



antropolab
LABORATORI DI ANTROPOLOGIA

EVOLUZIONE E NUTRIZIONE



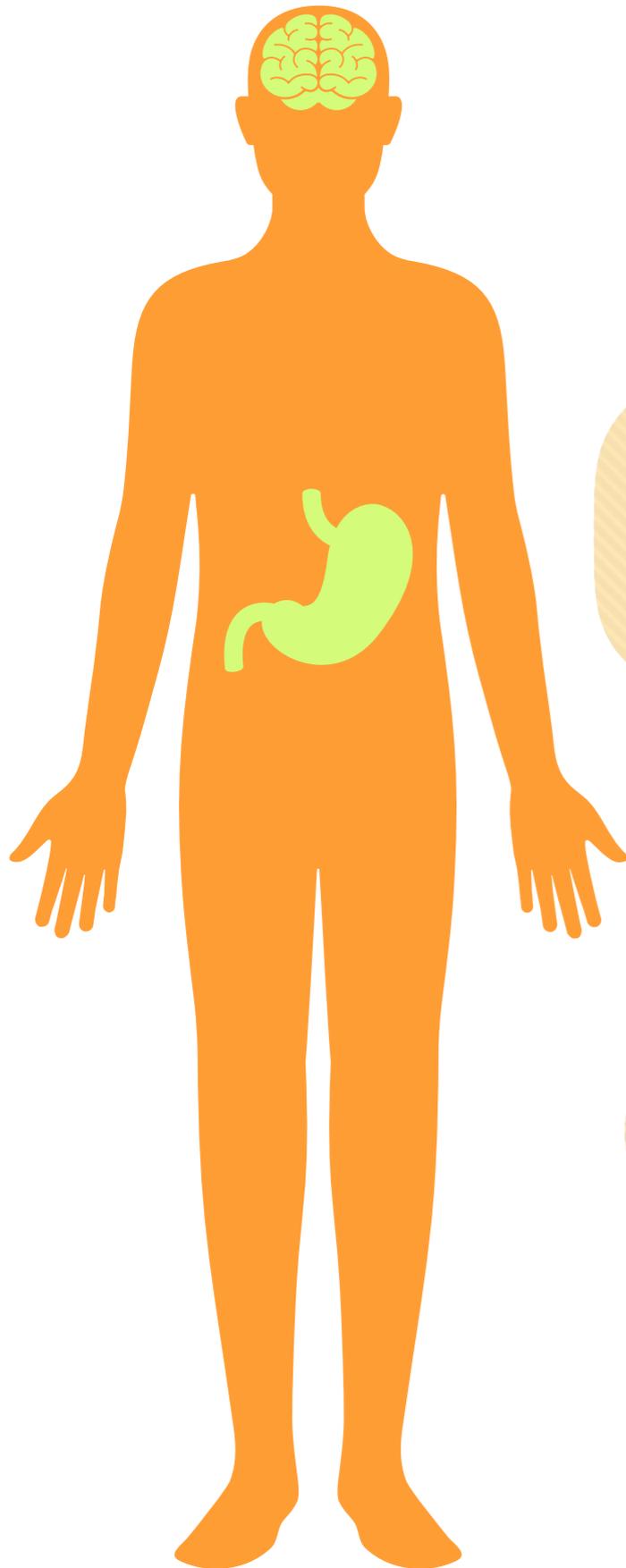
Nutrizione ed evoluzione

Seminari di approfondimento in Antropologia

Alba Pasini | alba.pasini@unife.it

Corso di Laurea in Lettere, Arti e Archeologia - A. A. 2018/2019

NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE



$\Delta U = Q - L$ L'energia non si crea né si distrugge, ma si trasforma, passando da una forma a un'altra

Il primo principio della termodinamica può essere applicato a qualunque sistema, compreso il corpo umano, sistema aperto che può scambiare energia con l'ambiente circostante.

L rappresenta il lavoro compiuto da un essere umano nello svolgimento delle varie attività quotidiane. Questo lavoro fa diminuire l'energia interna del corpo e quindi la temperatura. Per non far diminuire l'energia interna, in qualche modo il corpo umano deve assorbire energia.

La fonte di calore, che permette di ripristinare l'energia interna persa con il lavoro proviene **dall'alimentazione**; quando una persona mangia, sfrutta l'energia chimica immagazzinata negli alimenti per aumentare la propria energia interna.

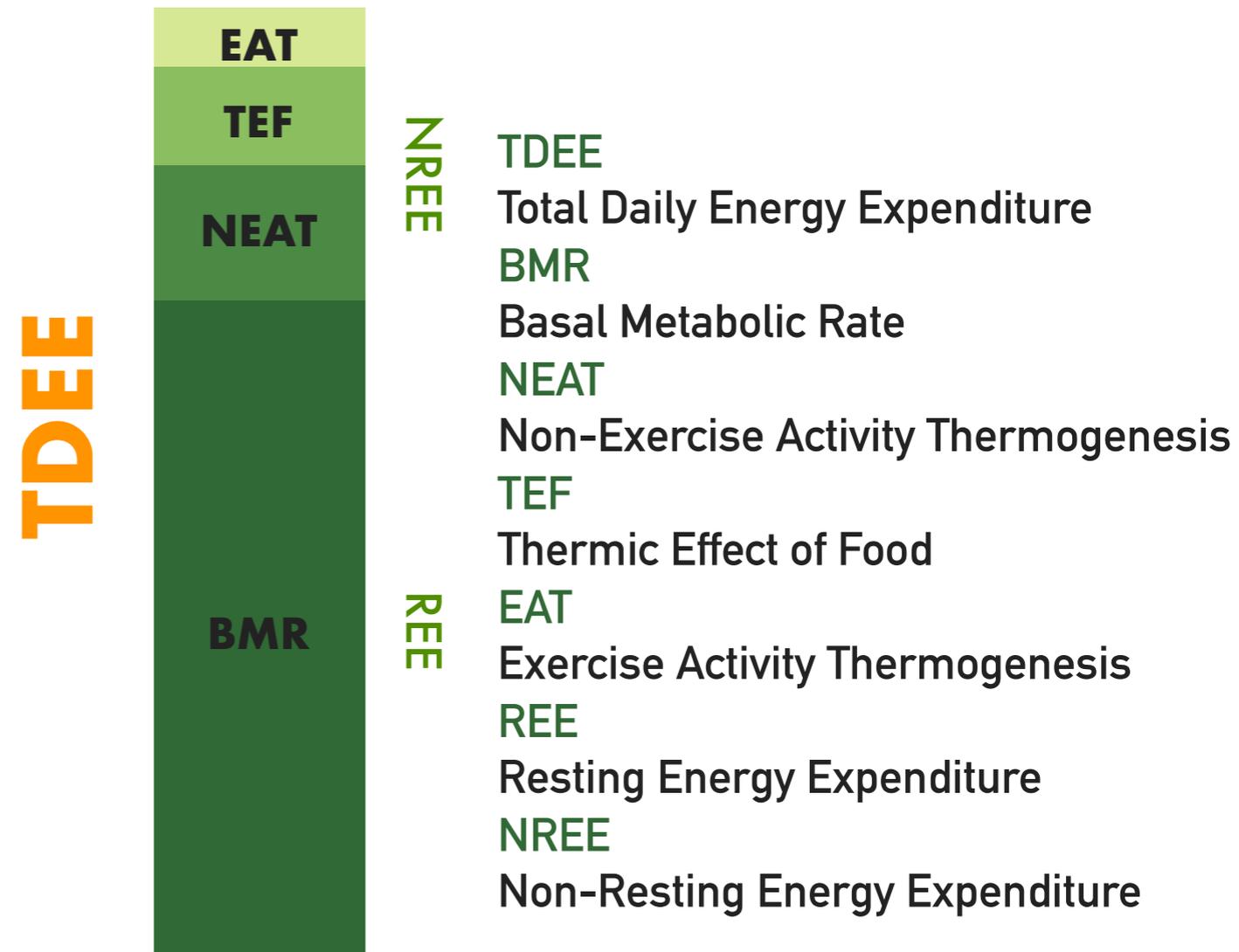
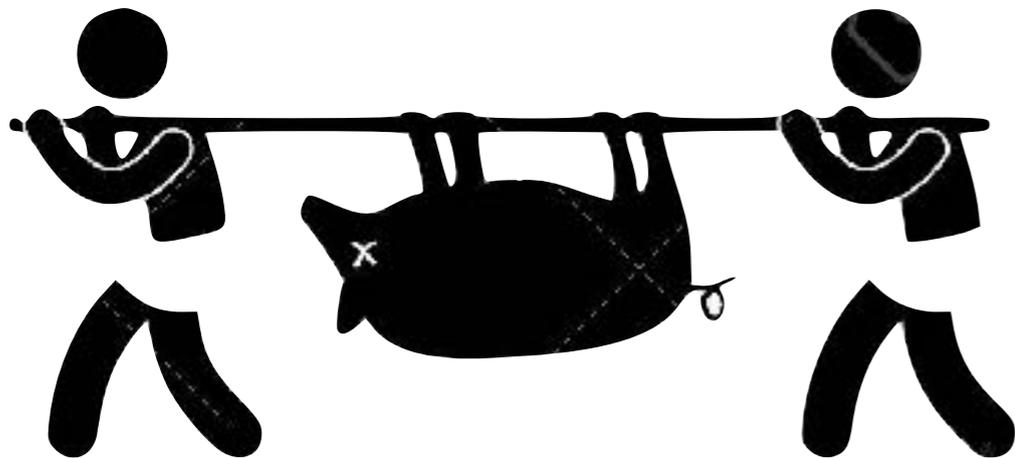
L'insieme delle reazioni chimiche e fisiche che avvengono nel corpo umano per effetto dell'alimentazione prende il nome di **metabolismo**.

