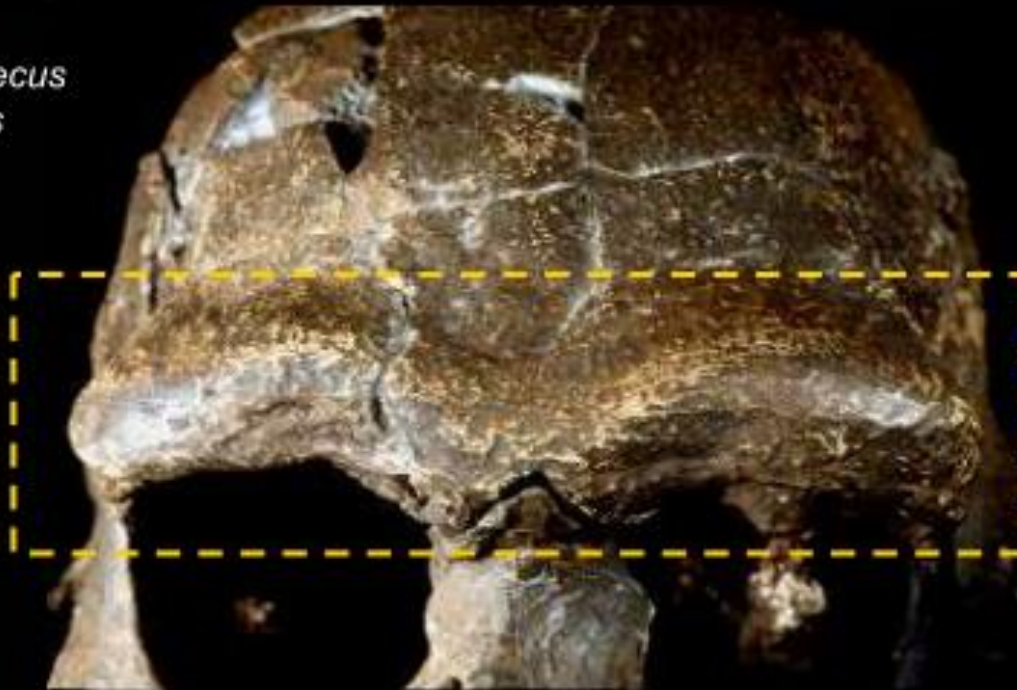
Complesso sopra-orbitale
Supra-orbitale complex



*Australopithecus
africanus*



Homo sapiens



torus supra-orbitaire: tous
les éléments sont fusionnés

Homo erectus

Orientazione della base del cranio (piano nucale)

Cranial base orientation (nucal plan)

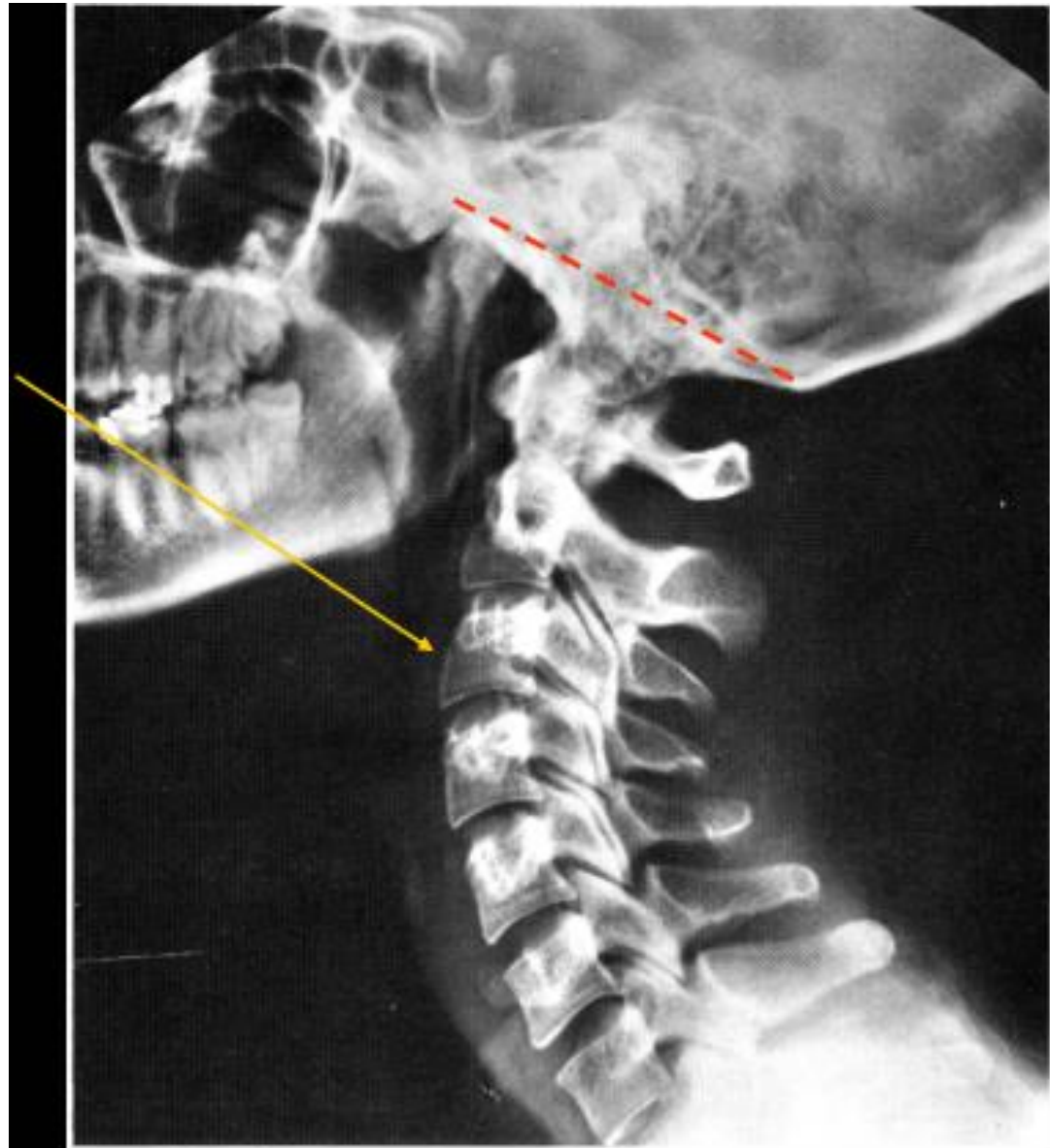
Antenati : orientazione obliqua e orientata posteriormente

Homo sapiens : Orientazione obliqua e orientata anteriormente



Accentuazione della
curvatura cervicale

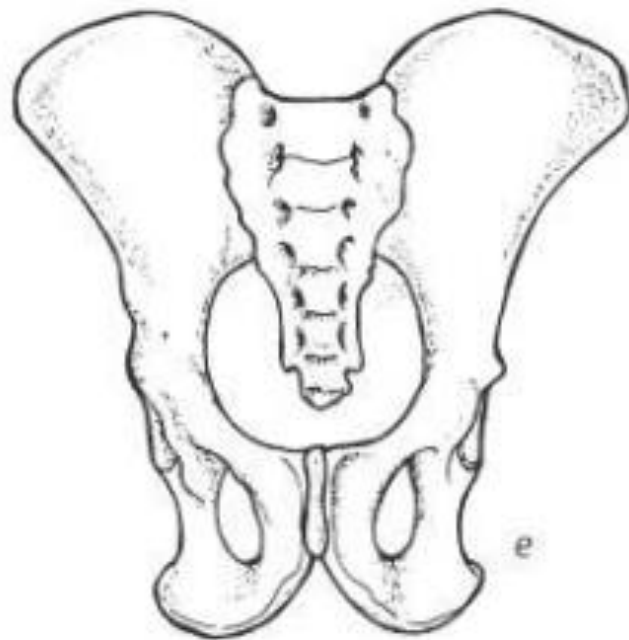
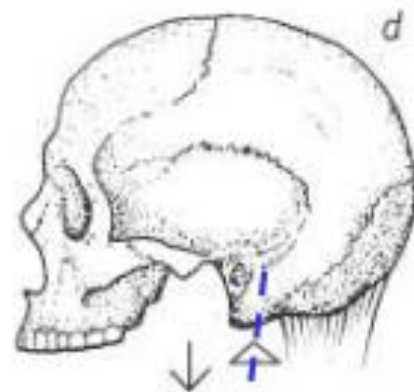
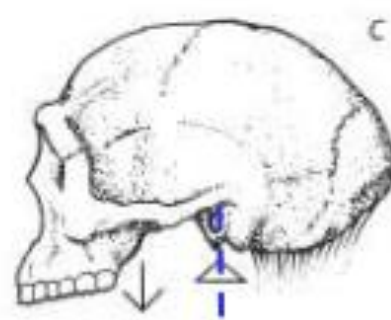
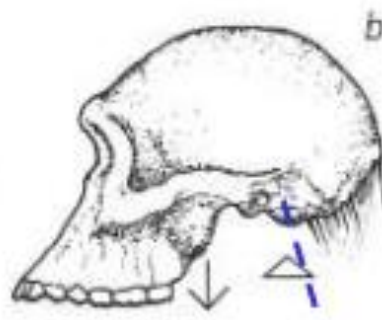
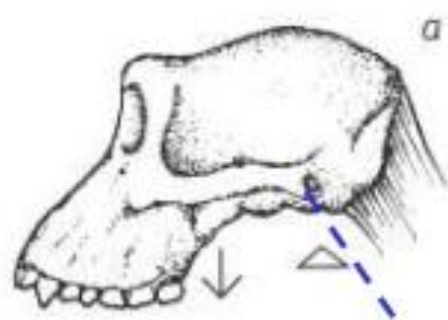
*Ancestor: oblique
orientation and
oriented backward
Homo sapiens :
Oblique orientation
and oriented forward*

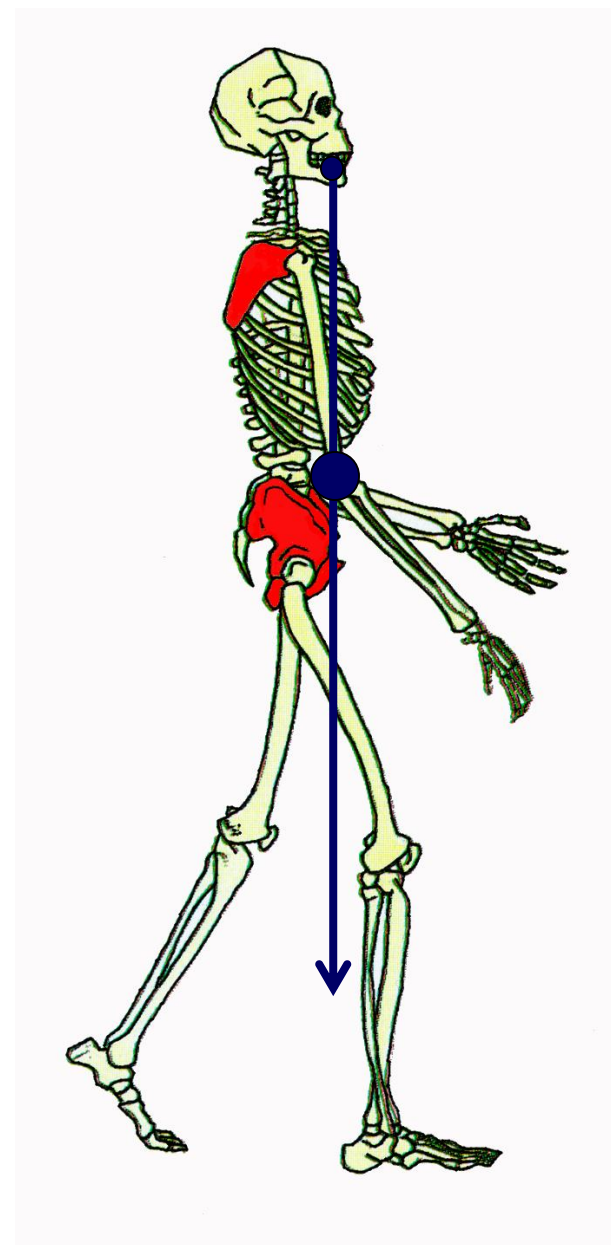
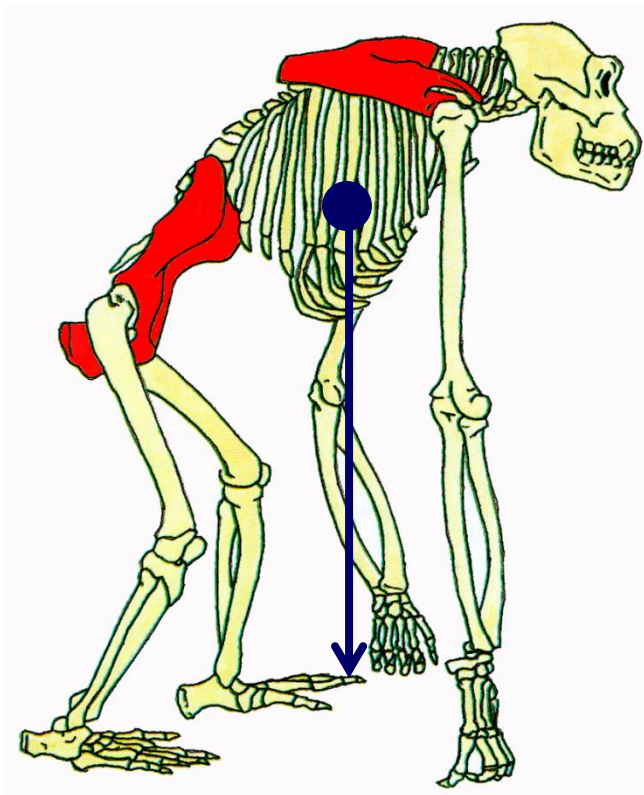


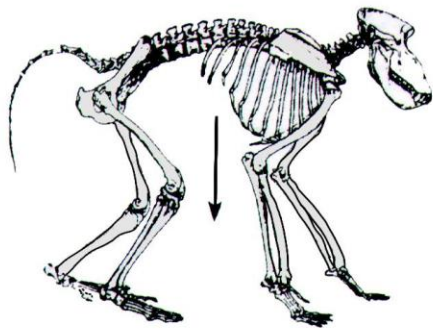
- - - Axe de la colonne vertébrale

△ Point d'appui de la colonne vertébrale

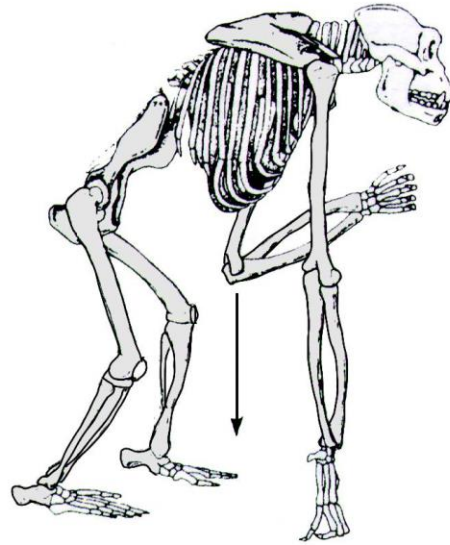
↓ « déséquilibre » face / boîte crânienne







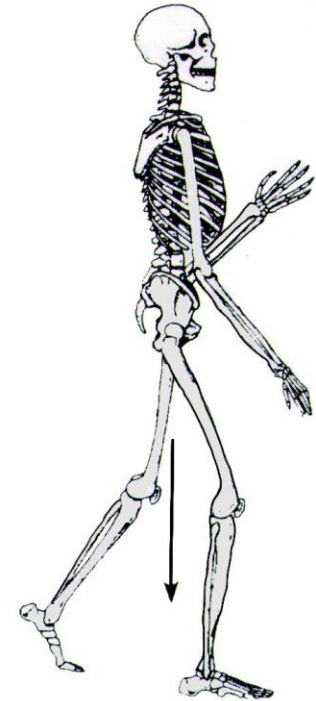
babbuino



gorilla

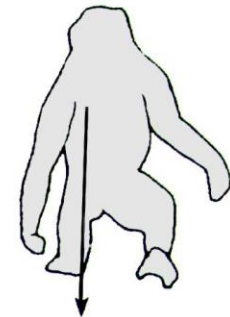
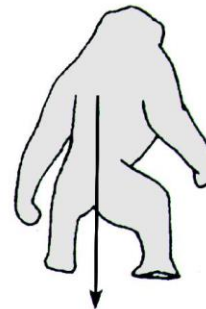
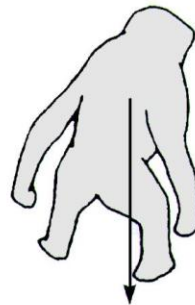
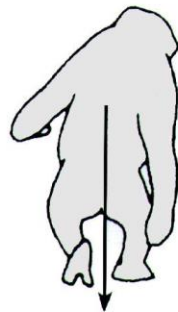
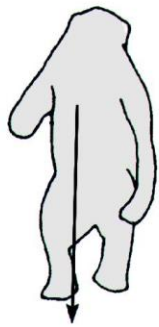


scimpanzè



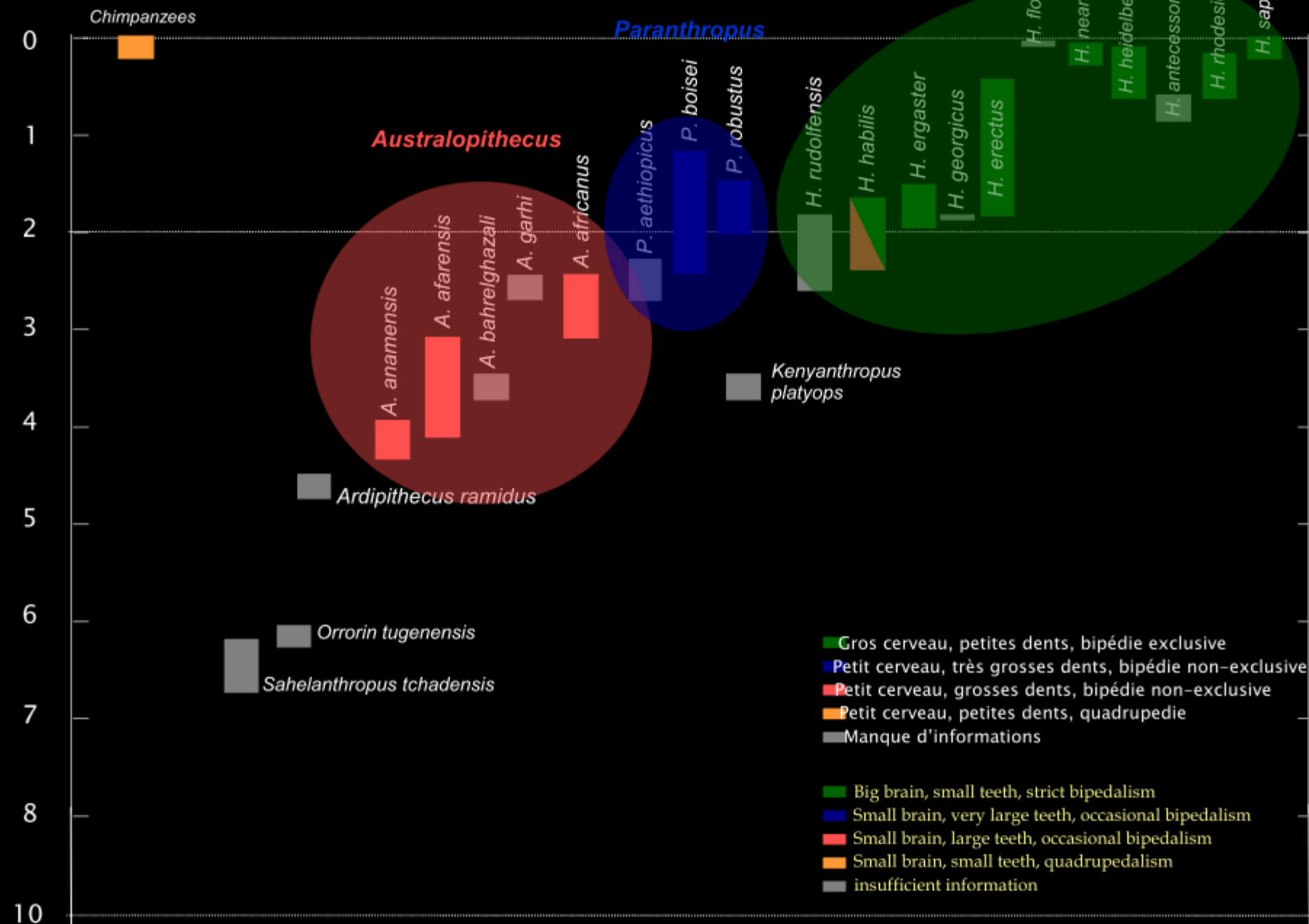
uomo

(E)

