

Sinapsidi



LIEM- capitolo 3
Stingo- capitolo 2



I Sinapsidi Estinti

Anatomia Comparata ed Evoluzione dei Vertebrati

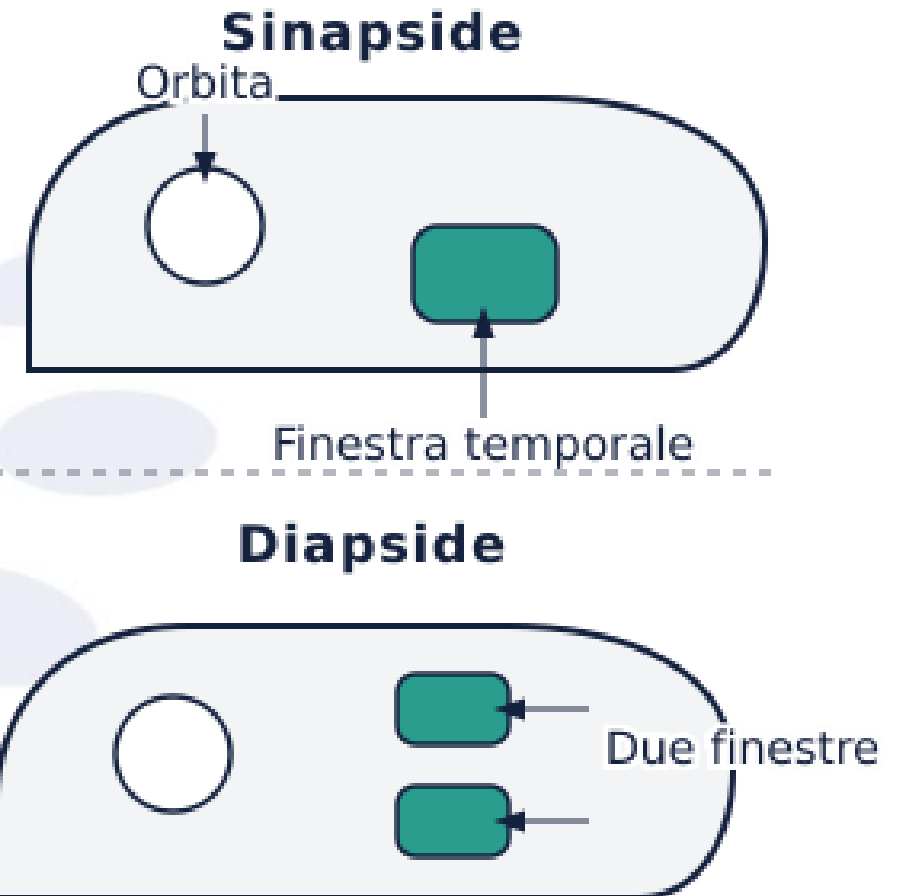
Definizione e Contesto

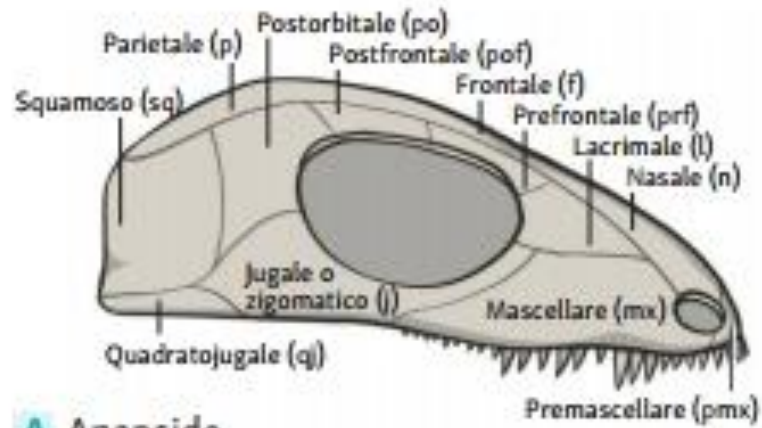
Chi sono i Sinapsidi?

I Sinapsidi (Synapsida) sono un clade di amnioti che comprende i mammiferi e i loro antenati estinti.

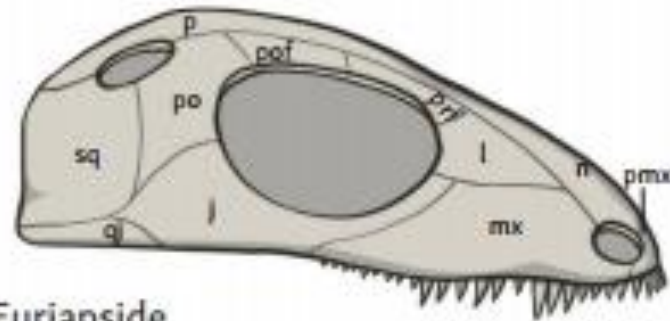
Il Segnale Diagnostico

La caratteristica fondamentale è il **cranio a singola apertura temporale** (fenestra temporale laterale), situata dietro l'orbita.

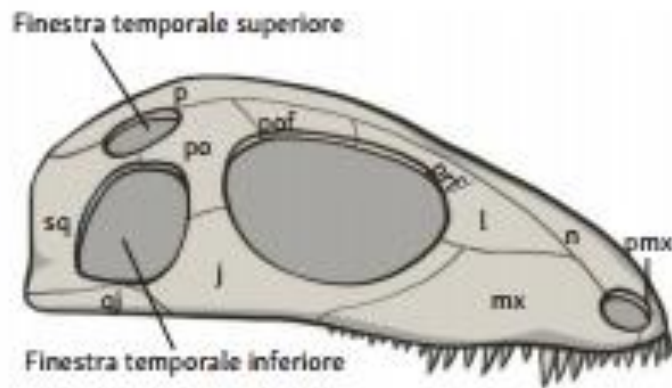




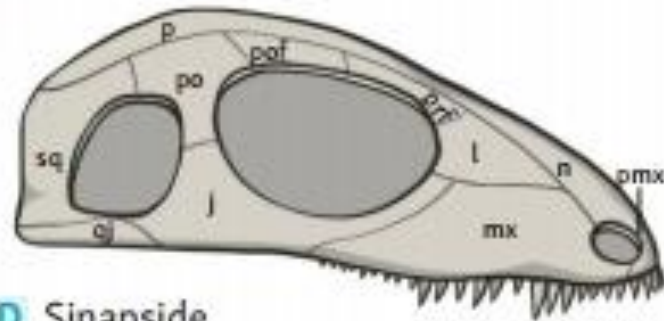
A Anapside



C Euriapside



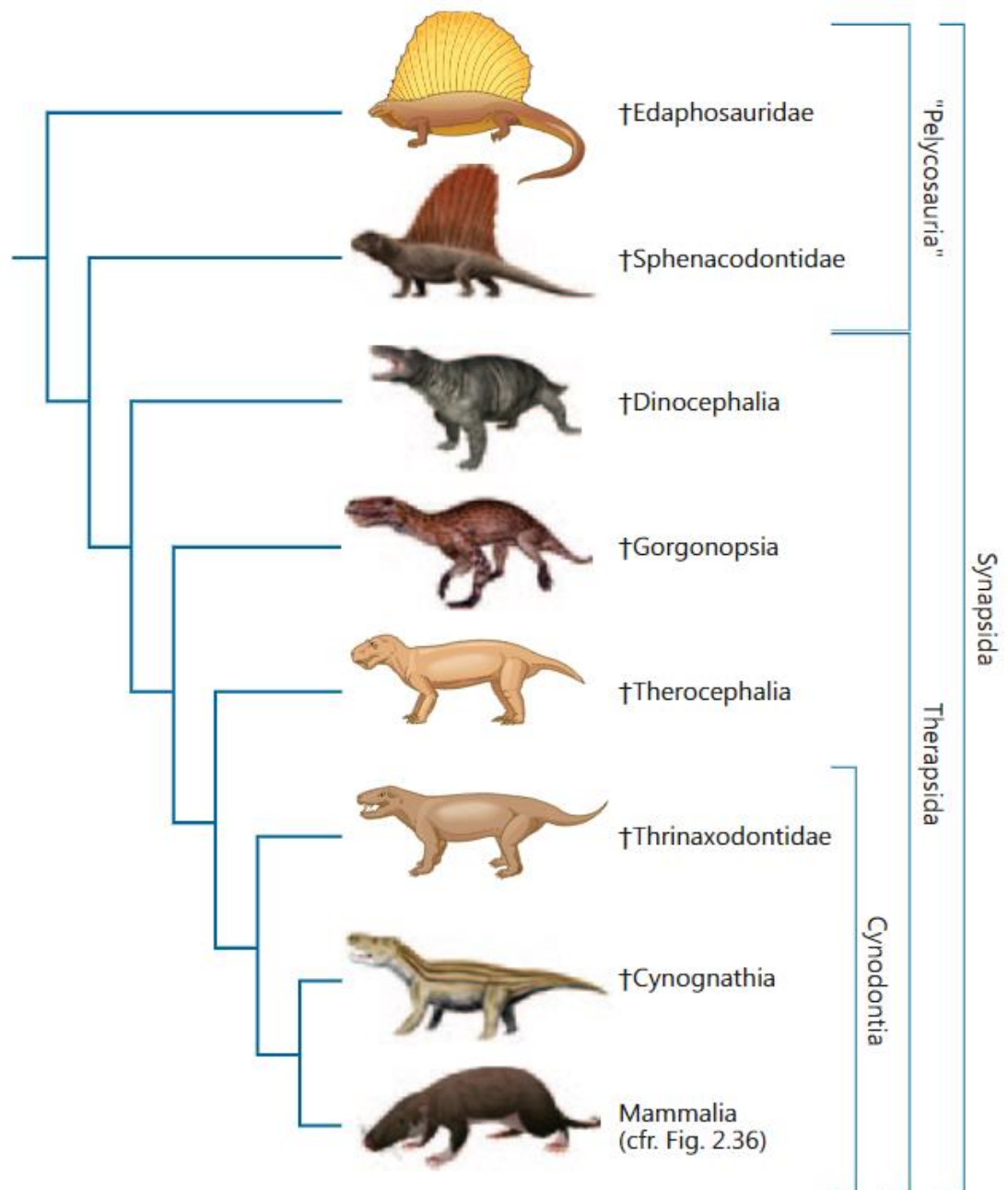
B Diapside



D Sinapside

FIGURA 6.16

Le diverse configurazioni del cranio degli Amnioti in base alla presenza o meno delle finestre temporali.



terapsidi (Therapsida) sono comparsi nel Permiano e presentano numerose modificazioni scheletriche, in relazione a uno stile di vita più attivo. rispetto ai pelicosauri, nei primitivi terapsidi si assiste a una ristrutturazione dello scheletro postcraniale, con arti che si spostano sotto il corpo, e una riduzione della coda

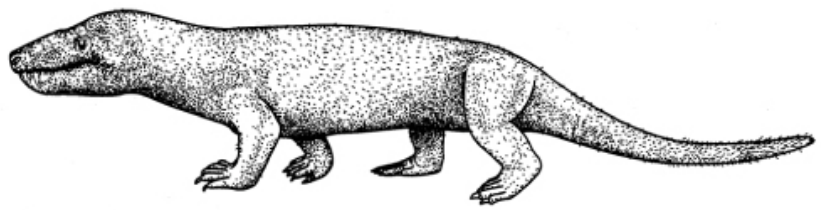
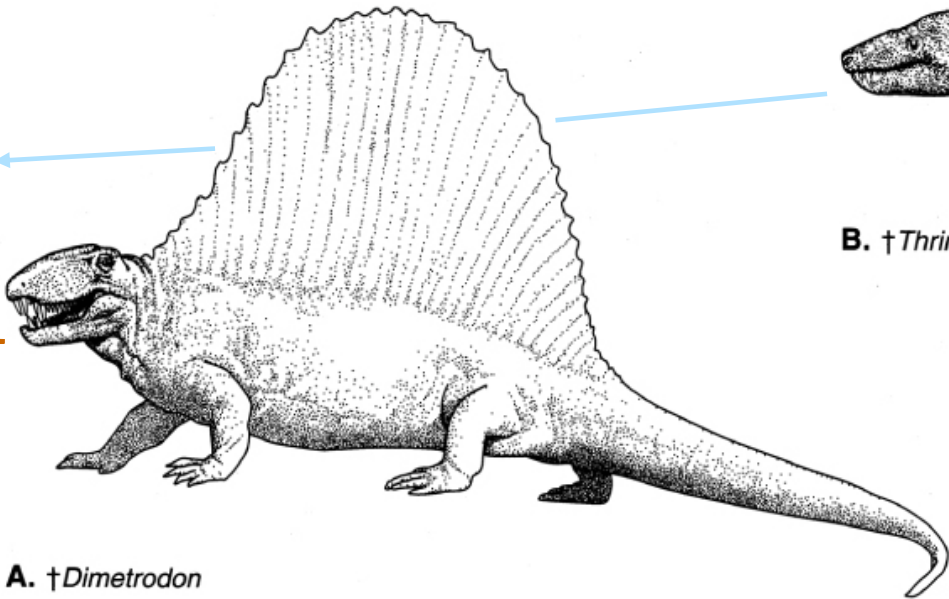
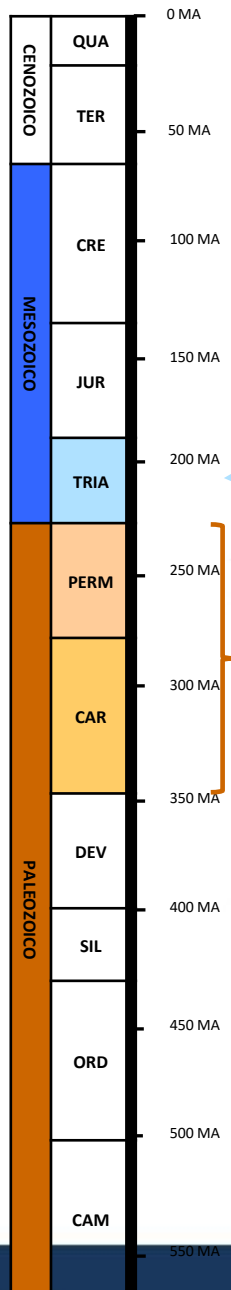


FIGURA 3-32
 Sinapsidi rappresentativi. A, Uno †fenacodonte, †Dimetrodon. B, Un †cinodonte primitivo, †Thrinaxodon.

Evoluzione Temporale



Tassonomia: I Due Grandi Gruppi

Pelycosauria (Sinapsidi Basali)

- Grado parafiletico (gruppo evolutivo).
- Morfologia primitiva e generalizzata.
- Corpo allungato, arti sporgenti ai lati (postura eretta parziale).
- Esempi: *Dimetrodon*, *Edaphosaurus*.
- Dominanti nel Permiano inferiore/medio.

Therapsida (Sinapsidi Derivati)

- Gruppo monofiletico (antenati dei mammiferi).
- Evoluzione verso caratteristiche mammaliane.
- Postura più eretta e dentizione eterodonta.
- Esempi: *Gorgonops*, *Dicynodon*, *Cynognathus*.
- Dominanti nel Permiano superiore e Triassico.

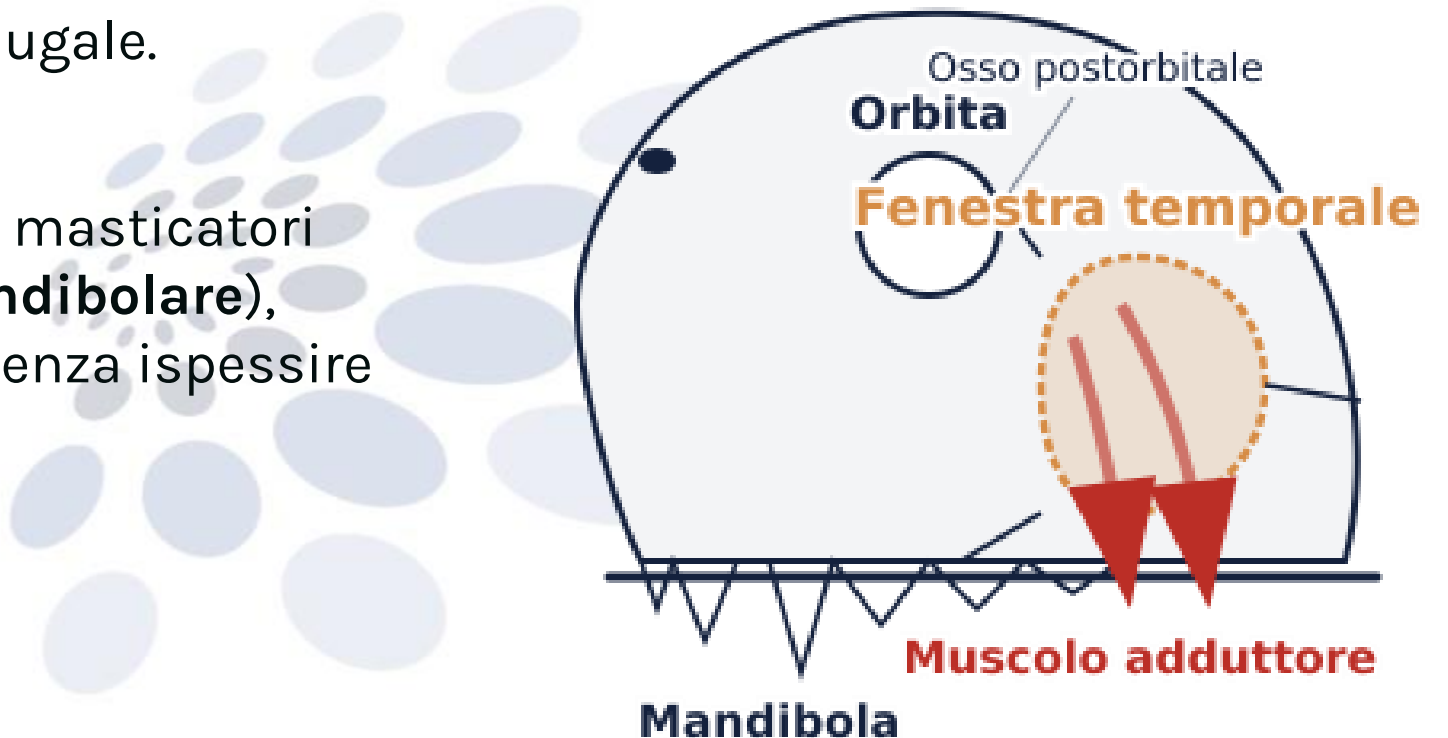
Anatomia Cranica dei Pelicosauri

La Fenestra Temporale

Apertura inferiore nel cranio circondata da osso squamoso, postorbitale e giugale.

Funzione Meccanica

Permette l'ancoraggio di muscoli masticatori potenti (**muscolo adduttore mandibolare**), aumentando la forza del morso senza ispessire eccessivamente il cranio.



Il Caso di *Dimetrodon*



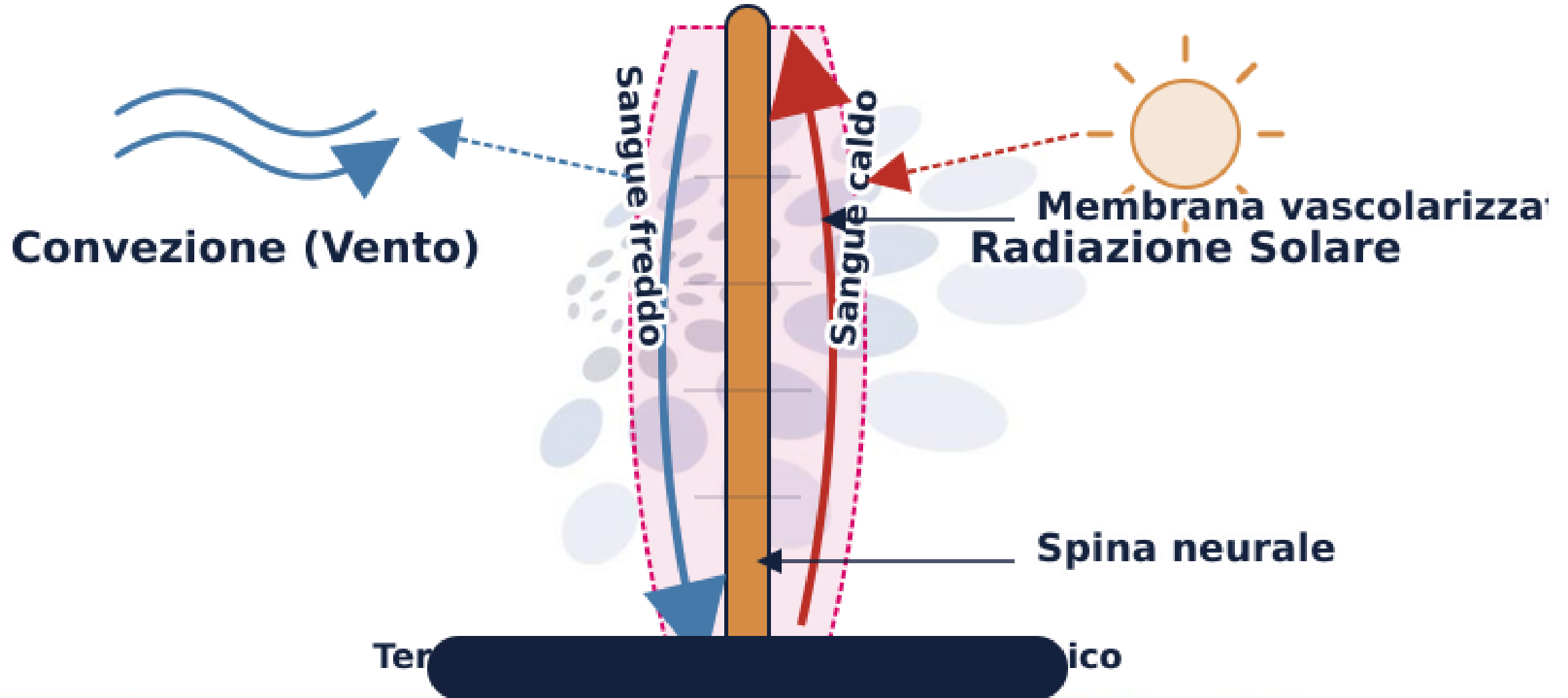
Non un Dinosaurio!

Dimetrodon è un Pelicosaurio vissuto nel Permiano, circa 40 milioni di anni prima dell'apparizione dei dinosauri.

Termoregolazione

La famosa "vela" dorsale (neural spine allungate) probabilmente fungeva da scambiatore di calore per omotermia comportamentale.

Morfologia della 'Vela' Dorsale



La Transizione ai Therapsidi

Causa Evolutiva

Estinzioni e cambiamenti climatici favorirono specie più attive ed efficienti.



Innovazioni Chiave

Apertura temporale spostata, muso accorciato, ossa dermiche craniche ridotte.

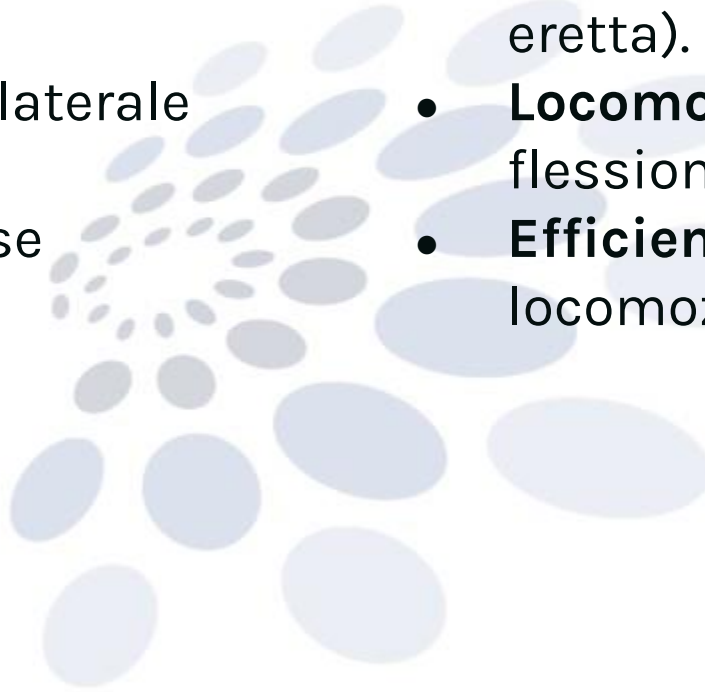
Confronto Posturale

Pelicosauri

- **Arti:** Esterni al corpo (postura 'a granchio' o semi-eretta).
- **Locomozione:** Ondulazione laterale del tronco predominante.
- **Efficienza:** Limitata per corse prolungate.

Terapsidi

- **Arti:** Più sotto il corpo (postura eretta).
- **Locomozione:** Maggiore capacità di flessione/estensione.
- **Efficienza:** Respirazione e locomozione indipendenti





Diversità dei Terapsidi

I Terapsidi si divisero in vari gruppi, tra cui Dinocefali, Anomodonti e Gorgonopsi, ognuno con adattamenti unici.



Specializzazioni Estreme



A sinistra: Gorgonopside (predatore con canini a sciabola). A destra: Dicinodonte (erbivoro con becco corneo).