Il metabolismo umano si basa sul rapporto tra **energia in entrata ed energia in uscita**. E' definito dall'insieme delle trasformazioni biochimiche necessarie al mantenimento delle funzioni vitali degli organismi viventi.

METABOLISMO E FABBISOGNO CALORICO

- ▶ L'energia chimica contenuta nei cibi è un combustibile, che viene trasformato in calore.
- ▶ Dal punto di vista energetico i cibi sono caratterizzati dal loro contenuto calorico, cioè dalla quantità di energia che possono fornire all'organismo quando sono ingeriti.
- ▶ L'unità di misura del contenuto calorico degli alimenti è la kilocaloria (quantità di calore necessaria per aumentare di 1 °C la temperatura di un litro d'acqua).

Poiché il metabolismo impone il mantenimento di un sistema in equilibrio, la dieta umana si regge sul rapporto tra energia in entrata e in uscita. La dieta umana è quindi basata sul **fabbisogno calorico**, oltre che da un corretto rapporto tra **macronutrienti e micronutrienti**

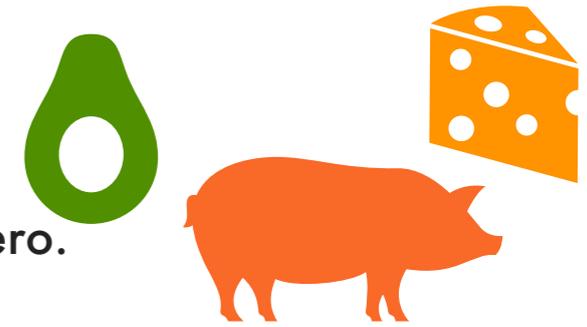


NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE: MACRONUTRIENTI

LIPIDI

- ▶ Riserva energetica (alta densità); sintesi e produzione ormonale, elementi strutturali che formano parte delle membrane biologiche
- ▶ Azione infiammatoria e antinfiammatoria
- ▶ **Acidi grassi saturi:** carne bianca e rossa; strutto e lardo; salumi; formaggi; panna; latte intero.
- ▶ **Acidi grassi monoinsaturi:** olio d'oliva; uova; avocado; frutta secca.
- ▶ **Acidi grassi polinsaturi:** olio di lino; olio di soia; semi; pesce; frutta secca.
- ▶ **Acidi grassi trans**

▶ Oltre ad: acqua, alcool



9 kcal/g; 0,5-1,5 g/kg

CARBOIDRATI

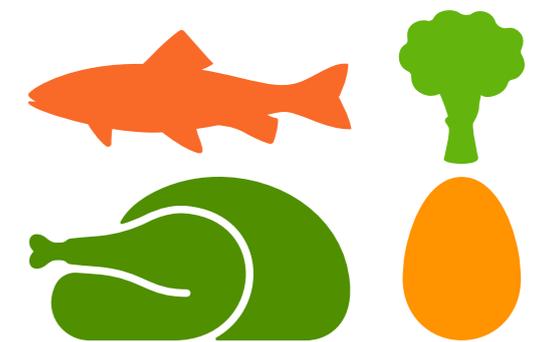
- ▶ **Monosaccaridi:** z. semplici; fruttosio, glucosio, galattosio
- ▶ **Disaccaridi:** z. semplici; lattosio, saccarosio, maltosio. Latticini, miele, barbabietola, zucchero.
- ▶ **Polisaccaridi:** z. complessi; amido, glicogeno, cellulosa. Cereali e derivati



4 kcal/g; >2-2,5 g/kg

PROTEINE

- ▶ Spettro amminoacidico: amminoacidi con funzione plastica (muscoli, enzimi, ormoni...)
- ▶ Non essenziali: Alanina, asparagina, arginina, cisteina, acido aspartico, acido glutamico, prolina, istidina, tirosina, serina, glicina
- ▶ Essenziali: Isoleucina, leucina, lisina, metionina, triptofano, treonina, valina, fenilalanina
- ▶ Miglior partizionamento dei nutrienti (fibre muscolare e non tessuto adiposo)
- ▶ I processi di termogenesi indotta sono maggiori
- ▶ **Proteine animali,** complete
- ▶ **Proteine vegetali,** carenti di alcuni amminoacidi



4 kcal/g; 0,9-2,5 g/kg

- ▶ Utili al corretto avvio di numerosissimi processi biochimici

VITAMINE

- ▶ Vitamina A
- ▶ Vitamine del gruppo B
- ▶ Vitamina C
- ▶ **Vitamina D** - Prodotta a partire dal colesterolo (7-deidrocolesterolo). Favorisce l'assorbimento intestinale del calcio, modula l'omeostasi del tessuto osseo e contribuisce alla modulazione del sistema immunitario
- ▶ Vitamina E
- ▶ ecc.

MINERALI

- ▶ Ferro
- ▶ Zinco
- ▶ Rame
- ▶ Magnesio
- ▶ Potassio
- ▶ Calcio
- ▶ ecc.



NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE



Il modello base della dentizione dei mammiferi (A) presenta 8 incisivi, 4 canini, 8-16 premolari e 12 molari.

Questo modello si declina poi nei vari animali in base alla loro dieta.

I roditori hanno incisivi rivestiti di smalto a crescita continua, che si consumano più rapidamente sulla superficie interna, assumendo così una forma "a scalpello" molto affilata (B); di solito, i roditori sono privi di canini.

I carnivori hanno canini affilati per afferrare, trattenere le prede e grandi molari per masticarne muscoli e le ossa (C).

Gli erbivori hanno incisivi taglienti per strappare elementi vegetali più o meno coriacei e grandi molari piatti per macinare gli stessi (D).

Gli onnivori sono provvisti di dentatura non specializzata (eterodonti).

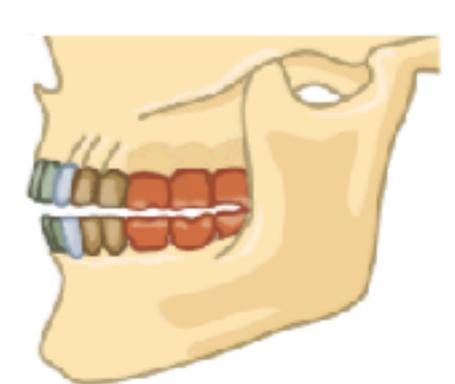
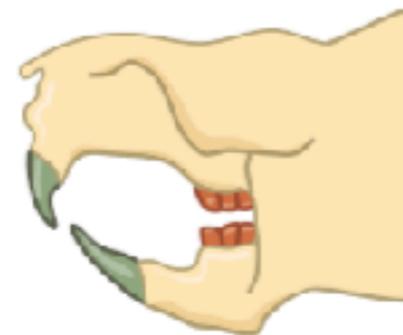
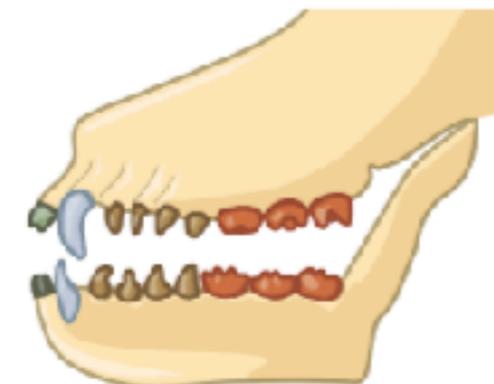
A

B

C

D

E



■ incisivi ■ canini ■ premolari ■ molari

CARNIVORI

- ▶ **Digitigradi** o plantigradi
- ▶ **Visione** binoculare
- ▶ **Baculum**
- ▶ **Artigli** che variano in grandezza e retrattilità
- ▶ **Olfatto** ben sviluppato, associato a ghiandole odorifere usate nella demarcazione del territorio
- ▶ **Variabilità morfologica del cranio e della muscolatura**, a seconda dell'adattamento alimentare, a seconda della forza impressa dal morso nella parte frontale o posteriore del muso.
- ▶ **Adattamento alla caccia e alla corsa**: artigli, fusione scafoide/lunare per garantire maggior equilibrio e sostegno al corpo durante gli scatti e la corsa; cuscinetti e artigli retrattili; digitigradia.