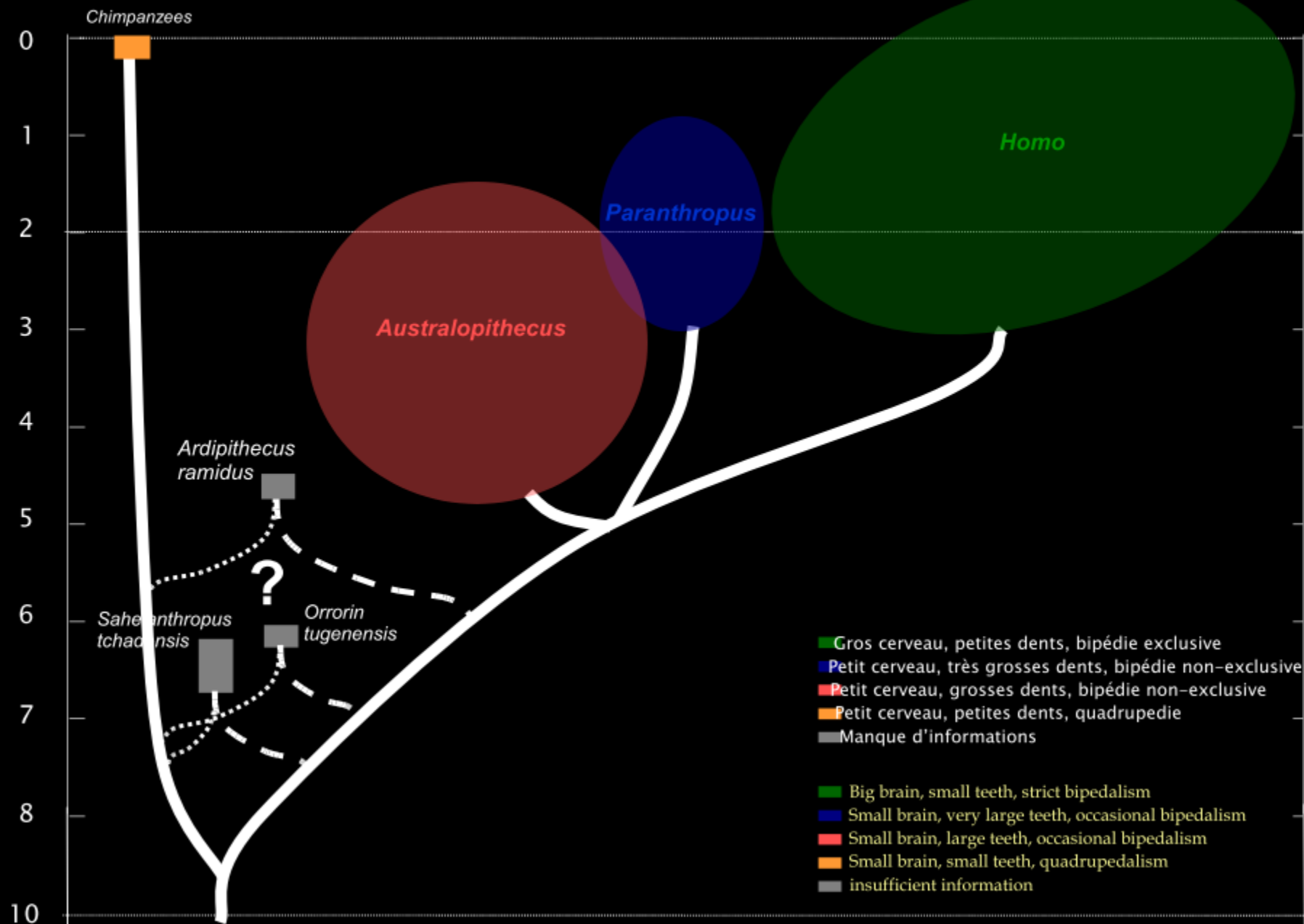


Bipedismo occasionale

(Ma)



(Ma)



Tecnologie e Metodologie per l'acquisizione dei dati

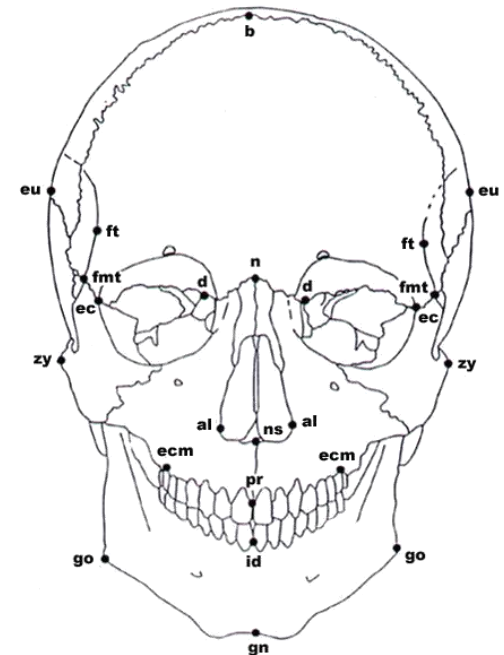
Technology and Methodology for data acquisition

Digitalizzatore *Microscribe*

- Tecnica: Cattura le proprietà fisiche dell'oggetto. / *Capture the phisic property of the object*
- 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.

The microscribe is an articulated arm which digitized the position of a point in comparison to the reference point of the tools (base). The robot knows the position of the punter thanks to potentiometer in the articulated arm.

- Risoluzione: 0,2 mm



Scanner di superficie / *Surface scanner* *Laser Scanner*



- Tecnica laser / *Laser technique*
- Principio: Misura la posizione di un campionamento di punti in un sistema cartesiano della superficie di un oggetto.
Measure the position of a point sample in a cartesian sistem of the object surface.
- 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.
The scanner measure the distance between the object with an laser ray. The distance is calculated from the time of the roundtrip of the laser.
- Risoluzione: fino al μm per i più precisi



NextEngine



Handyscan



Scanner di superficie / *Surface scanner* *Breuckmann*

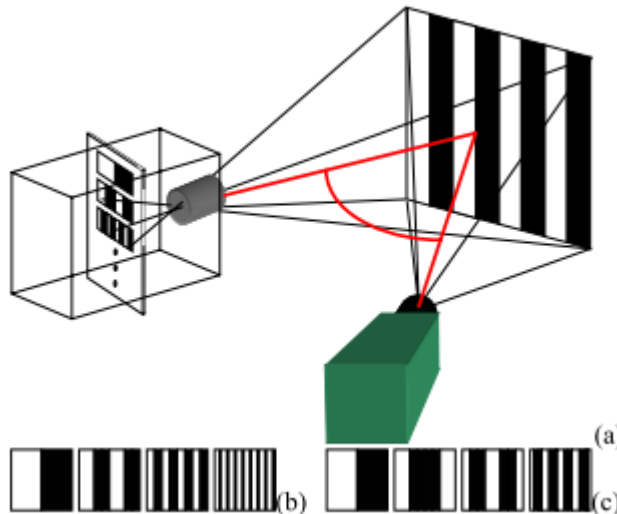
- Tecnica topometrica / *Topometric technic*
- Principio: Analisi di bande di luce bianche proiettate sull'oggetto

Analysis of white light band projected on the object

- 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.

In on part there is the light projector and in another part the videocamera CCD (photosensible) which capture the image. The image is analyzed by a special software. The projected light is codified with a binary system (000, 001...) which is then transformed in numerical image by the computer passing by the videocamera CCD.

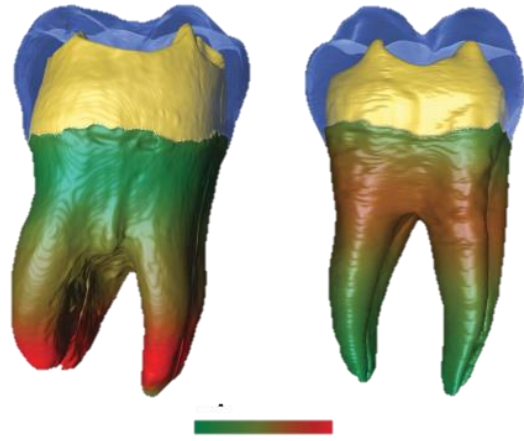
- Risoluzione 0.26mm



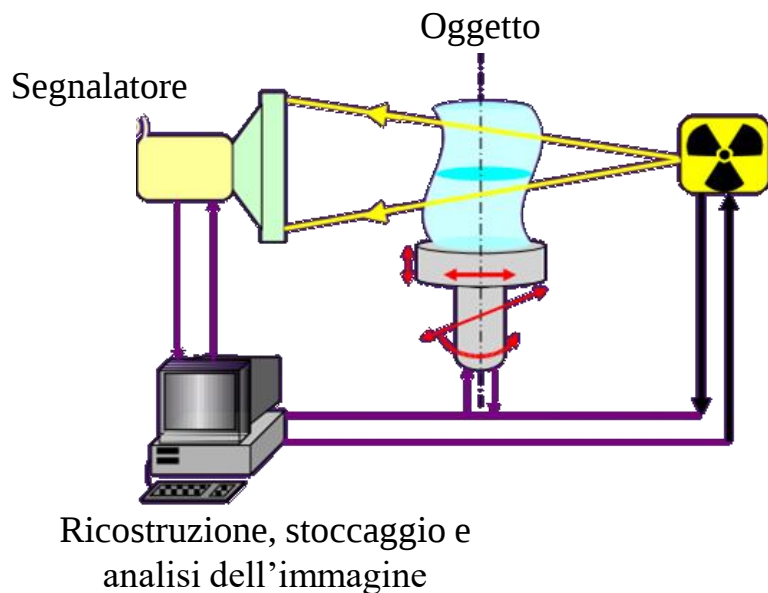
Breuckmann smartscan

Tomodensitometria / *Tomodensitometry*

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



M1 La Chaise (Macchiarelli et al., 2006)

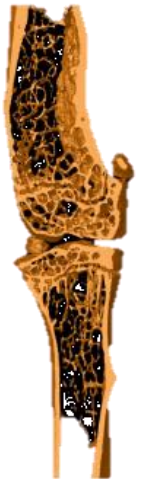
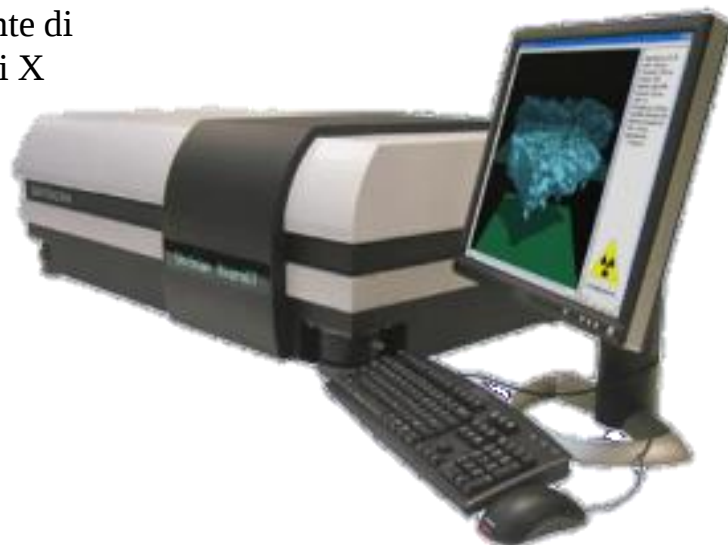


- Tecnica di scansione medica / *Medical scanning system*
- Principio: Misura l'assorbimento dei raggi X da parte dei tessuti riproducendo sezioni o strati corporei.

Measure the absorption of X-ray by the tissue, reproducing section and corpus stratum

- 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.

The X-ray is attenuated by the corpus crossed. The attenuation vary proportionally to the electronic density of the tissue crossed. More the density is high and more the gray gradation will be light.



Osso trabecolare di un topo

Unità di misura: L'UH (Unità di Hounsfield)
comprendente 2001 diverse tonalità di grigio, dal nero al bianco:

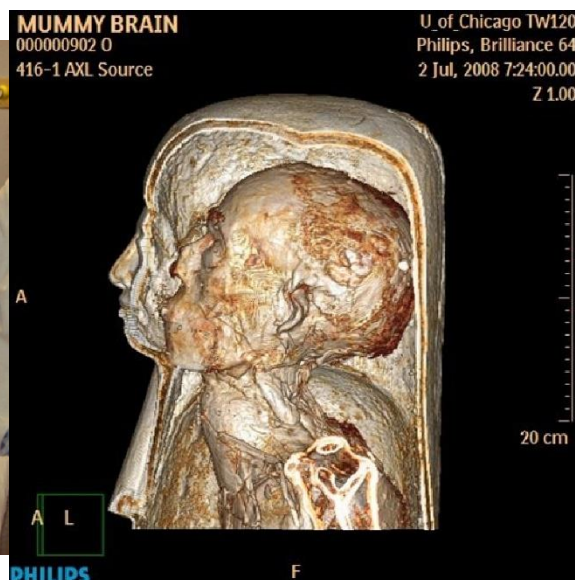
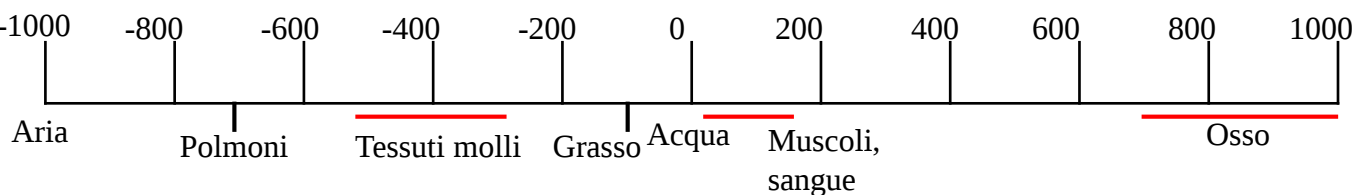
Densità dell'aria = -1000 UH

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

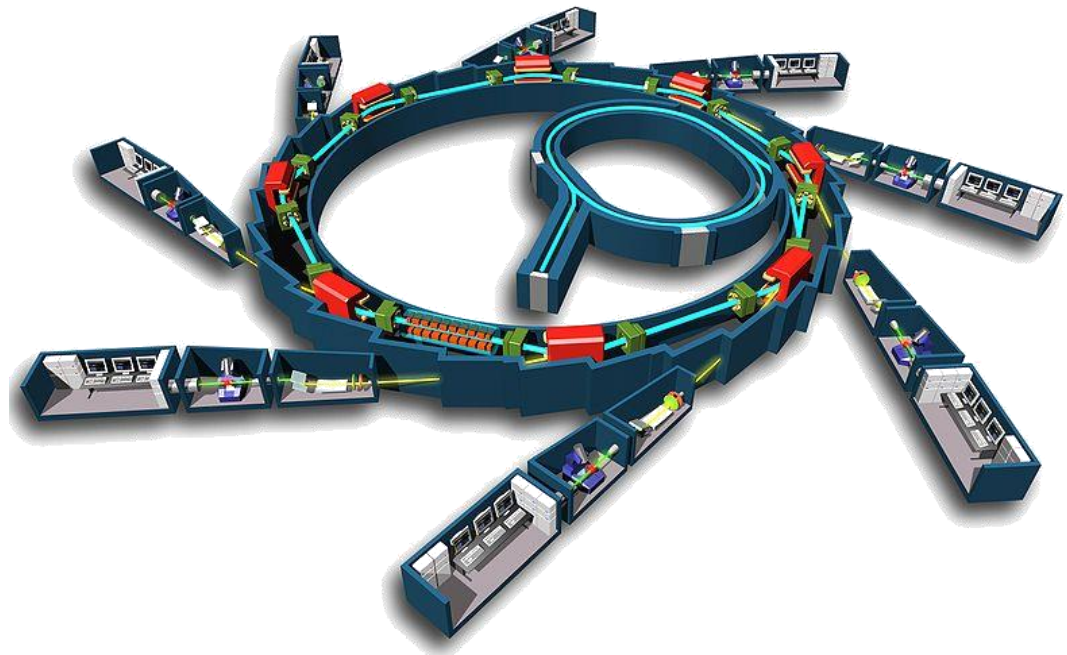


Sincrotrone

- 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



Synchrotron

- *Circular particle accelerator where the magnetic field and the electric field are synchronized with the ray of the particle itself.*
- *Technics: the synchrotron is composed principally by:*

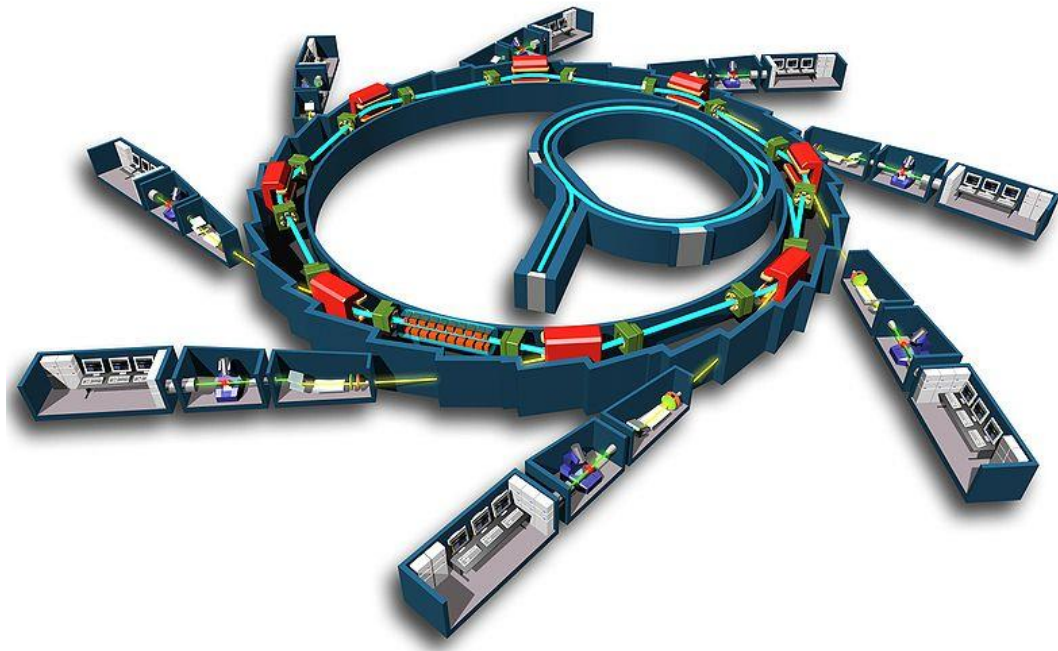
A small accelerator which prepared the low energy particle

A magnetic ring which keep the particle in the same circular trajectory

Accelerator cavity which increase and keep the energy of the particle going around the ring

The particle are keep in an extreme empty, around the ring, inside a toric tube.