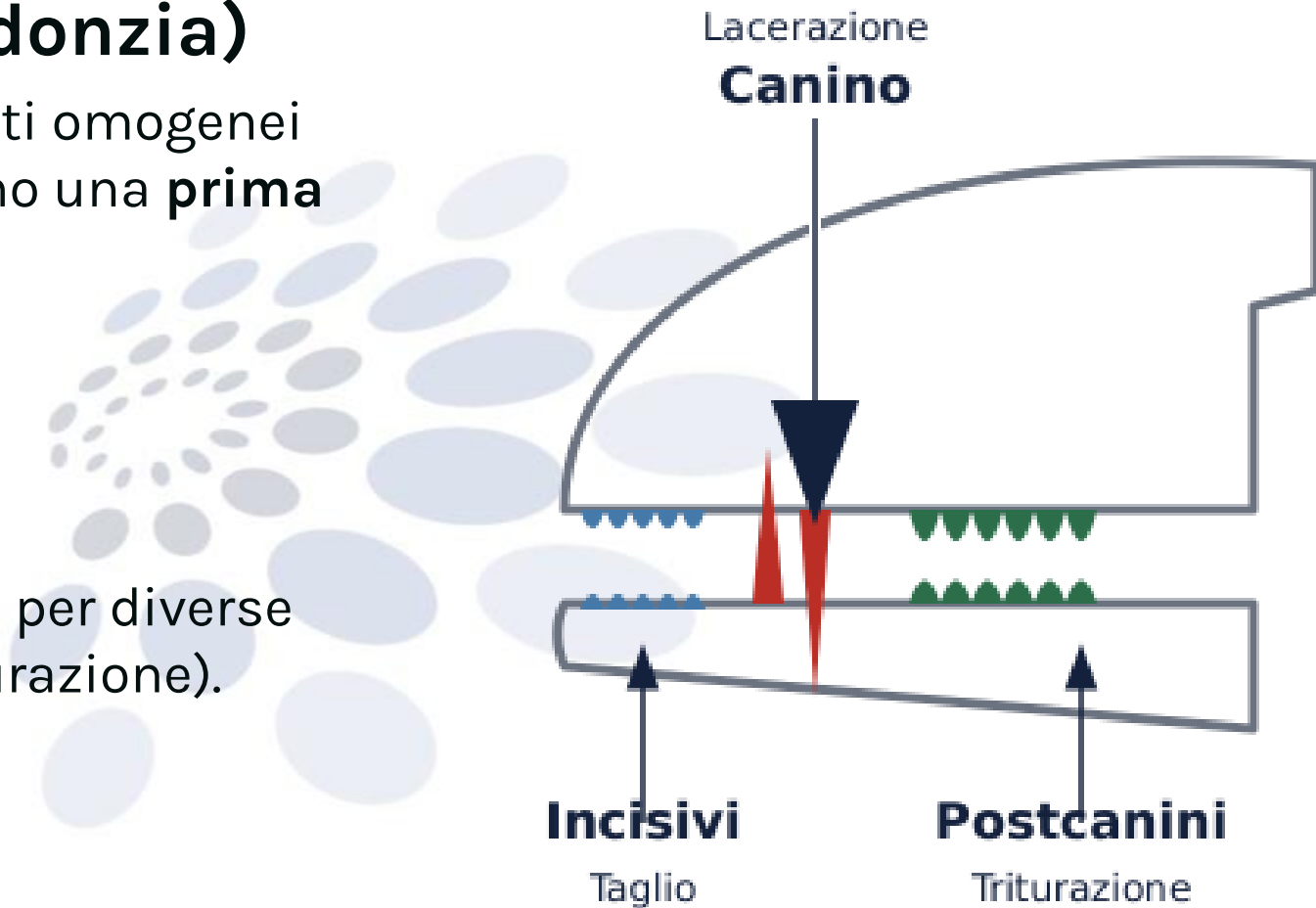
Denti e Alimentazione

Differenziazione (Eterodonzia)

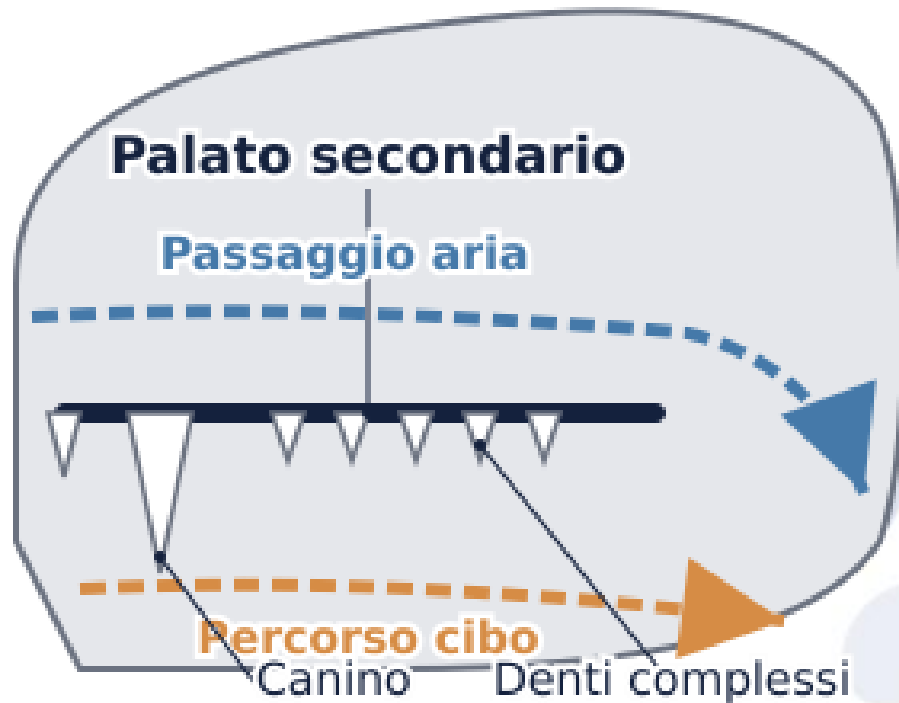
Mentre i Pelicosauri avevano denti omogenei (omodonzia), i Terapsidi mostrano una **prima differenziazione**.

Tipologie

Incisivi, canini e postcanini (molari/postcanini) specializzati per diverse funzioni (taglio, lacerazione, triturazione).



L'Origine dei Cynodonti

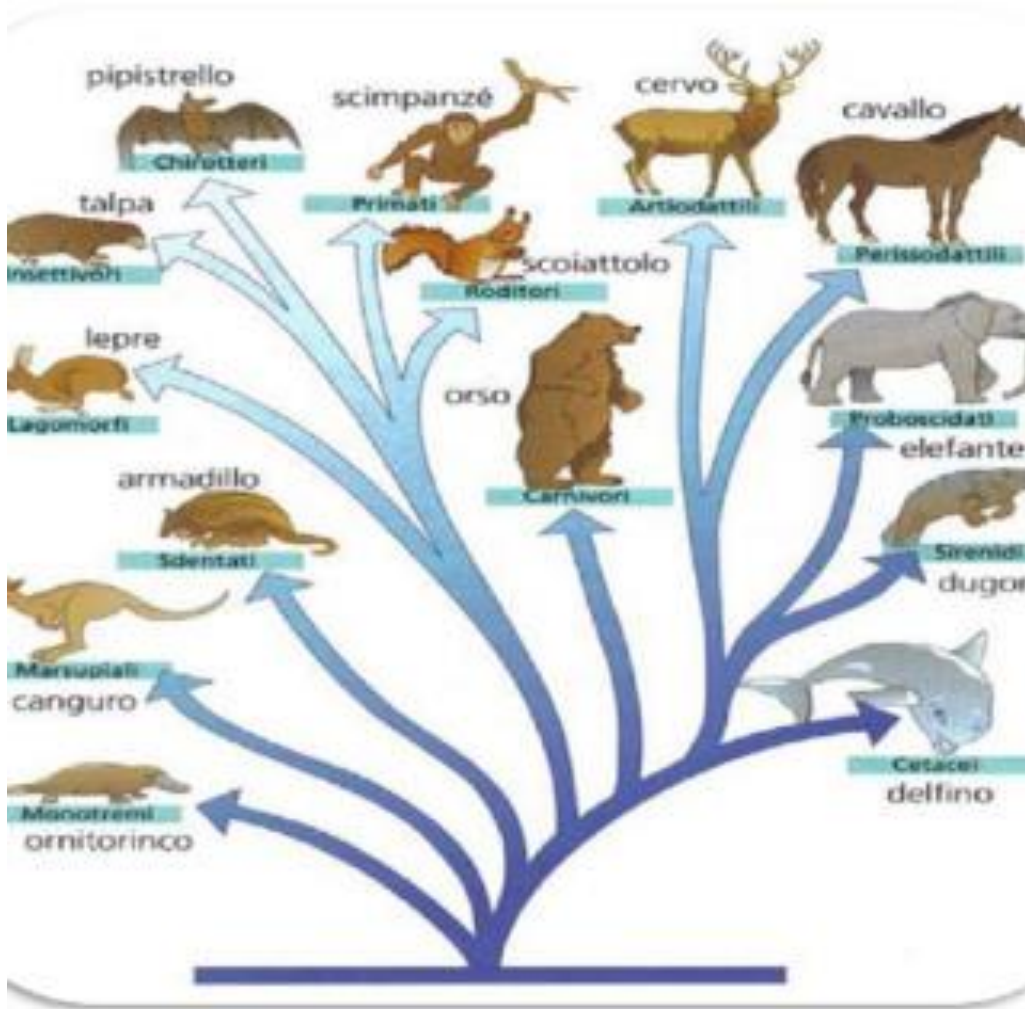


I Cynodontia

Sottogruppo dei Therapsidi che si avvicina maggiormente ai mammiferi. Apparsi nel Permiano superiore, sopravvissero all'estinzione di massa.

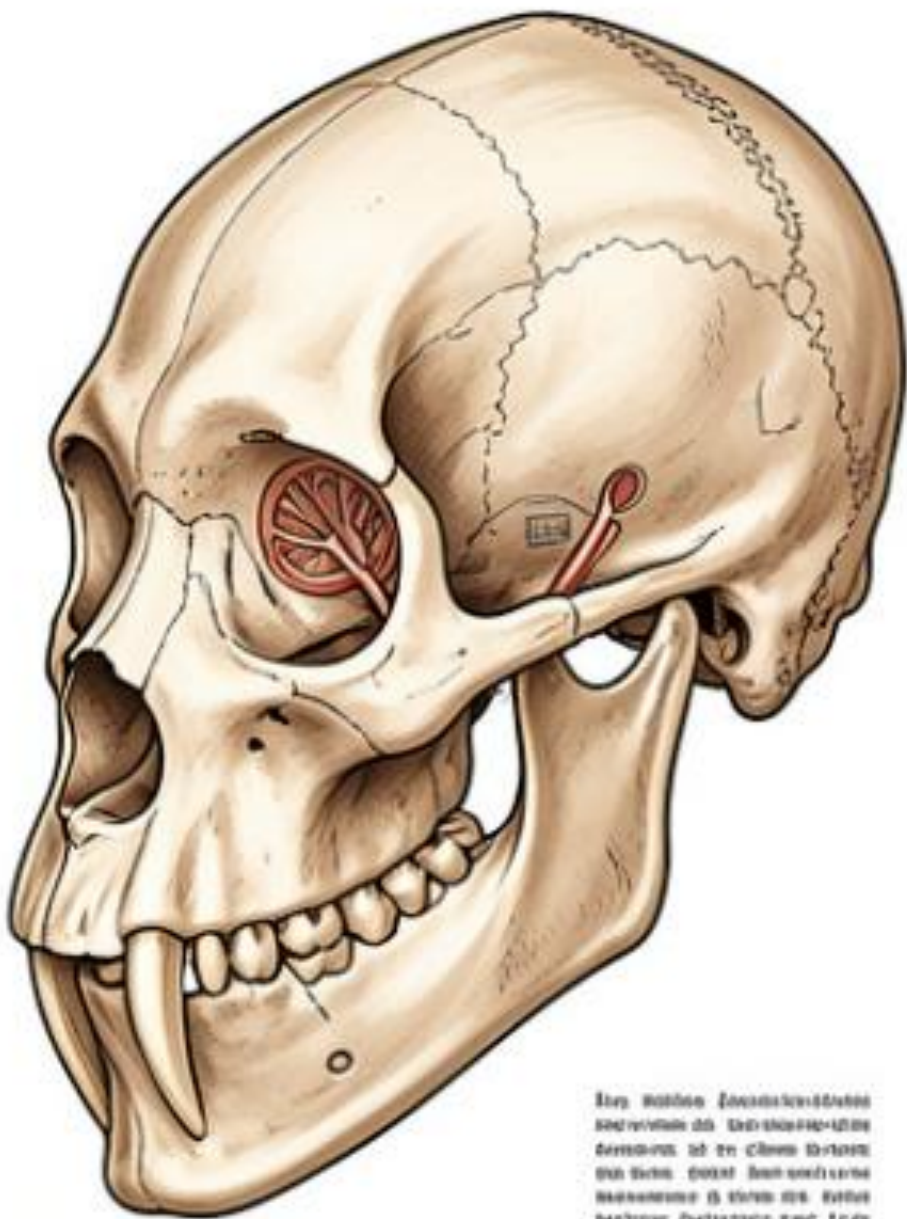
Caratteristiche Mammaliane

- Palato secondario (respirare mentre mangia).
- Dentizione complessa.
- Costole differenziate.



Anatomia Comparata dei Mammiferi

Adattamenti evolutivi e diversità funzionale



Illegible text block, likely a placeholder or a small caption.

Definizione e Sinapomorfie

I Mammiferi (Mammalia) rappresentano una classe di vertebrati amnioti caratterizzata da tratti unici.

Caratteristiche Chiave

- **Mamelle:** Ghiandole mammarie per la nutrizione (lattazione).
- **Pelliccia:** presenza di **peli** (follicoli piliferi) per isolamento termico.
- **Orecchio medio:** **Tre ossicini** (martello, incudine, staffa).
- **Omotrofia:** Muscoli diaframmatici per la ventilazione polmonare attiva.

Sistematica: I Tre Gruppi Principali

Classificazione Tassonomica

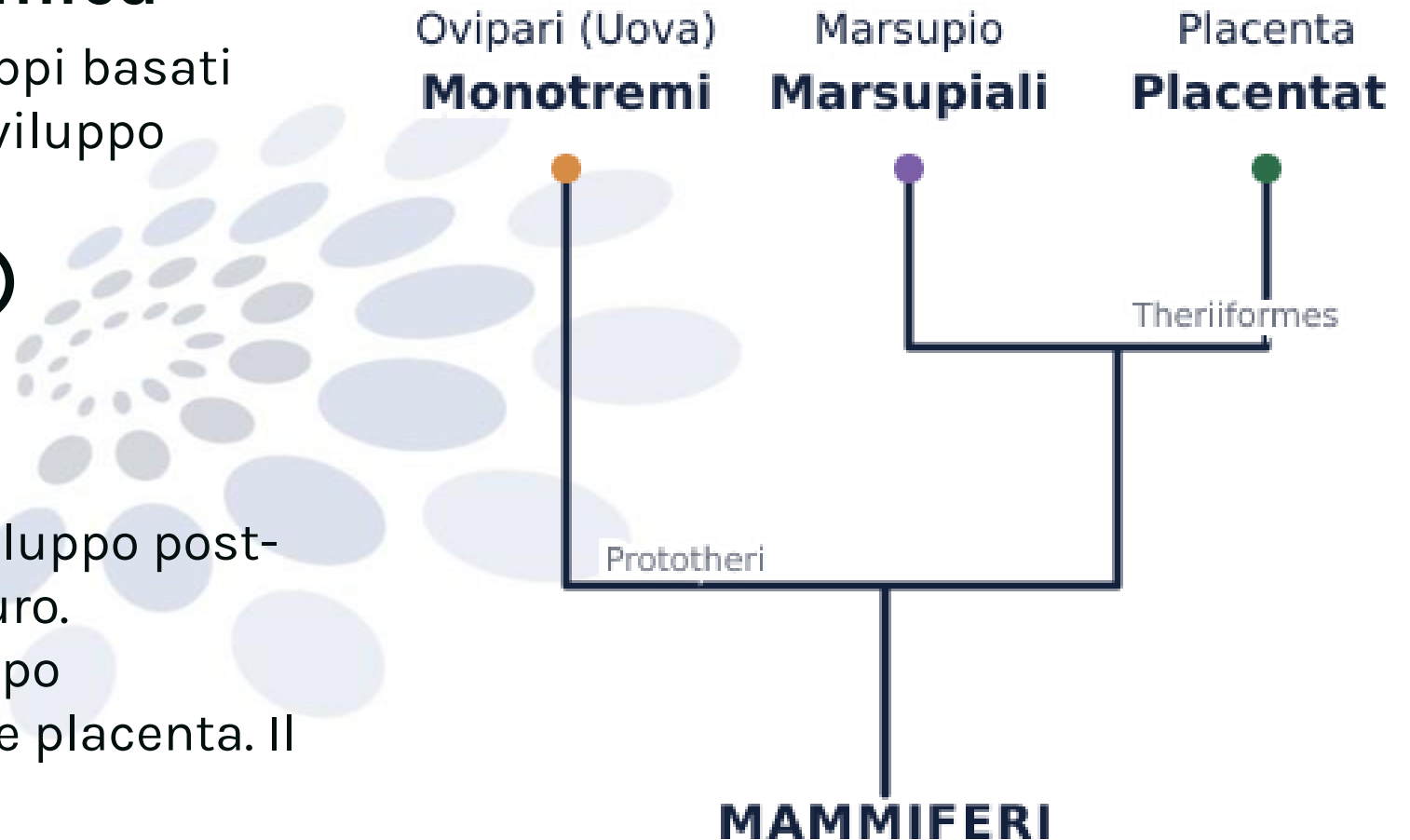
I mammiferi si dividono in tre gruppi basati sulla modalità di riproduzione e sviluppo embrionale.

1. Prototheri (Monotremi)

Ovipari (uova). Es. Ornitorinco.

2. Theriiformes

- **Marsupiali (Metatheria):** Sviluppo post-natale in marsupio. Es. Canguro.
- **Placentati (Eutheria):** Sviluppo intrauterino completo tramite placenta. Il gruppo più diversificato.



Tendenze Evolutive verso i Mammiferi

1

Palato Secondario

Separazione dei passaggi nasale e orale, permettendo la masticazione simultanea alla respirazione.



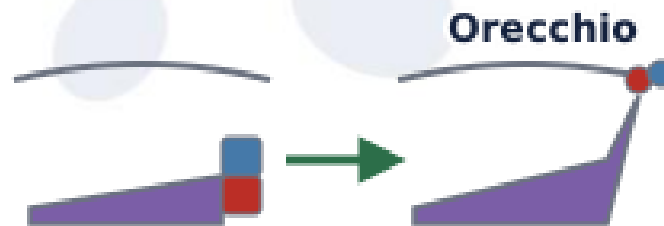
2

Orecchio

Riduzione dell'osso quadrato e articolare, che migrano per formare la martello e l'incudine.

Cinodonti

Mammiferi



Migrazione delle ossa della mascella

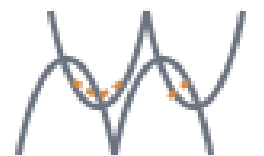
3

Dentizione

Sviluppo della difiodonzia (due dentizioni: lattea e definitiva) e occlusione precisa.



Semplice
incastro



Occlusione
precisa

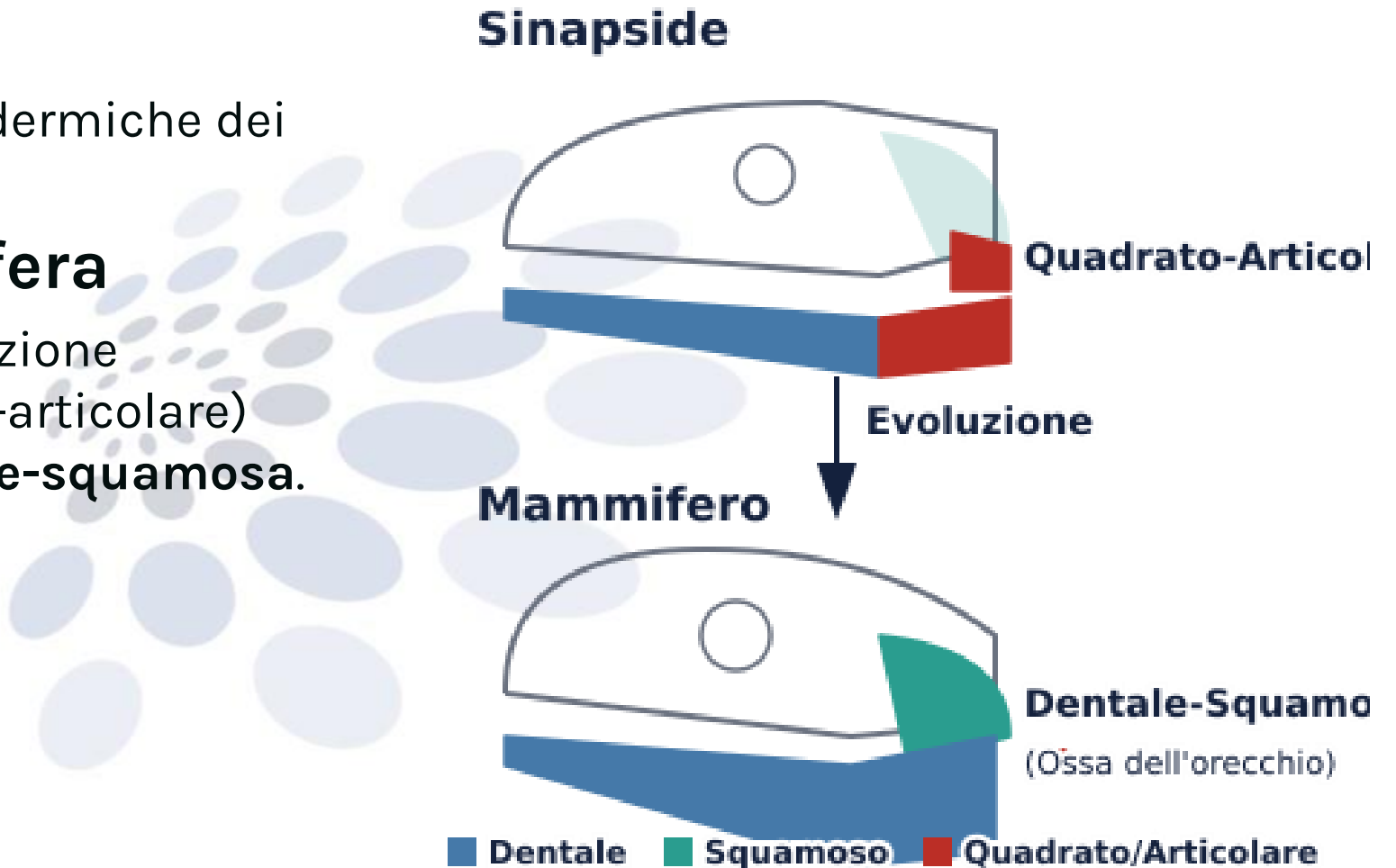
Cranio e Mandibola

Riduzione delle Ossa

Passaggio dalle numerose ossa dermiche dei pesci ai mammiferi (neocranio).

L'Articolazione Mammifera

Nei Cynodonti avanzati, l'articolazione mandibolare primaria (quadrato-articolare) viene sostituita da quella **dentale-squamosa**.