- ▶ Eocene inferiore (ca. 55/48 Ma)
- ▶ Più di 280 specie viventi
- ▶ **Bolla timpanica** ossificata (carattere diagnostico)
- ▶ **Altissima variabilità** in termini di adattamento, abitudini e tecniche venatorie, strutture, taglia, habitat
- ▶ **Scarso dimorfismo sessuale** (in genere)



CARNIVORI: SPECIALIZZAZIONE DELLA DENTATURA



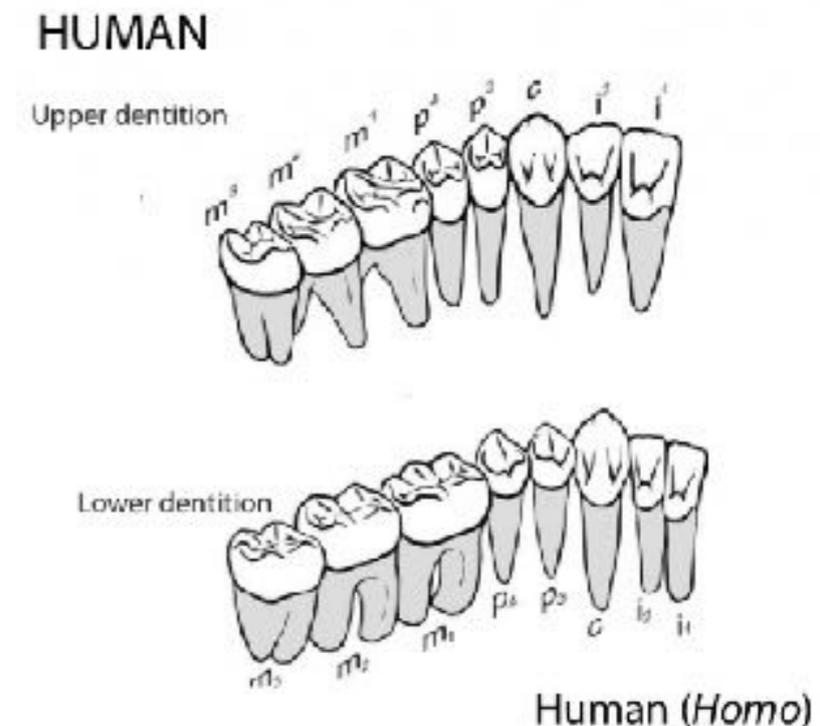
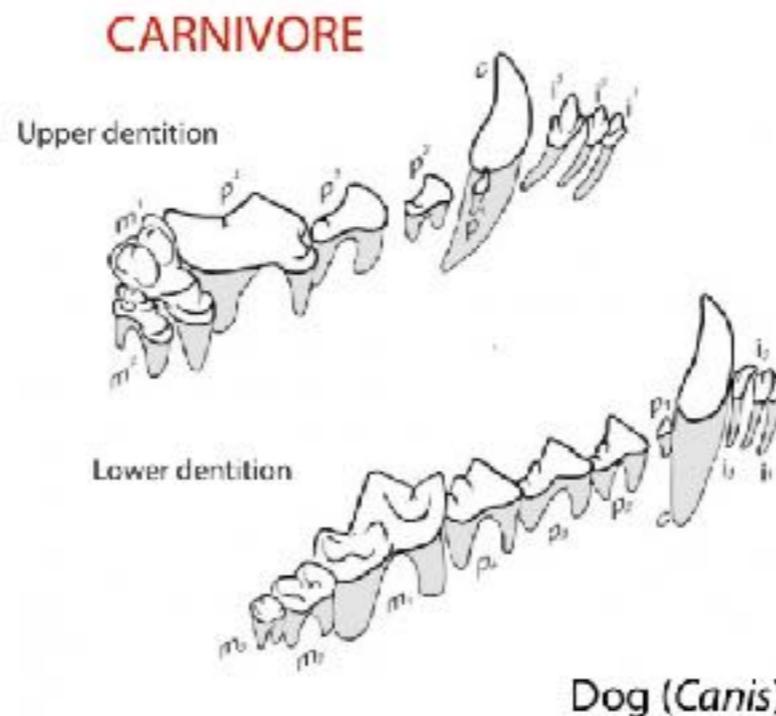
Eterodonta, difiodonta

Numero dentizione variabile a seconda del grado di specializzazione alimentare (48-28)

Denti carnassiali: specializzazione dell'ultimo premolare superiore e primo molare inferiore che sono adattati a tagliare e dalla riduzione dei molari posteriori

Specializzazione: premolari/molari (taglio o frantumazione), canini.

I canini si sono evoluti per resistere alle torsioni prodotte da prede in movimento. Le forme variabili dei canini riflettono le diverse forze imposte dalla varietà di tecniche venatorie. I canini dei canidi, per esempio, sono piuttosto appiattiti lateralmente, ideali per infliggere ferite superficiali e dissanguanti, mentre quelli dei felidi sono più spessi, permettendoli a mordere profondamente e resistere alle forze pluridirezionali delle prede infuriate.



CARNIVORI

La progressiva ascesa dei carnivori a partire dall'Eocene fu alla spesa dei creodonti.

Il vantaggio principale dei carnivori a livello evolutivo è stato rappresentato soprattutto nella dentatura, che disponeva d'un singolo paio di **denti carnassiali** posizionati davanti a molari trituranti, determinando una dieta più variabile di quella dei loro concorrenti, che disponevano di due o tre coppie di carnassiali che si estendevano lungo la mandibola senza lasciare spazio alla crescita dei molari.



Divergenza evolutiva

Irrobustimento dei molari trituranti (dieta **onnivora**)

Aumento della capacità tagliente dei carnassiali (**ipercarnivori**).



ERBIVORI



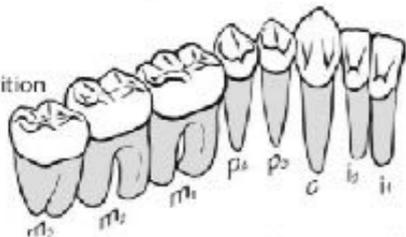
- ▶ Erbivori e folivori e monogastrici (Equidi, roditori) e poligastrici o ruminanti (ungulati)
- ▶ Adattamento alla sopravvivenza: orbite laterali, sviluppo di strutture difensive, adattamenti motori
- ▶ Sviluppo di incisivi, molari e premolari piatti
- ▶ Ispessimento dello smalto
- ▶ Specializzazione di molari e premolari (selenodonti, lofodonti, loxodonti)
- ▶ Diastema
- ▶ I condili mandibolari permettono un movimento rotatorio

HUMAN

Upper dentition



Lower dentition



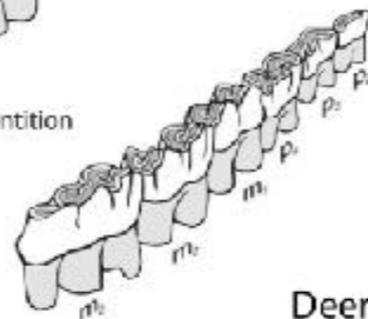
Human (*Homo*)