The ray obtained is gathered in several spot of the tube, the light line. Each ray cross lens, mirrors an monochromators which select the wavelength gamma and modified the characteristics of the light ray. The X ray obtained allowed to do microtomography at high resolution.





Sincrotrone ELLETRA, Trieste



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

Apporto delle nuove tecnologie alla ricerca e alla museologia

Contribution of the new technology to the research and to the museology

- Scambio di dati / *Data exchange*
- Immortalare i resti fossili unici / *Immortalize the unique fossil remains*
- Visualizzazione delle strutture interne che aprono nuove prospettive e metodologie di studio dei resti fossili / *Visualization of the inner structure which gives new perspectives and methodology to the fossil remains studies*
- Ricostruzione facciale / *Facial reconstruction*
- Ricostruzione virtuale delle parti mancanti / *Virtual reconstruction of missing part*
- Realizzazione di calchi grazie al modello 3D evitando dannosi contatti col reperto / *cast modeling with 3D model avoiding direct contact with the fossil*

Trattamento dei Dati / *Data treatment*
principi di morfometria

Perché usiamo la morfometria?

Why Morphometrics is useful?

Paleontologia/Paleoantropologia è basata su
descrizioni e confronti

Paleontology => descriptions and comparisons

Si lavora con delle caratteristiche morfologiche / *work on
morphological features*

➤ Tassonomia / *taxonomy*

➤ Filogenia (cladistica) / *phylogeny (cladistic)*

Si lavora sulle forme (descrizione e confronti quantitativi)/ *work
on forms (quantitative descriptions and comparisons)*

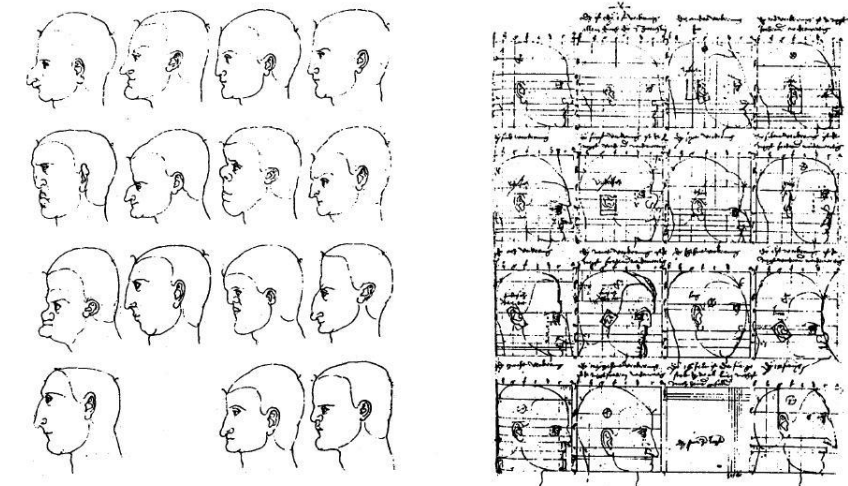
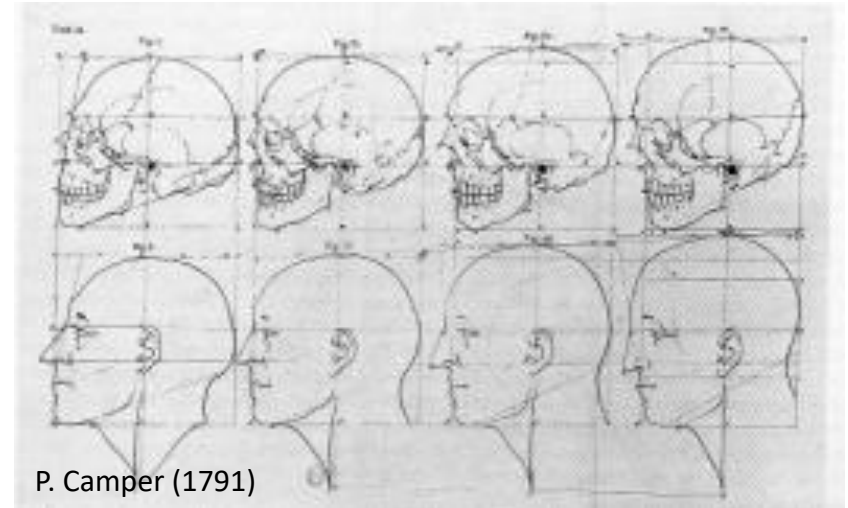
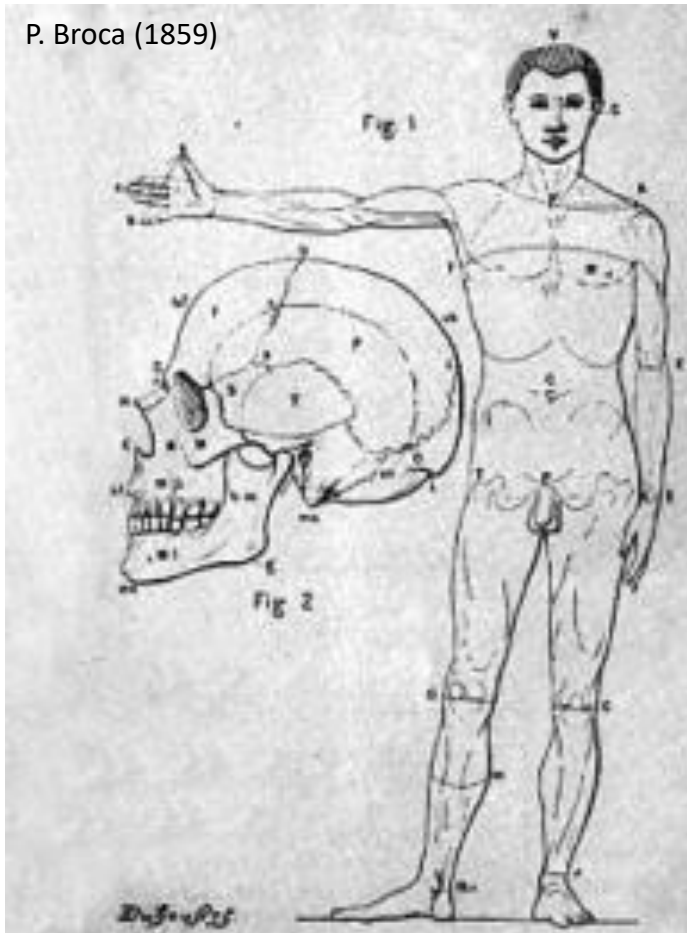
➤ Caratteristiche ed evoluzione delle forme (crescita,
evoluzione, fattori interni e esterni...) / *characteristics and
evolution of forms (growth, evolution, internal and external
contrains, etc)*



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

Morphometrics is « the quantitative description, analysis, and interpretation of shape and shape variation [of biological objects] »

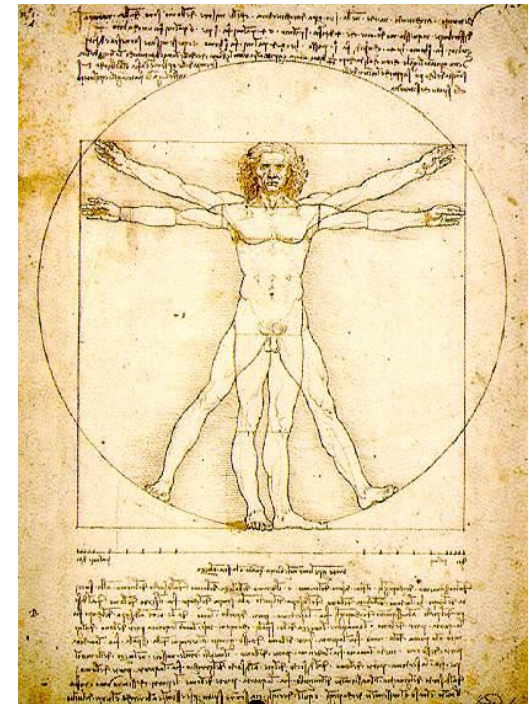
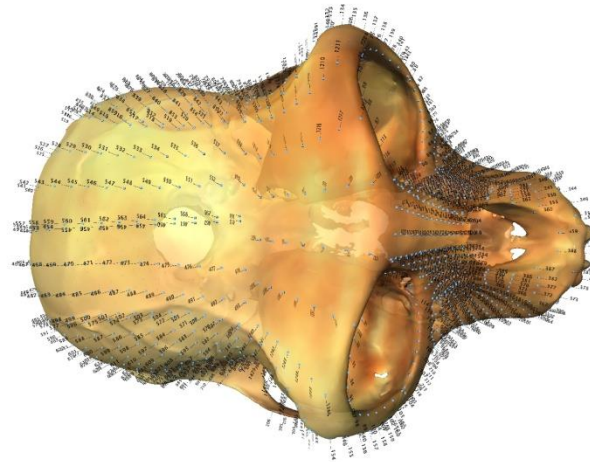
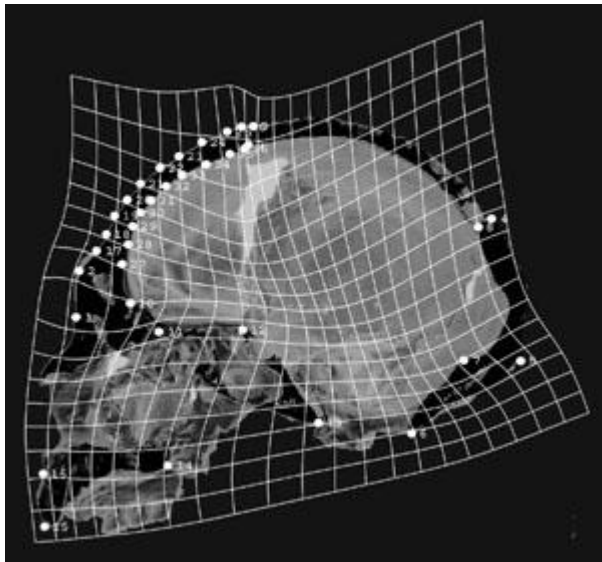
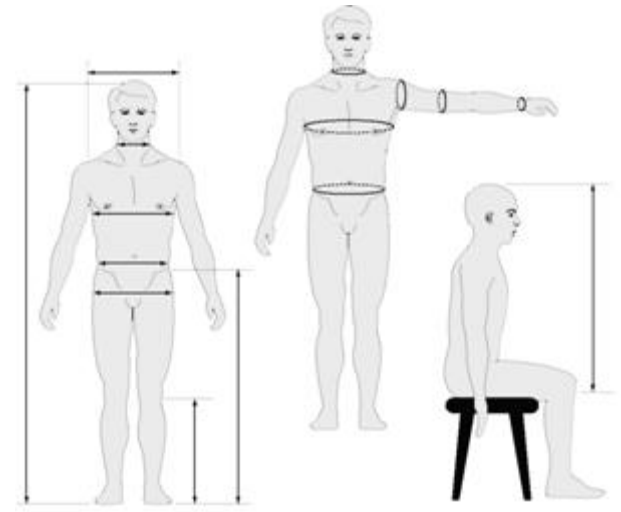
P. Broca (1859)



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

Tipi di morfometria / *type of morphometrics*

- Morfometria tradizionale : Misure classiche (lunghezza, larghezza, spessore....). Analisi di dati lineare in 2D / *traditional morphometrics: classic measure (length, width, thickness...) linear 2D data analysis*
- Morfometria geometrica su punti omologi (Landmarks) / *geometric morphometrics on homologous points (landmarks)*
- Morfometria geometrica sull' analisi dei contorni / *Geometric morphometrics on outlines analysis*



Morfometria: Principi di base

Morphometrics: basic principles

Risoluzione: il più piccolo intervallo che può essere misurato

Resolution: the smallest interval that can be measured

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

Reliability: the deviation between the «true» value and the measurements

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.

Repeatability (precision): The degree to which repeated measurements agree with each other



Accuracy is how close your shot is to the centre.

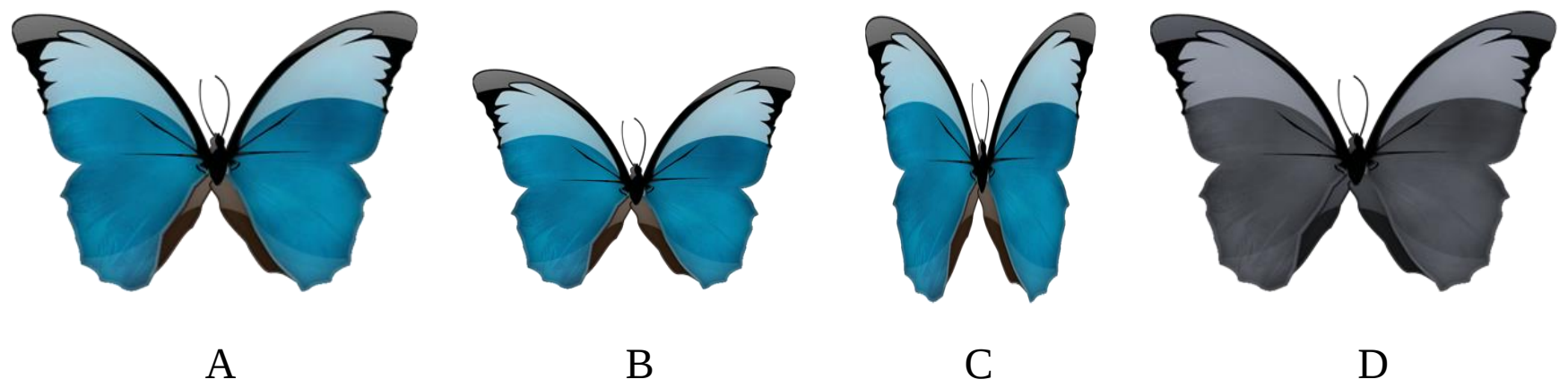
Repeatability is how close to each other your shots are when you shoot multiple times.