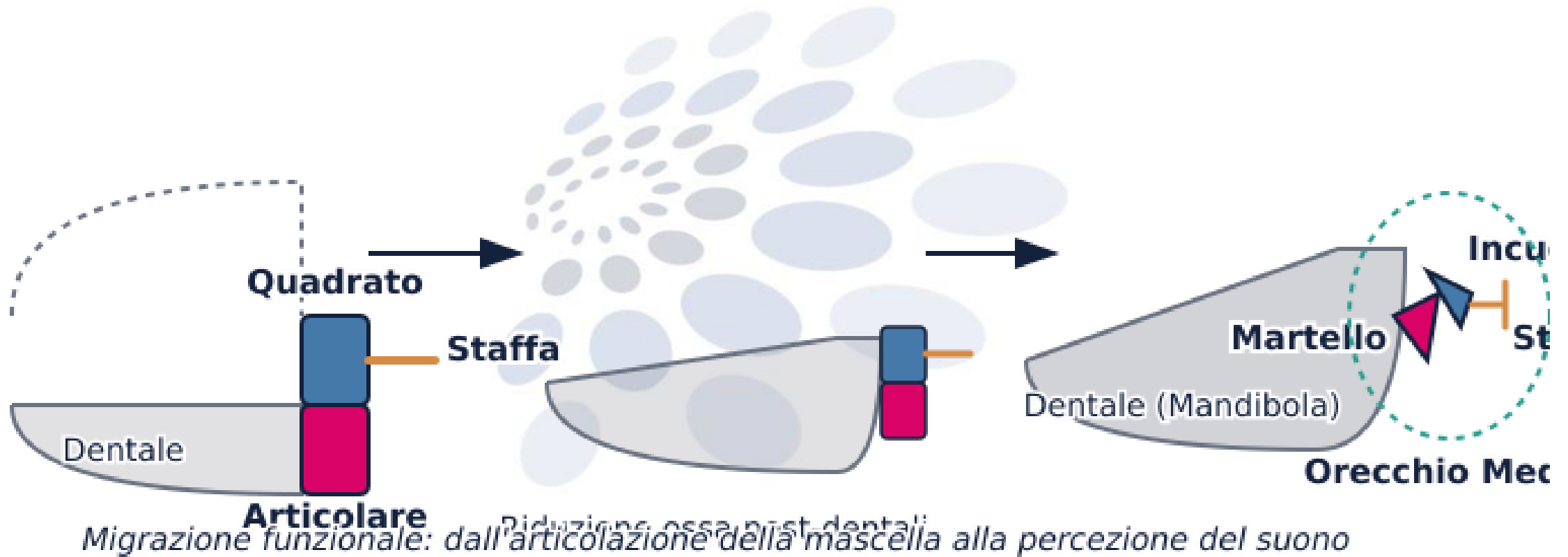


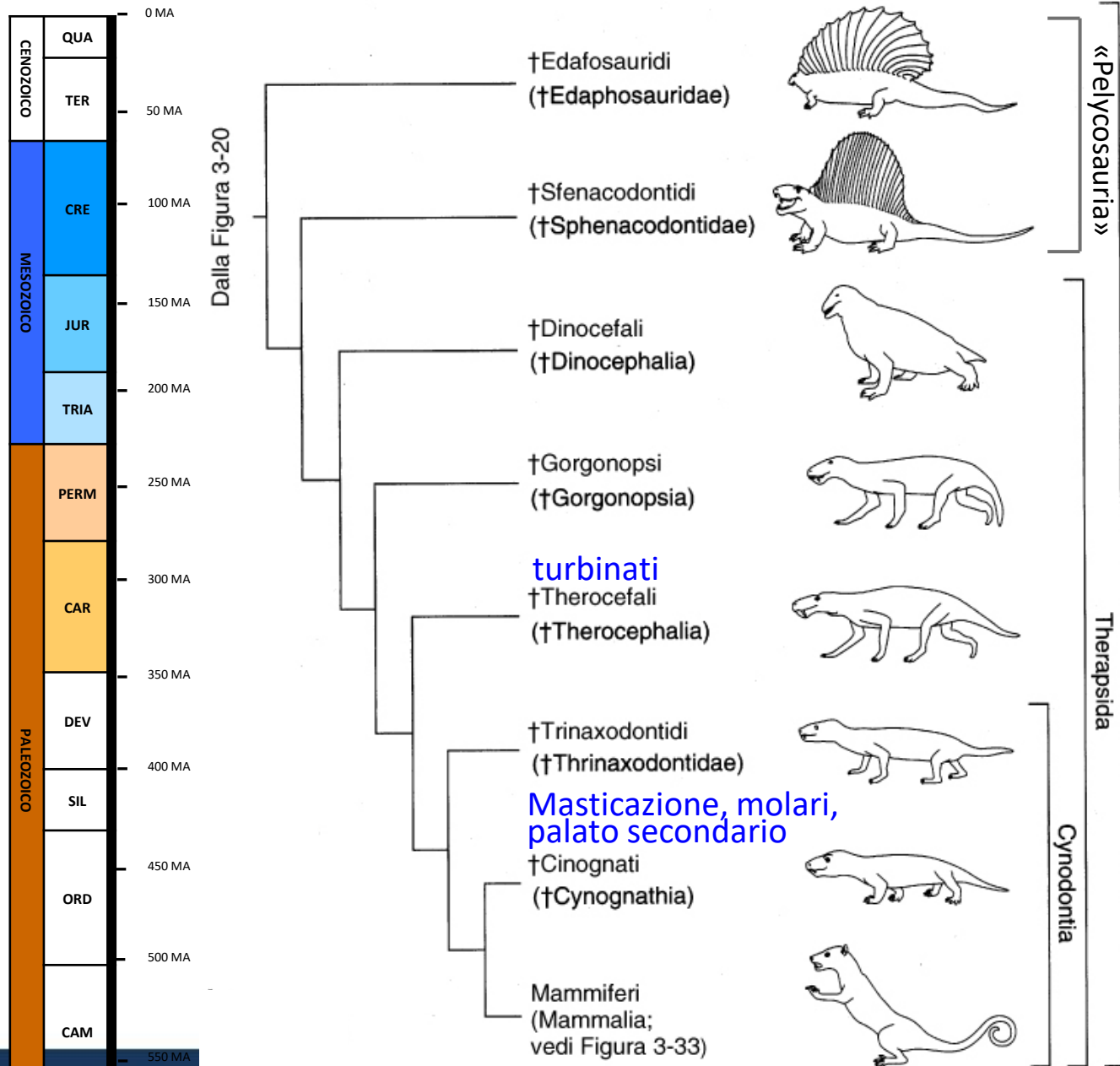
Evoluzione dell'Apparato Uditivo

Synapside Basale

Cinodonte

Mammifero





Erbivori

Carnivori

Erbivori

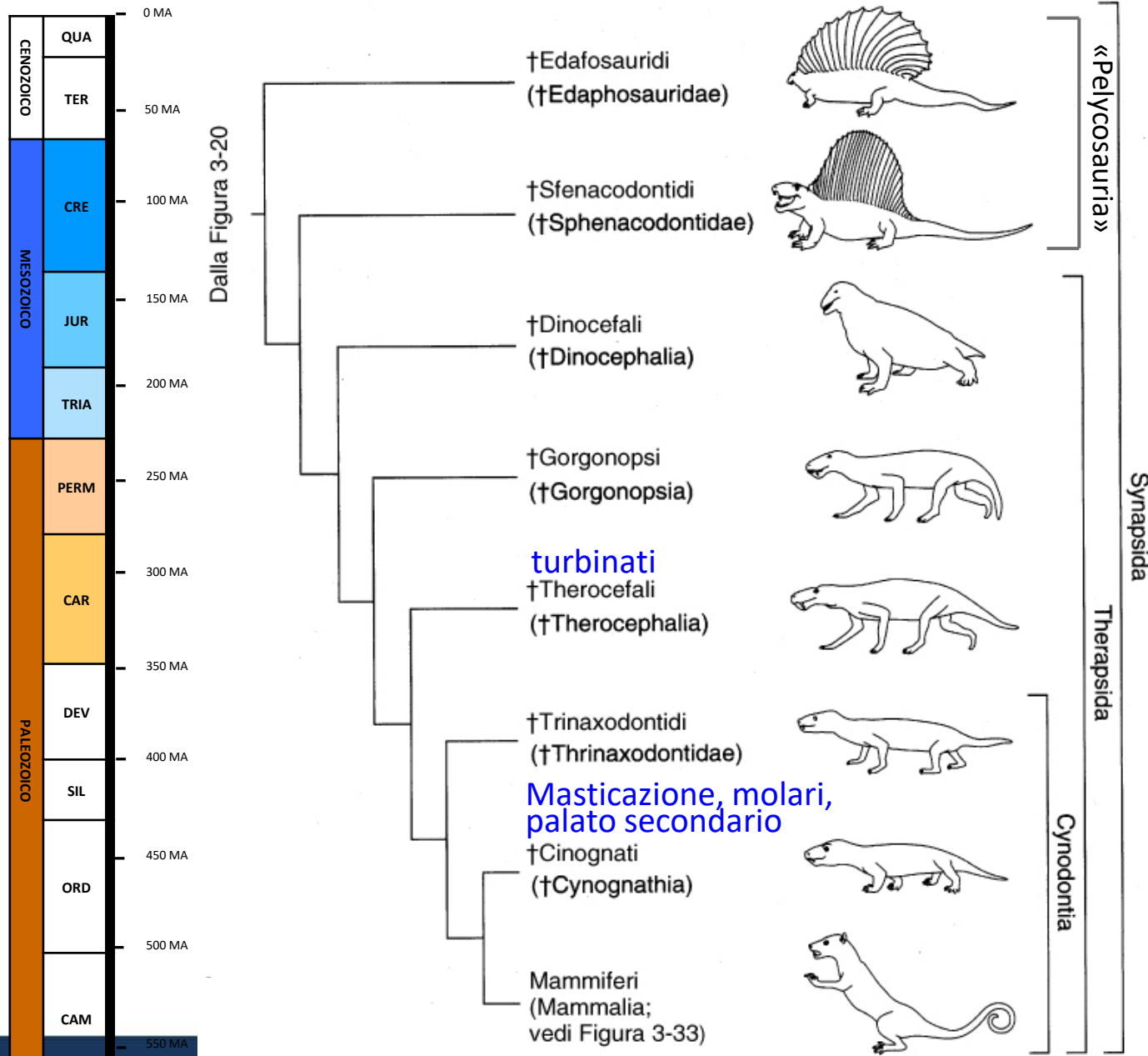
Carnivori

Conche nasali, o turbinati. Queste sono costituite da creste ossee rivestite da una tonaca mucosa vascolarizzata. nei mammiferi attuali le conche nasali hanno il ruolo di umidificare l'aria durante il passaggio nelle vie nasali e di scambiare calore tra aria e sangue. Questo indicherebbe già nei terapsidi non mammiferi una modificazione del metabolismo verso l'endotermia.

FIGURA 3-31

Filogenesi di sinapsidi attuali e fossili, nella quale è messa in evidenza l'origine dei mammiferi (Mammalia).

Liem, Bemis, Walker, Grande
Anatomia comparata dei Vertebrati
EdiSES



I cinodonti (Cynodontia). Il gruppo include i moderni mammiferi e i loro antenati estinti. Erano sinapsidi di piccole e medie dimensioni, molto attivi. L'elevato metabolismo necessitava di una rapida digestione degli alimenti per poterne sfruttare rapidamente l'energia contenuta. Compare quindi, per la prima volta nei sinapsidi, la masticazione, consentita da nuovi denti, i molari, mantenuti nei mammiferi attuali. Per potersi attuare, la masticazione necessitava dell'intera ristrutturazione del cranio, con lo sviluppo del palato secondario, che consentiva la contemporanea respirazione

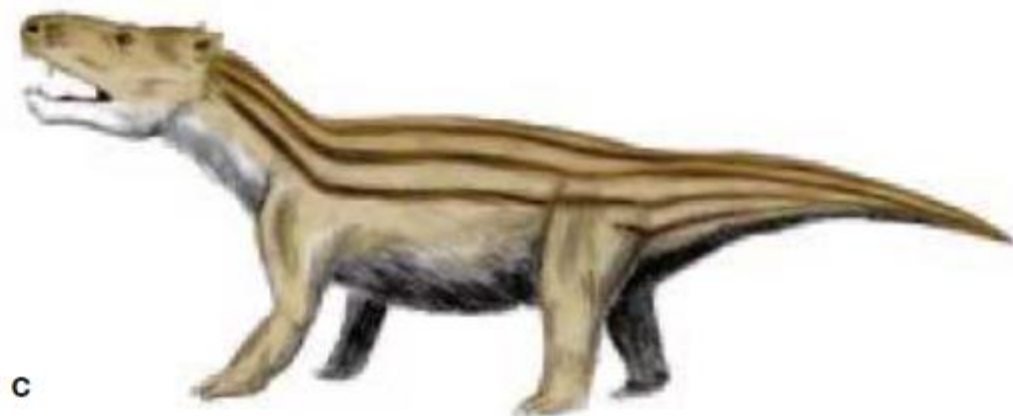
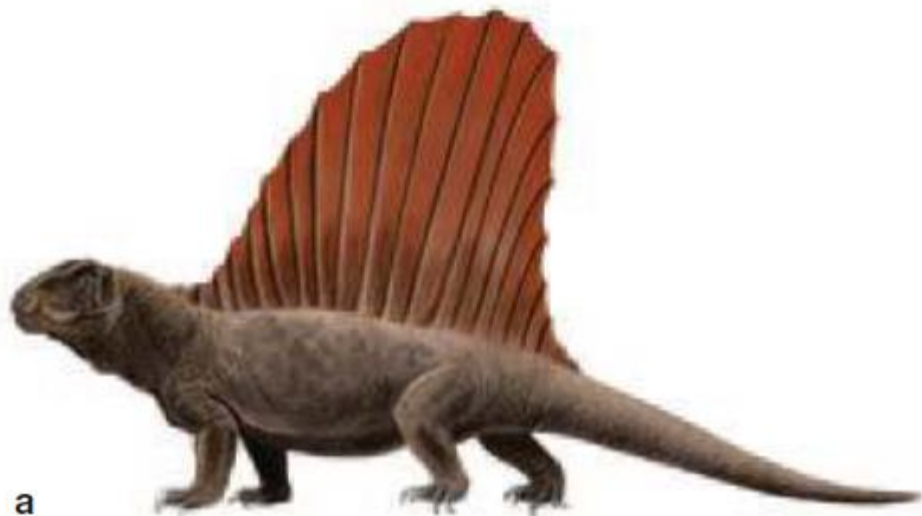


Figura 2.35 Sinapsidi non mammiferi. a, Dimetrodonte, *Dimetrodon* (ordine: *Pelycosauria*). b, Lichenope (*Lycaenops*; famiglia: *Gorgonopsia*). c, *Cynognathus* (sottordine: *Cynodontia*) (c, pgc Nobumichi Tamura).

Estinzione e Sopravvivenza



La Crisi del Permiano-Triassico

L'estinzione di massa più grave (252 Ma) decimò i Pelicosauri e molti Terapsidi.

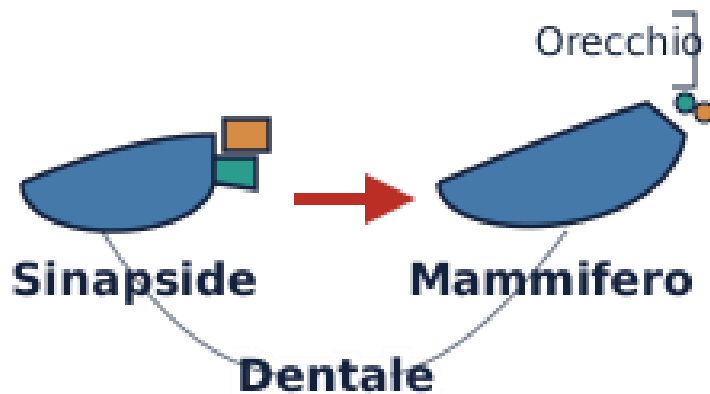
I Superstiti

Solo pochi lignaggi di Terapsidi, tra cui i **Cynodonti** e i **Dicinodonti** (come *Lystrosaurus*), sopravvissero per diversificarsi nel Mesozoico.

Da Cynodonte a Mammifero

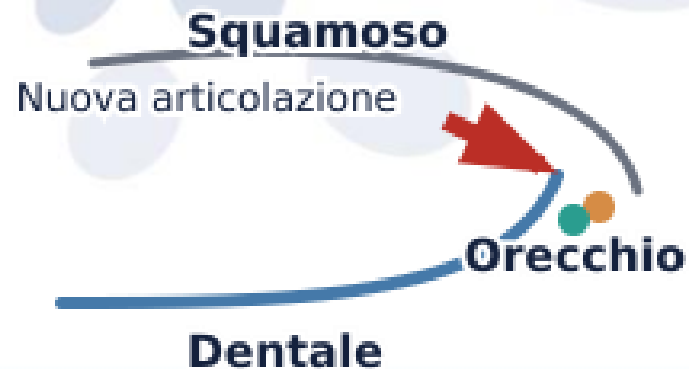
Mandibola Unica

La dentaria diventa l'unico osso della mandibola.



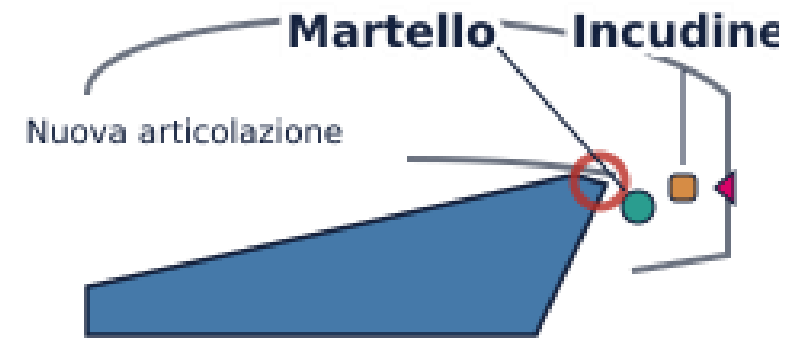
Articolazione Nuova

Formazione dell'articolazione dentale-squamosa.



Ossa dell'Orecchio

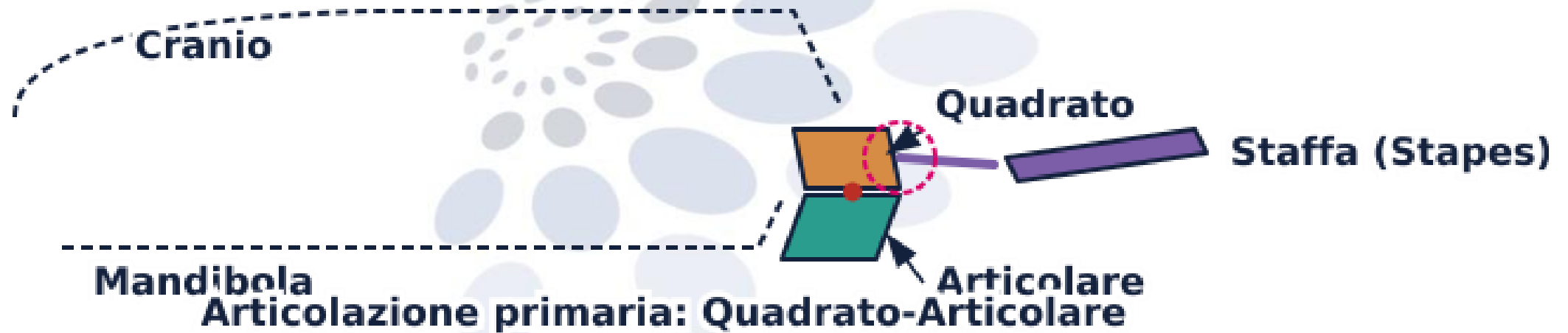
Vecchie ossa della mascella diventano martello e incudine.



Evoluzione della Mandibola e dell'Orecchio

Condizione Ancestrale

Nei primi tetrapodi e rettili, la mandibola ha più ossa. L'articolazione primaria è tra osso quadrato (cranio) e osso articolare (mandibola).



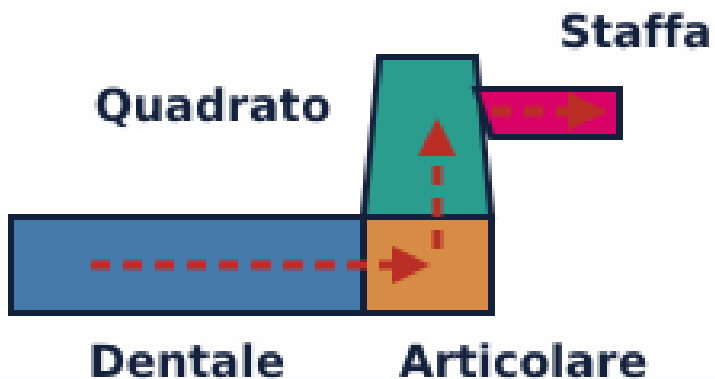
Condizione Mammaliforme

Articolazione mandibolare in mammiferi: dentale-squamoso. Ossa quadrate/articolare diventano incudine/martello nell'orecchio medio. Sinapomorfia chiave.

Transizione dell'Orecchio Medio

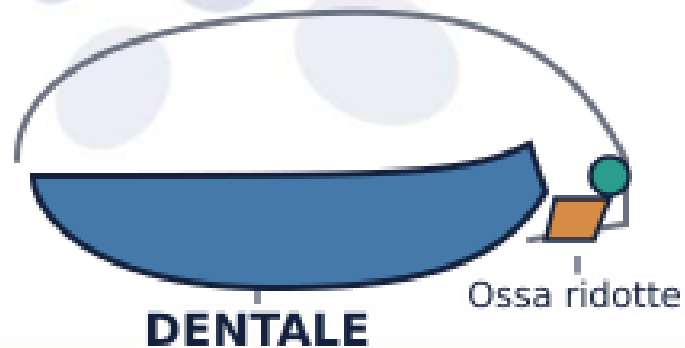
Fase 1: Articolazione

Nello stato rettiliano, l'articolazione mascellare trasmette le vibrazioni al cranio tramite l'osso quadrato.



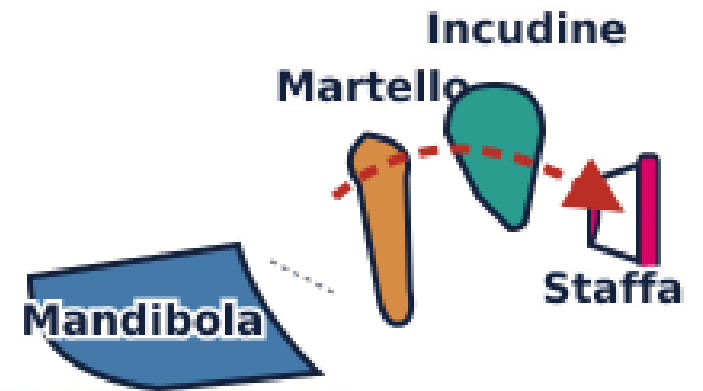
Fase 2: Riduzione

Nei Cynodonti avanzati, il dentale si ingrandisce mentre post-dentale, quadrato e articolare si riducono.



Fase 3: Mammalia

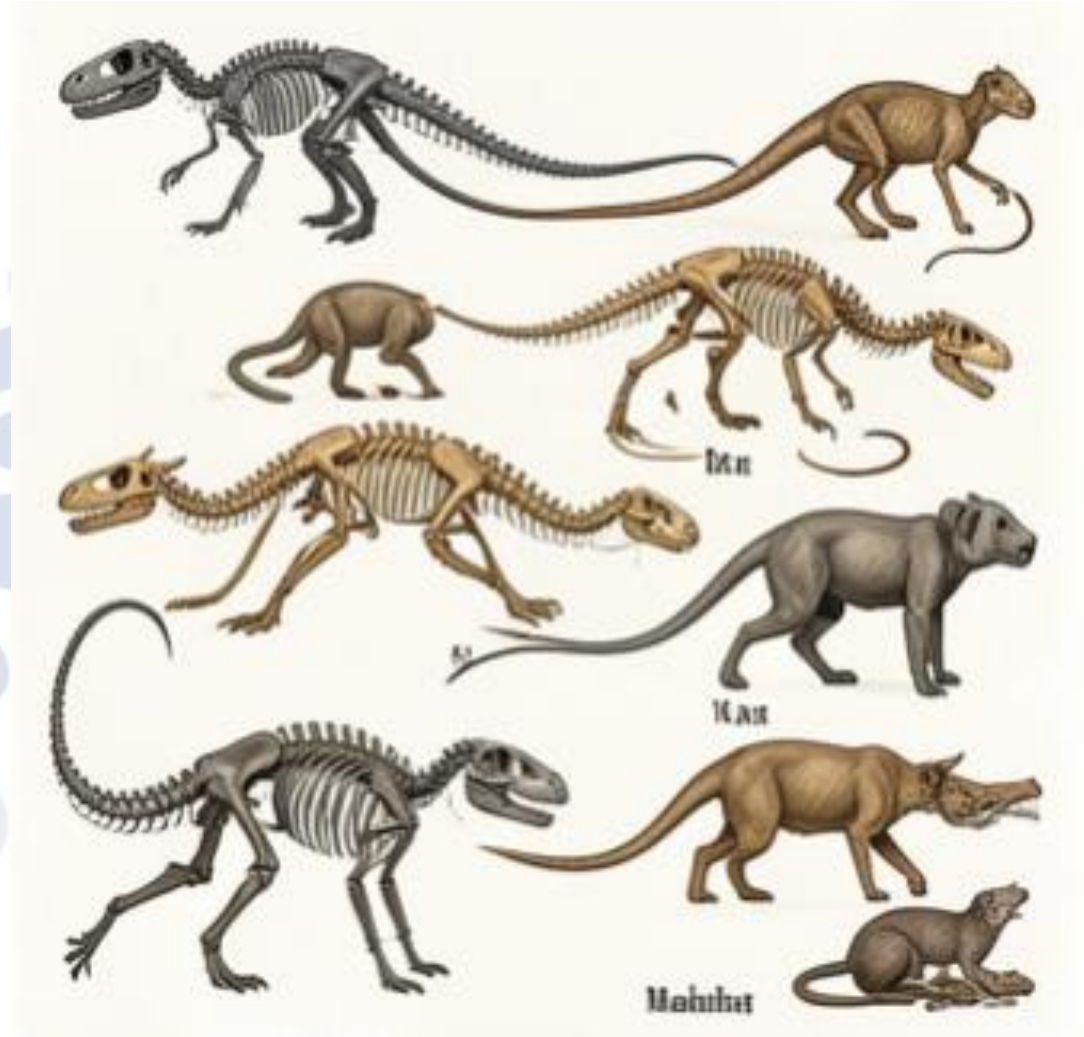
Le ossa si staccano dalla mandibola formando la catena degli ossicini (Martello, Incudine, Stapes) per l'udito aerea.



Importanza Paleontologica

La Storia dei Mammiferi

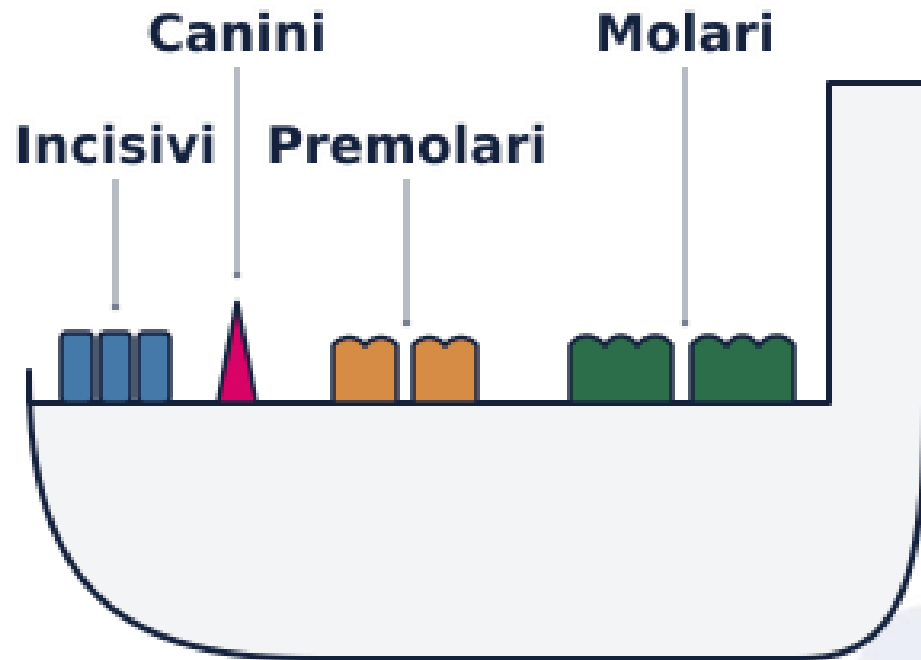
Studiare i sinapsidi estinti è studiare la nostra profonda storia evolutiva. Rivelano come i complessi adattamenti mammaliani (udito, masticazione, locomozione) si siano sviluppati gradualmente nel corso di 100 milioni di anni.



MAMMIFERI

- MARTELLO, INCUDINE E STAFFA
- COCLEA
- ARTICOLAZIONE TRA DENTALE E SQUAMOSO
- ATTIVI, AGILI, ENDOTERMICI, GRANDI CERVELLI
- COMPORTAMENTI SOCIALI, ALIMENTARI E RIPRODUTTIVI COMPLESSI
- SINAPOMORFIA: PELLICCIA
- TURBINATI: FILTRARE, INUMIDIRE, SCALDARE L'ARIA. ODORATO ACUTO
- PADIGLIONE AURICOLARE
- DENTI: **INCISIVI, CANINI, PREMOLARI**, MOLARI. **SOSTITUITI: DIFIODONTI**
- GHIANDOLE MAMMARIE

La Dentizione: Ieterodontia



Mandibola (Vista laterale)

Differenziazione dei Denti

A differenza di molti rettili (omodonti), i mammiferi possiedono denti eterodonti, specializzati per funzioni diverse.