HERBIVORE

Upper dentition



Lower dentition

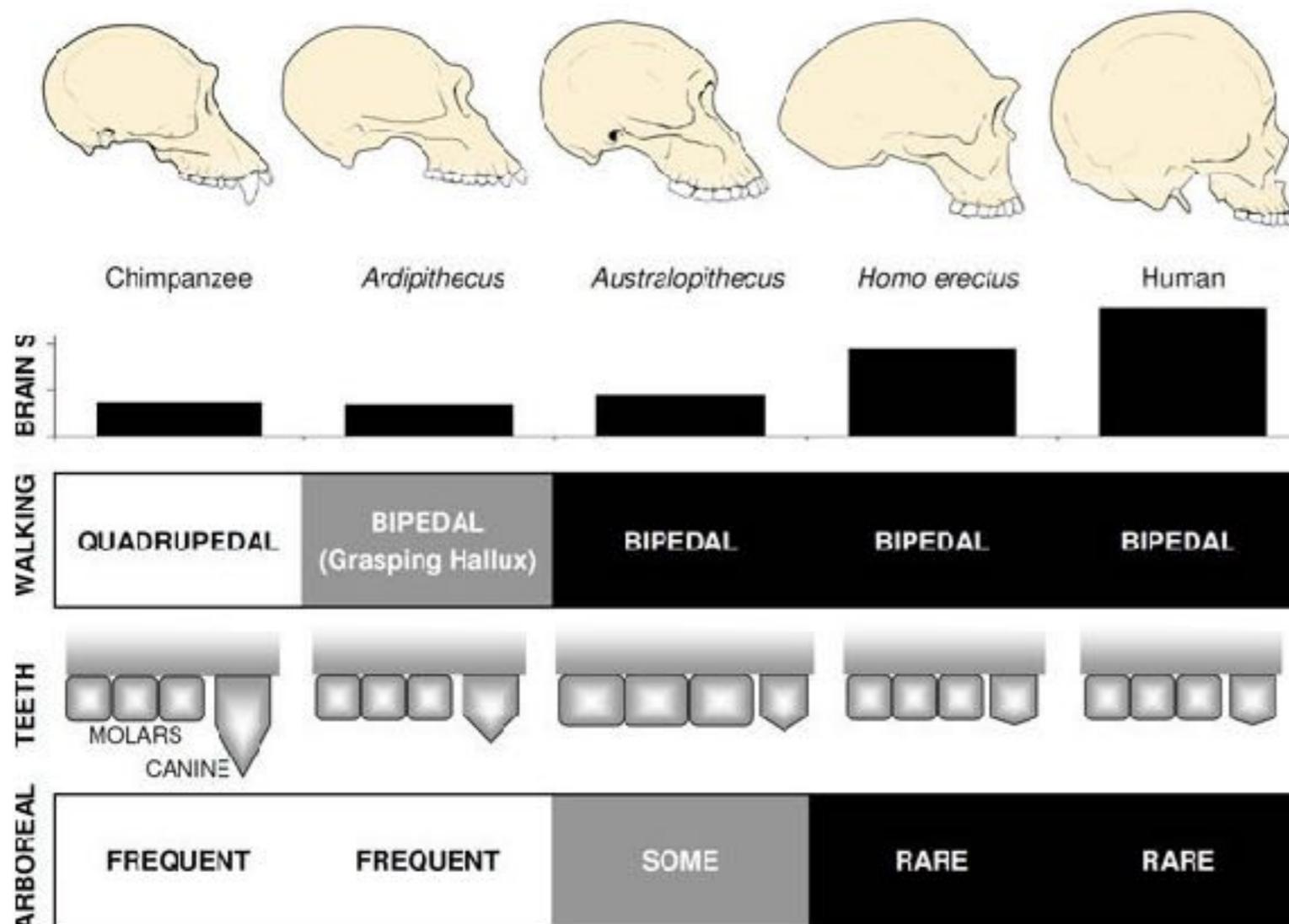


Deer (*Cervus*)

Il ruolo funzionale dell'erbivoro nella catena alimentare è quello di trasformare le molecole vegetali (cellulosa, amido), in molecole animali (glicogeno), che poi potranno essere assimilate dai carnivori o dai decompositori.

NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE

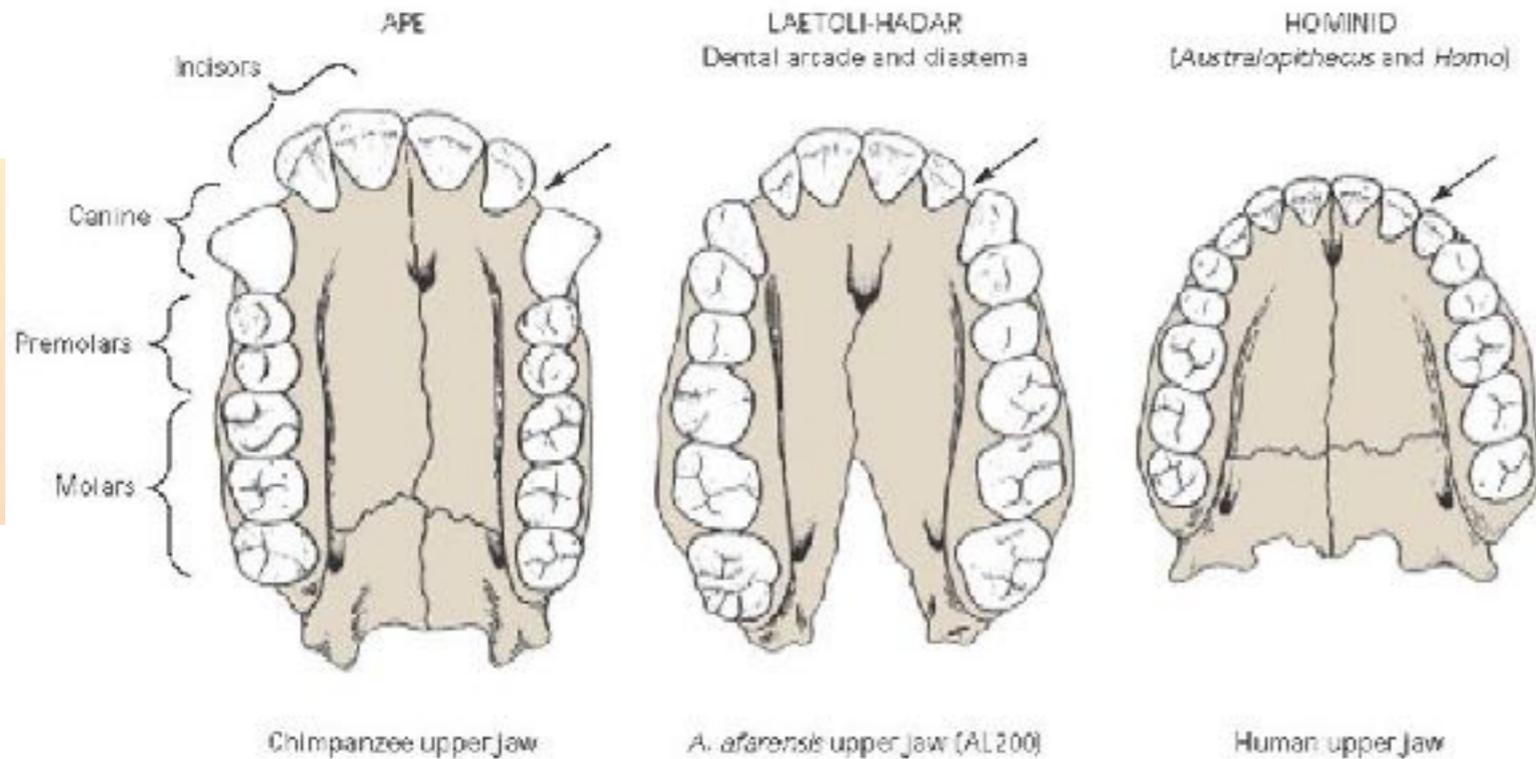
Nei Primati che utilizzano una dieta vegetariana con cibi duri, una comune specializzazione per aumentare l'efficienza di macina della masticazione è lo sviluppo di semplice pattern lofodonte di molari e premolari: la superficie è composta da due lofi trasversi principali (**bilofodonte o bicuspid**) (es. Cercopitecidi).



Dai primati ai primi ominini:
grandi denti e dimensioni
cerebrali contenute.
Dimorfismo sessuale accentuato

NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE

Nel corso dell'evoluzione, la dentatura umana diventa sempre meno specializzata e assume caratteristiche tipiche della **dieta onnivora**



La dentatura umana è composta da:

- 4 incisivi (taglio)
- 2 canini (perforazione)
- 4 premolari (leggera macinazione)
- 6 molari (macinazione)

- Assenza di diastema e diminuzione della dimensione dei canini
- Progressiva parabolizzazione dell'arcata dentaria
- Diminuzione nella dimensione dei denti
- Comparsa del mento (in *H. sapiens*)



Nel lungo corso della nostra evoluzione, il lineage che ha portato all'uomo ha visto attraversare diversi ruoli evolutivamente ben distinte:

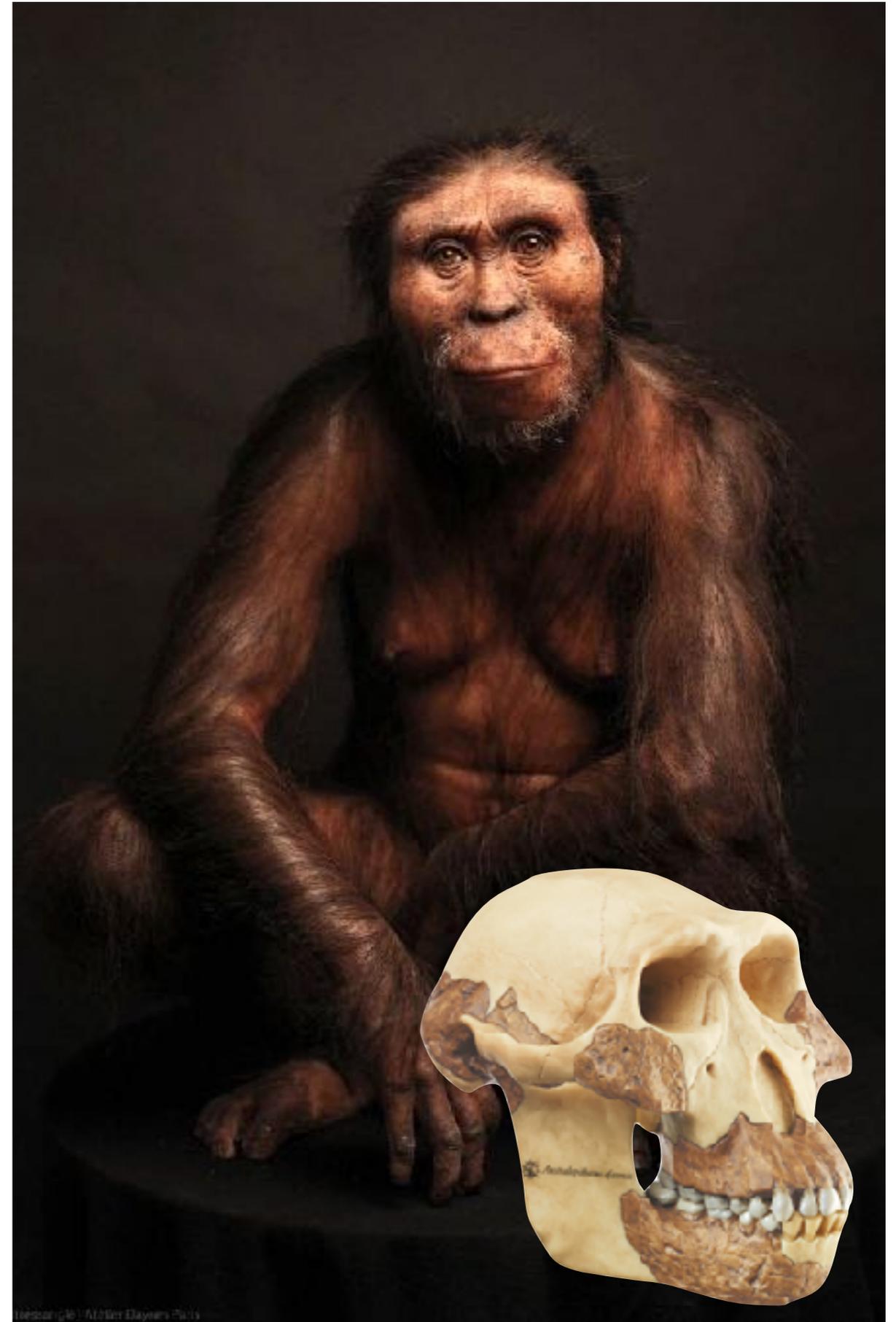
- ▶ Prede
- ▶ Scavengers (opportunismo)
- ▶ Cacciatori/raccoglitori
- ▶ Allevatori