Morfometria: Principi di base

Morphometrics: basic principles

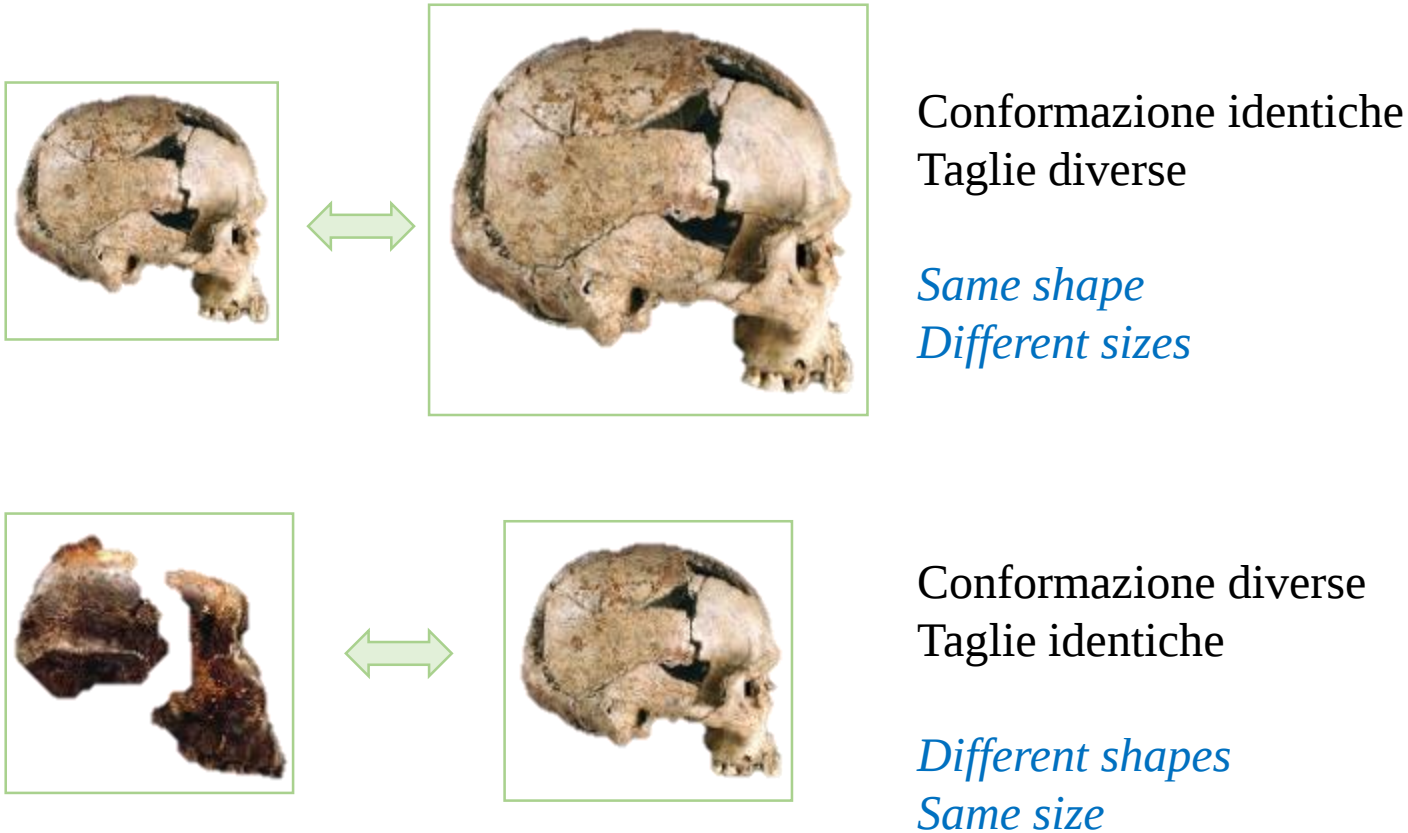
Forma = Taglia + conformazione

Form = Size + shape



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

Caso teorico / *Theoretical cases*



Caso reale / *Real case*



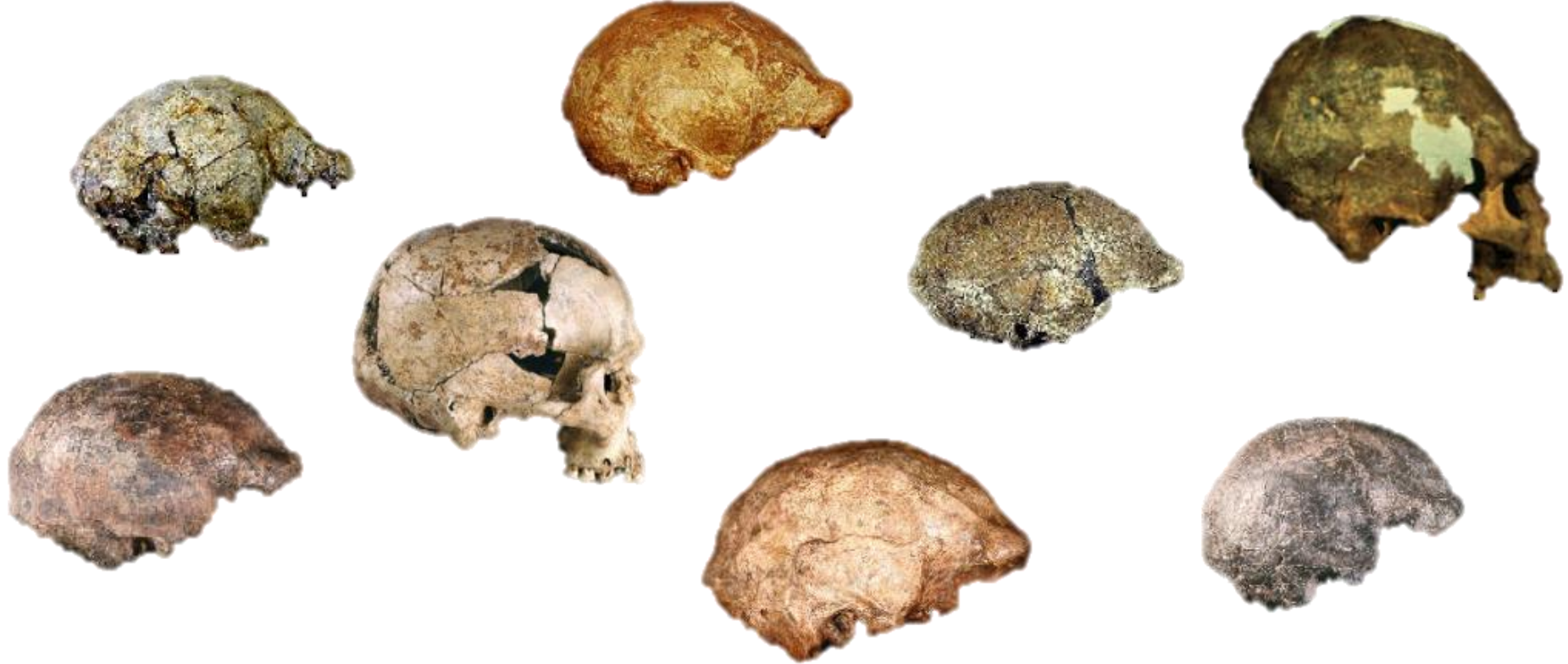
Conformazione diverse
Taglie diverse

Different shapes
Different sizes

Morfometria: Principi di base

Morphometrics: basic principles

Homo erectus e Homo sapiens in Indonesia - Australia



Conformazioni diverse e taglie diverse / *Different shapes & different sizes*

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

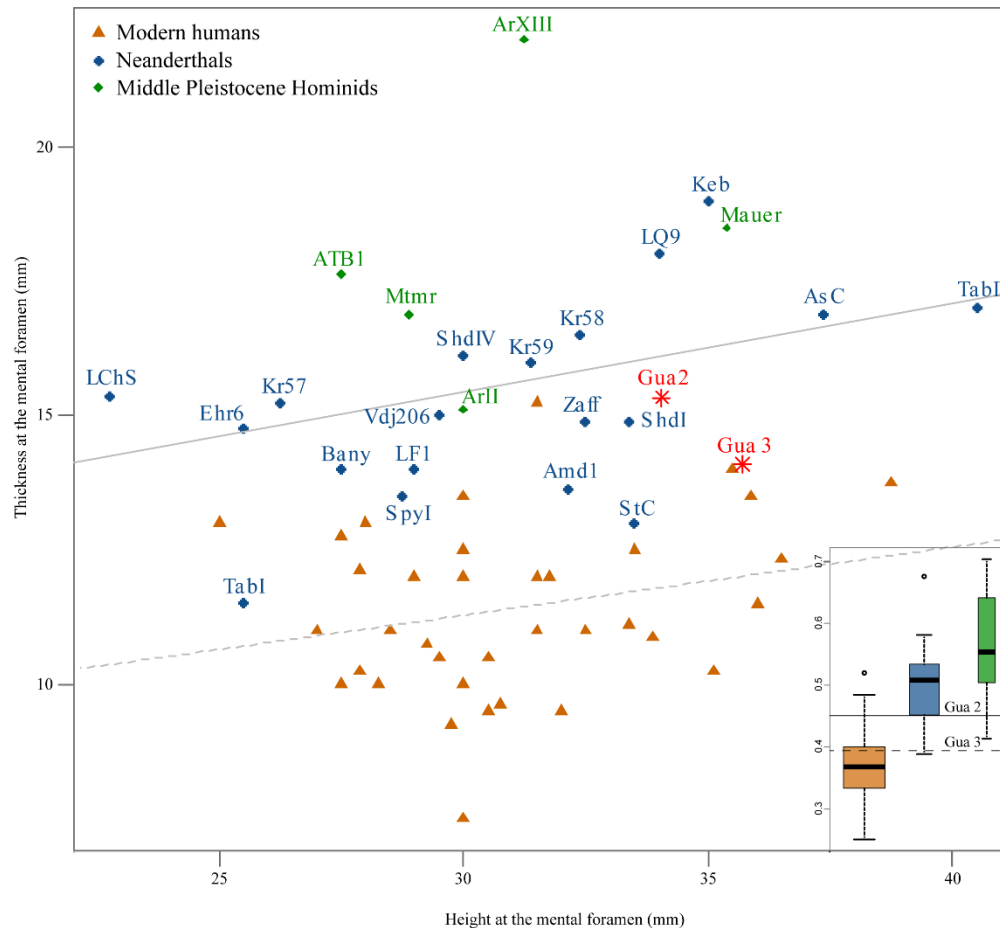
But differences are subtle and analysed anatomical structures are complex
⇒ *It is mandatory to handle a large number of parameters (« measurements »)*

Analisi dei dati e rappresentazione grafica dei risultati / *Data analysis and graphical representation of results*

Morfometria complessa (numerosi dati) $\longleftrightarrow$ Statistica

« *complex* » *morphometrics* (numerous data) => *statistics*

➤ 2 variabili => diagrammi di dispersioni e regressione lineare (relazione tra 2 variabili)

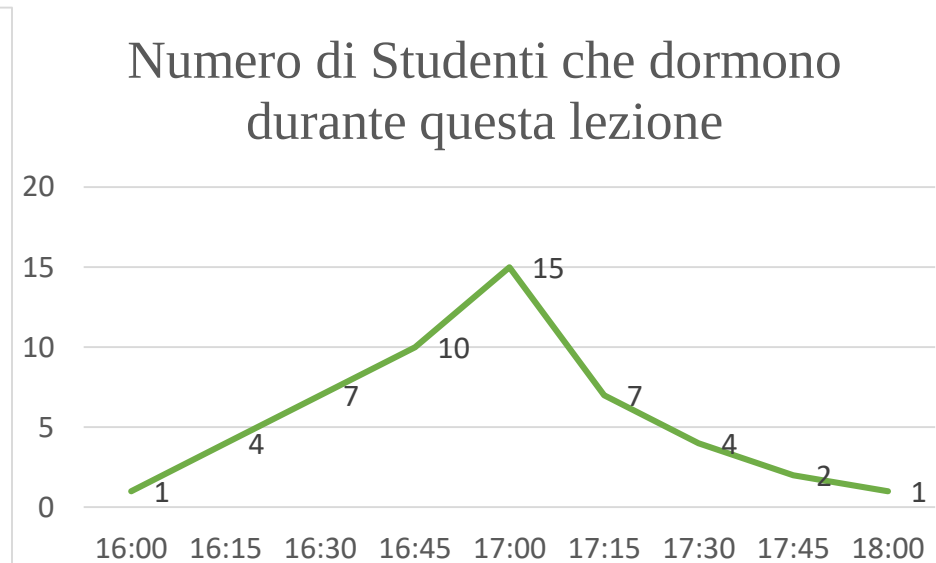
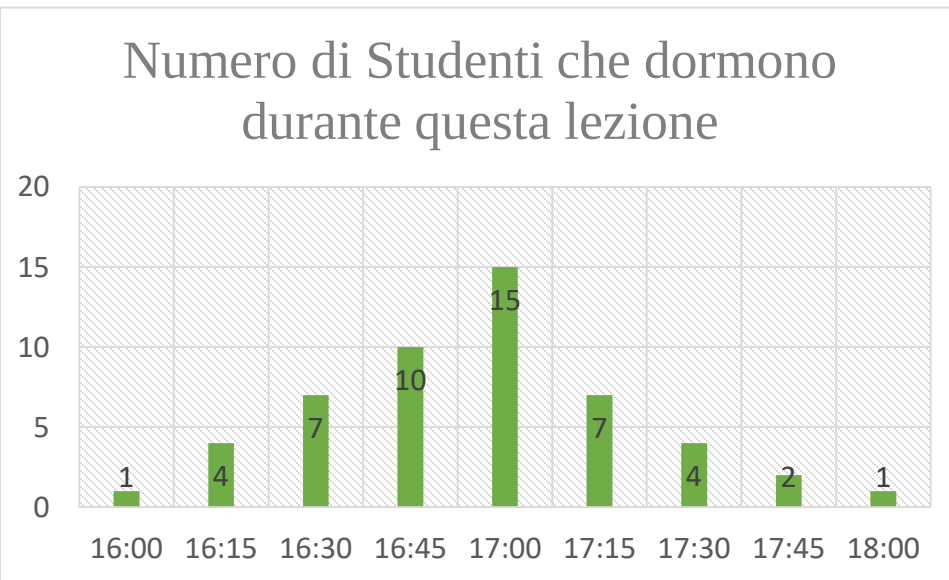


Analisi dei dati e rappresentazione grafica dei risultati / *Data analysis and graphical representation of results*

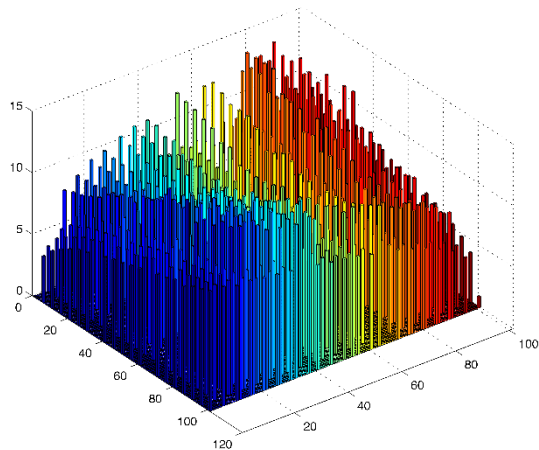
Morfometria complessa (numerosi dati) $\longleftrightarrow$ Statistica

« complex » morphometrics (numerous data) => statistics

➤ 1 variabile => varie strumenti grafici (istogrammi..)



➤ 3 variabili => Proiezione 3D / *3D projections*



La proiezione rimane comunque in 2D

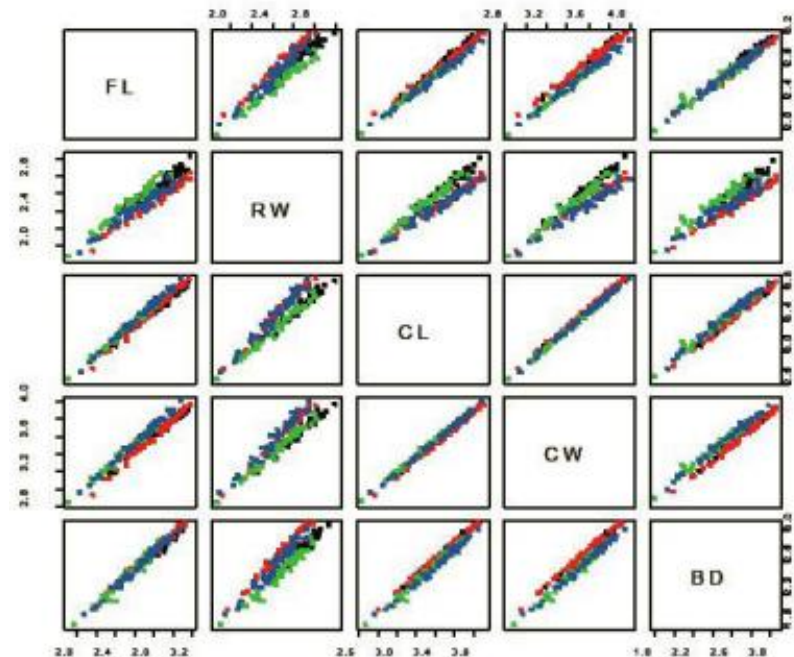
But the graph is still in 2D (paper sheet, screen, etc)

=> *Observation becomes more difficult*

➤ n variabile => ?
combinazione di diagrammi di dispersioni...
Per 5 variabile: 10 grafici
Per 12 variabile: 66 grafici



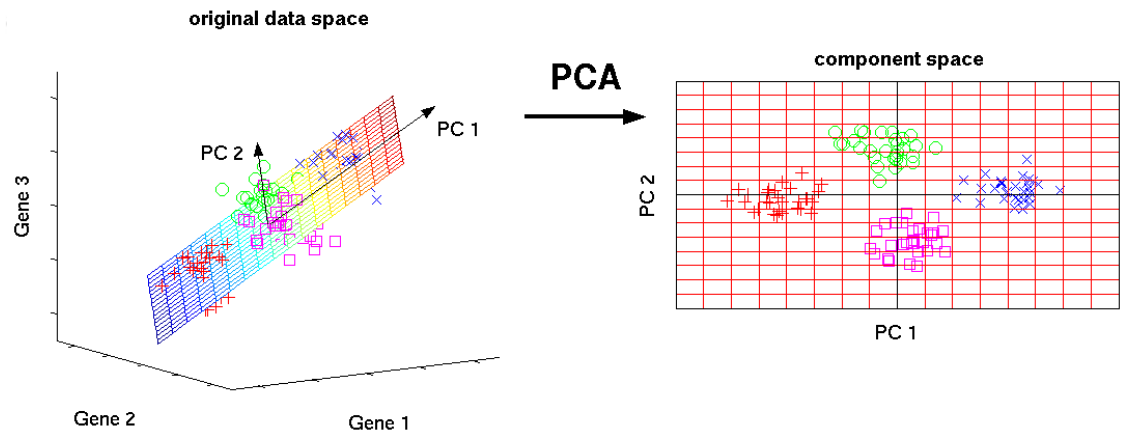
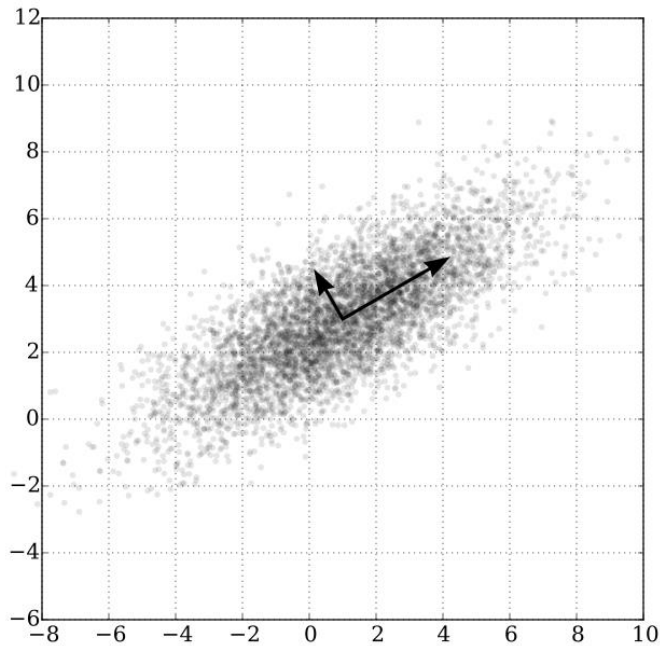
problemi di visualizzazione



Principal component analysis

Descrizione delle direzioni della varianza massima di una grande serie di dati (numerosi dati e numerosi individui)

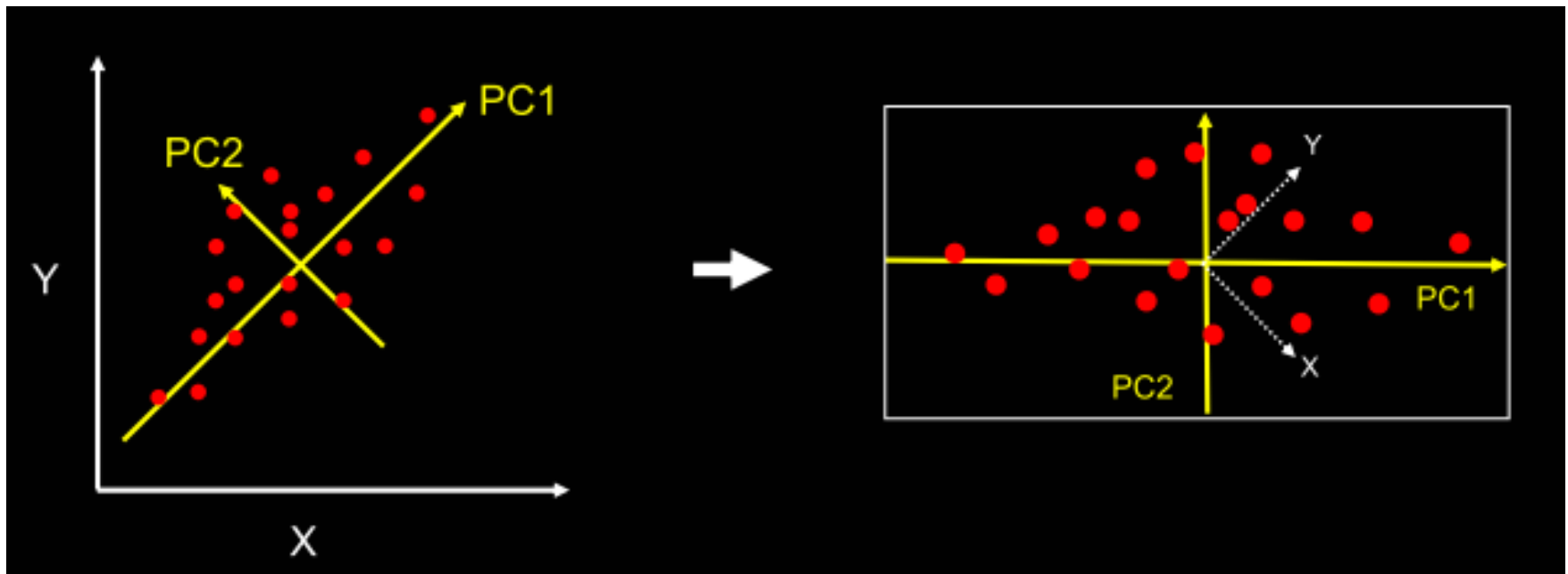
Description of the direction of maximal variances in a large data set (several variables & several individuals)



Consiste nel trasformare delle variabili correlate in variabili non correlate = componente principale
Transformation of the correlated variables in non correlated variables = principal component

Diventa quindi possibile avere un'idea di quale componente (variabile) influisce sulla forma dell'oggetto e quindi quale componente è la più importante per differenziare due gruppi.