Tipologia Dentaria

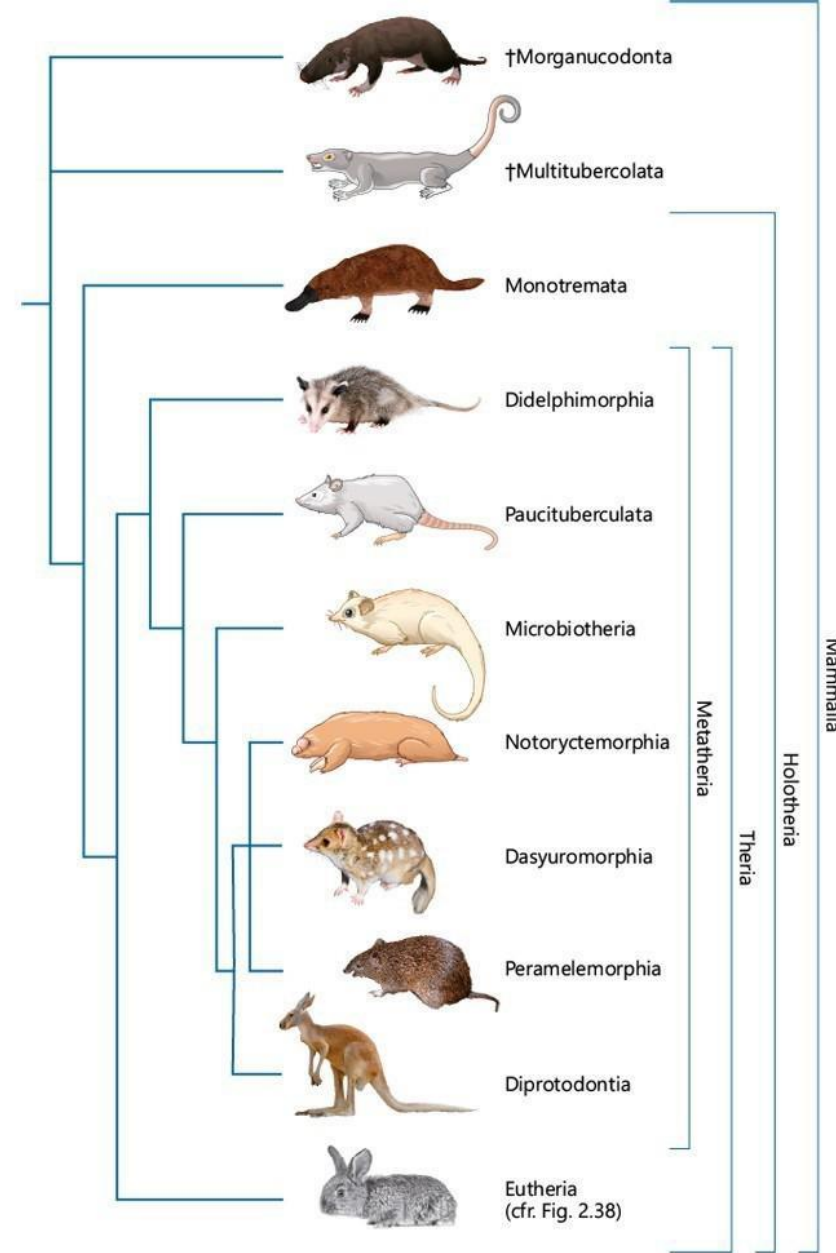
- **Incisivi:** Taglio ($n=I$).
- **Canini:** Strappo ($n=C$).
- **Premolari:** Triturazione ($n=P$).
- **Molari:** Macinazione fine ($n=M$).

La formula dentaria è fondamentale per la tassonomia.

I primi mammiferi (Mammalia) del mesozoico erano contemporanei dei sauropsidi, costituiti principalmente da dinosauri. Tuttavia, la loro nicchia ecologica era molto diversa da quella dei dinosauri. Innanzitutto avevano dimensioni simili a quelle di un toporagno e di uno scoiattolo, erano probabilmente notturni e la dentatura fa pensare a una dieta insettivora.

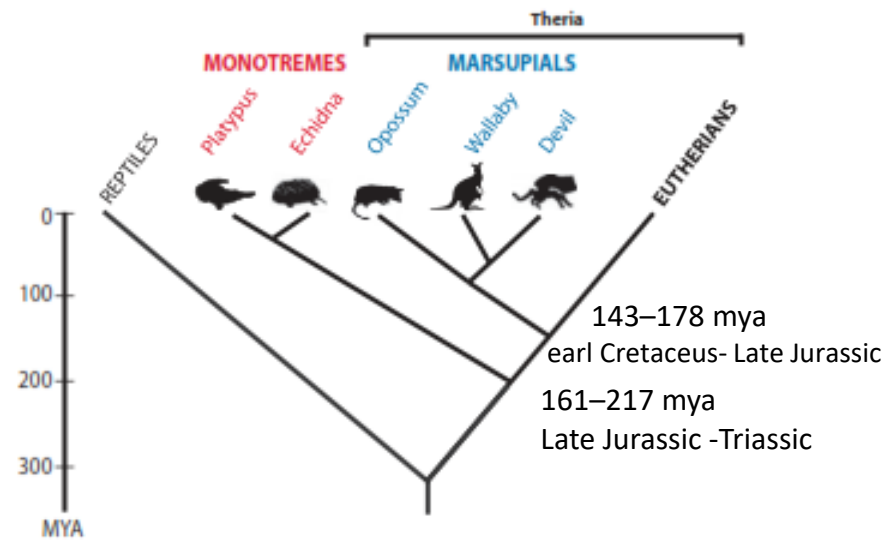
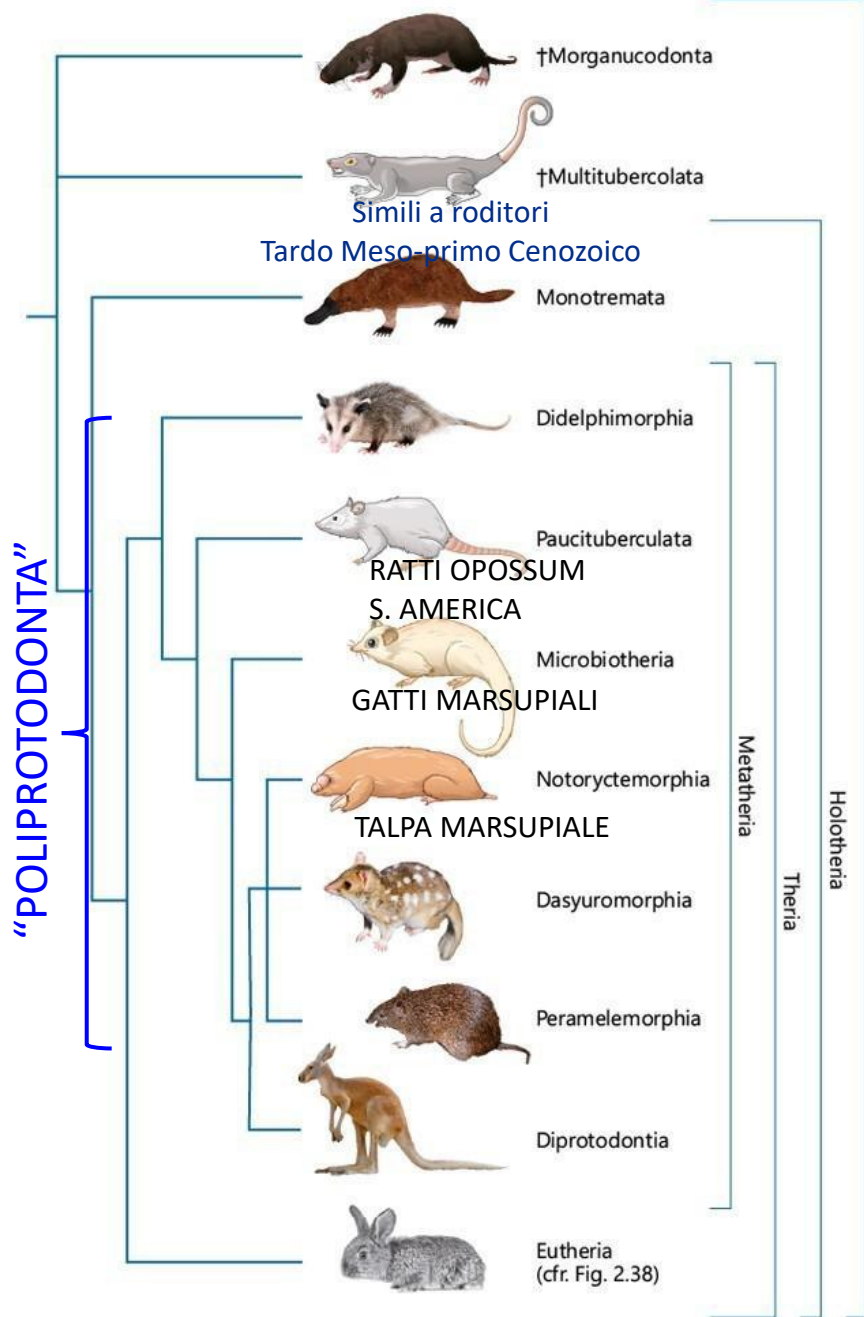
Mammiferi

- Morganucodonti
- Multituberculati
- Oloteri



© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a
FIORELLA FLORIAN



Cytogenet Genome Res 2012;137:113-129



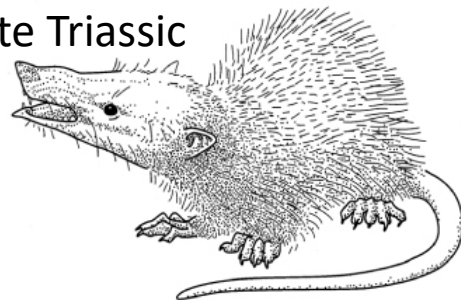
Figura 2.36

Filogenesi di mammiferi attuali e fossili, nella quale è messa in evidenza la diversità dei marsupiali (Metatheria) e l'origine dei mammiferi placentati (Eutheria).

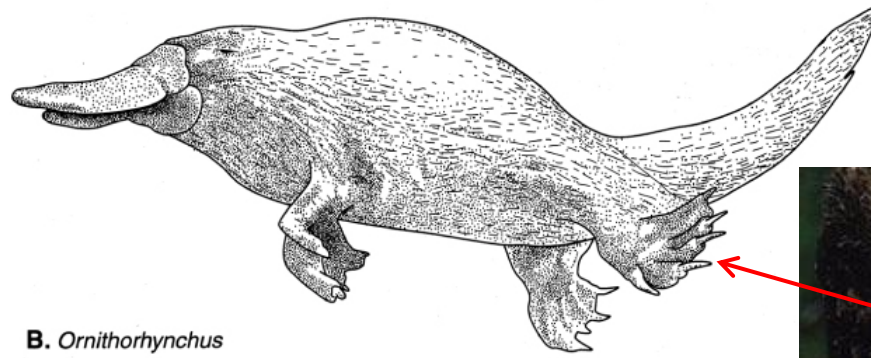
La tradizionale sistematica, supportata anche dalla filogenesi molecolare, considera i mammiferi attuali suddivisi in due linee: monotremi e teri.

La divergenza dei monotremi è avvenuta prima della divergenza, all'interno dei teri, dei metateri (marsupiali) dagli euteri (mammiferi placentati).

Late Triassic

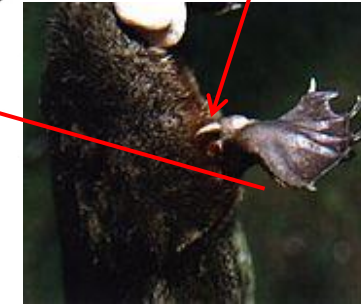


A. †*Morganucodon* 10-15cm



B. *Ornithorhynchus*

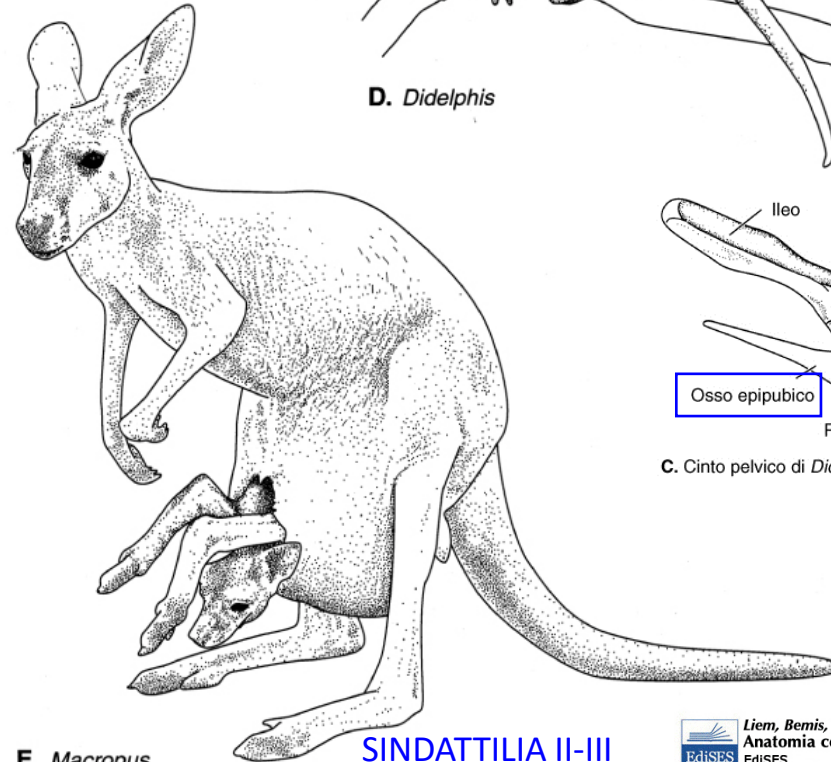
Sperone velenoso



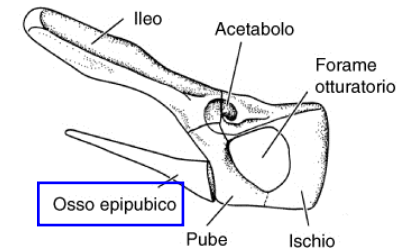
C. *Tachyglossus* e *Zaglossus*
4 specie



D. *Didelphis*



E. *Macropus*



C. Cinto pelvico di *Didelphis*

FIGURA 3-34

Mammiferi rappresentativi. A, Ricostruzione di un mammifero del Mesozoico, †*Morganucodon*. B, Ornitorinco, *Ornithorhynchus*. C, Echidna australiana, *Thachyglossus*. D, Opossum della Virginia, *Didelphis*. E, Canguro rosso, *Macropus*, con un piccolo nel marsupio.



Classificazione dei Mammiferi Viventi

I mammiferi viventi si dividono in tre gruppi principali basati sulla strategia riproduttiva e sull'anatomia:

1. **Prototheria (Monotremi):** Ovipari.
2. **Metatheria (Marsupiali):** Vivipari con breve gestazione e sviluppo nel marsupio.
3. **Eutheria (Placentati):** Vivipari con placenta invasiva e lunga gestazione intrauterina.

Oggi ci concentreremo sui primi due gruppi, che rappresentano le linee evolutive più basali.

Monotremi: Caratteristiche Generali

Distribuzione e Taxa

Ristretti all'Australia e Nuova Guinea.
Comprendono solo 5 specie:

- **Ornitorinco** (*Ornithorhynchus anatinus*).
- **4 specie di Echidna** (Tachyglossidae).

Mosaico Evolutivo

I monotremi combinano tratti rettiliani ancestrali e tratti mammaliani derivati, rendendoli un gruppo chiave per lo studio dell'anatomia comparata.



Anatomia Comparata: Monotremi

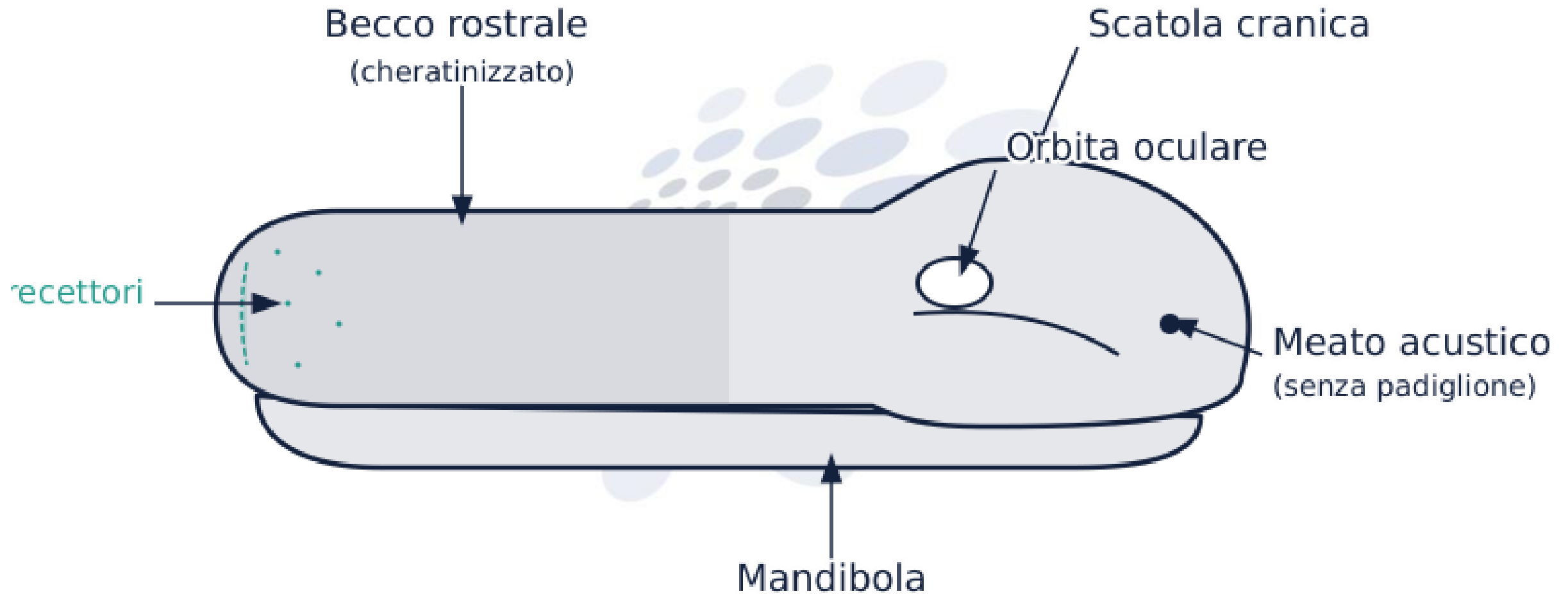
Tratti 'Rettiliani' (Plesiomorfie)

- **Riproduzione:** Ovipari (depongono uova con guscio coriaceo).
- **Cloaca:** Un unico orifizio per uova, urina e feci (da cui il nome Monotrema).
- **Scheletro:** Cintura scapolare robusta e spalle rigide (struttura a 'corredo').
- **Temperatura:** Costante corporea bassa (32°C) e fluttuante.

Tratti Mammaliani (Apomorfie)

- **Pelliccia:** Corpo coperto di pelo.
- **Allattamento:** Ghiandole mammarie (senza capezzolo, il latte sgorga dalla pelle).
- **Orecchio Medio:** Presenta i 3 ossicini (anche se la struttura della bulla timpanica differisce).
- **Emoglobina:** Simile a quella degli altri mammiferi.

Anatomia Cranica dell'Ornitorinco

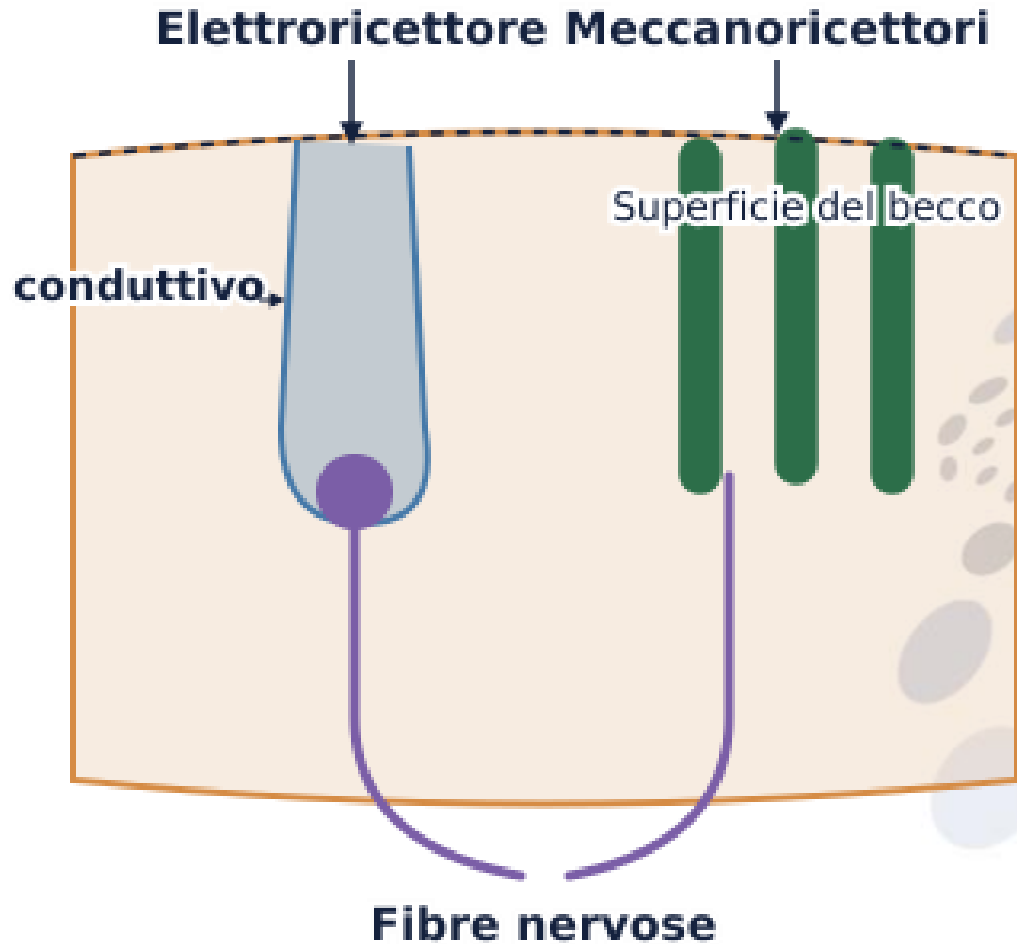


Monotremi:

- Ovipari
- Assenza padiglione auricolare
- Assenza di capezzoli
- Cloaca

Le echidne
L'ornitorinco

Specializzazioni Uniche



Elettrorecezione

L'ornitorinco possiede un becco altamente sensoriale ricoperto di circa 40.000 recettori elettrorecettivi e meccanocettori. Chiude occhi, orecchie e naso sott'acqua e caccia rilevando i campi elettrici generati dai muscoli delle prede (gamberi, vermi).

Veleno

I maschi di ornitorinco possiedono uno sperone velenifero sulle zampe posteriori, usato nelle competizioni intraspecifiche. Questo è un tratto raro tra i mammiferi.

Marsupiali: Metatheria

Definizione

I Metatheria (o Marsupiali) sono mammiferi vivipari caratterizzati da una gestazione molto breve e un prolungato sviluppo post-natale (lattazione) esterno all'utero, tipicamente all'interno di un marsupio.

Distribuzione

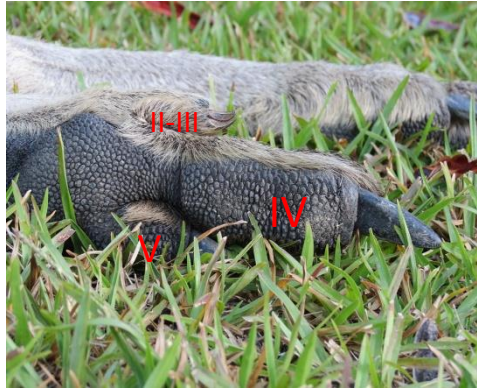
La maggior parte si trova in Australasia (Australia, Nuova Guinea), ma esistono specie nelle Americhe (opossum).



Ordine Diprotodontia

- coppia di larghi incisivi sulla mandibola
- sindattilia (piede)

SINDATTILIA



Macropus giganteus
By Donald Hobern (Copenhagen, Denmark)



Wallaby



Trichosurus vulpecula
Possum (opossum australiano)



Phascolarctos cinereus



Petaurus breviceps
Scoiattolo dello zucchero
"scoiattolo volante"

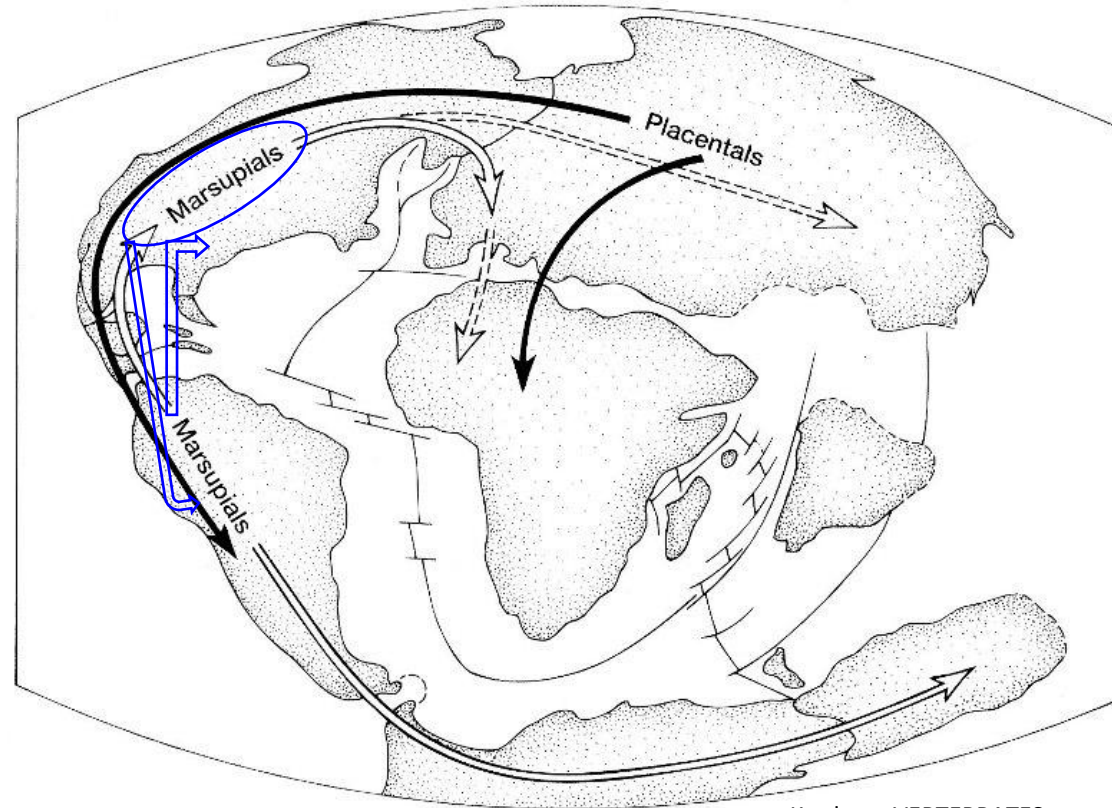


Vombatus ursinus



Hypsiprymnodon moschatus
Ratto canguro

RADIAZIONE DEI THERI



Kardong, VERTEBRATES

Posizione dei continenti durante il tardo Mesozoico. Sebbene oggi la maggior parte dei marsupiali vivano in Australia, probabilmente originarono nel tardo Cretaceo nel Nuovo Mondo. Da lì si sparsero in due direzioni: 1- durante l'Eocene in Europa e Nord Africa, sebbene si estinsero successivamente in entrambi i continenti (freccie tratteggiate); 2- attraverso l'America meridionale e l'Antartide in Australia, prima che questi continenti si separassero. I Placentati, originati nel vecchio mondo e diffusi nel Nuovo Mondo attraverso le connessioni che esistevano tra i continenti durante il Mesozoico

Metateri

Le attuali specie di metateri (Metatheria), o marsupiali (Marsupialia), sono distribuite in australasia (circa 200 specie) e in america centrale e meridionale (circa 70 specie) (Fig. 2.37 d, e). Un'unica specie (*Didelphis virginiana*) si trova anche in nord america. nonostante la più alta diversità sia in australasia, le filogenesi basate su dati molecolari e il dato paleontologico convergono nel proporre l'america meridionale come area di diversificazione dei metateri

Viviparo

Animale il cui embrione è accolto e si sviluppa nell'utero materno, che provvede alla sua nutrizione prevalentemente attraverso la placenta

Differenze Anatomiche: Metatheria vs Eutheria

Cranio e Dentizione

- **Denti:** Formula dentaria variabile. I marsupiali hanno spesso un numero elevato di incisivi (poliprotodontia), mentre i placentati tendono a ridurli.
- **Palato:** Alcuni hanno aperture palatine (forami).
- **Angolo della mandibola:** Spesso incurvato verso l'interno.