Gli australopiteci (*Australopithecus sp*, 4,2-2 Ma) vivevano in un ambiente aperto più o meno alberato; gli arti superiori mantengono ancora caratteri leggermente ancestrali (lunghezza, morfologia piuttosto arcuata delle falangi), conferendo una buona capacità di arrampicata sugli alberi che potevano costituire rifugio.

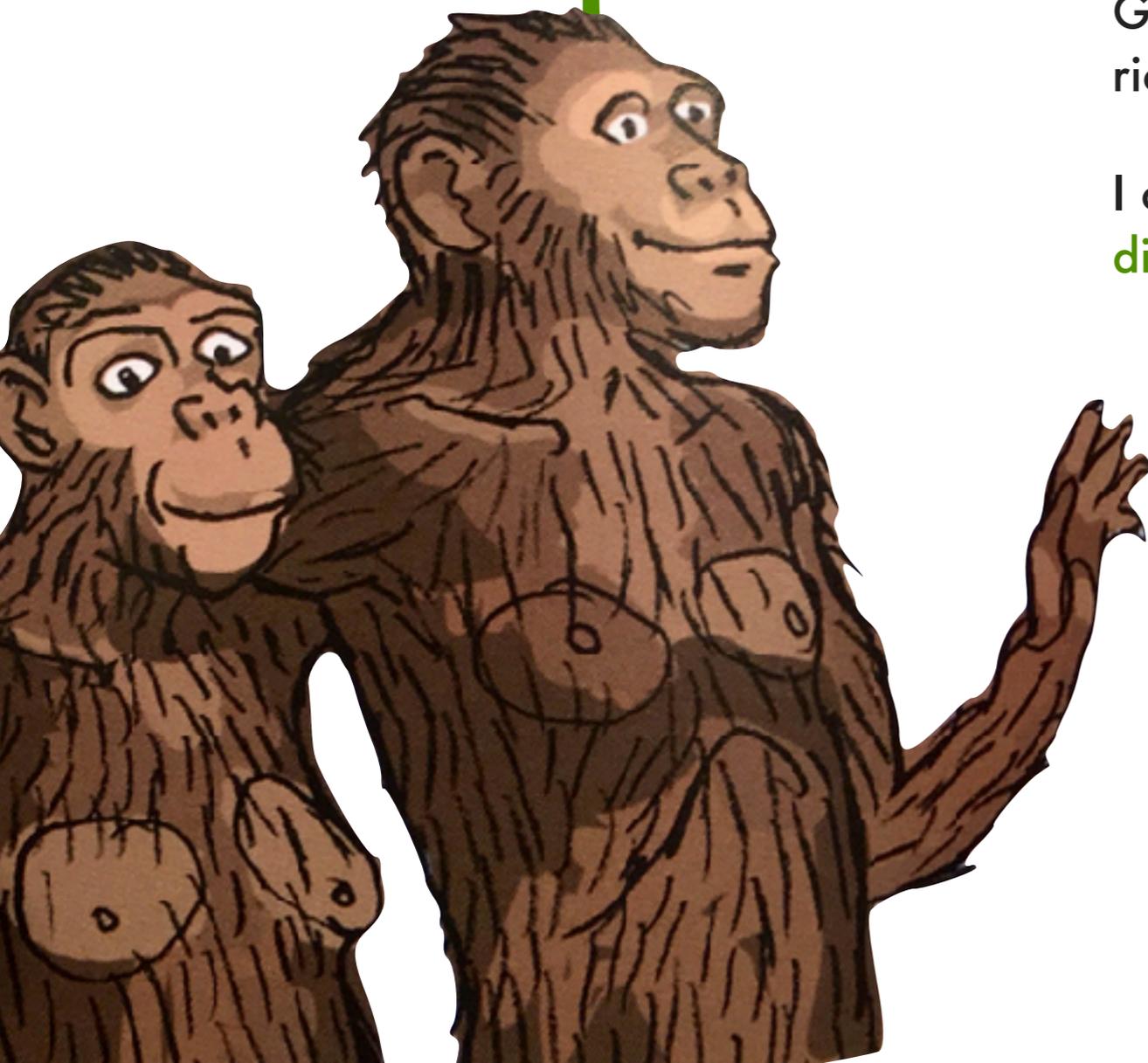


Regime alimentare: essenzialmente vegetariano e frugivoro, costituito da elementi vegetali ma con apporti onnivori a seconda della disponibilità in raccolta (uova, molluschi, forse carcasse).



Parantropi

Antenati del
genere Homo



Gli adattamenti anatomici evolutivi rendono necessaria la ricerca di cibi più densamente energetici.

I cambiamenti climatici in Africa determinano una **drastica diminuzione della varietà di piante edibili**.

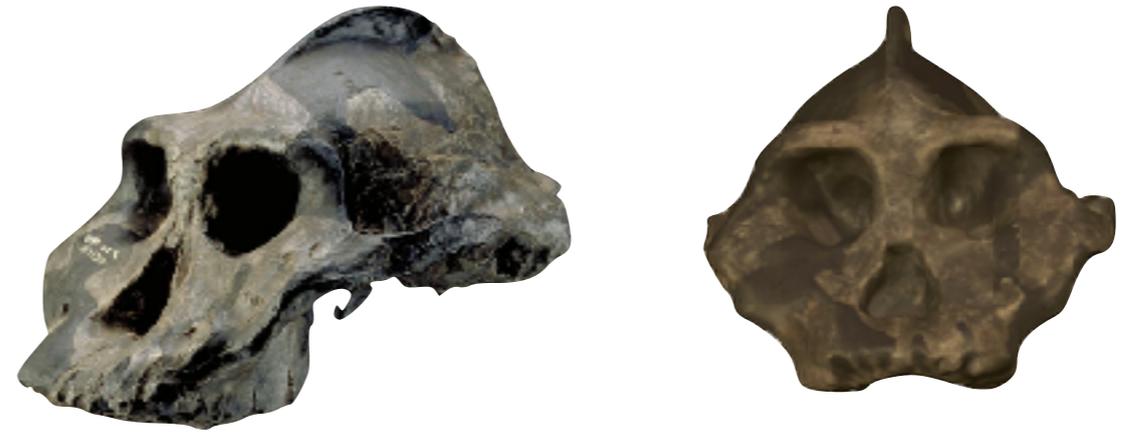
Avviene la divergenza tra due rami evolutivi, quello dei parantropi e il genere *Homo*.

NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE

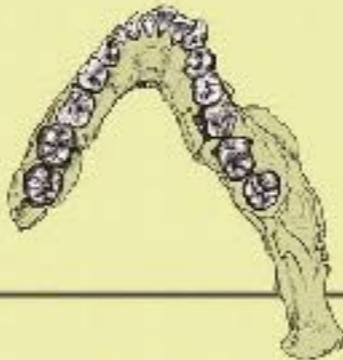
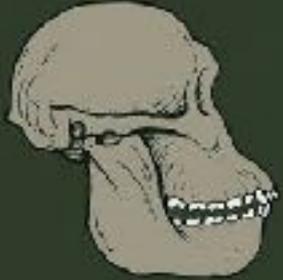
P. aethiopicus: 3-2,5 milioni di anni fa

P. boisei: 2,5-1,5 milioni di anni fa

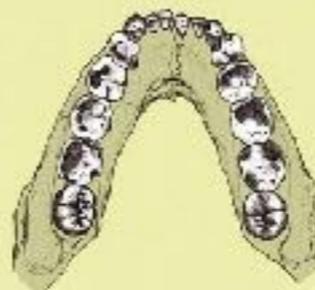
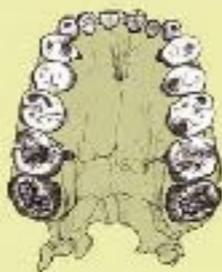
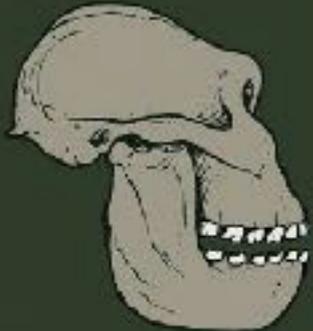
P. robustus: 2-1,2 milioni di anni fa



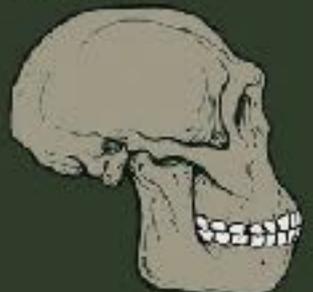
Au. africanus



P. boisei



H. habilis

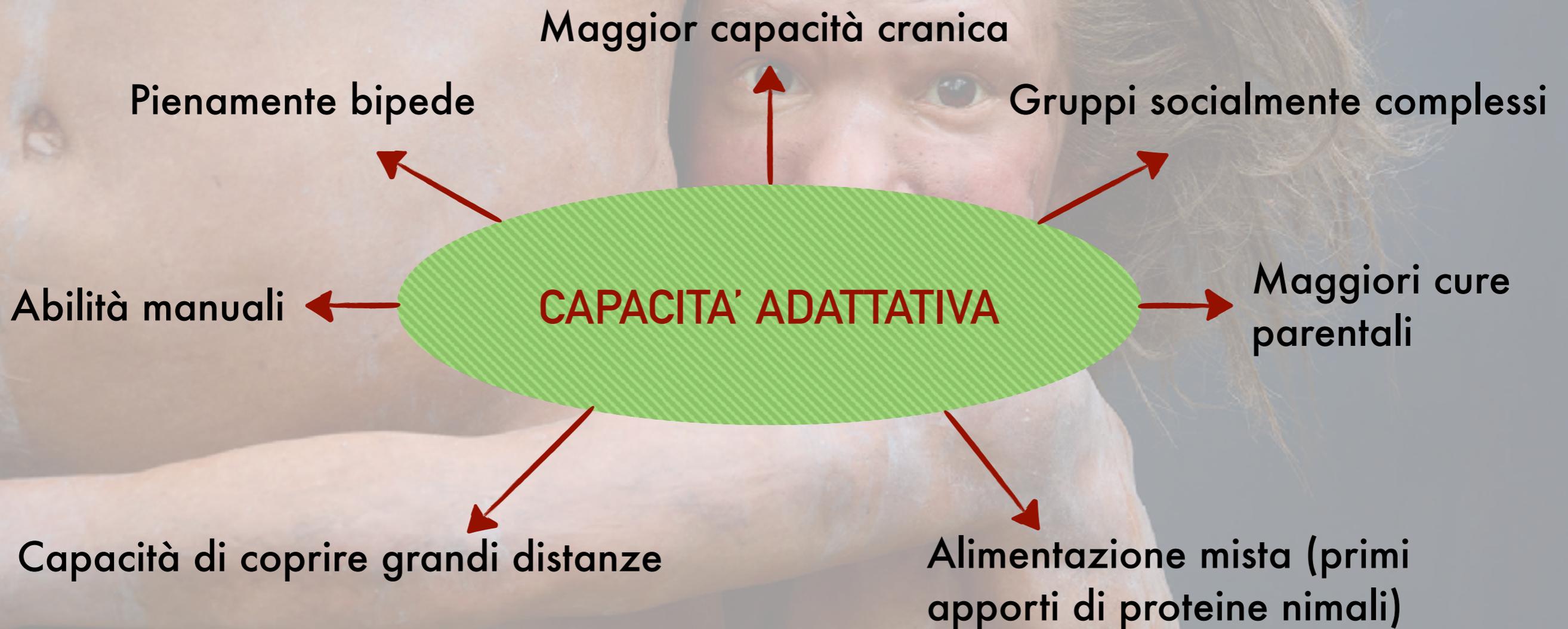


NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE



Compare il genere *Homo*

2,6 milioni di anni fa



La dieta diventa stabile e di qualità, completa e onnivora.

Evoluzione alimentare e sociale

Un'economia di caccia e raccolta è in gran parte basata su un animale che diventa parte integrante della dieta da dividere tra i membri del gruppo.

Testimonianze archeologiche:

- Reperti faunistici sempre più abbondanti da *H erectus*;
- Evidenze di pasti consumati e di aree di macellazione.

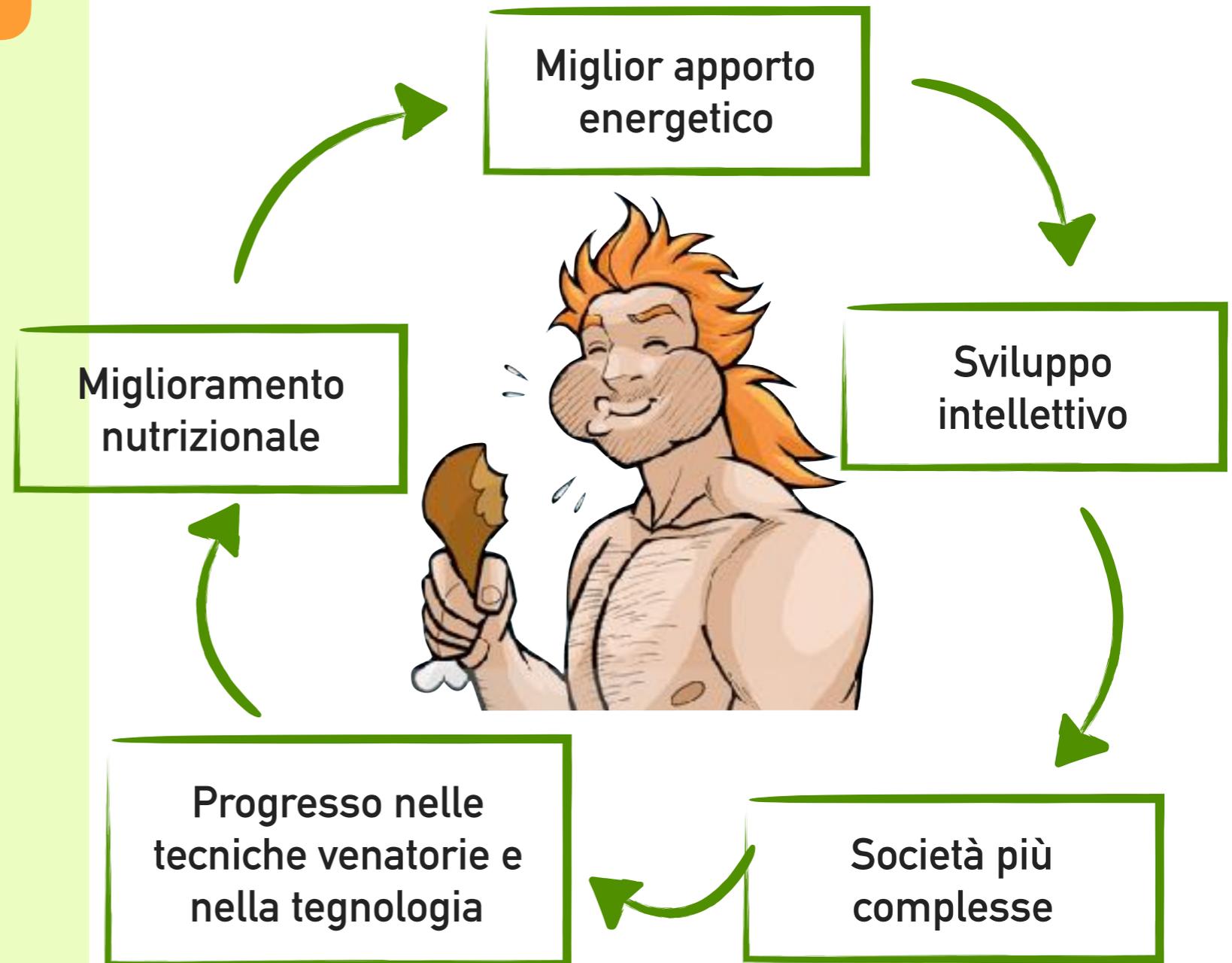




Figure 1
(a) 1.5 million-year-old fossil antelope lower leg bone (metapodial) from Koobi Fora, Kenya, bearing cut marks; (b) close-up of these cutmarks.

© 2013 **Nature Education** Courtesy of Briana Pobiner. All rights reserved. 