It become possible to have an idea of which component (variable) influence the shape of the object and then which component is the most important to distinguish two groups.



Varianza massimale del set di data
Maximal variances of the scatter plot

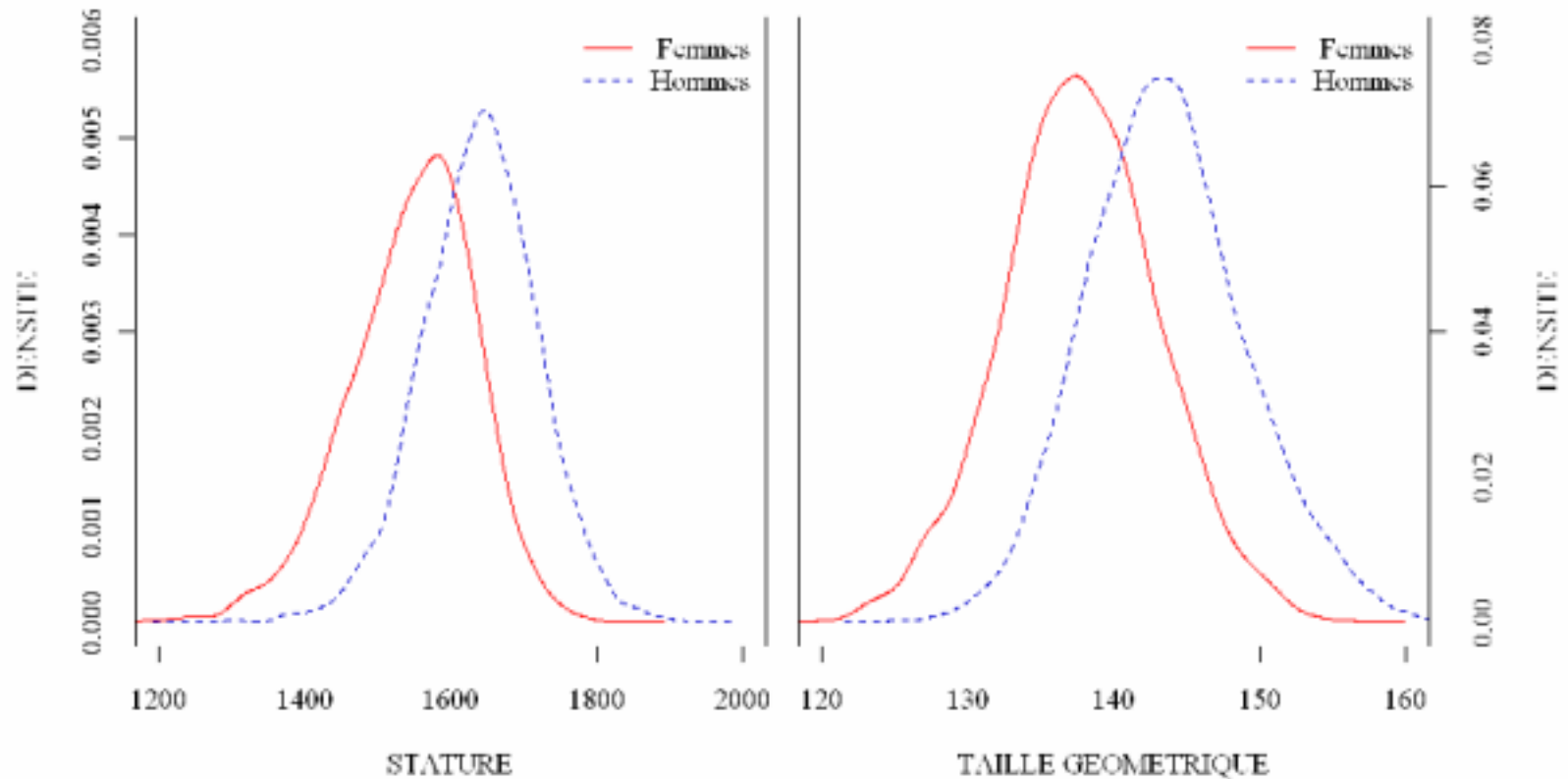
Nuovo asse (CP)
New axes (PC)

Osservazione sulla taglia

Remarks on size

Taglia geometrica calcolata a partire da 4 variabili lineari craniofacciali : lunghezza massima del cranio, larghezza massima del cranio, altezza della faccia e larghezza bizigomatica (*in vivo* su 4 popolazione)

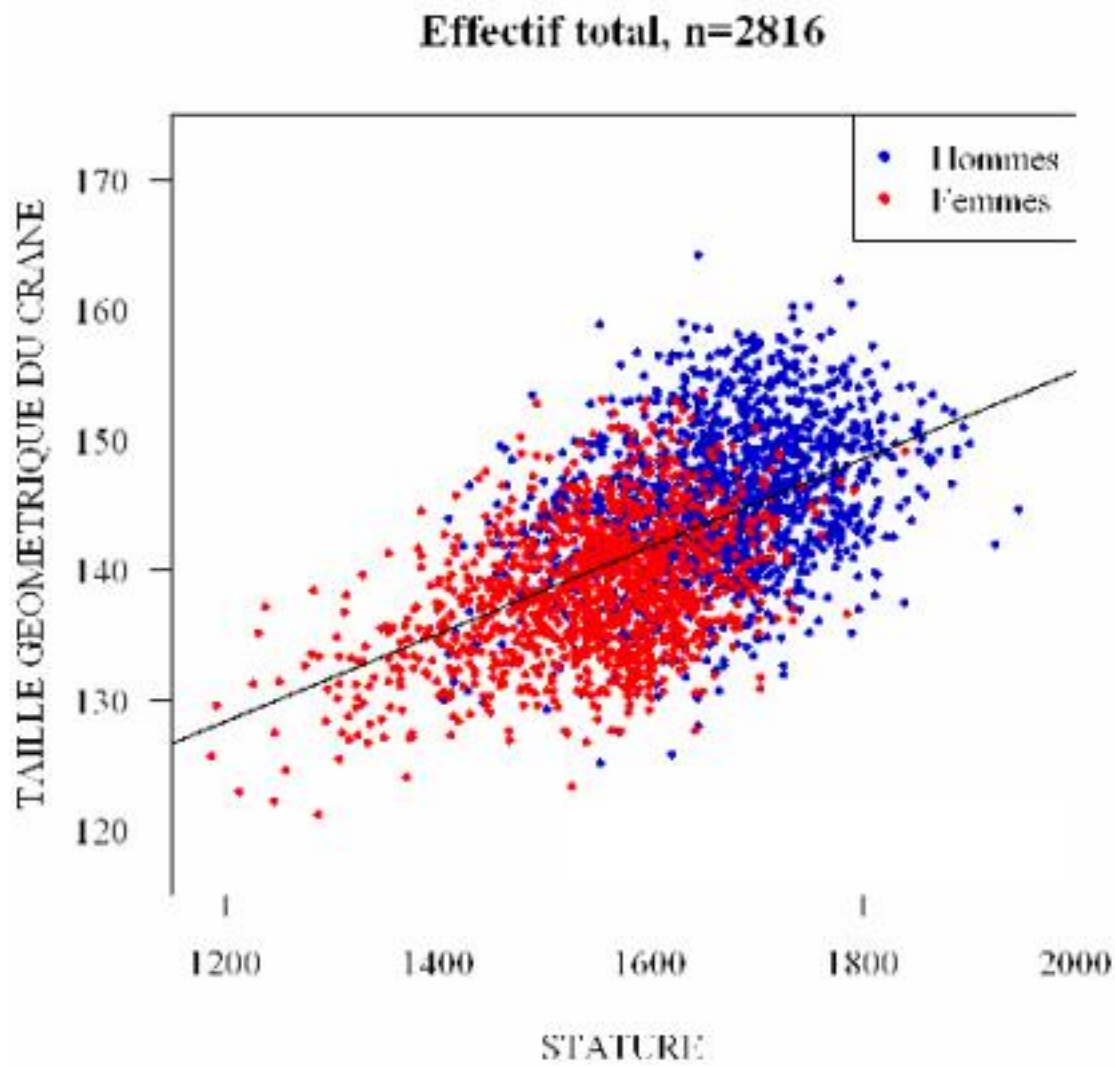
Geometric size computed from 4 linear craniofacial variables: max cranial length; max cranial breadth; facial height and bi-zygomatic breadth [living individuals]



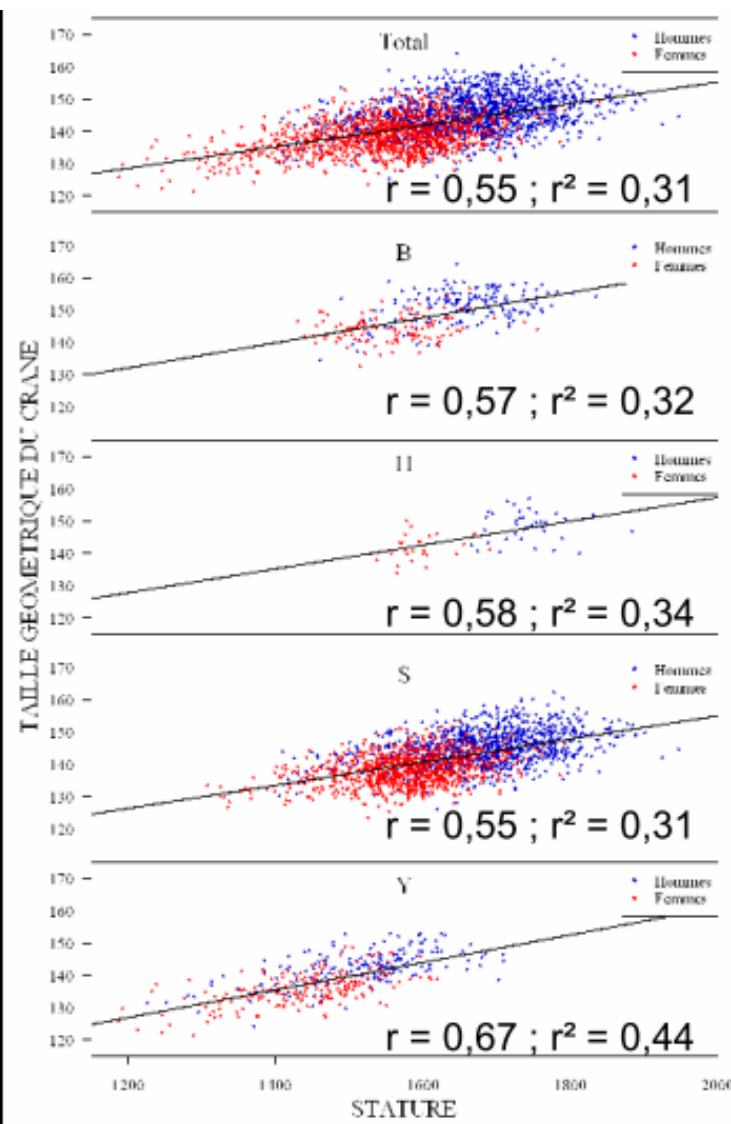
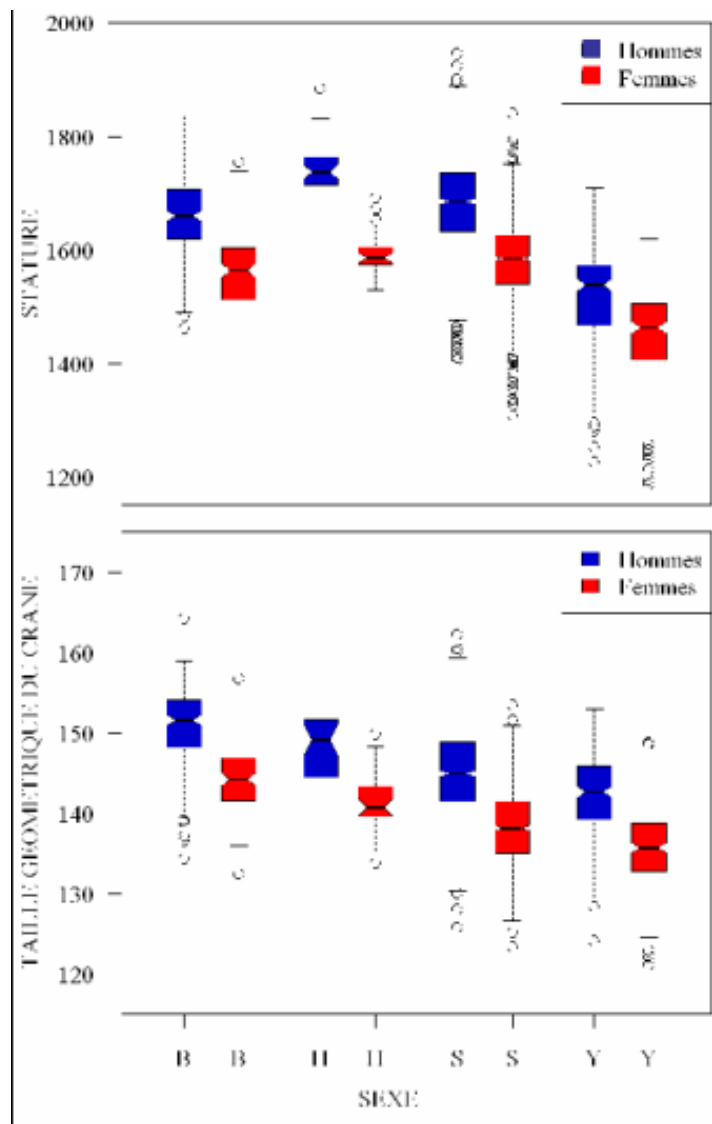
n total = 2816 individus

Osservazione sulla taglia
Remarks on size

- Correlazione tra la taglia geometrica e la statura
- Dimorfismo sessuale
- Differenza secondo la provenienza geografica
- *Correlation between geometric size of the skull and stature*
- *Sexual dimorphism*
- *Differences related with geographical provenience*



Osservazione sulla taglia
Remarks on size

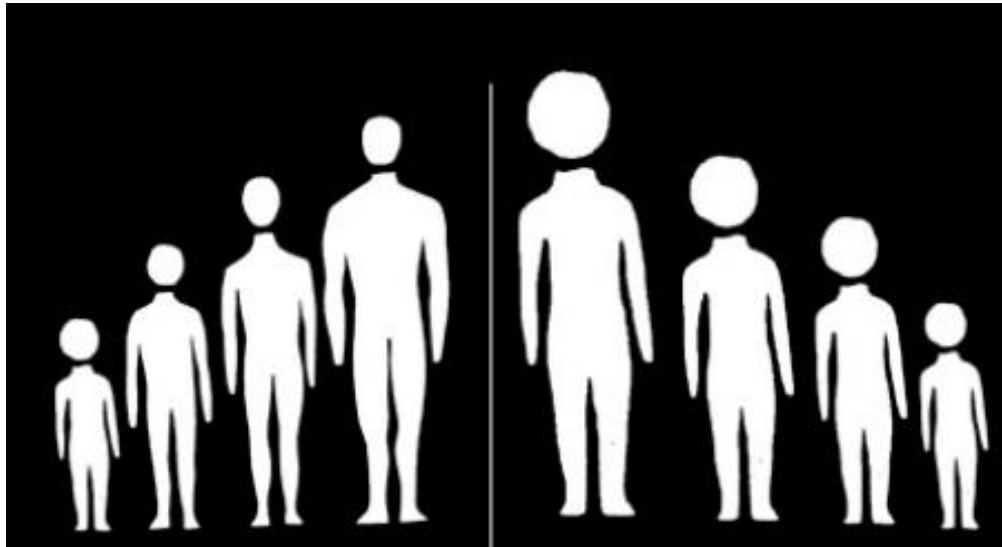


Come togliere gli effetti dell'allometria ovvero l'influenza della taglia sulla forma?
How to remove the allometric effect that is the influence of the size on the shape?