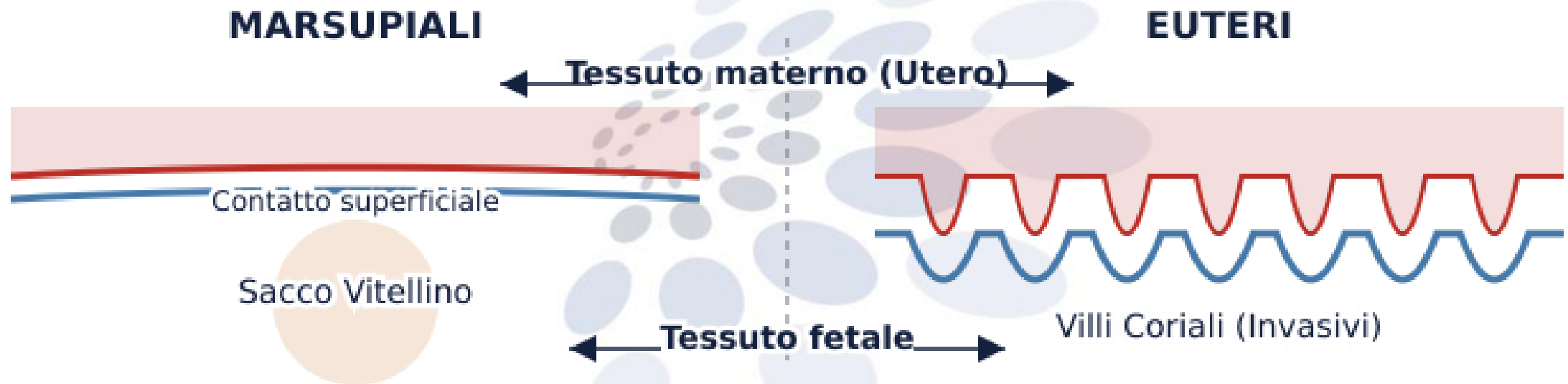
Piedi e Arti

- **Sindattilia:** Molti marsupiali hanno il 2° e 3° dito fusi (es. Diprotodontia come i canguri).
- **Piede opponibile:** Il 1° dito (alluce) è spesso opponibile o privo di unghia.
- **Coda:** Spesso prensile o usata come supporto (tripode).

Riproduzione: Gestazione e Placenta

Gestazione Breve

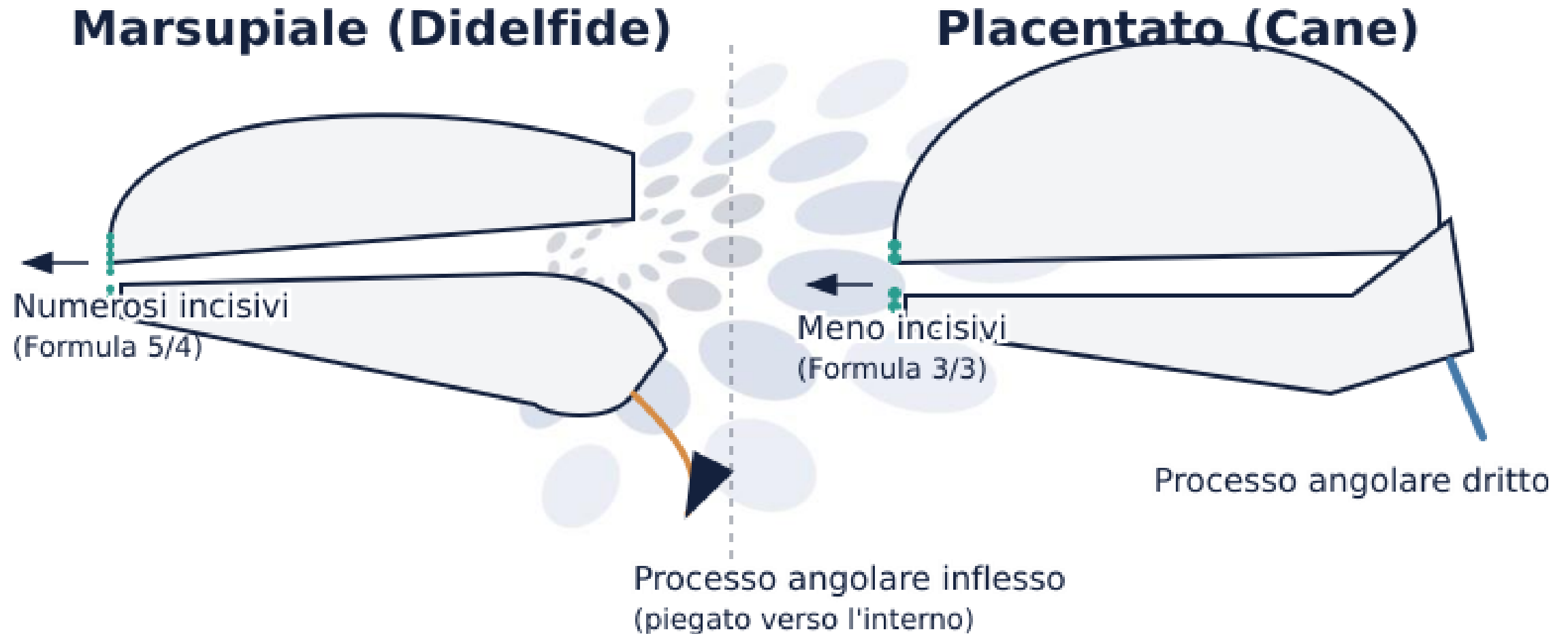
Placenta marsupiale corio-allantoidea, poco invasiva. Scarso trasferimento nutrienti per limitata fusione materno-fetale. Gravidanza: giorni/settimane.



Nascita e Marsupio

Il neonato (joey) nasce in uno stato larvale, striscia al marsupio, si attacca a un capezzolo e si sviluppa lì.

Anatomia Cranica: Didelphide vs Placentale

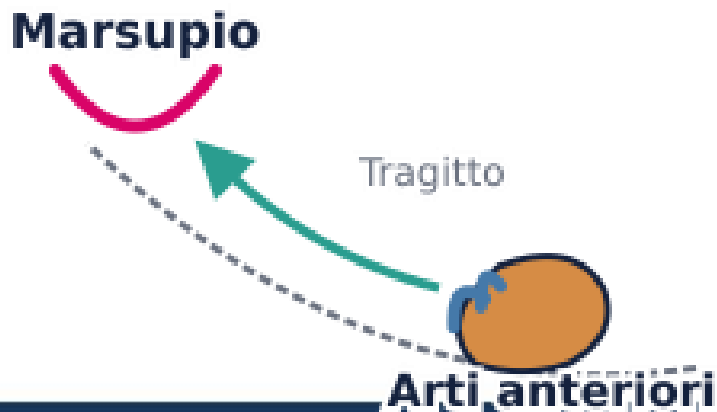


Ontogenesi dei Marsupiali

1

Fase 1: Parto

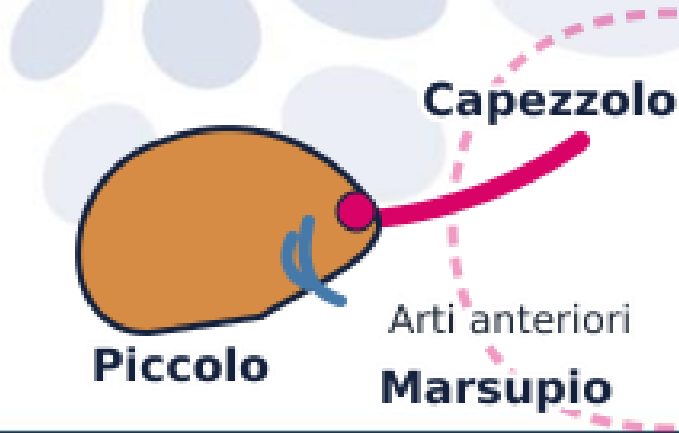
Il piccolo nasce dopo breve gestazione, usando gli arti anteriori ben sviluppati per arrampicarsi.



2

Fase 2: Attacco

Il giovane trova il capezzolo nel marsupio e si fissa saldamente per settimane.



3

Fase 3: Svezzamento

Dopo lo sviluppo nel marsupio, emerge ma continua ad allattarsi essendo trasportato.



Conclusioni e Prospettive

Sintesi

I Synapsidi mostrano una transizione anatomica graduale dai rettili ai mammiferi. L'evoluzione dell'orecchio medio e della mandibola sono i marcatori più evidenti.

Diversità

Monotremi e Marsupiali non sono 'forme inferiori', ma adattamenti evolutivi di successo. I monotremi conservano la riproduzione ovipara, mentre i marsupiali hanno ottimizzato la riproduzione con un investimento materno ridotto in utero e spostato successivamente nel marsupio.



Classificazione dei Mammiferi

I Tre Gruppi Principali

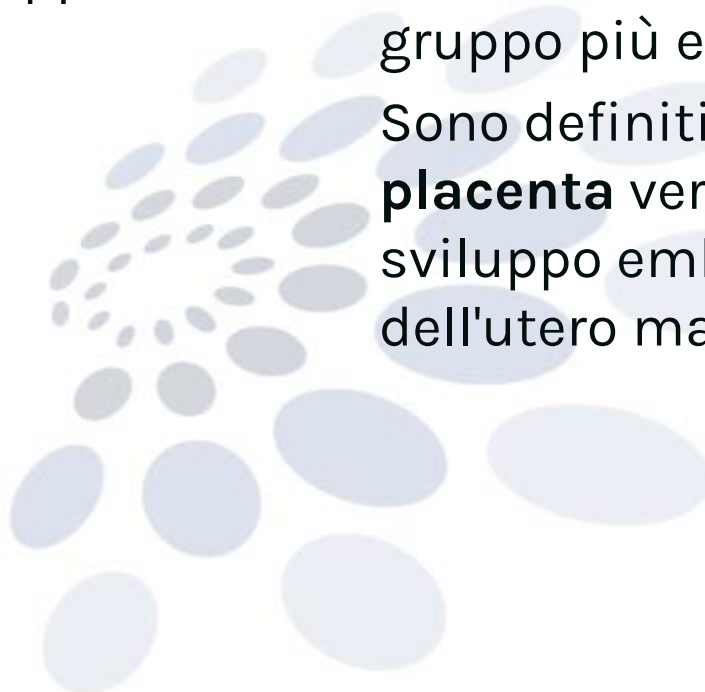
I mammiferi si dividono in tre gruppi basati sulla riproduzione:

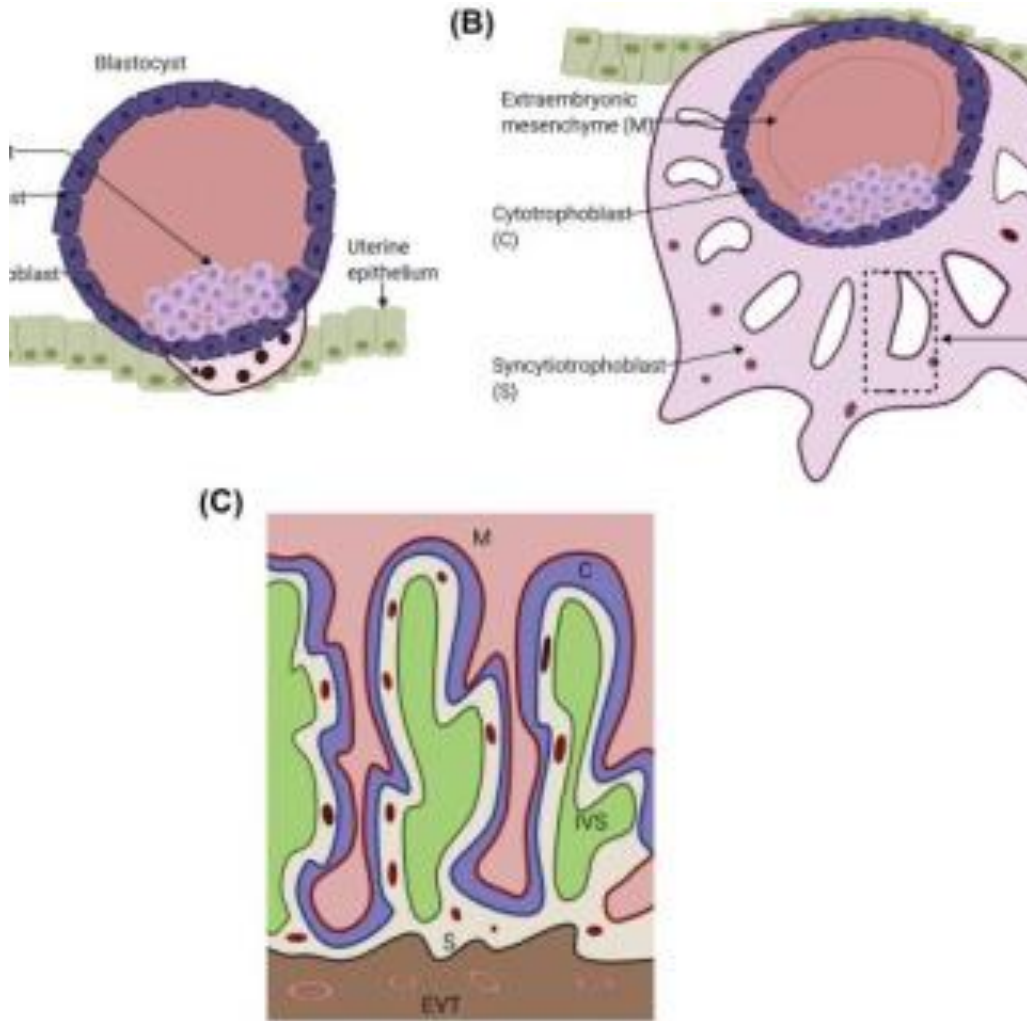
- **Prototheri** (Monotremi)
- **Metatheri** (Marsupiali)
- **Euteri** (Placentati)

Focus sugli Euteri

Questo corso si concentra sugli **Euteri**, il gruppo più evoluto e diversificato.

Sono definiti dalla presenza di una **placenta** vera e propria, che permette uno sviluppo embrionale prolungato all'interno dell'utero materno.





Evolutionary Architecture: The Vertebrate Placenta

A Comparative Analysis of Fetal-Maternal Interfaces in Mammalian Evolution

La Placenta: Concetti Chiave

Definizione e Funzione

La placenta è un organo temporaneo che connette il feto alla parete uterina.

Permette lo scambio di:

- **Nutrienti e ossigeno** dalla madre.
- **Rifiuti e anidride carbonica** dal feto.

Origine Embryologica

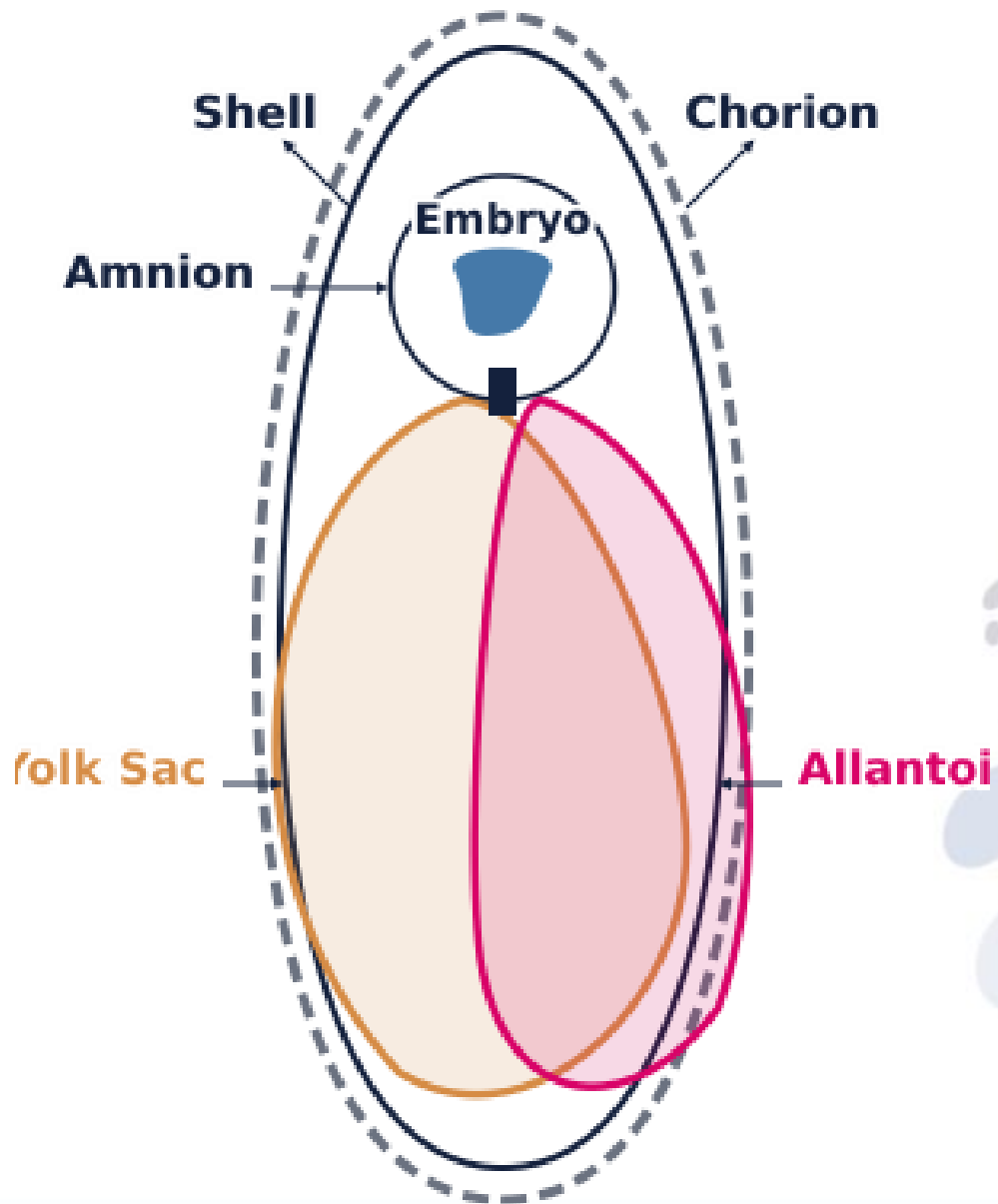
È un organo **corioallantoideo**.

Si forma dalla fusione del:

- **Corion** (derivato dal trofoblasto embrionale).
- **Allantoide** (membrana extra-embryonale fetale).

Questa combinazione è tipica degli euteri.

Classification by Extra-Embryonic Membranes



1

Choriovitelline

Found in most marsupials. The yolk sac develops a vascular connection with the chorion to interface with the uterine wall.

2

Chorioallantoic

The standard in Eutherians. The allantois provides the vasculature, fusing with the chorion to form the primary exchange surface.

Defining the Placenta: Not Just Mammalian

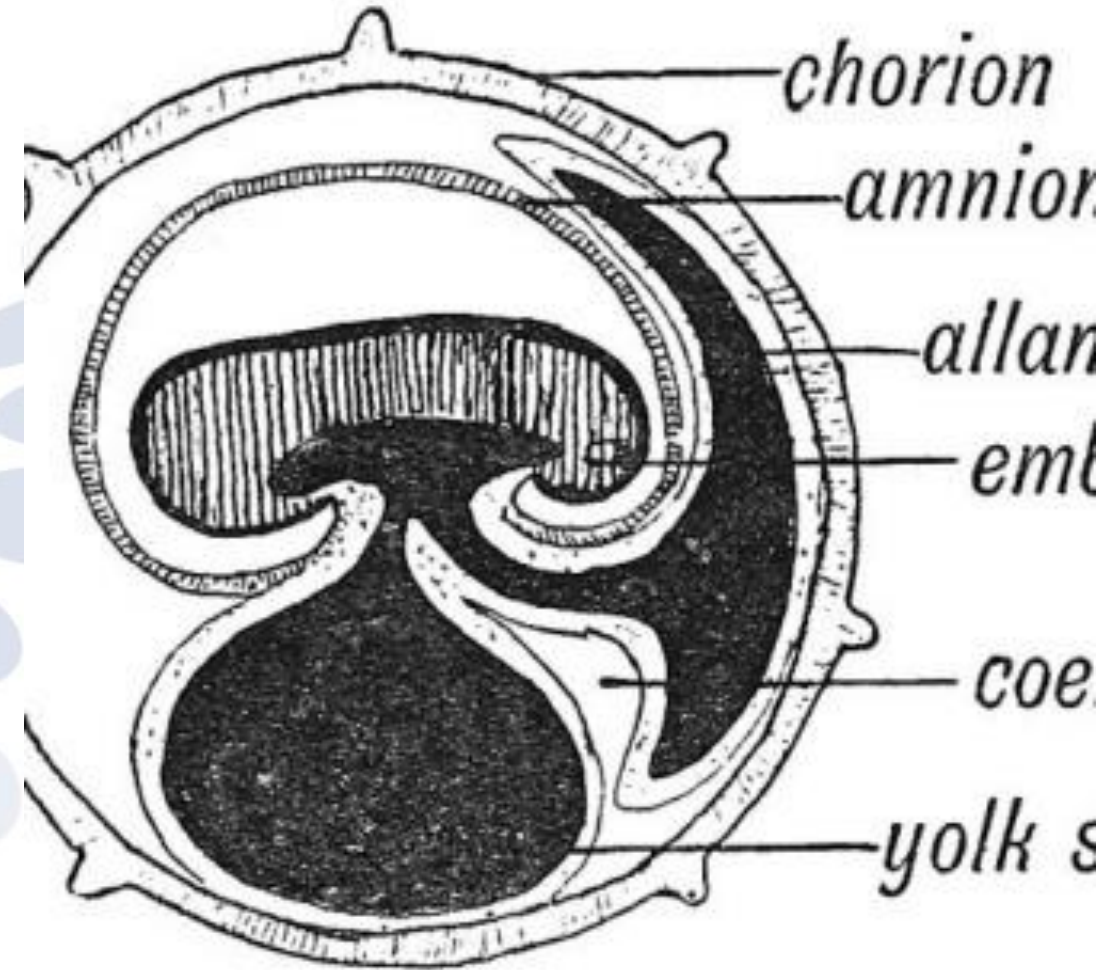
The Fetal-Maternal Connection

In anatomy, the placenta is an organ formed by the fusion of fetal membranes with the uterine mucosa for physiological exchange.

Phylogenetic Diversity

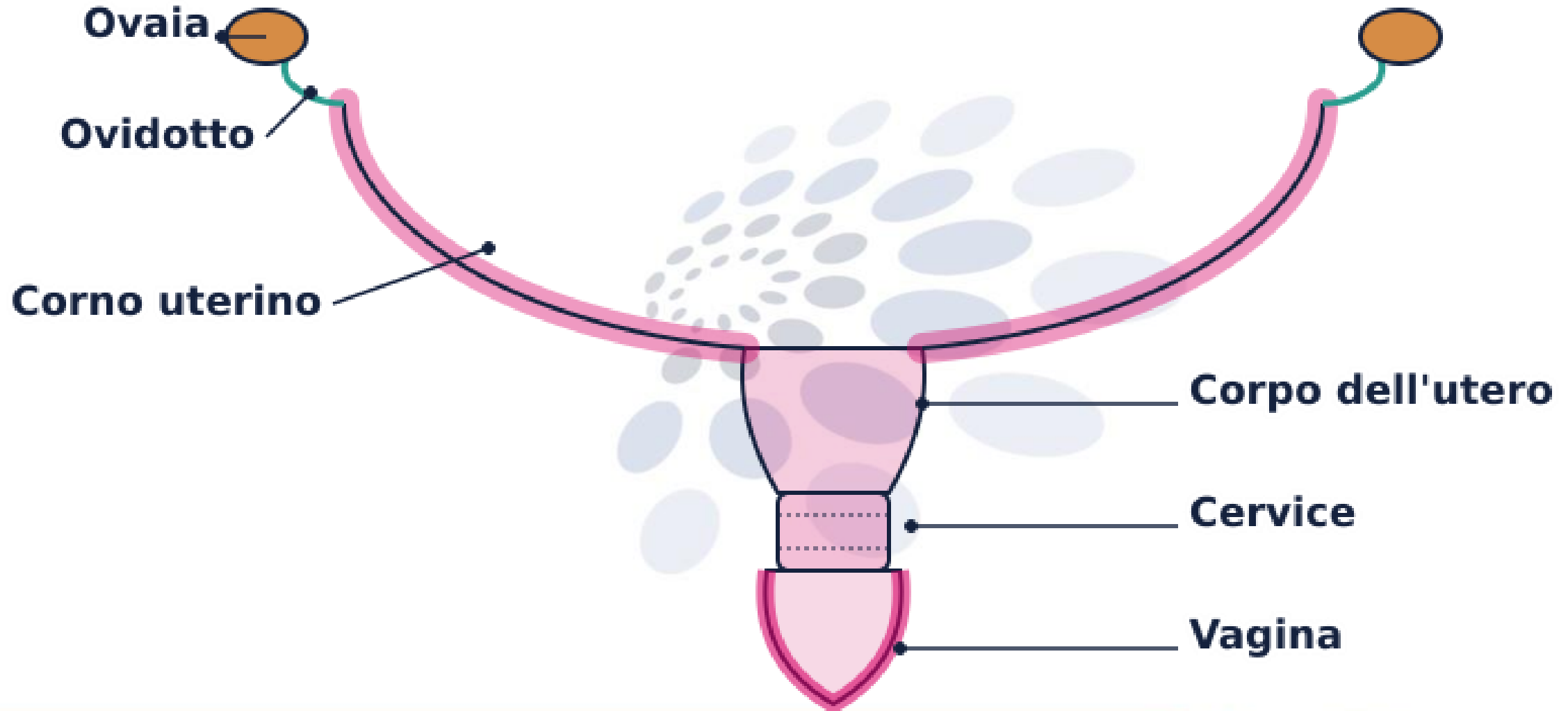
While associated with Eutherians, placental structures appear in diverse taxa:

- **Squamate Reptiles:** Some lizards and snakes have chorioallantoic placentas.
- **Metatherians:** Generally use a yolk-sac placenta.
- **Metabolic Cost:** Evolution marks a shift from lecithotrophy to matrotrophy.