3,4 Ma - *Australopithecus afarensis*, Afar.
Prime evidenze archeologiche

Evidenze del consumo di carne

Relazione evolutiva con *Tenia sp.*,
Presenza di utensili,
Arte rupestre,
Resti faunistici,
Tafonomia
Studi paleonutrizionali

E' possibile riassumere la storia dell'apporto di carne durante il corso dell'evoluzione umana in tre periodi:

- 1) Caccia opportunistica
- 2) Caccia vera e propria, dura circa 2-3 milioni di anni. Sviluppo di tecniche venatorie specifiche e sempre più raffinate, progettazione di utensili e armi specifici per caccia e macellazione (evidenze archeologiche che la distinguono dallo scavenging)
- 3) Domesticazione (ca. 10.000 anni fa).



L'apporto di proteine animali (carne) dovette cominciare probabilmente con attività di raccolta di animali trovati morti o predati.

Le occasioni per cibarsi di carogne differivano a seconda della taglia delle vittime, dalla causa di morte, dal tipo di terreno e dalla stagione. La boscaglia caratteristica delle sponde fluviali offriva forse le condizioni migliori poiché gli alberi garantivano un rifugio e nascondevano le carogne dagli avvoltoi. Le prede di grandi felini, trasportate sugli alberi, erano probabilmente disponibili per tutto l'anno.



Il passaggio da ominide granivoro a predatore avvenne in modo graduale. In un primo momento si basò sullo sfruttamento secondario di risorse alimentari rese disponibili dall'abilità di caccia dei grandi predatori della savana.

→ L'adattamento carnivoro originario fu quindi da saprofagi, cioè organismi che si nutrono di sostanze contenute nella materia organica animale morta (*scavenging*).

Probabilmente la risorsa primaria era costituita dal **midollo**. Il consumo di carne cruda sembra essere poco economico in termini di regolazione del sistema immunitario, in assenza di cottura.

Questo orientamento adattativo fu una vera e propria rivoluzione biologica (metabolica e comportamentale).



Carne e pesce:

- ▶ Sono le maggiori fonti proteiche disponibili in natura (spettro amminoacidico completo, ovvero quelli che l'organismo non è in grado di sintetizzare da solo ma che sono fondamentali).
- ▶ Nella carne sono presenti grandi quantità di acidi grassi polinsaturi, necessari per il corretto sviluppo di strutture fisiche come encefalo e altri tessuti componenti gli organi interni.
- ▶ Presentano elevate quantità di e micronutrienti essenziali (ferro, zinco, vitamina B12, selenio, fosforo, vitamina A e acido folico).
- ▶ Alta digeribilità e miglior dispendio energetico

Table 1 Comparison of dietary intake and plasma level of selected micro nutrients in the four dietary groups studied

	Dietary Group			
	High Meat ¹	Moderate Meat	Ovolacto Vegetarian	Vegan
<i>Intake (mg/day)</i>				
Zinc	25.0 ± 5.3 ^a	14.6 ± 3.0 ^b	12.3 ± 3.1 ^c	13.4 ± 4.0 ^c
Calcium	24.4 ± 5.3 ^a	16.8 ± 3.9 ^b	20.5 ± 5.6 ^b	25.7 ± 9.5 ^b
Retinol	1577 ± 558 ^b	1201 ± 360 ^b	1229 ± 459 ^b	977 ± 362 ^c
Iron	1640 ± 2210 ^b	761 ± 776 ^b	438 ± 216 ^c	218 ± 144 ^d
<i>Plasma Status</i>				
Retinol (mg/L)	0.90 ± 0.16 ^b	0.89 ± 0.20 ^a	0.81 ± 0.17 ^b	0.77 ± 0.14 ^b
Vitamin B ₁₂ (pg/mL)	544 ± 228 ^a	449 ± 134 ^b	285 ± 132 ^c	188 ± 89 ^c
Ferritin (mg/L)	153 ± 117 ^a	111 ± 86 ^b	48 ± 29 ^c	50 ± 29 ^c
Haemoglobin (g/L)	151 ± 6 ^a	149 ± 8 ^a	142 ± 9 ^b	143 ± 7 ^b
Homocysteine (mmol/L)	11.0 ± 2.5 ^a	11.6 ± 2.7 ^a	15.8 ± 9.3 ^c	19.2 ± 10.7 ^b

¹ Mean ± SD. All figures on the same row with differing superscripts are significantly different (P < 0.05)



Table 3 Comparison of meat and vegetable based diets.

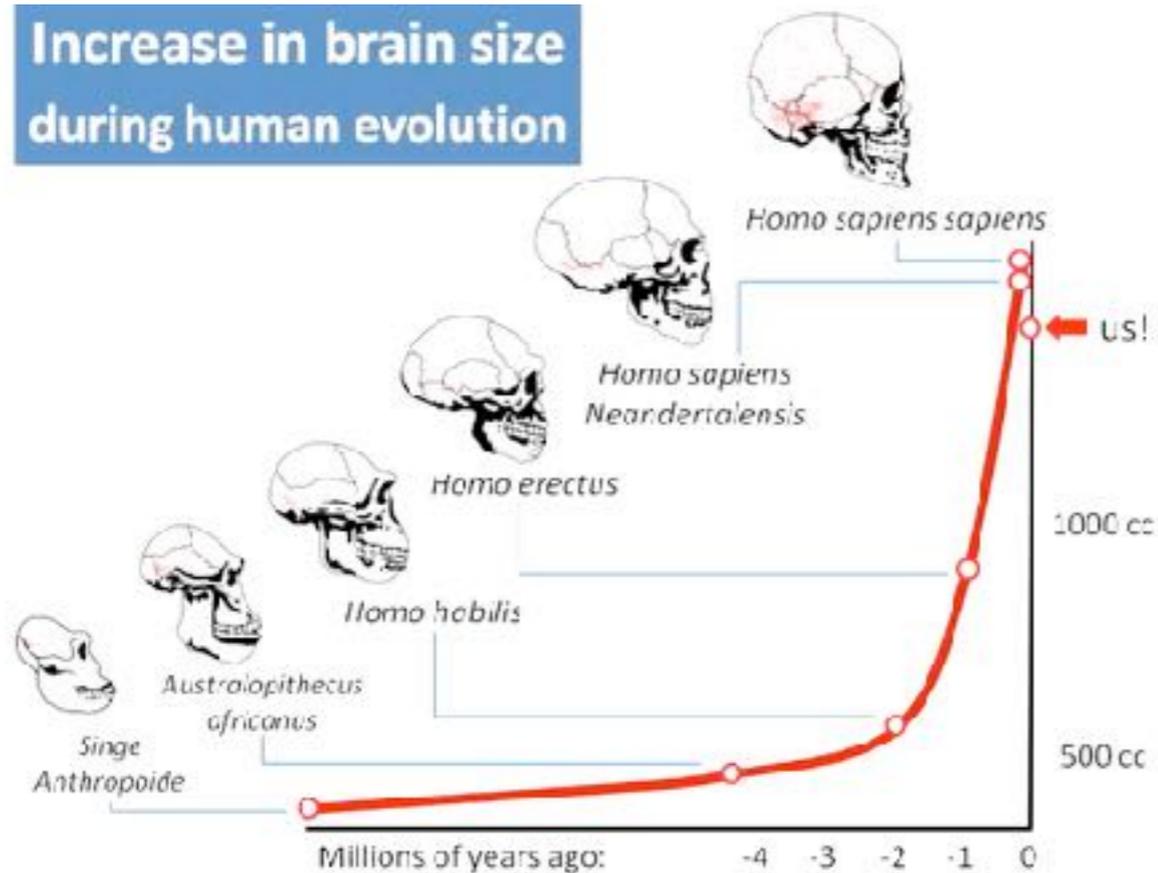
Advantages of Vegetarian diets	Advantages of meat consumption
High fiber content	Energy and nutrient dense food
Possibly lower energy content	High biological value protein
Possibly higher antioxidant intake	Best source for iron, zinc and complex B vitamins especially B12
Possibly higher water content	
Lower saturated fat intake	
Disadvantages of vegetarian diets	Disadvantages of meat consumption
Lower iron bioavailability	High fat content in some cuts
Zinc and Vitamin B12 deficiency risk	Sodium content (processed meats)
Lack of EPA + DHA sources	Other contaminants (hormones)
Lower protein biological value	

NUTRIZIONE ED EVOLUZIONE

Numerosi elementi sostengono l'evidenza che il consumo di carne abbia influenzato l'evoluzione della **morfologia cranio-dentale**, della **postura eretta**, delle **caratteristiche riproduttive**, dell'**aspettativa di vita** e dell'**encefalizzazione** e conseguente sviluppo intellettuale.

- ➔ Sostegno ai processi di encefalizzazione
- ➔ Adattamento dell'apparato digerente: stomaco semplice, intestino tenue lungo, colon e cieco accorciati. In generale, massa ridotta.
- ➔ Aumento dell'insulino-resistenza

Increase in brain size during human evolution



NB: L'apporto di carne **NON** è l'elemento chiave che ha innescato la crescita del cervello!