Morfometria geometrica vs tradizionale

Geometric morphometrics vs traditional

Forma = conformazione + taglia



Allometrie
Taglia cambia
conformazione cambia

Allometry
Size changes
shape changes

Isometrie
Taglia cambia
Conformazione =

Isometry
Size changes
Shape is stable

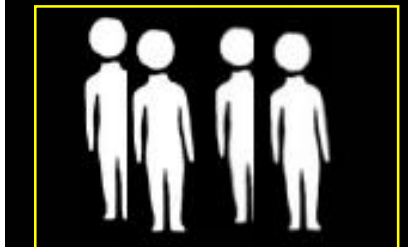
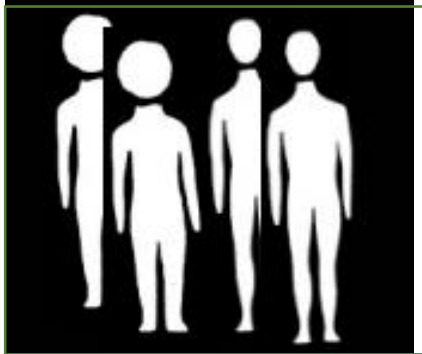
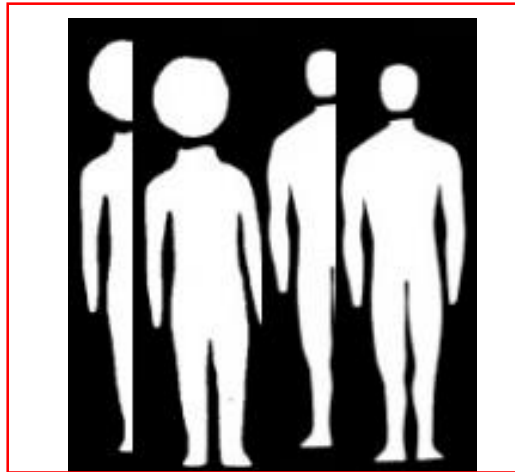
In ogni caso la forma cambia
In both cases, the form changes

Come distinguere i cambiamenti di taglia
dai cambiamenti di conformazione?

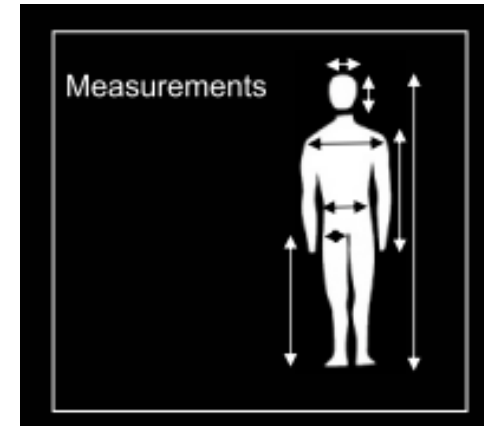
*How to distinguish between changes of size
and changes of shape?*

Morfometria tradizionale

Traditional morphometrics



Campione *Sample*



Analisi delle variabili
lineari in 2D/ *Data analysis*



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

Size effect: shape changes of the head and body are hidden.

Soluzione per la morfometria tradizionale

LOG SHAPE RATIO => standardizzazione delle variabili con la taglia/ *Size standardization*
=> si divida ogni variabile per la taglia geometrica dell'individuo corrispondente

- Taglia geometrica / *geometric size(g)*:
media geometrica delle x_1 à x_n variabile lineare considerate
geometric means of the x_1 to x_n analysed linear variables

$$g = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$$

- Vettore conformazione / *Shape vector* ($u = x / g$)
vettore di trasformazione log-trasformato $z = \log u = \log (x / g)$
transformation vector log-transformed

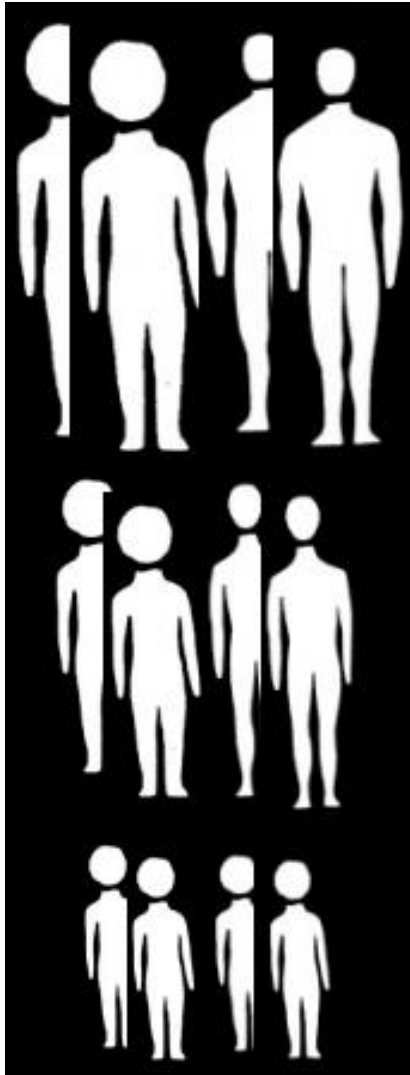
=> Calcolato dei z_1 à z_n per ogni variabile x_1 a x_n definendo la taglia/ *Calculation of the log z_1 to z_n for each variables x_1 to x_n defining size (g)*

$$z_1 = \log\left(\frac{x_1}{g}\right) \quad \text{à} \quad z_n = \log\left(\frac{x_n}{g}\right)$$

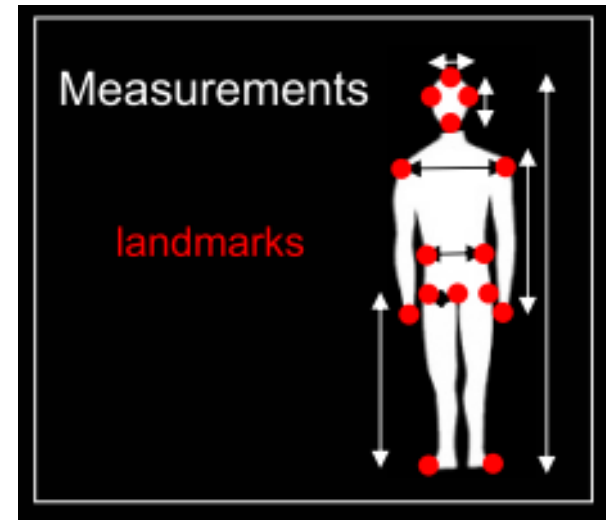


Si ottiene una nuova serie di dati trasformati che verranno poi studiati con una PCA
This new data set is studied with a PCA

Morfometria geometrica / *Geometric morphometrics*



Campione *Sample*



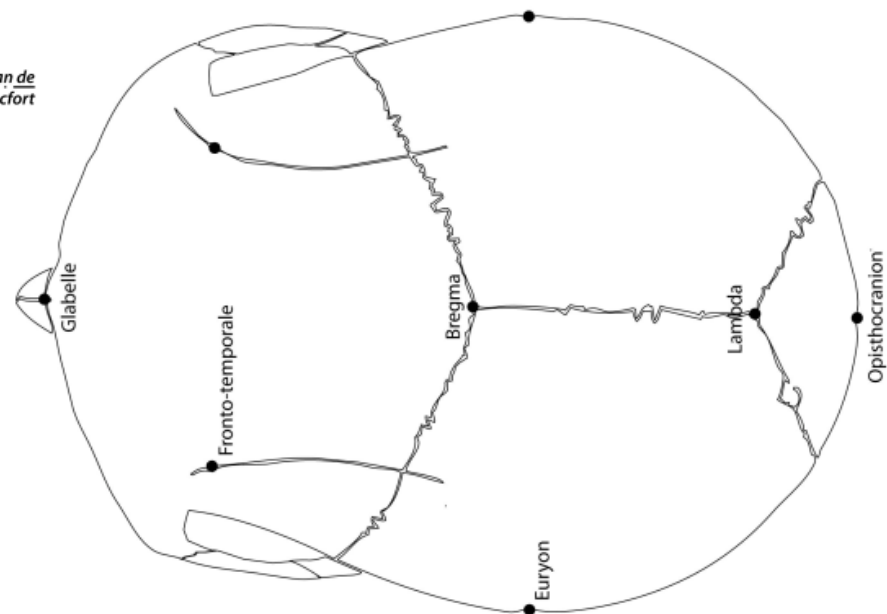
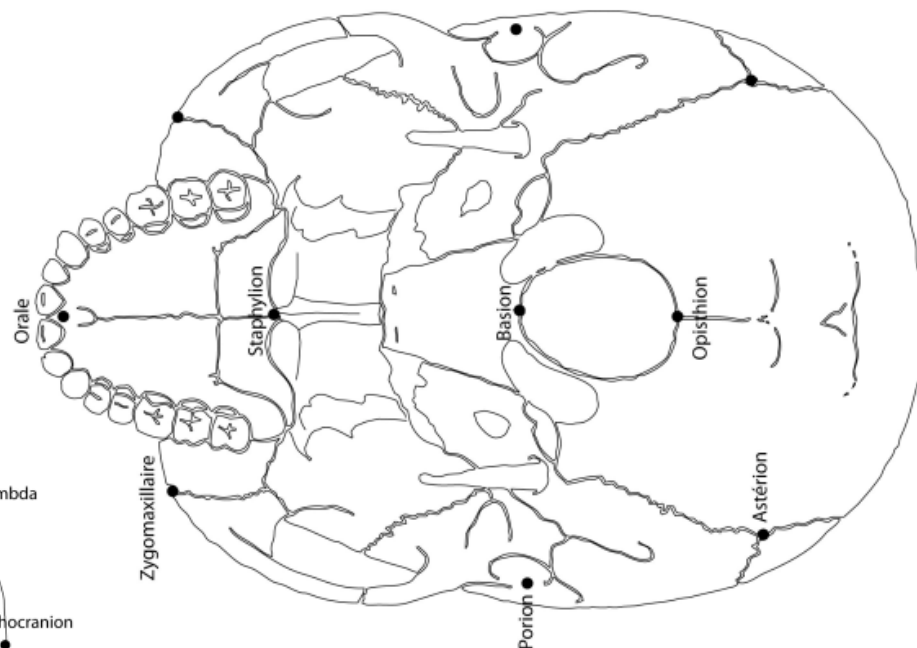
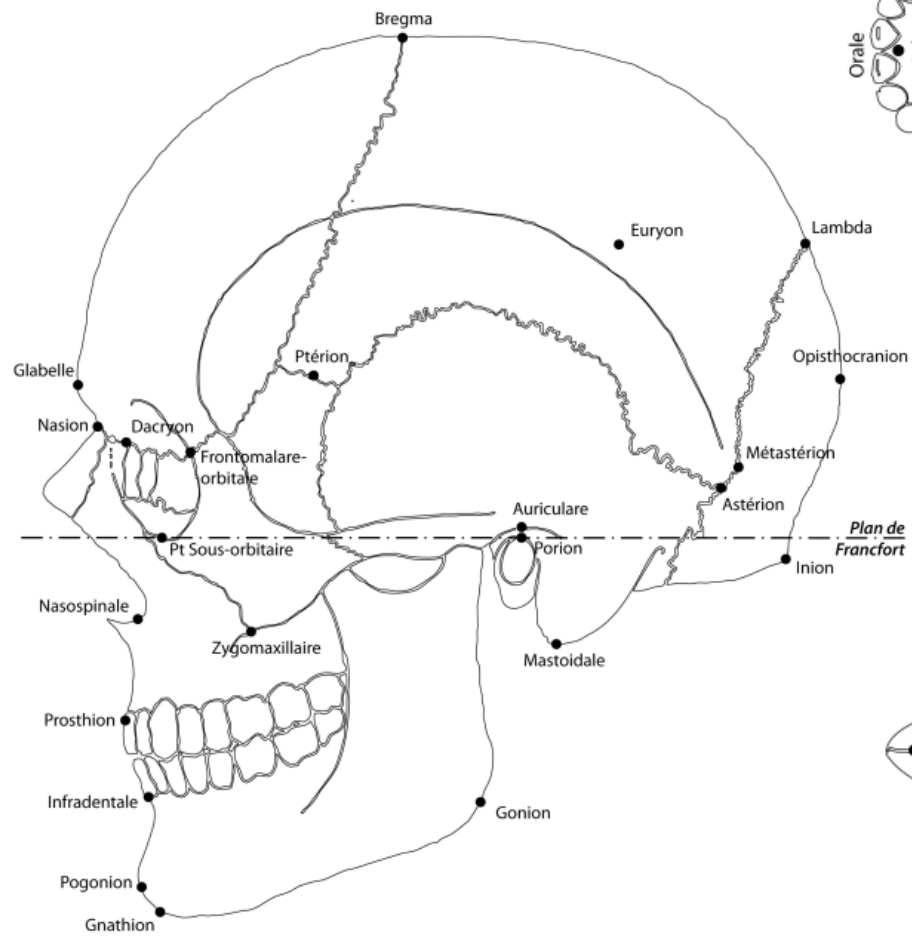
Tutte le informazione morfometriche (geometriche) disponibili dai landmarks sono prese in considerazione per ulteriori analisi

The whole morphometrica (geometric) information available from those digitized landmarks is taken into account in further analyses.

⇒ Il fattore taglia è comunque presente

⇒ *The size effect is still present*

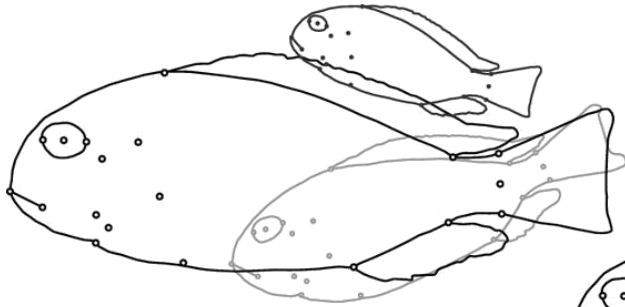
Landmarks



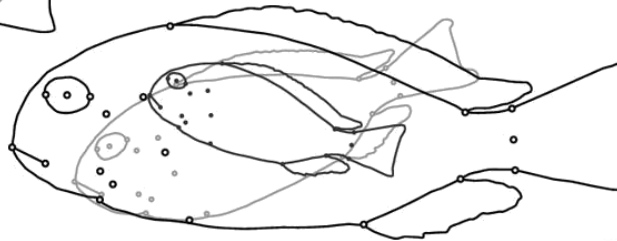
General Procrustes Analysis

Questo metodo permette di togliere il fattore taglia

Allowed to take over the size effect



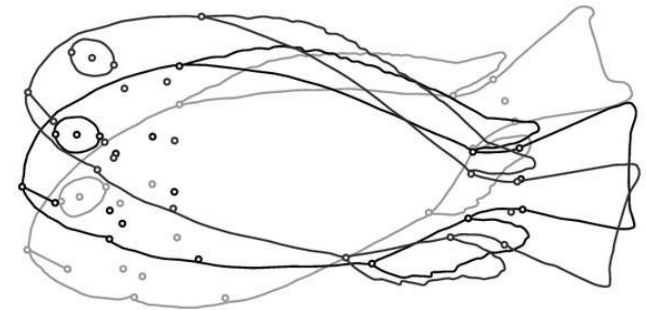
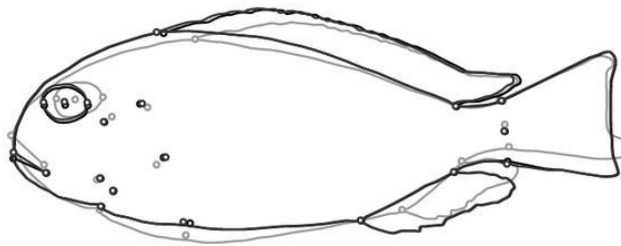
1- Configurazione originale
Original configuration



2- Il centroide di ogni configurazione è traslato all'origine
The centroid of each configuration is translated to the origin

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

Configurations are optimally rotated to minimize the squared differences between landmarks

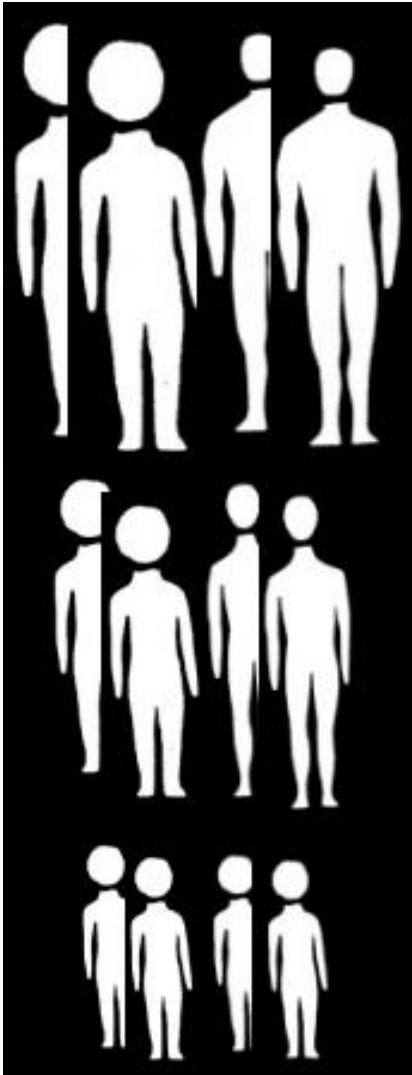


3- Le configurazioni sono successivamente scalate ad un unità di taglia comune (normalizza la taglia)
Configurations are then scaled to a common unit size

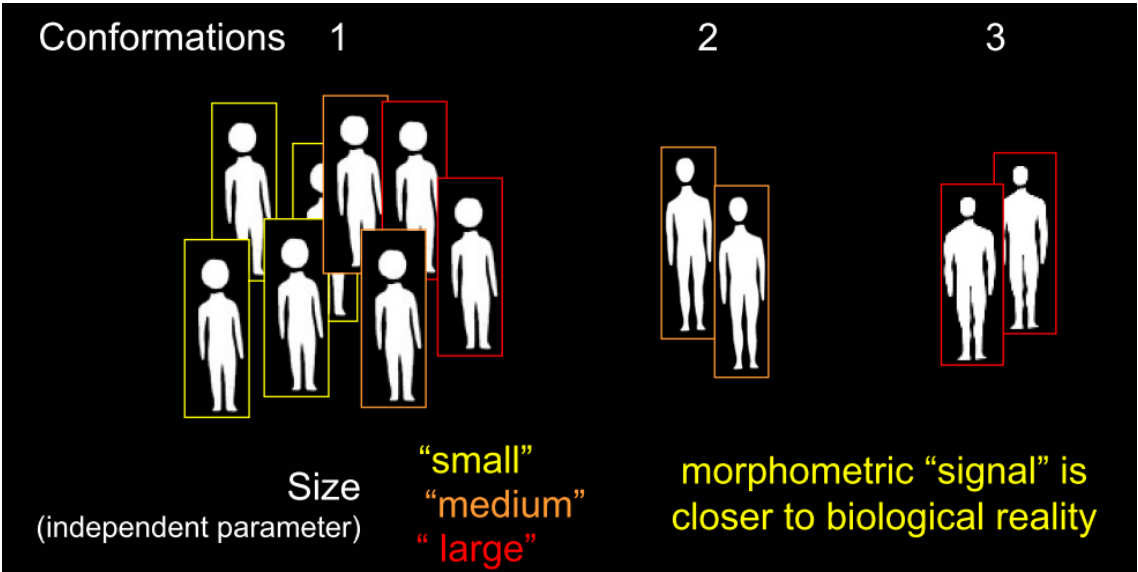
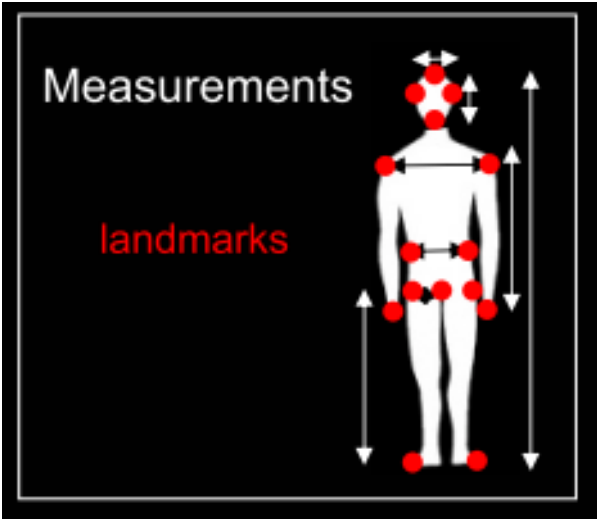
Gli scarti presentati tra i vari individui rappresentano la variabilità e le caratteristiche geometriche di ogni individuo