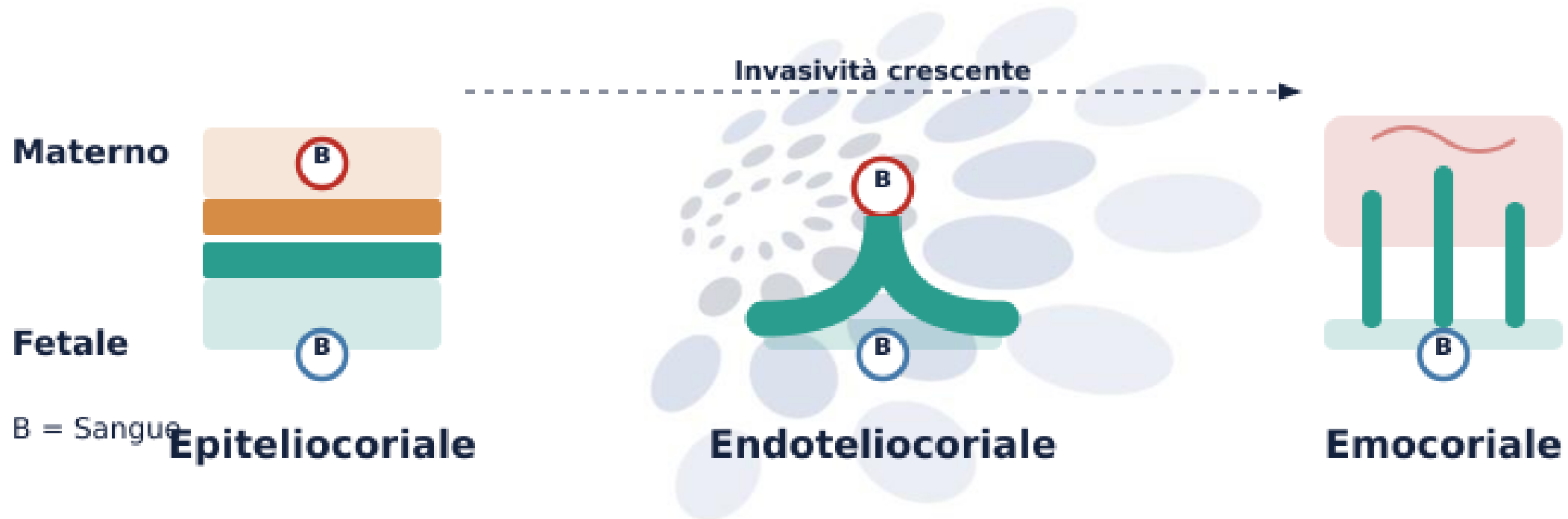
Anatomia Riproduttiva Femminile

Utero bicornato (Euteri)



Tipi di Placenta

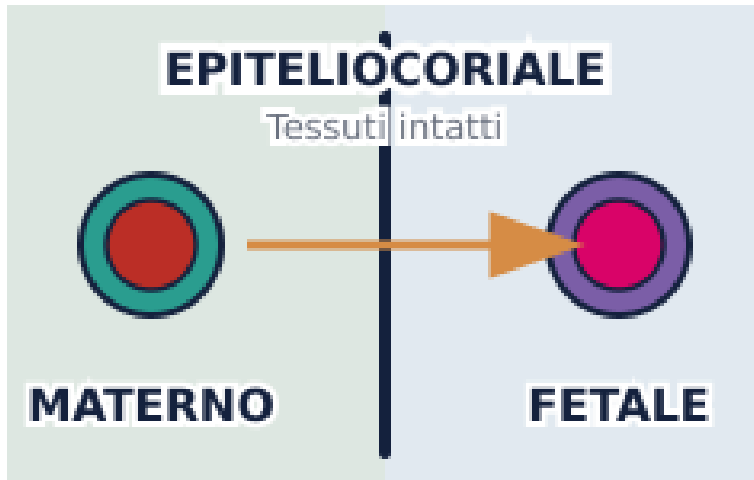
Classificazione basata sul **grado di invasione** dei tessuti materni:



L'evoluzione ha portato a una maggiore **intimità** tra i circoli sanguigni materno e fetale, aumentando l'efficienza degli scambi.

Classificazione Istologica

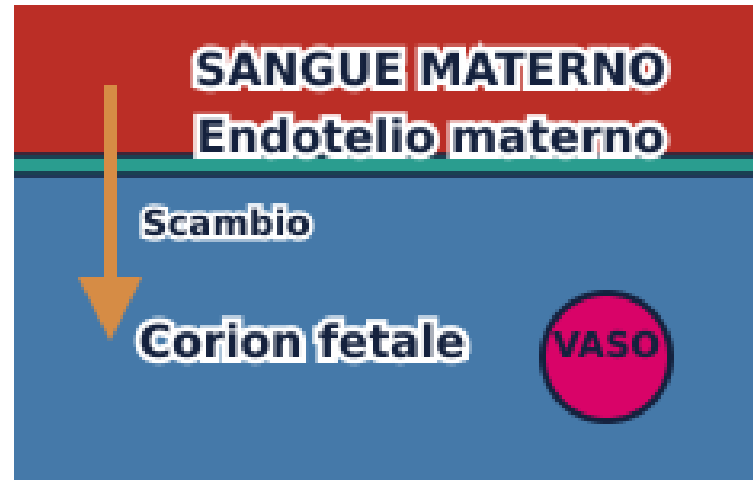
1



Epiteliocoriale

Il corion rimane separato dall'endotelio materno dall'epitelio uterino. Tipica dei perissodattili (cavalli).

2



Endoteliocoriale

Il corion è in contatto diretto con l'endotelio dei vasi sanguigni materni. Tipica dei carnivori.

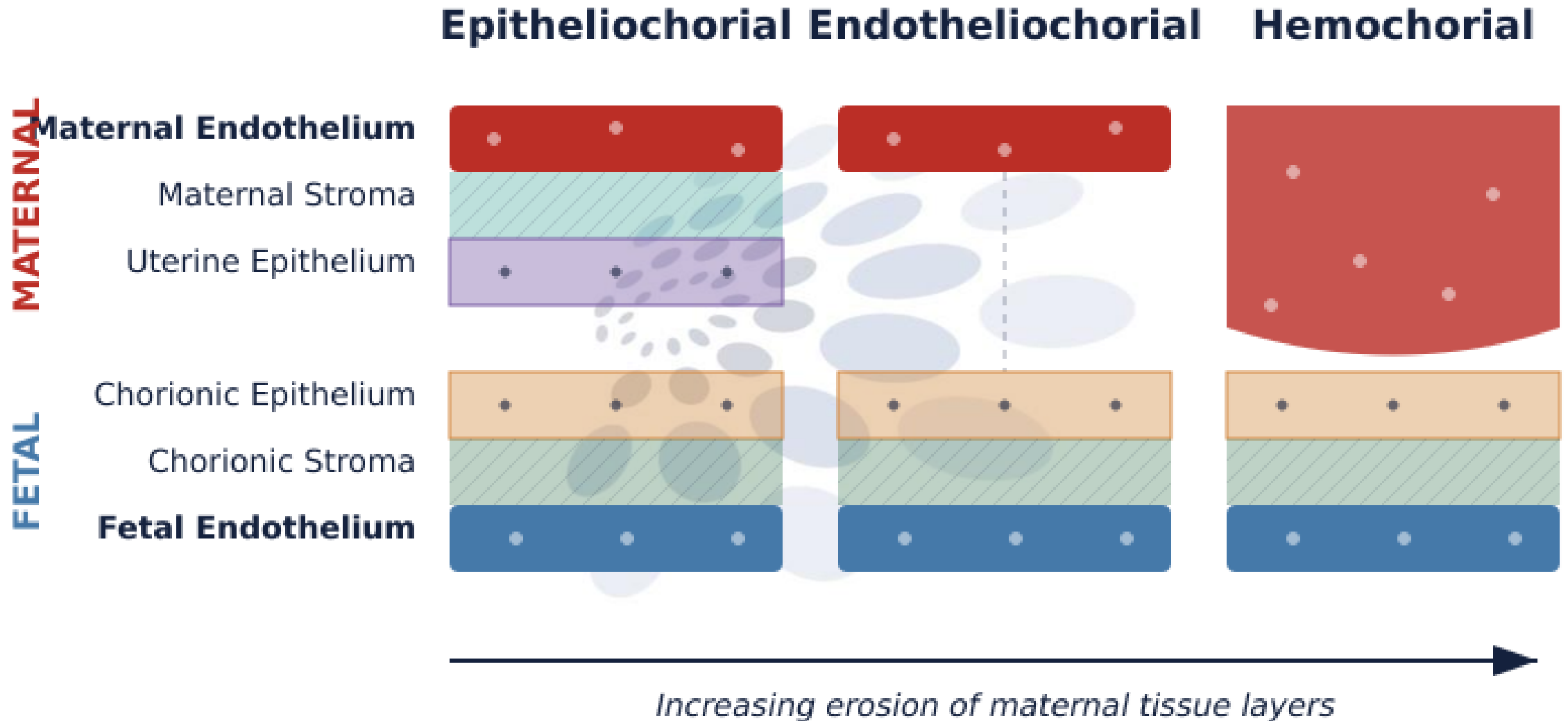
3



Emocoriale

I villi coriali bagnano direttamente nel sangue materno. Massima efficienza. Tipica dei primati e roditori.

The Histological Classification (Grosser System)



Classificazione Morfologica

Distribuzione dei Villi

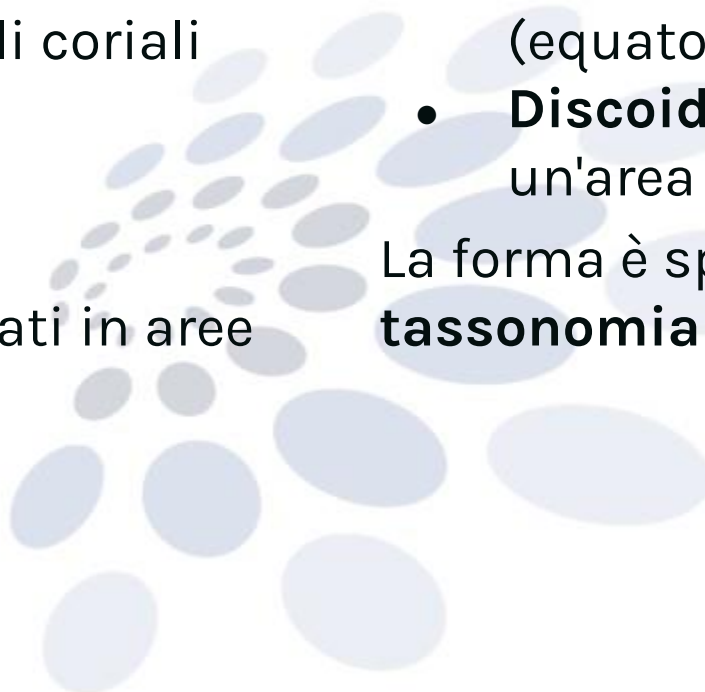
La placenta può assumere diverse forme basate sulla distribuzione dei villi coriali sulla superficie corionica:

- **Diffusa:** Villi distribuiti uniformemente.
- **Cotiledonare:** Villi raggruppati in aree patch.

Zone di Scambio

- **Zonaria:** Villi disposti a cintura (equatoriale).
- **Discoidale:** Villi concentrati in un'area discoidale.

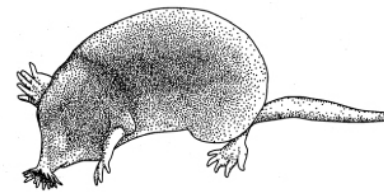
La forma è spesso correlata alla **tassonomia** dell'ordine.





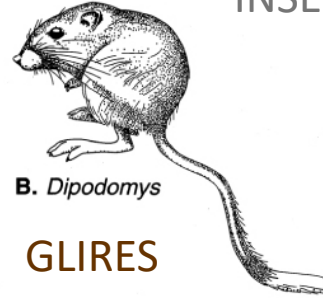
A. *Bradypus*

XENARTHRA
(EDENTATA)



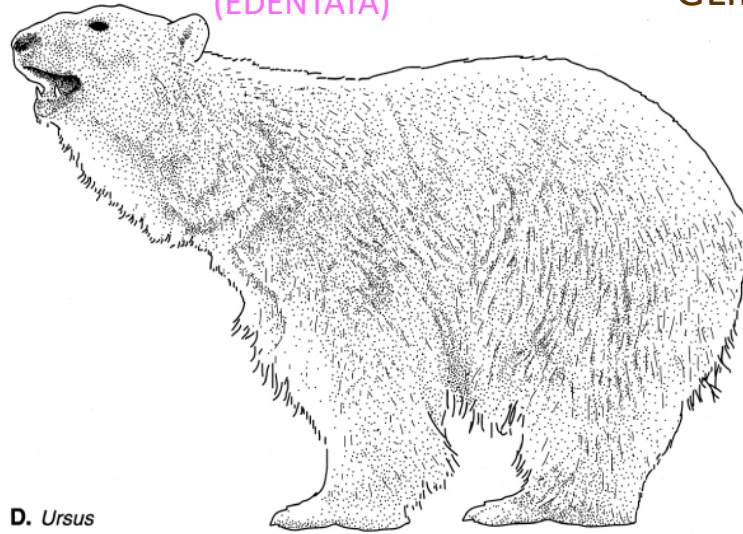
C. *Condylura*

INSECTIVORA



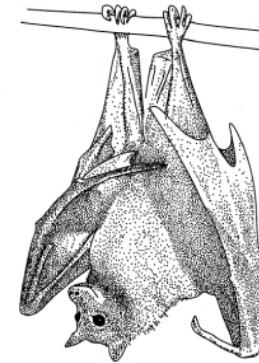
B. *Dipodomys*

GLIRES



D. *Ursus*

CARNIVORO



E. *Pteropus*

MEGACHIROPTERA

FIGURA 3-36

Euteri rappresentativi. A, Bradipo tridattilo, *Bradypus*. B, Ratto canguro, *Dipodomys*. C, La talpa dal muso stellato, *Condylura*. La stella presenta migliaia di recettori specializzati per il tatto, detti organi di Eimer. D, L'orso polare, *Ursus*. E, Un pipistrello megachiroterro, la volpe volante, *Pteropus*.

Levels of Tissue Invasion



Epitheliochorial

Least invasive. Six tissue layers separate maternal and fetal blood. Common in Artiodactyla.



Endotheliochorial

The maternal epithelium and connective tissue are eroded; fetal chorion touches maternal capillaries. Typical in Carnivora.



Hemochorial

Most invasive. Maternal vessels open into lakes; fetal chorion is bathed in blood. Seen in Anthropoids.

Correlazioni Tassonomiche



Perissodattili

Placenta diffusa e
epiteliocoriale.
Esempio: cavallo.



Artiodattili

Placenta
cotiledonare e
sinepitheliocoriale.
Esempio: mucca,
pecora.



Carnivori

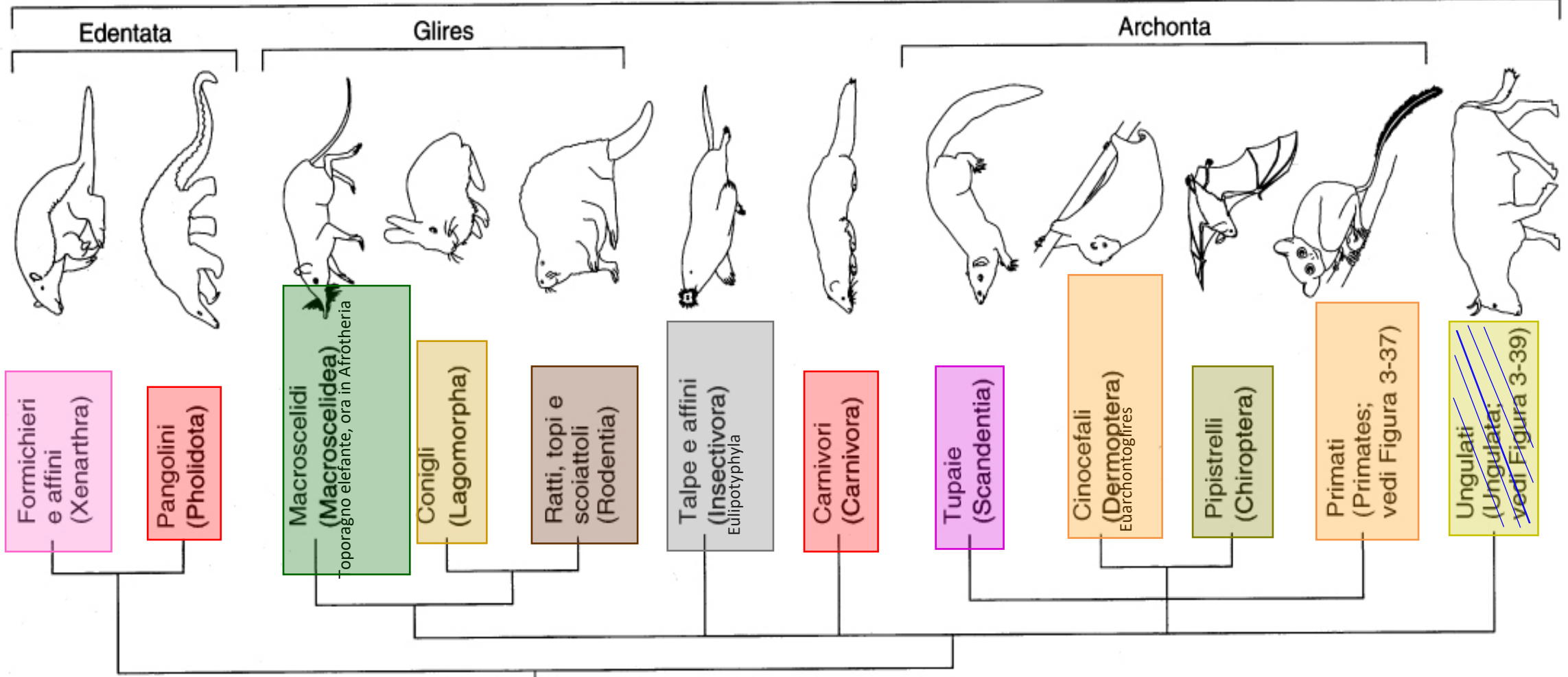
Placenta zonaria
ed
endoteliocoriale.
Esempio: cane,
gatto.



Primati

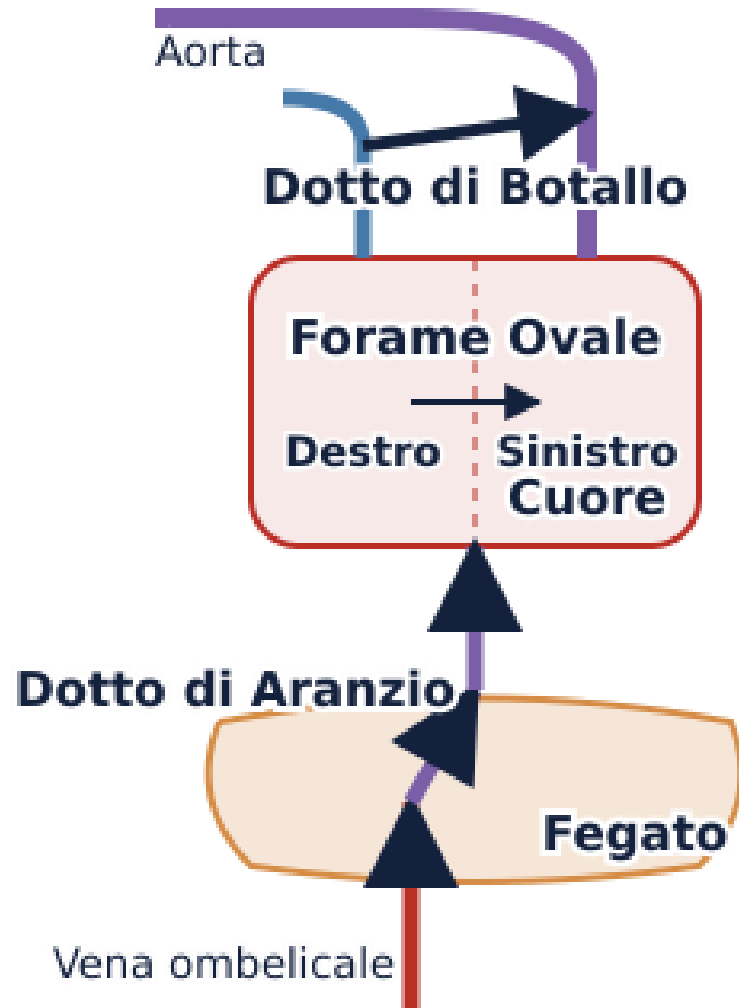
Placenta
discoidale ed
emocoriale.
Esempio: uomo,
scimmia.

Eutheria



Da Figura 3-33

Sistema Circolatorio Fetale



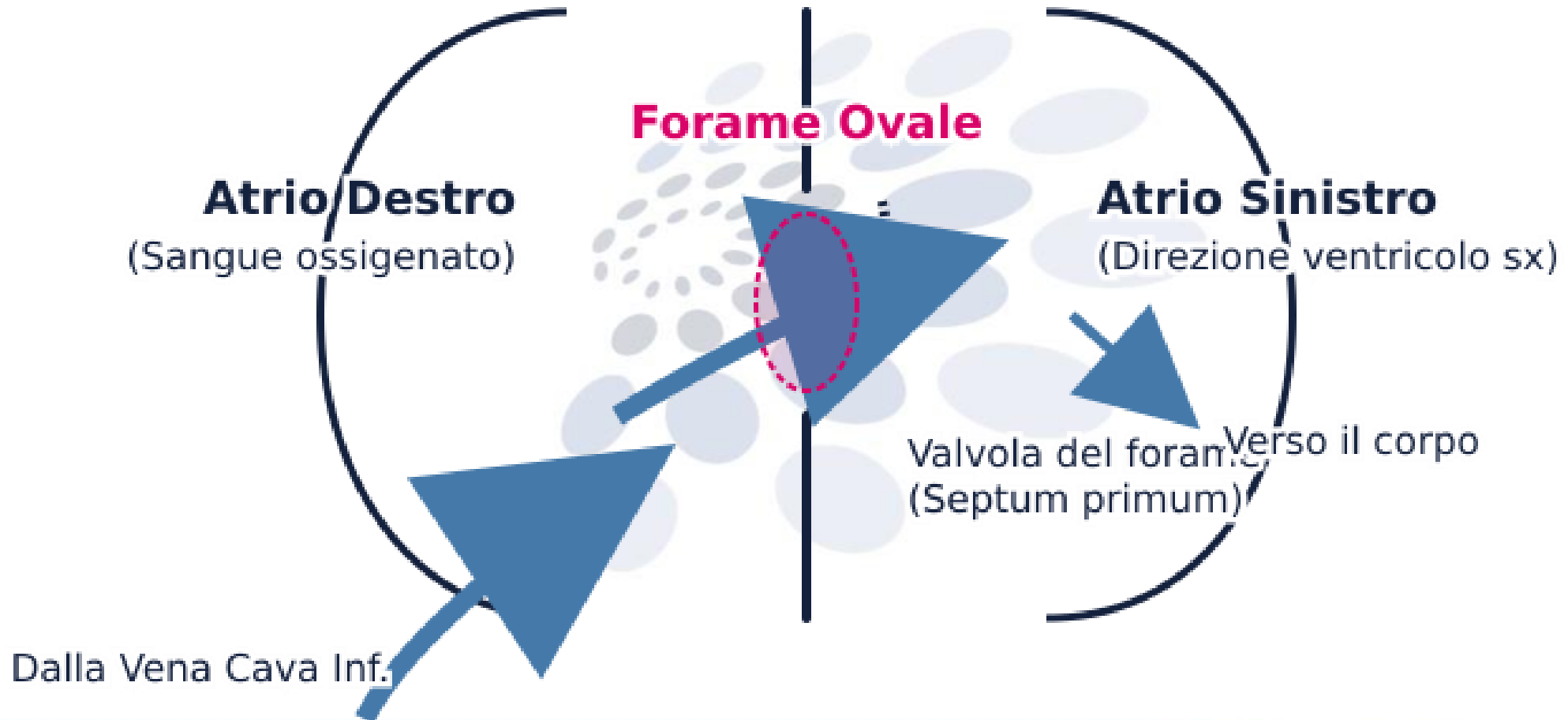
Adattamenti Cardiocircolatori

Per bypassare i polmoni non funzionanti, il feto possiede tre **shunt** emodinamici fondamentali:

1. **Dotto di Botallo:** Connette l'arteria polmonare all'aorta.
2. **Forame Ovale:** Passaggio diretto tra atrio destro e sinistro.
3. **Dotto di Aranzio:** Collega la vena ombelicale alla vena cava inferiore.