Un cervello di grandi dimensioni ha un costo energetico giustificabile con una combinazione di incremento dell'energia totale assunta e di una riduzione dell'energia di allocazione verso altre funzioni molto costose, come la digestione, la locomozione o la riproduzione (nascita e riproduzione).
Es: Australopithecus, ca. 35 kg, 350 cc, 11% BMR per encefalo;
H. erectus, ca. 60 kg, 900 cc, 17%BMR per encefalo (260/1500 kcal x day)

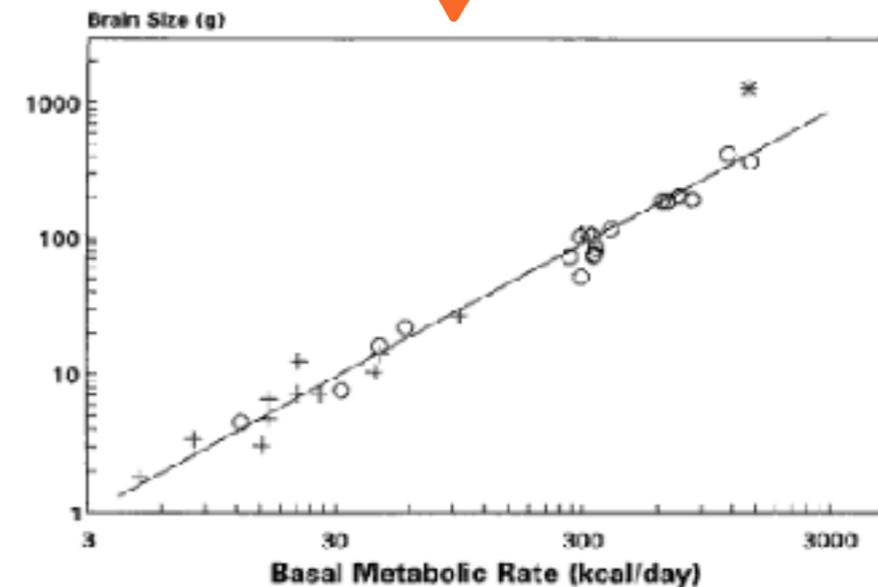


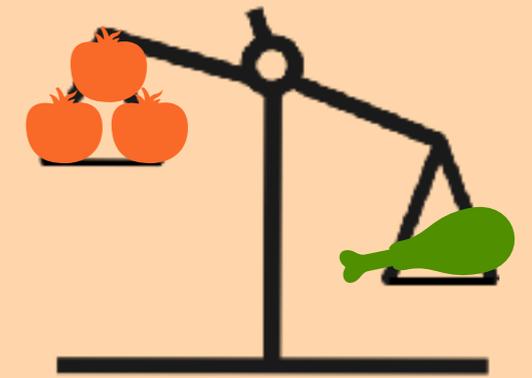
FIG. 2. Log-log plot of brain weight (g) vs. BMR (kcal/d) for 31 primate species. Brain weight scales isometrically with BMR ($r^2 = 0.97$). The relationship is similar for prosimians (+) and anthropoids (o); humans (*), however, have substantially larger brains than predicted for their BMR (adapted from Leonard and Roberts 1994).

Come si è evoluto questo cervello così energeticamente costoso?

Come con il bipedismo, uno svariato numero di fattori selettivi sono intervenuti, ma l'espansione del cervello sicuramente non deve essere avvenuta finché gli ominidi non hanno adottato una dieta sufficientemente ricca di calorie e nutrienti.

Per raggiungere 200 kcal ci vogliono 100 gr di carne rossa, o 400 gr di frutta, o 1 kg di fogliame.

E' quindi logico pensare che per i primi homo, l'acquisizione di più materia grigia abbia comportato una forzata ricerca di cibo più denso a livello energetico.



Le australopitecine hanno caratteristiche scheletriche e dentarie costruite per processare cibo vegetale a bassa qualità energetica (anche se tendenzialmente onnivore).

In contrasto, i primi membri del genere Homo hanno sviluppato splancocranio più piccolo e mandibole più sottili, molari più piccoli e nessuna cresta sagittale, nonostante la crescita in termini di massa corporea.

Il tutto lascia intendere che i primi homo consumassero molto meno cibo di origine vegetale.



IL FUOCO: LO SPRINT EVOLUTIVO

1.7/1.2 Ma: Wonderwerk Cave, South Africa
1,2 Ma: Xihoudu e Youanmou Cina
690 ka: Bnot Ya'akov, Israele
830-500 ka: Trinil, Giava
350/320 ka: Tabun Cave, Israele

→ Evidenze archeologiche

→ Evidenze anatomiche: adattamento?



IL FUOCO: LO SPRINT EVOLUTIVO

Cibo più digeribile (spesa energetica per processi di assorbimento e post assorbimento come deaminazione, chetogenesi e sintesi proteica) e più disponibile energeticamente

Ingestione maggiore: più volume e maggiore palatabilità per texture e sapore; il cibo è più morbido e masticabile

Aumento della digeribilità di proteine (denaturazione) e amidi, riduzione dei costi di digestione e di detossificazione



Digestione possibile per molti elementi vegetali

Ridotta regolazione immunitaria e ridotta mortalità per uccisione di batteri, funghi, parassiti e altri patogeni: *Tenia sp.*, *Trichinella*).

Maggior conservazione delle derrate.

Incremento della qualità e della disponibilità energetica



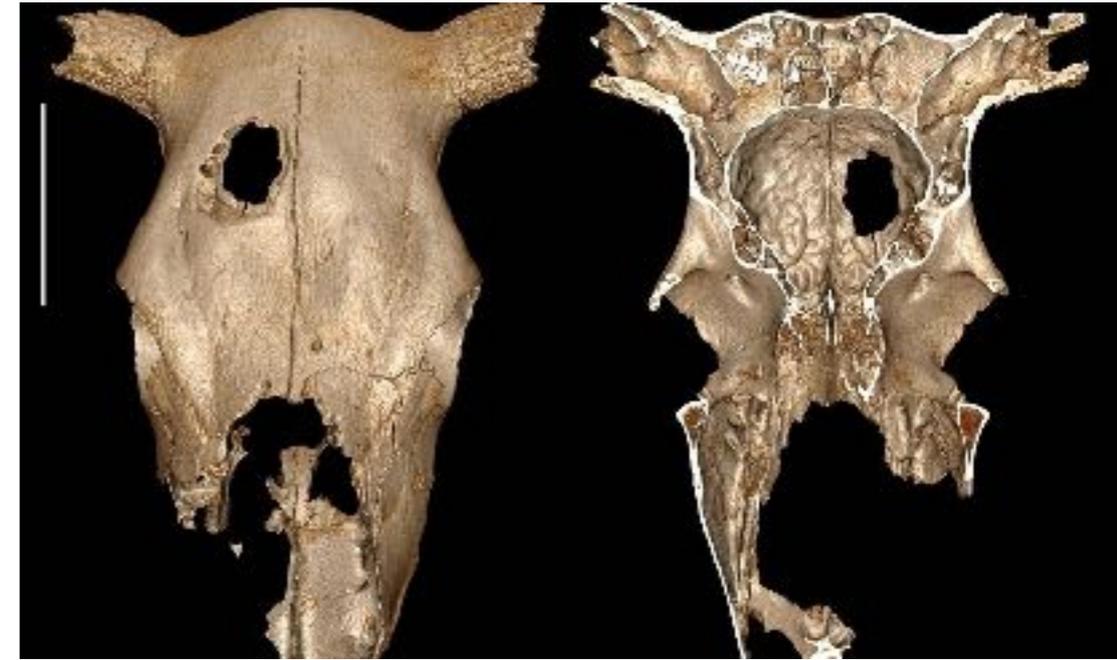
INCREMENTO DEL TASSO DI SOPRAVVIVENZA E DELLA DEMOGRAFIA

LA NEOLITIZZAZIONE

La transizione all'agricoltura comincia nel Vicino Oriente intorno a 12 ka e termina dopo circa 5 mila anni

Svolta evolutiva: metodi insediativi, tecnologie, organizzazione sociale, abitudini e comportamenti, alimentazione

Coltivazione di cereali selvatici e la domesticazione di piccoli mammiferi in risposta alla crescita di popolazione e alla scarsità di prede.



“THE WORST MISTAKE IN THE HISTORY OF THE HUMAN RACE”?

Transizione da dieta ad alto contenuto proteico e basso contenuto di carboidrati ad una dieta ricca di glucidi e grassi saturi

Evidenze antropologiche di **stress fisiologico e metabolico, malnutrizione, patologie infettive (TBC), patologie dentarie**

Non si tratta di un semplice peggioramento delle condizioni di salute, ma di un complesso profilo paleopatologico costituito da:

- 1) Un aumento dell'esposizione ad agenti infettivi
- 2) Forti cambiamenti nutrizionale
- 3) Aggregazioni in siti più densi e grandi per aumento demografico
- 4) Cambiamenti nei patterns di attività e di divisione delle mansioni
- 5) Aumento della resistenza immunologica



Una dieta ricca di carboidrati comporta un abbassamento dell'IR e un maggior apporto di cibi ad alto indice glicemico, quindi una maggior predisposizione a patologie come il diabete di tipo 2.