The residual between each individual represent the variability and the geometric features of each individual

Morfometria geometrica / *Geometric morphometrics*



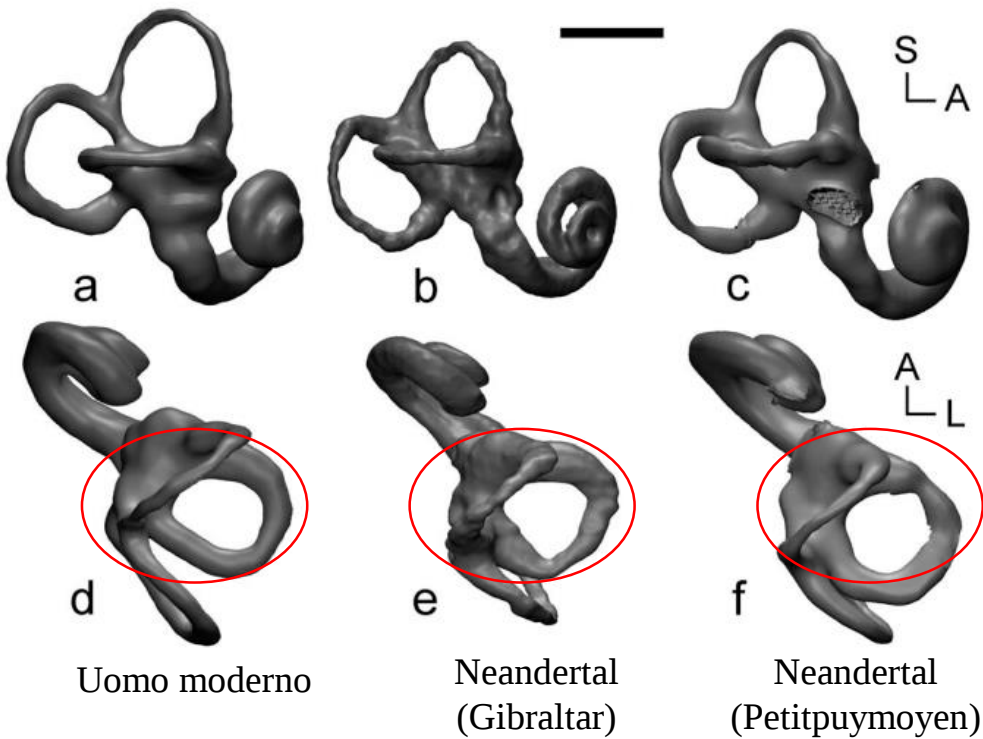
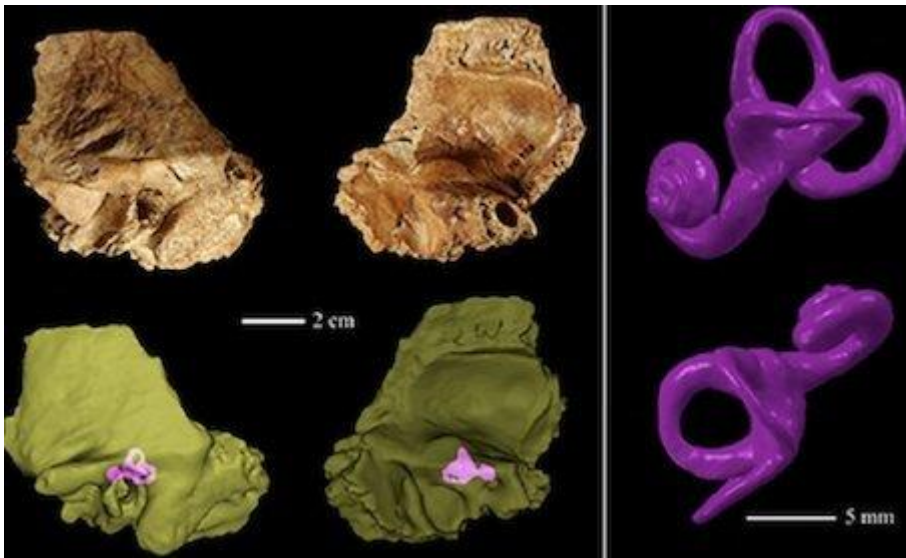
Campione *Sample*



Applicazioni e casi studi
Applications and case of study

The bony labyrinth of Neandertal (Spoor, 2003)

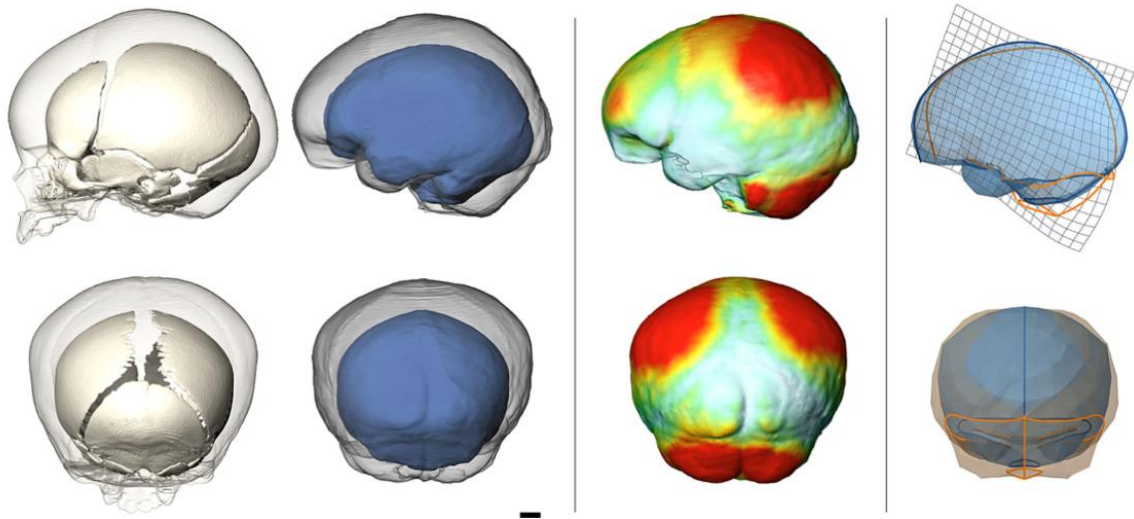
I risultati dimostrano che l'orecchio interno dei Neandertal si distingue nella morfologia dei uomini dell'Olocene e del Pleistocene superiore. Rispetto all'uomo moderno l'orecchio interno del Neandertal è caratterizzato da un arco del canale semicircolare anteriore più piccolo nel valore assoluto e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

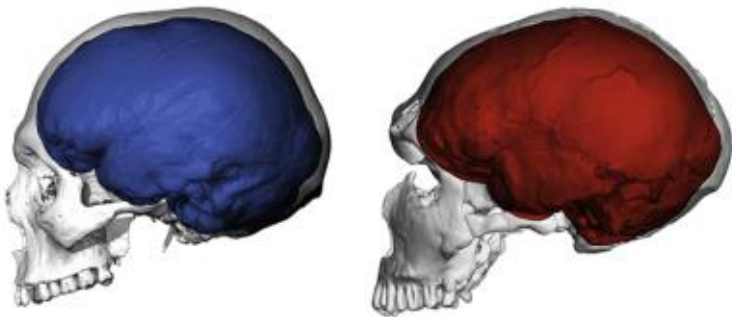
Philipp Gunz^{a,*}, Simon Neubauer^a, Lubov Golovanova^b, Vladimir Doronichev^b, Bruno Maureille^c, Jean-Jacques Hublin^a

^a Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, Deutscher Platz 6, D-04103 Leipzig, Germany
^b Laboratory of Prehistory, St. Petersburg 199034, Russia
^c Université de Bordeaux, UMR5199 PACEA – Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, CNRS Université Bordeaux I, MCC F-33405 Talence cedex, France



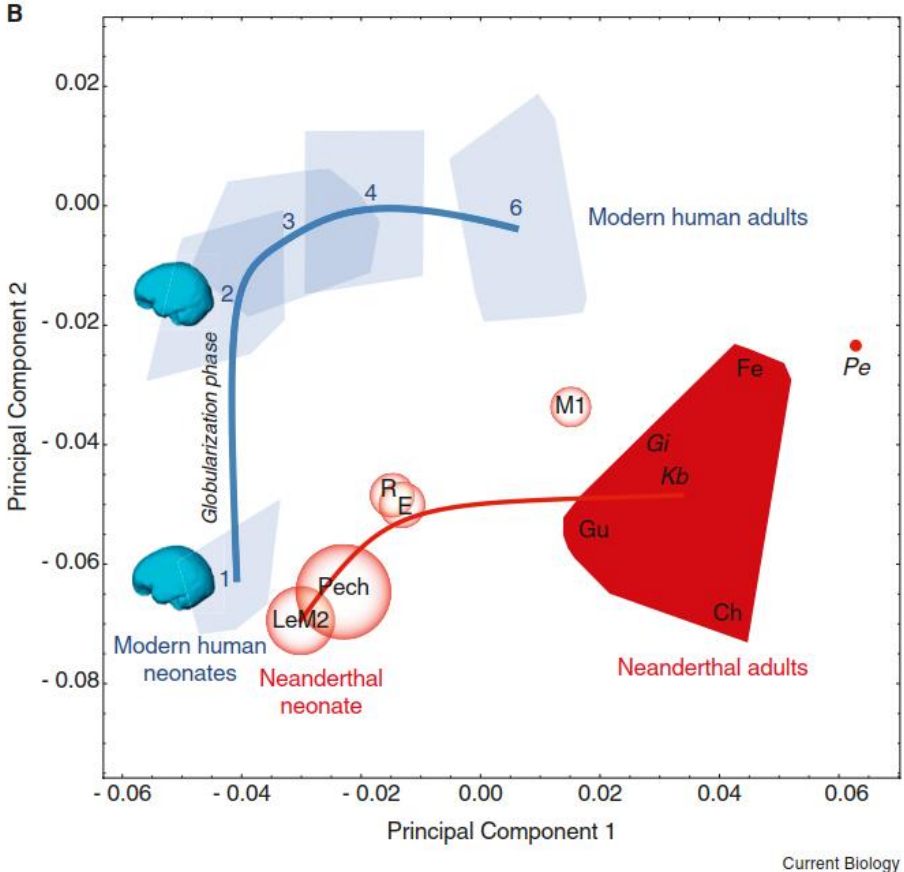
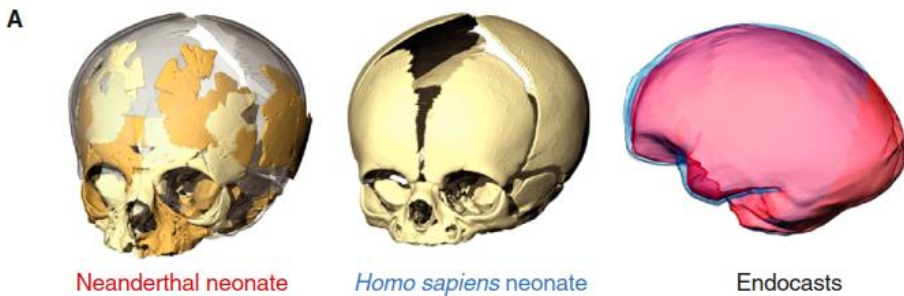
Modern human ‘globularization-phase’. Left: A modern human neonate (white: bone; blue: virtual endocast) and a one-year old Homo sapiens infant (semitransparent surfaces) in lateral and posterior view.

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*.

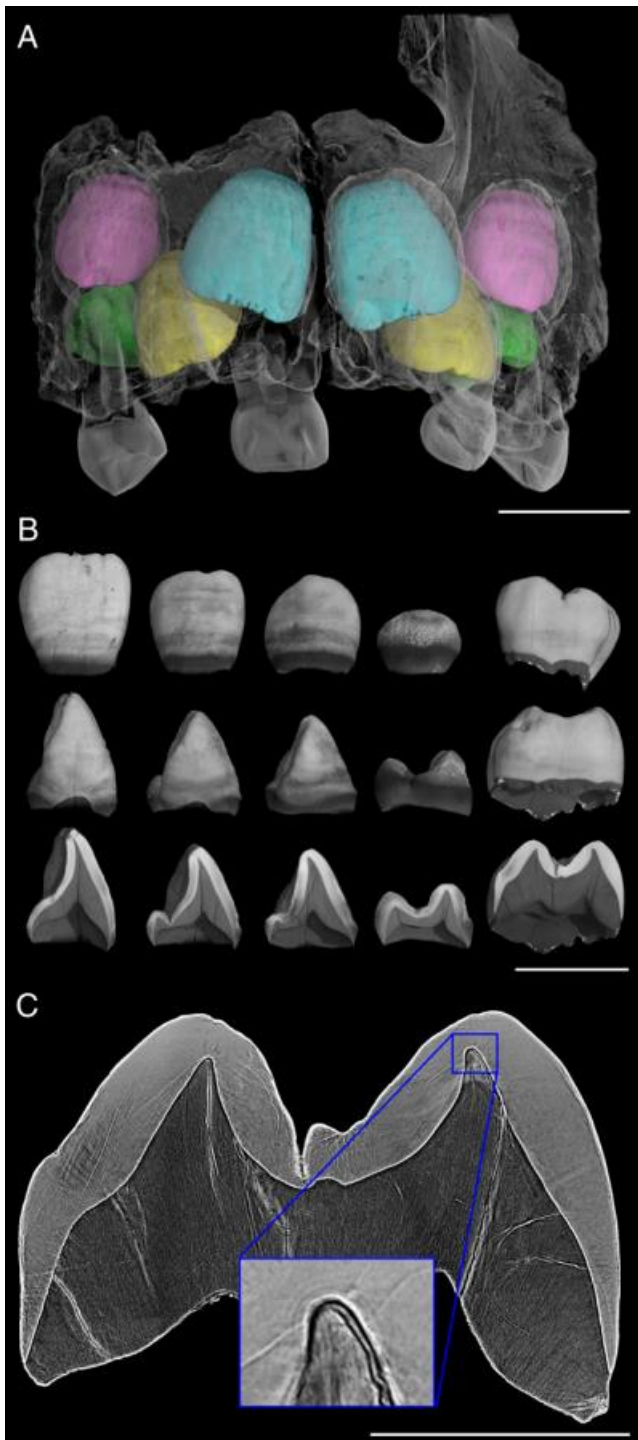


Brain development
after birth differs
between
Neanderthals and
modern humans

Philipp Gunz^{1,§,*}, Simon Neubauer^{1,§},
Bruno Maureille²,
and Jean-Jacques Hublin¹



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).