Dettaglio dello Shunt Cardiaco

Shunt Destro-Sinistro



Transizione alla Vita Extrauterina

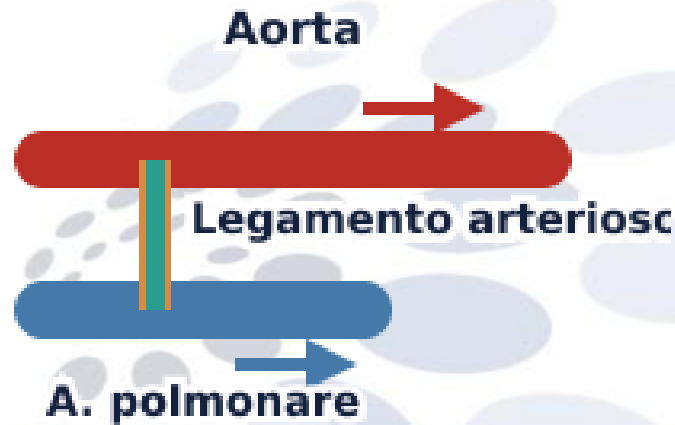
1



Primo Respiro

L'espansione dei polmoni diminuisce la resistenza vascolare polmonare.

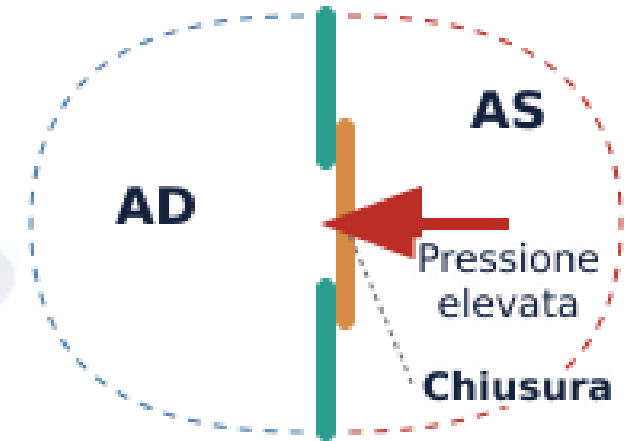
2



Chiusura Dotto Botallo

L'aumento della pressione nell'aorta e la diminuzione in quella polmonare chiudono il dotto.

3



Chiusura Forame Ovale

La maggiore pressione nell'atrio sinistro spinge il setto contro il setto interatriale, chiudendo il

Diversità degli Euteri

I Quattro Supergruppi

La classe degli euteri comprende la stragrande maggioranza dei mammiferi attuali, divisi in quattro grandi cladi:

- **Xenarthra** (Formichieri, bradipi)
- **Afrotheria** (Elefanti, iraci)
- **Laurasiatheria** (Carnivori, ungulati)
- **Euarchontoglires** (Primati, roditori)

Defining the Xenarthrous Articulation

The Diagnostic Synapomorphy

Xenarthra (Greek: 'strange joints') refers to unique accessory vertebral articulations.

Biomechanical Significance

Xenarthrans possess extra zygapophyses in the lumbar and thoracic regions. This provides **vertebral rigidity**, supporting powerful digging in armadillos and giant ground sloths.

Phylogenetic Context

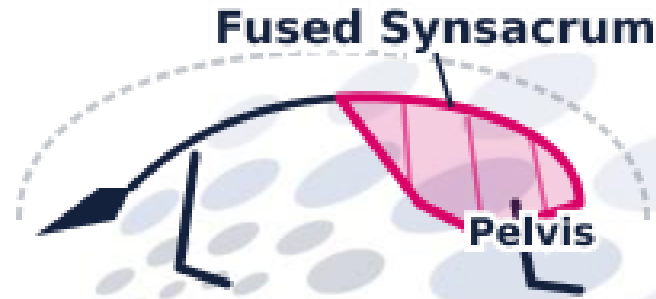
Cingulata and Pilosa represent one of four primary placental lineages, having evolved in isolation in South America.

Cingulata: The Dermal Armor



The Carapace

Osteoderms covered by keratinous scutes, providing defense against predators.



Axial Modifications

The sacrum is fused to the pelvis, forming a rigid synsacrum to support the weight of the heavy dorsal shield.



Fossorial Limb Adaptation

Short, robust limbs; large ulna

olecranon aids digging leverage.

Pilosa: Convergence and Divergence



Comparing the suspensory locomotor adaptations of Folivora (sloths) with the vermilinguous trophic specializations of Vermilingua (anteaters).



Metabolic and Thermal Physiology

Energy Conservation

Xenarthrans have low basal metabolic rates (BMR) and lower body temperatures than other eutherians.

Functional Anatomy

Sloths exhibit significant muscular reduction, which lowers metabolic cost. Their slow movement is a strategy dictated by a low-nutrient folivorous diet. Anteaters use specialized muscles for their tongues while maintaining low activity to offset metabolic constraints.

Synthesis of Xenarthran Anatomy

Key Takeaways

- **Skeletal Rigidity:** Xenarthry provides axial stability for specialized lifestyles.
- **Metabolic Constraints:** Anatomical features facilitate survival in low-energy niches.
- **Dental Evolution:** Shift toward homodonty or complete tooth loss, focusing on specialized digestive processes.

Understanding Xenarthra provides a masterclass in how evolutionary isolation in South America led to some of the most specialized skeletal architectures in the mammalian class.



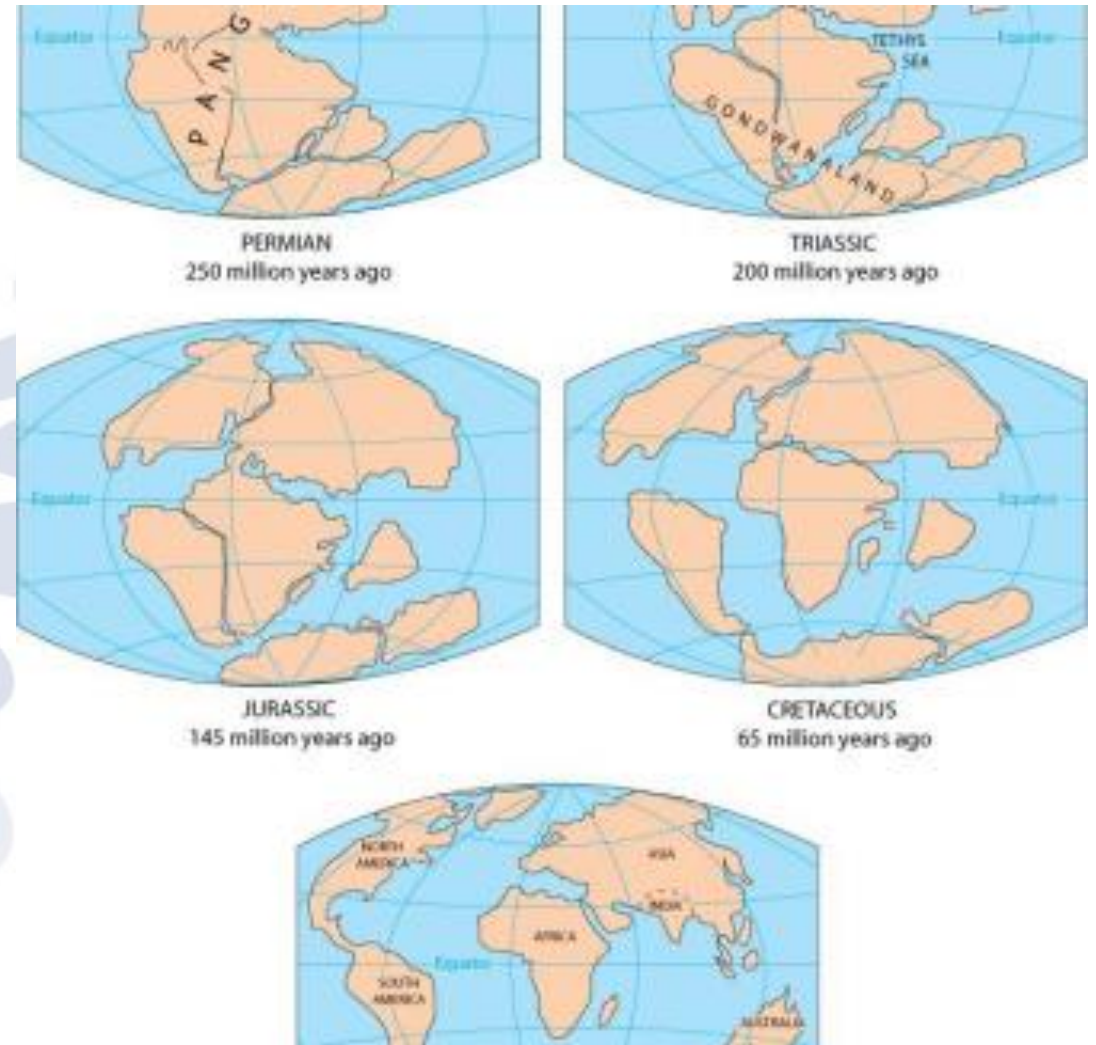
Defining Afrotheria

The Molecular Revolution

Afrotheria is a mammal superorder identified by **molecular phylogenetics**. Historically, their morphological diversity—from tiny shrews to massive elephants—hid their shared ancestry.

Biogeographic Origins

The group evolved in isolation on the **African continent** during the Paleogene (105–25 mya) after Africa split. This led to **adaptive radiation**, where a common ancestor branched into various niches.



The Seven Extant Lineages



Proboscidea

Modern elephants:
proboscis and
specialized teeth.



Sirenia

Manatees and
dugongs: the only
fully aquatic
herbivorous
mammals.



Hyracoidea

Hyraxes: small
herbivores; closest
relatives to
elephants.



Afrosoricida

Tenrecs and
golden moles;
often cited as
examples of
convergent
evolution with
shrews.

Anatomical Correlates



Shared Morphological Traits

Despite their outward differences, Afrotherians share several cryptic anatomical features:

- **Testicondy:** The lack of a scrotum; testes remain intra-abdominal.
- **Vertebral Count:** An increased number of thoracolumbar vertebrae (often 20+).
- **Molar Replacement:** In many lineages, horizontal molar replacement (similar to a conveyor belt) is observed.
- **Late Permanent Tooth Eruption:** Permanent teeth appear much later than in other placental mammals.

A Synopsis of Laurasiatheria

Comparative Anatomy and Evolutionary Trajectories of a Diverse Superorder

Taxonomic and Biogeographic Origins Defining the Clade

Laurasiatheria is a placental mammal superorder from the northern supercontinent Laurasia 76 to 90 million years ago.

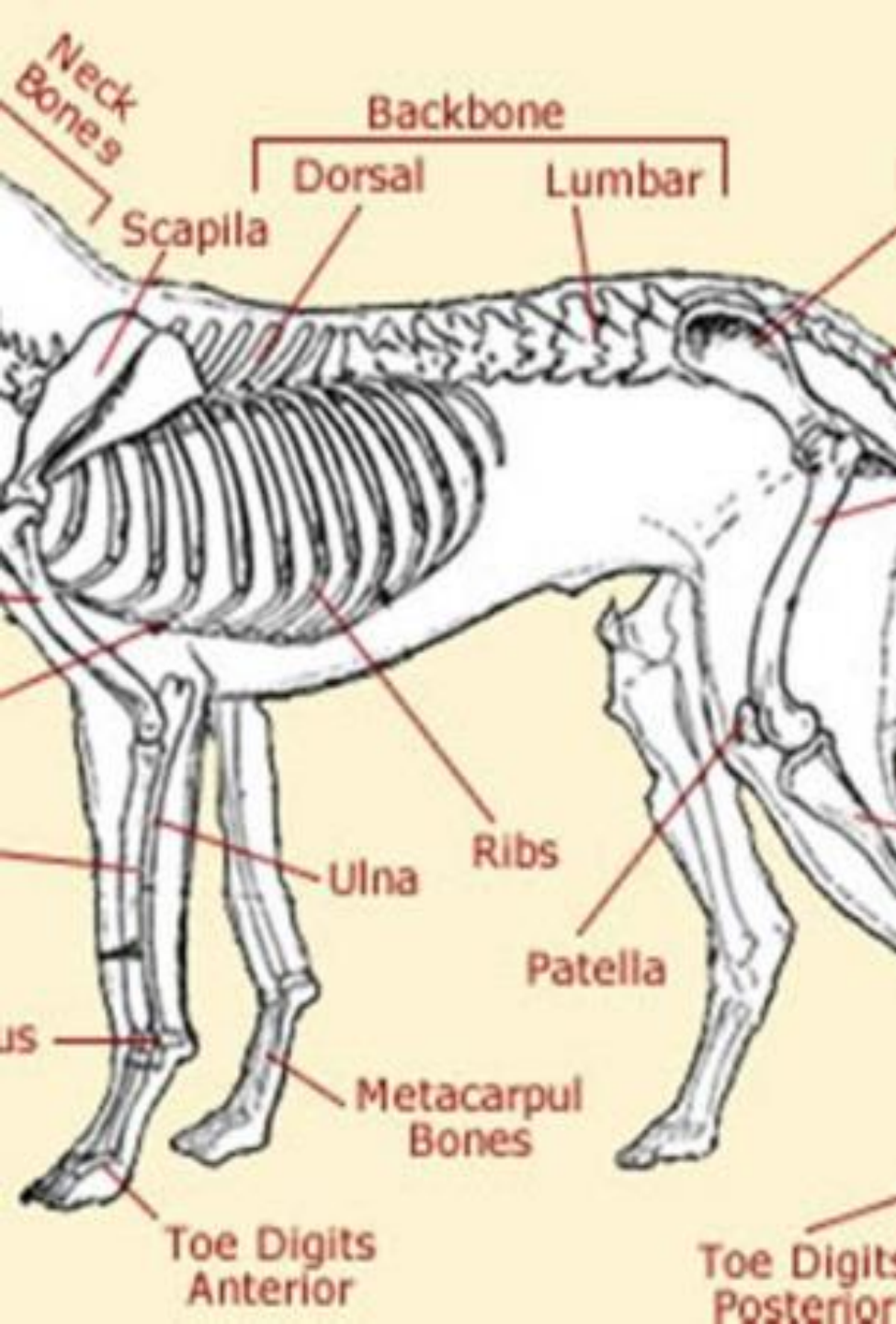
Phylogenetic Composition

This diverse group includes:

- **Eulipotyphla** (shrews, hedgehogs)
- **Chiroptera** (bats)
- **Scrotifera** (carnivores, ungulates)

Understanding Laurasiatheria is vital for comparative anatomy as it showcases extreme morphological radiations.





Morphological Character States

The Challenge of Synapomorphies: Identifying shared derived traits for Laurasiatheria is difficult due to extreme adaptive radiation.

Anatomical Markers:

- Scrotum: Most Scrotifera possess a post-penial scrotum, though lost in some aquatic lineages.
- Astragalus: Ankle bone structure provided the foundation for modern ungulate cursorial specializations.
- Dental Formulae: Highly variable, yet basal forms retain a generalized insectivorous tribosphenic molar pattern.

Defining Euarchontoglires

Systematic Context

Euarchontoglires is a major clade of placental mammals identified primarily through **molecular phylogenetics**. It consists of two sister groups: **Glires** (rodents and lagomorphs) and **Euarchonta** (primates, scandentians, and dermopterans).

The Morphological Challenge

Despite strong genetic evidence, finding a single morphological **synapomorphy** (shared derived trait) for the entire group remains challenging. Research focuses on the specialized anatomy of the middle ear and the foot (astragalus and calcaneus).



Key Subclades and Their Anatomy



Glires

Characters include ever-growing incisors and the loss of canines (diastema).



Euarchonta

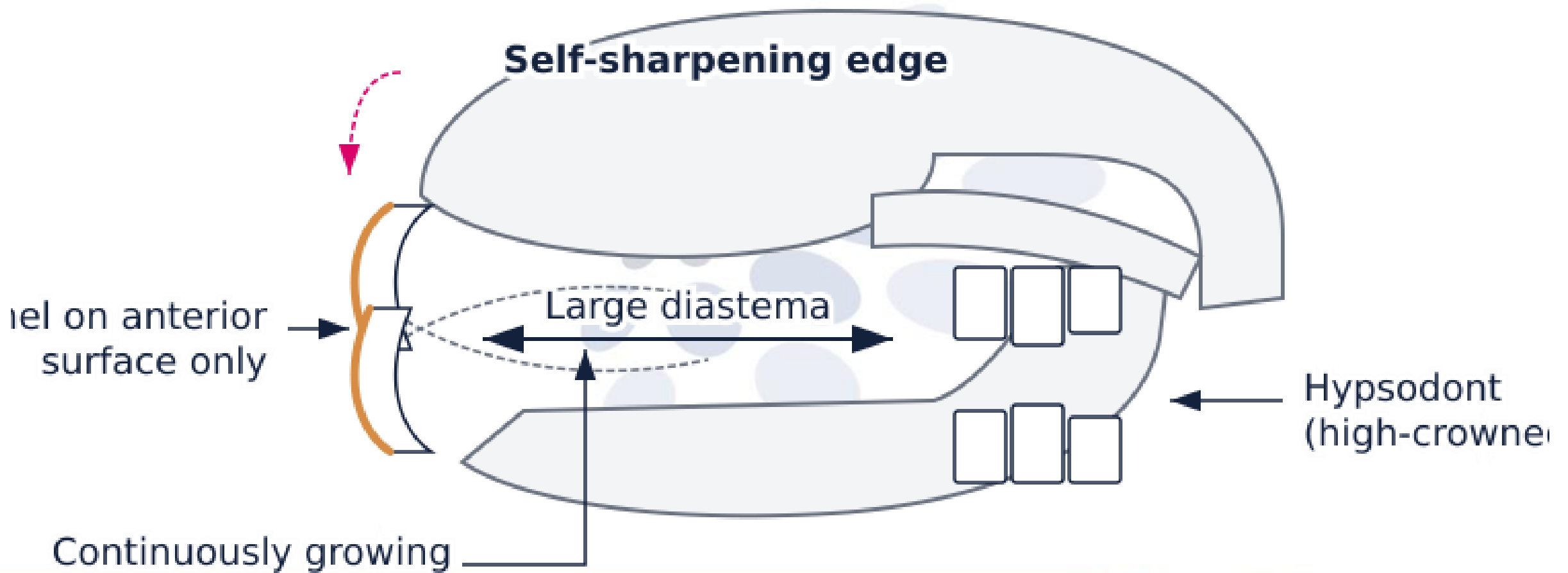
Defined by traits associated with arboreal lifestyles, such as mobile shoulder joints and postorbital bars.

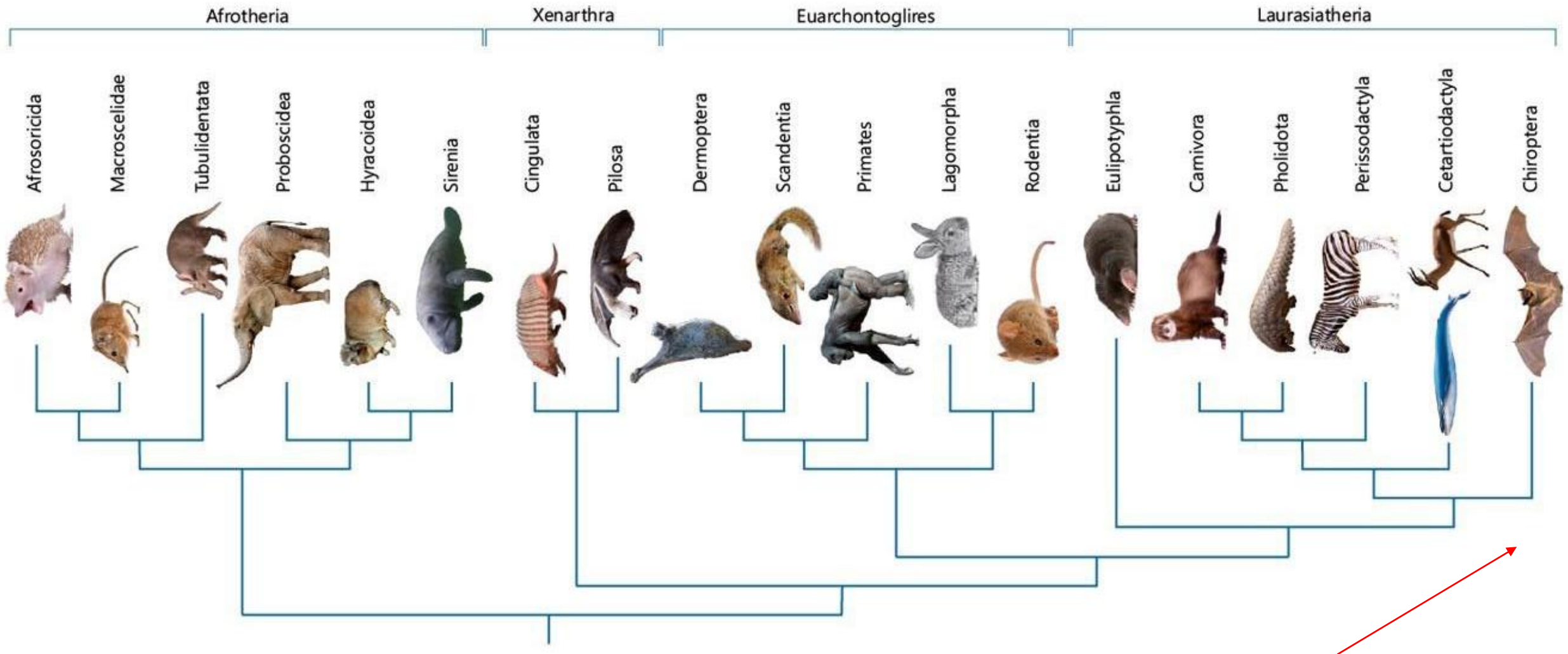


Common Ancestry

Divergence occurred during the K-Pg transition, approx 65-80 million years ago.

The Dental Specialization of Glires





una delle tre linee di vertebrati (insieme agli uccelli e agli pterosauri) dotati di volo attivo

Xenarthra (dal greco, xenos = diverso + arthron = articolazione, riferito alla peculiare articolazione tra le vertebre)

Pholidota (dal greco, folidotòs = coperto di scaglie)

Glires (dal latino, glires = ghirri) comprende topi saltatori (Macroscelidea), conigli (Lagomorpha) e roditori (Rodentia- 30 famiglie attuali). Sia i lagomorfi che i roditori non hanno denti canini e hanno un diastema (una interruzione nella fila dentaria tra gli incisivi e i molari)

Insectivora comprende numerose famiglie. La maggior parte sono piccoli animali notturni che si cibano di insetti con naso e orecchi ben sviluppati, ma occhi piccoli. Tutti i loro denti sono ben adattati per bucare, uccidere, tagliare e frantumare il cibo. Hanno cinque dita con artigli e il primo dito può, in qualche misura, opporsi agli altri. Il piede ha una postura plantigrada.

Carnivora comprendono nove famiglie di euteri attuali prevalentemente mangiatori di carne

Archonta comprendono numerosi gruppi. I cinque generi attuali di tupaie (Scandentia) sono originari delle foreste del Sud Est dell'Asia. Alcuni studiosi di mammiferi considerano i cinocefali (Dermoptera) e i pipistrelli (Chiroptera) come sister taxa

Strategie Riproduttive e Storia di Vita



K-selection vs R-selection

Gli euteri, come grande mammiferi e primati, tendono verso strategie **K-selezionate**:

- **Poche prole:** Investimento energetico elevato per ogni nato.
- **Cura parentale:** Prolungata e intensiva.
- **Sviluppo:** Gestazione lunga e maturazione lenta.

Questo contrasta con gli **strategie R-selezionate** tipiche di molti invertebrati o piccoli roditori.

They come from the logistic population growth model, where:

r = intrinsic rate of population increase

K = carrying capacity of the environment

Species tend to fall somewhere along a continuum between these extremes.

K-selection vs R-selection

Trait	r-selection	K-selection
Offspring number	Many	Few
Parental care	Low	High
Survival	Low	High
Environment	Unpredictable	Stable
Body size	Small	Large
Lifespan	Short	Long
Reproductive age	Early	Late
Population growth	Fast	Slow

Definizione e Classificazione Filogenetica

Gli **Ungulati** rappresentano un gruppo eterogeneo di mammiferi caratterizzati dalla presenza di zoccoli. Storicamente considerati un ordine unico, la sistematica moderna li divide in base alla struttura del piede:

Perissodattila

Ungulati a **dita dispari**, dove l'asse del peso passa per il terzo dito (mesassonici). Esempi: equidi, rinoceronti.

Artiodattila

Ungulati a **dita pari**, con asse del peso tra il terzo e il quarto dito (parassonici). Esempi: bovidi, cervidi, suidi.



Adattamenti alla Corsa: Arti Mesassonici vs Parassonici



A sinistra l'arto mesassonico (Perissodattili); a destra l'arto parassonico (Artiodattili).