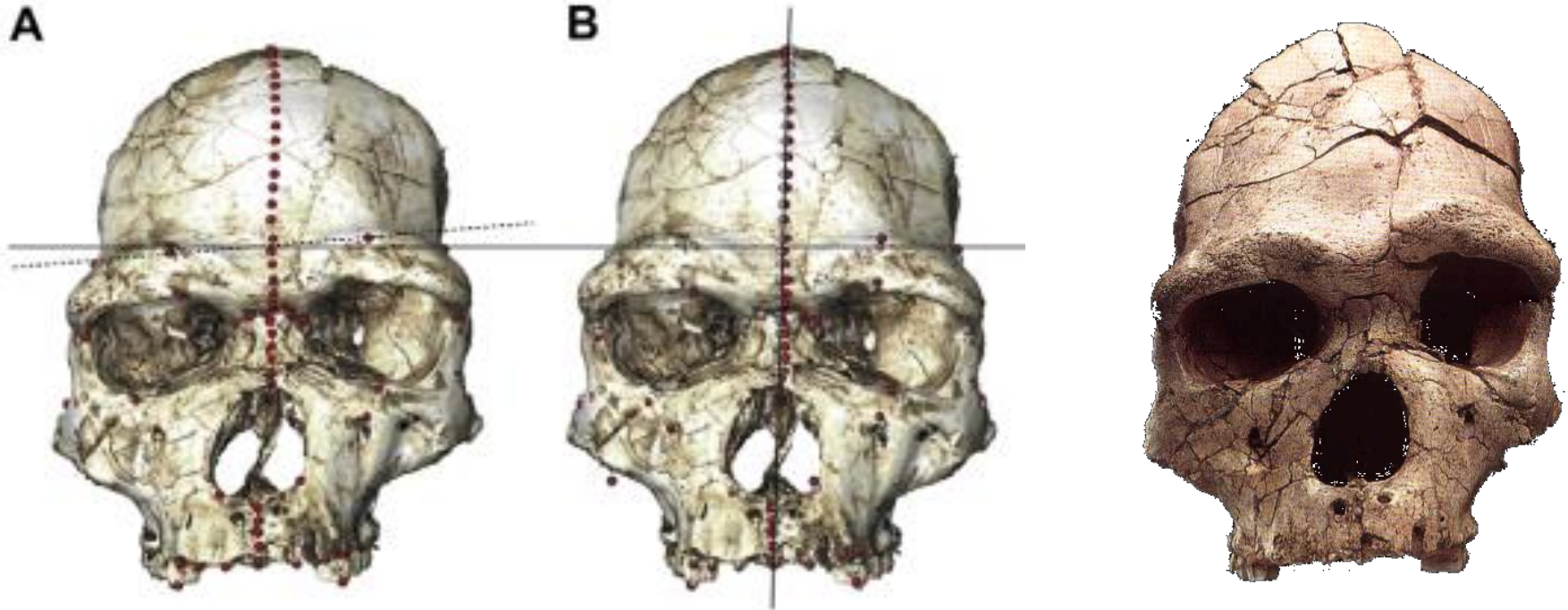


Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neanderthals

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

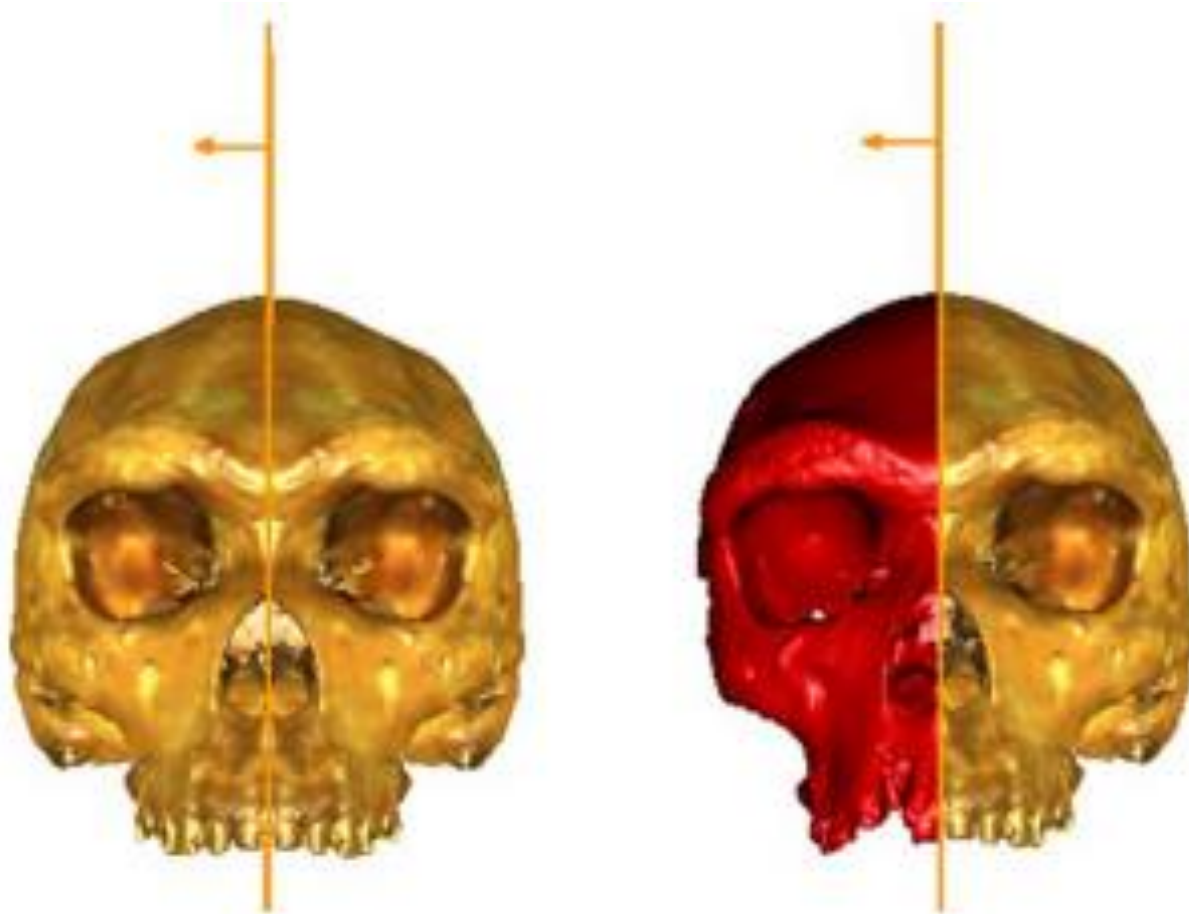
^aDepartment of Human Evolutionary Biology, Harvard University, Cambridge, MA 02138; ^bDepartment of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, 04103 Leipzig, Germany; ^cEuropean Synchrotron Radiation Facility, BP 220, 38046 Grenoble Cedex, France; ^dDepartment of Oral Biology, School of Dental Sciences, Newcastle University, Newcastle upon Tyne NE2 4BW, United Kingdom; ^eInternational Institute of Paleoprimatology and Human Paleontology: Evolution and Palaeoenvironments, Unité Mixte de Recherche Centre National de la Recherche Scientifique 6046, Université de Poitiers, 86022 Poitiers cedex, France; ^fDepartment of Anthropology, Ohio State University, Columbus, OH 43210; ^gMuseum für Vor- und Frühgeschichte, Schloss Charlottenburg-Langhansbau, D-14059 Berlin, Germany; ^hCroatian Natural History Museum, 10000 Zagreb, Croatia; ⁱDepartment of Orthodontics, University of Bordeaux II, 33000 Bordeaux, France; ^jDirection de l'Archéologie, Service Public de Wallonie, 5100 Namur, Belgium; and ^kDepartment of Palaeontology, Natural History Museum, London SW7 5BD, United Kingdom

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

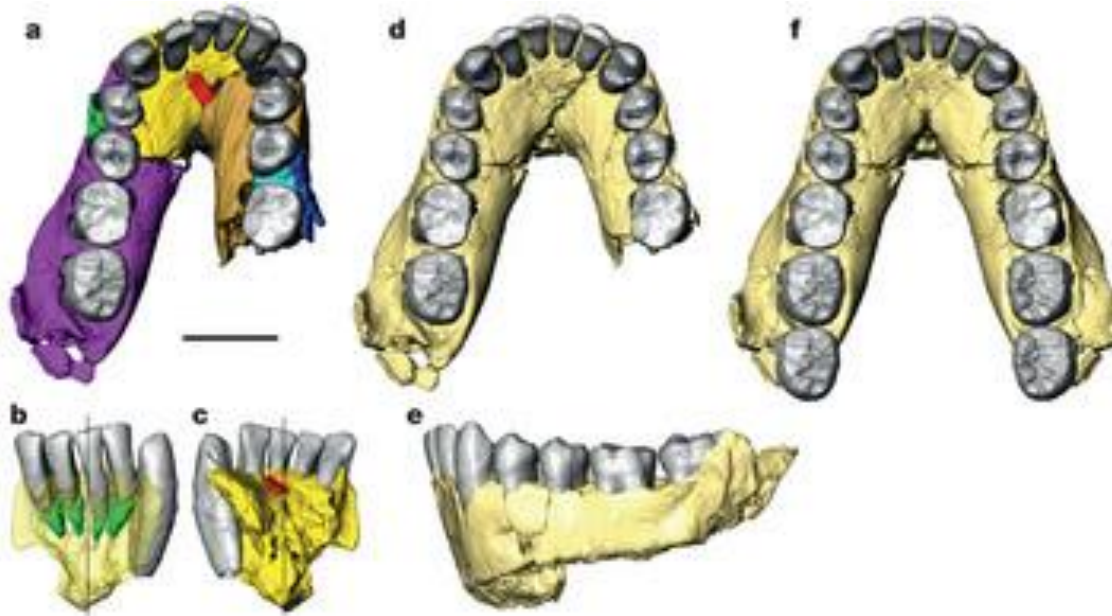


A) La faccia di Arago XXI con dei punti bilaterali e su una linea mediana.

B) I punti sono simmetrizzati sovrapponendoli con il loro riflesso e dopo elaborando una forma media (landmarks blu) (Gunz *et al.*, 2009)



Cranio di Kabwe: a destra il model 3D originale, a sinistra la ricostituzione della parte danneggiata per simmetria mid-sagitale (Friess, 2010)



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

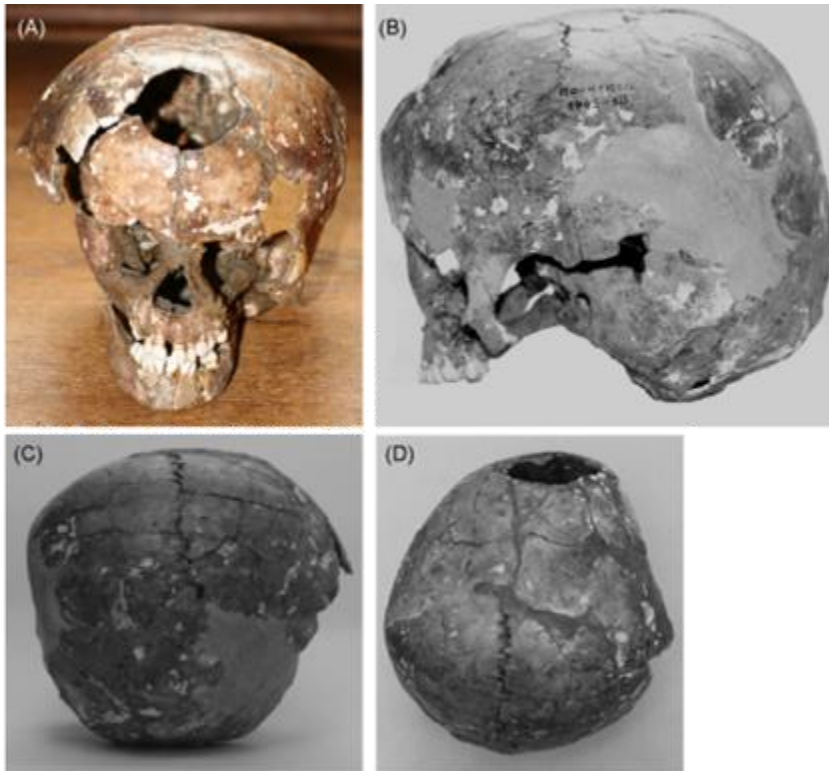
Restauro virtuale



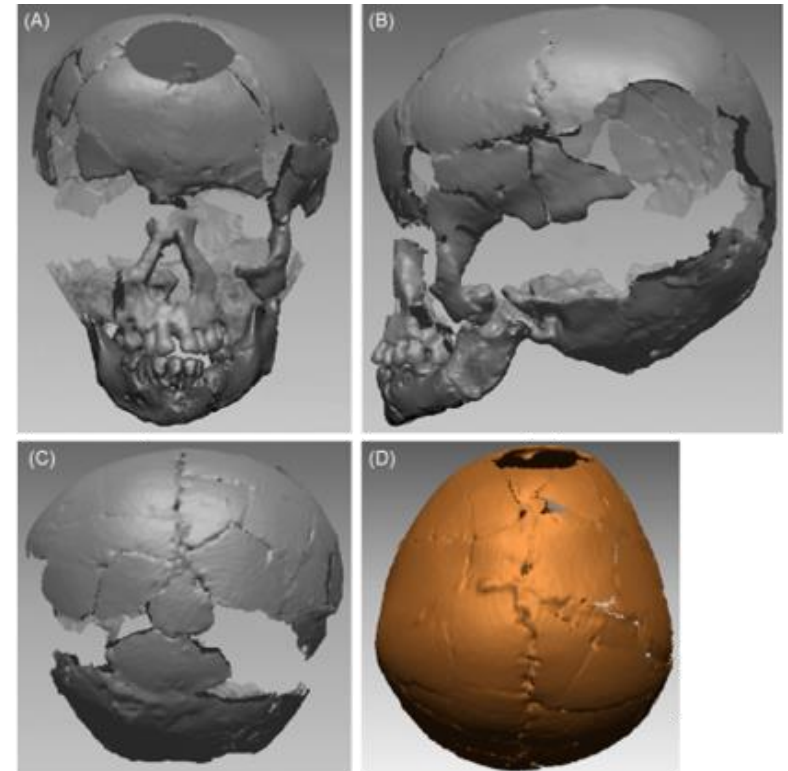
Ricostruzione del cranio di Taung. I frammenti facciali e endocraniali sono stati trasferiti e ruotati in modo che le superfici delle due parti si allineino perfettamente. Poi il lato sinistro meno completo è stato rimpiazzato dal riflesso della parte destra (Gunz *et al.*, 2009)



Restauro virtuale



Bambino Rochereil ricostruito con
materiale sintetico

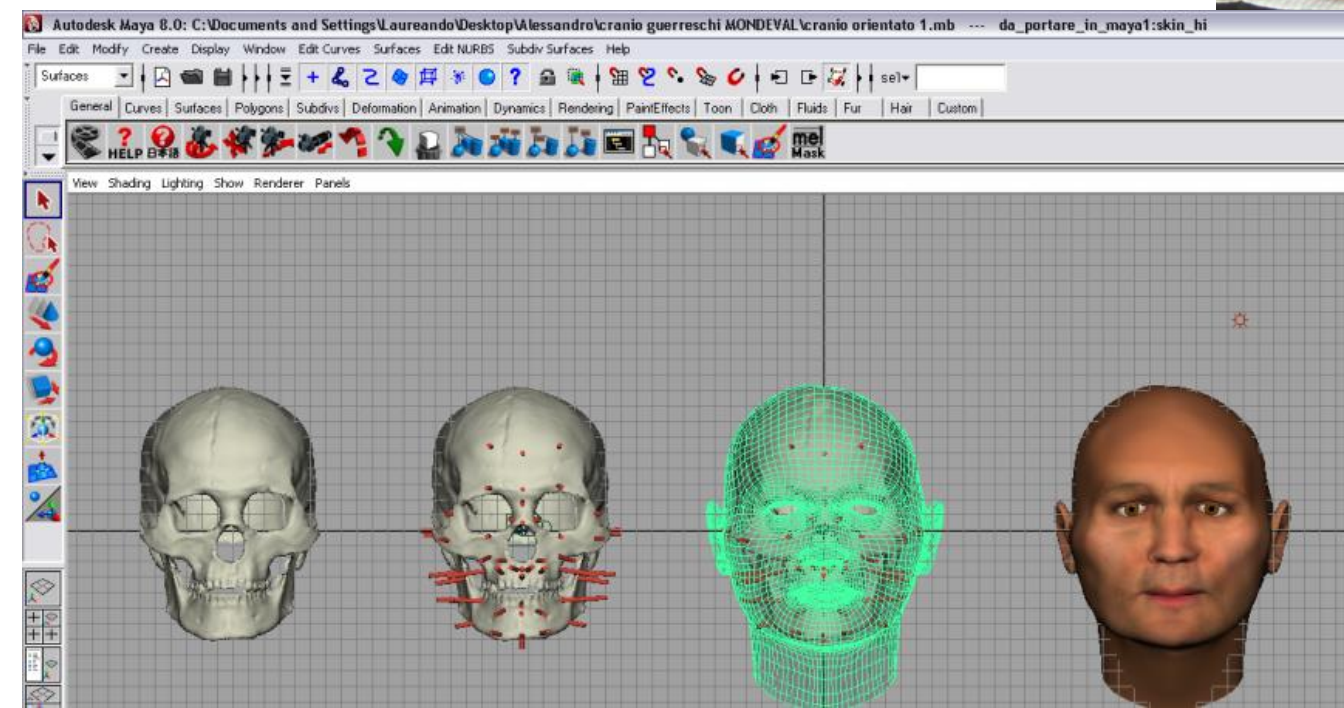


Ricostruzione tri-dimensionale del
cranio di Rochereil con la mandibola
dopo rimozione virtuale del materiale
sintetico

Ricostruzione facciale a partire da resti scheletrici

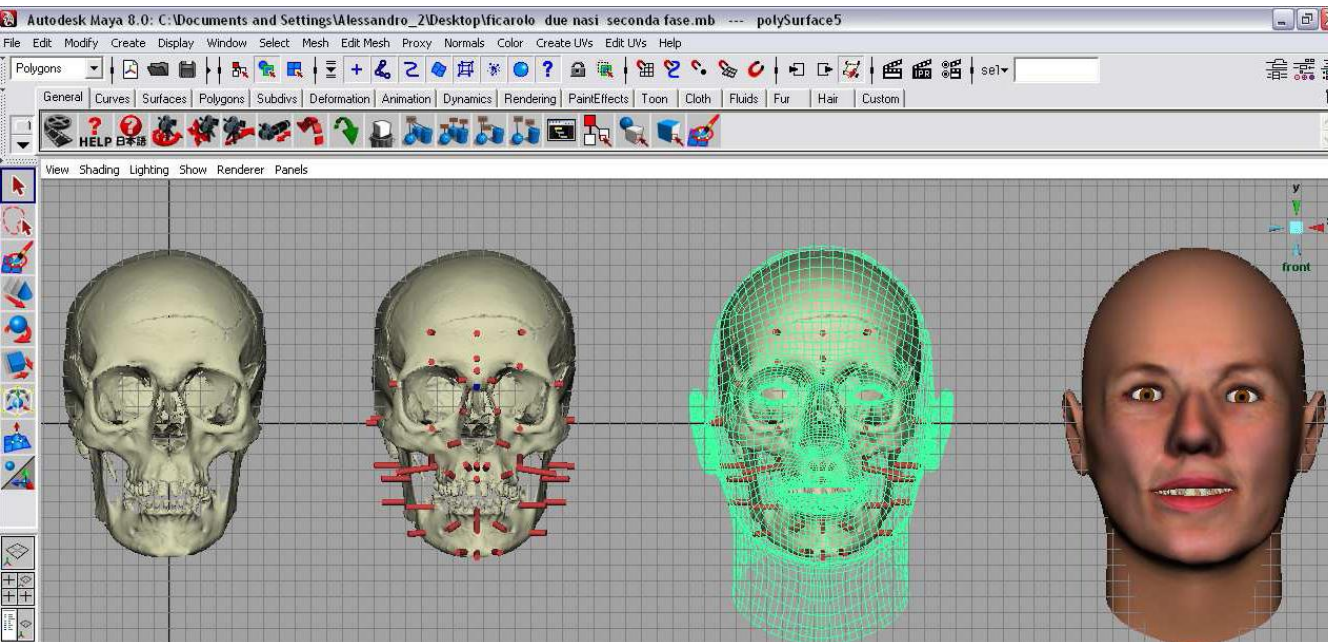
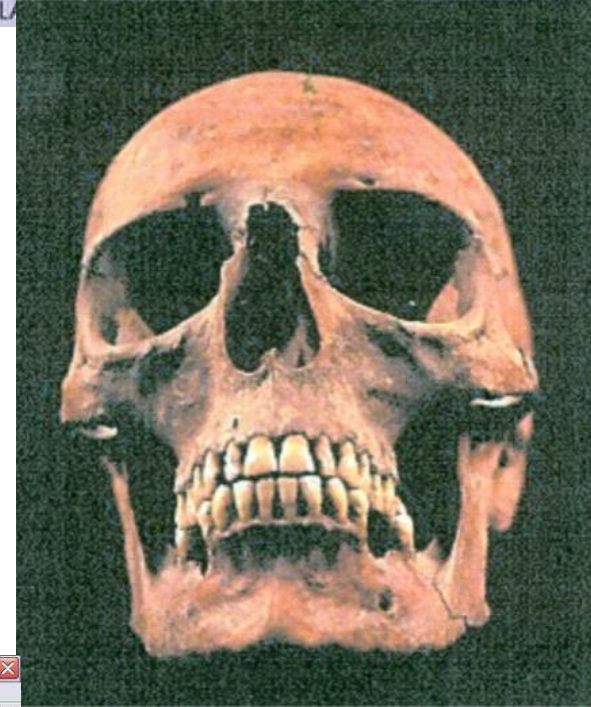
Uomo di Mondeval

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



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