Adattamenti Alimentari: Il Canale Digerente

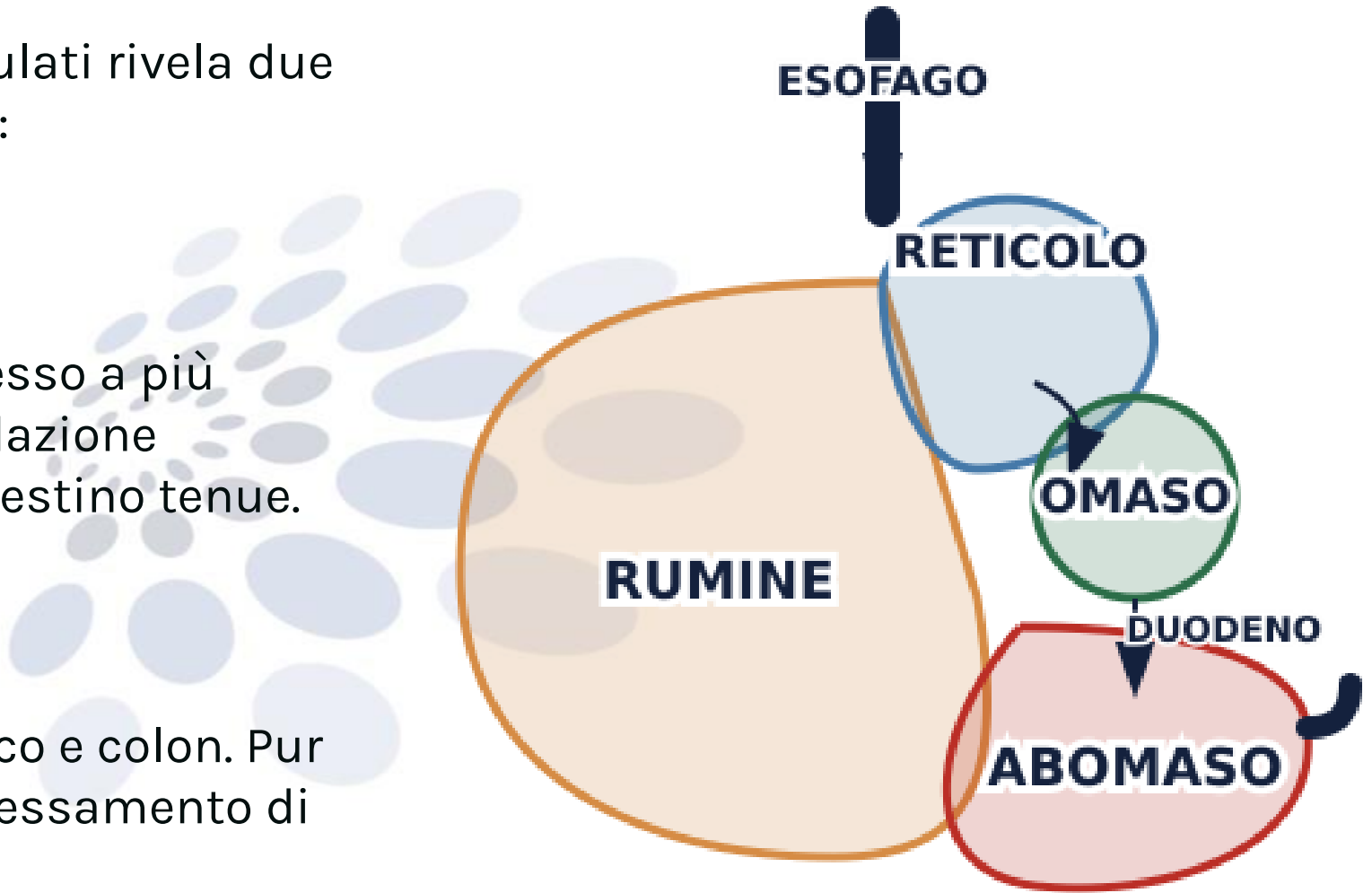
L'anatomia comparata degli ungulati rivela due strategie per digerire la cellulosa:

Fermentatori Anteriori (Ruminanti)

Possiedono uno stomaco complesso a più camere. Ciò permette una degradazione batterica efficiente prima dell'intestino tenue.

Fermentatori Posteriori (Perissodattili)

La fermentazione avviene nel cieco e colon. Pur meno efficiente, permette il processamento di grandi volumi di foraggio.



Convergenze Evolutive: Gli Ungulati

Artiodattili

Numero di dita: Pari (2 o 4).

Asse dell'arto: Passa tra il III e IV dito.

Esempi: Bovini, suini, cervi.

Hanno sviluppato la digestione **ruminante** in molti casi.

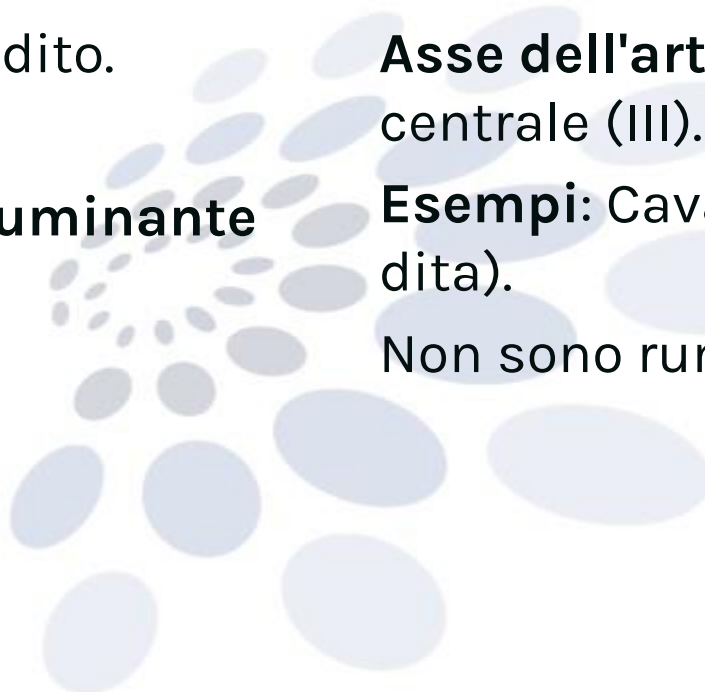
Perissodattili

Numero di dita: Dispari (1 o 3).

Asse dell'arto: Passa attraverso il dito centrale (III).

Esempi: Cavalli (1 dito), rinoceronti (3 dita).

Non sono ruminanti (stomaco semplice).



Evoluzione della Locomozione Unguligrada

L'evoluzione verso la condizione **unguligrada** aumenta velocità ed efficienza energetica.

Meccanica dell'Arto

L'allungamento dei metapodi aumenta la falcata. La riduzione delle dita laterali minimizza la massa distale, riducendo l'inerzia durante l'oscillazione.

Specializzazioni Ossee

Si osserva la fusione di radio-ulna e tibia-fibula per limitare la rotazione, garantendo stabilità durante la corsa.

UNGOLATI

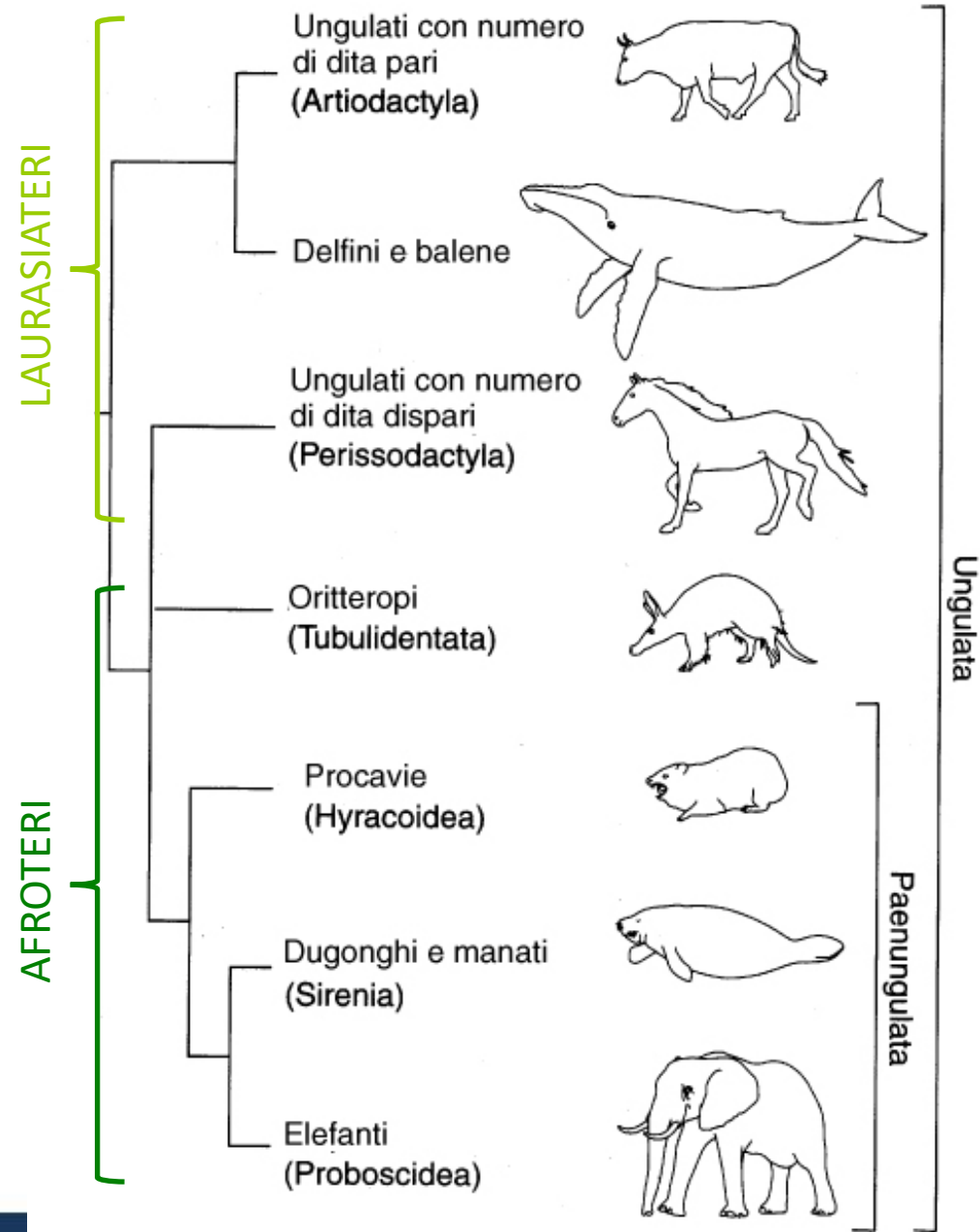


FIGURA 3-39
Filogenesi degli ungulati attuali (Ungulata).

The Cetartiodactyla Revolution

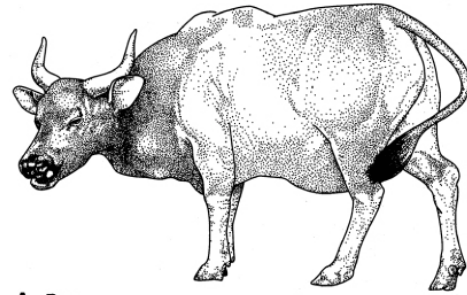


Molecular data disrupted classic anatomy by placing whales (Cetacea) within the even-toed ungulates (Artiodactyla).

The discovery of 'double-pulley' astragali in fossil whales like Pakicetus confirmed this deep anatomical link.

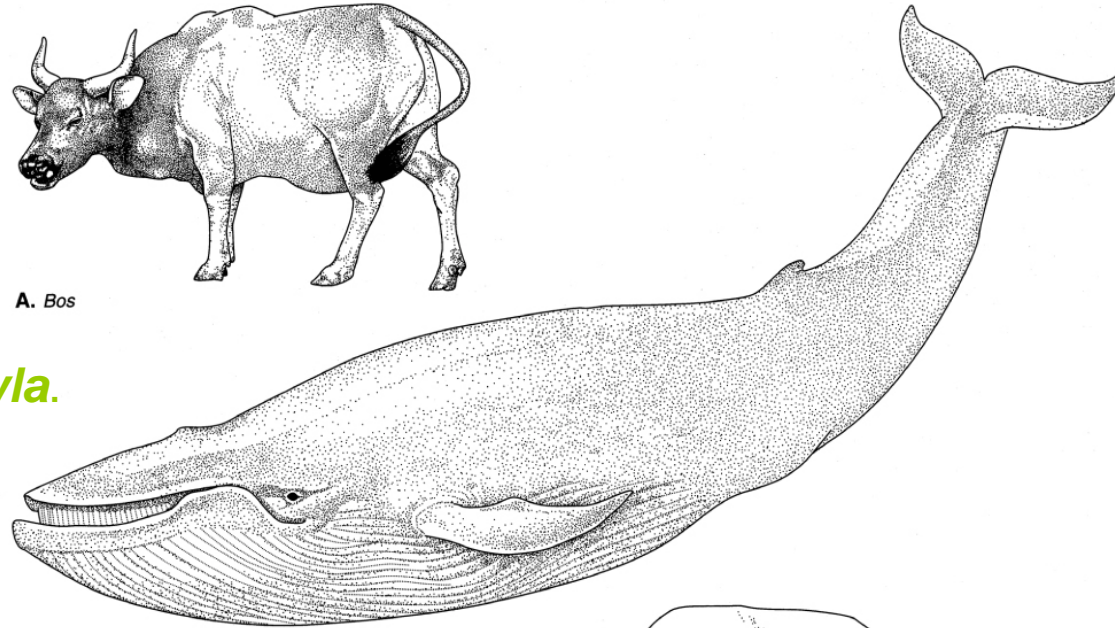
■ FIGURA 3-40

Ungulati rappresentativi. A, Mucca, *Bos*. B, Balenottera azzurra, *Balaenoptera*. C, Zebra, *Equus*. D, Elefante africano, *Loxodonta*.

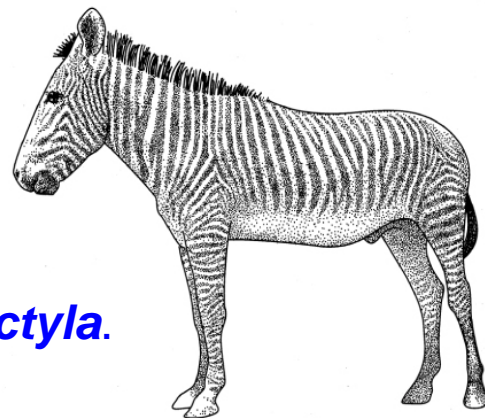


A. *Bos*

Cetartiodactyla.

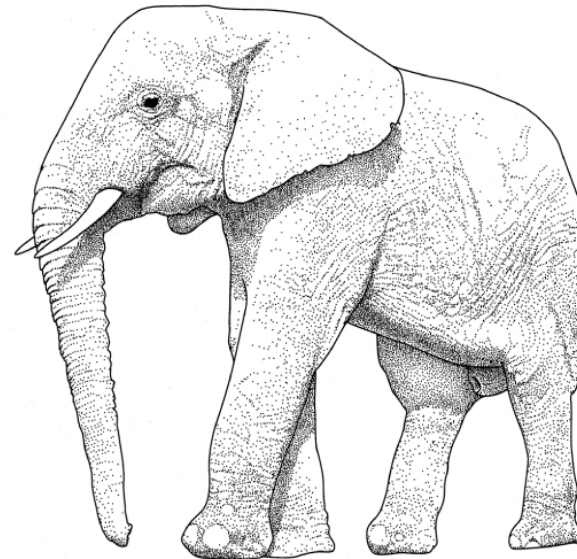


B. *Balaenoptera*



C. *Equus*

Perissodactyla.



D. *Loxodonta*

Afrotheria.

Evolutionary relationships of eutherian mammals based on maximum-likelihood analysis of genome-wide data of 447 nuclear genes.

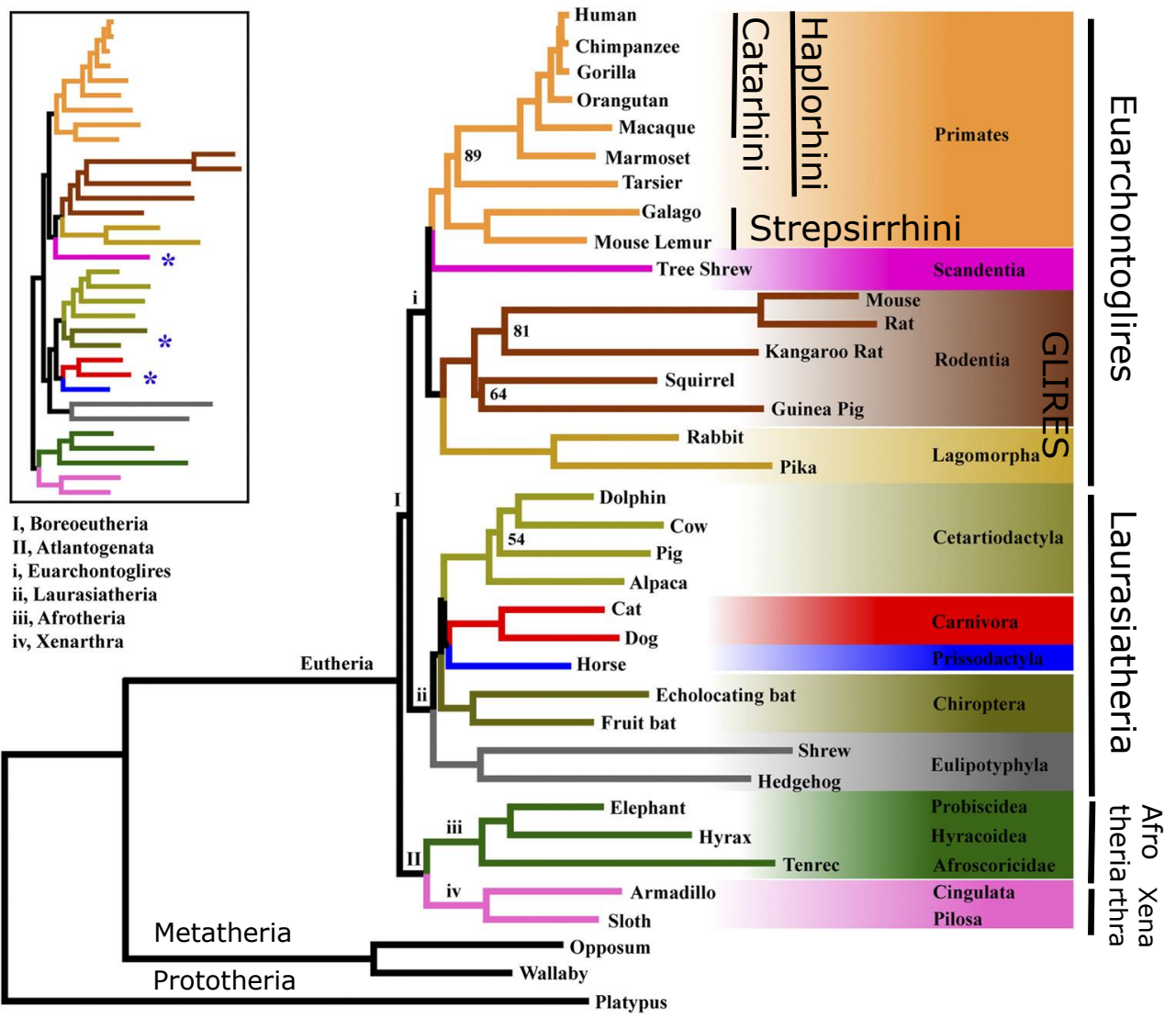
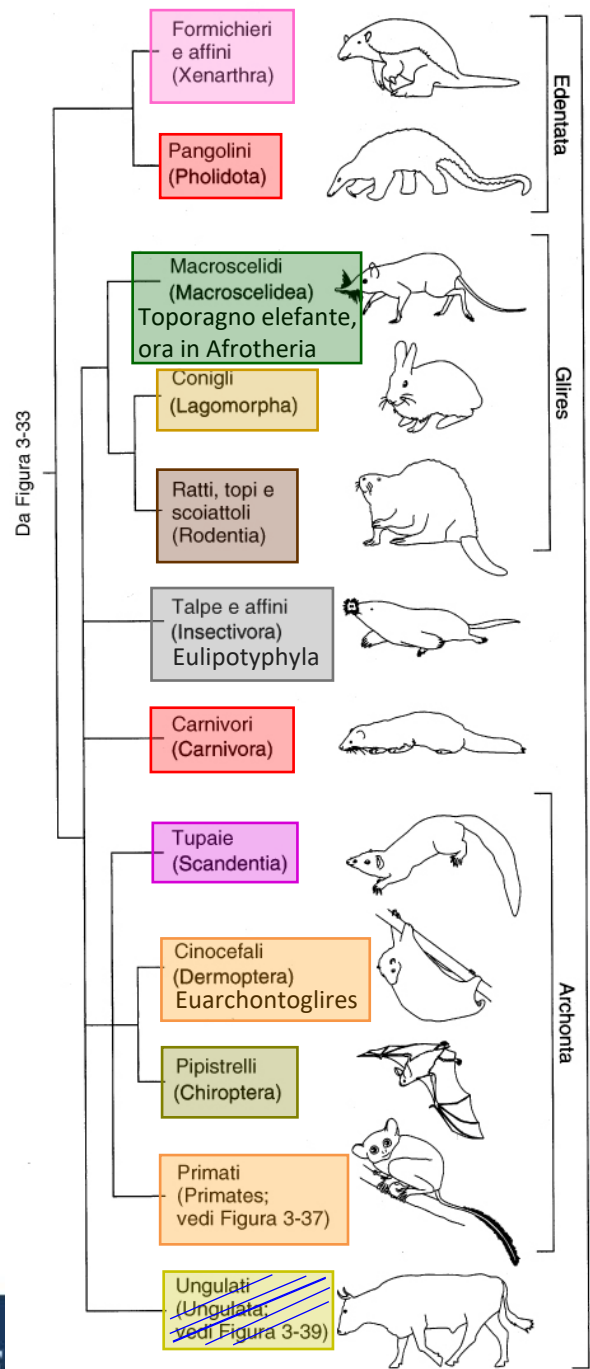


FIGURA 3-35
Filogenesi di mammiferi euteri (Eutheria) attuali.

PNAS 2012 109 (37) 14942-14947

Le mascelle e i denti degli ungulati terrestri sono specializzati per brucare o per pascolare sui vegetali e la maggior parte degli ungulati ha arti allungati che permettono loro di sfuggire ai predatori.

Ciascun dito porta uno zoccolo, che è all'origine del nome ungulati (dal latino, ungula = zoccolo)

Artiodactyla (dal greco, artios = pari + daktylos = dito) hanno un numero pari di dita nell'arto anteriore o in quello posteriore. La presenza di quattro dita è una condizione plesiomorfica per gli artiodattili; questa condizione è rimasta nei maiali (Suidae), nei peccari (Tayassuidae) e negli ippopotami (Hippopotamidae). Cammelli, lama e vigogna (Camelidae) sono didattili (hanno due dita su ciascun piede).

Quello dei ruminanti è il gruppo che comprende cervi (Cervidae), giraffe (Giraffidae) e antilopi (Bovidae)

I Cetacea attuali (Fig. 3-39) sono ungulati acquatici, altamente specializzati, con corpi affusolati, senza arti posteriori, una coda orizzontale con due lobi enarici localizzate dorsalmente, dette sfiatatoio

L'ordine Perissodactyla (dal greco, perissos = dispari + daktylos = dito è rappresentato oggi dai tapiri (Tapiridae), i rinoceronti (Rhinocerotidae) e i cavalli

Un altro piccolo gruppo di ungulati è quello dei Tubulidentata, che comprende una sola specie vivente, l'oritteropo (*Orycteropus afer*), che vive in Africa, specializzato nel mangiare termiti.

Procavie (Hyracoidea), dugonghi e manati (Sirenia) ed elefanti (Proboscidea) appartengono al gruppo Paenungulata

Evolutionary relationships of eutherian mammals based on maximum-likelihood analysis of genome-wide data of 447 nuclear genes.

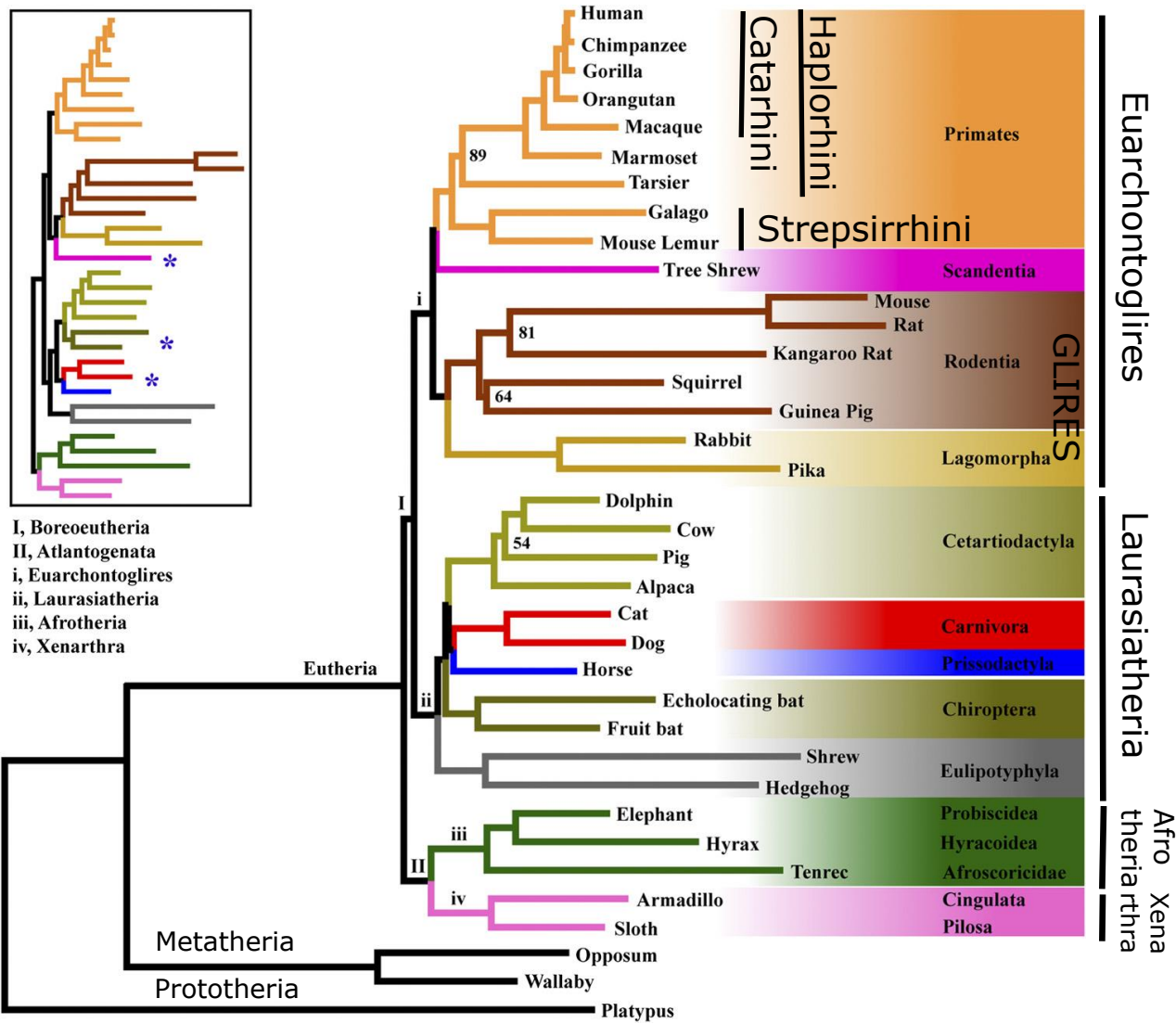
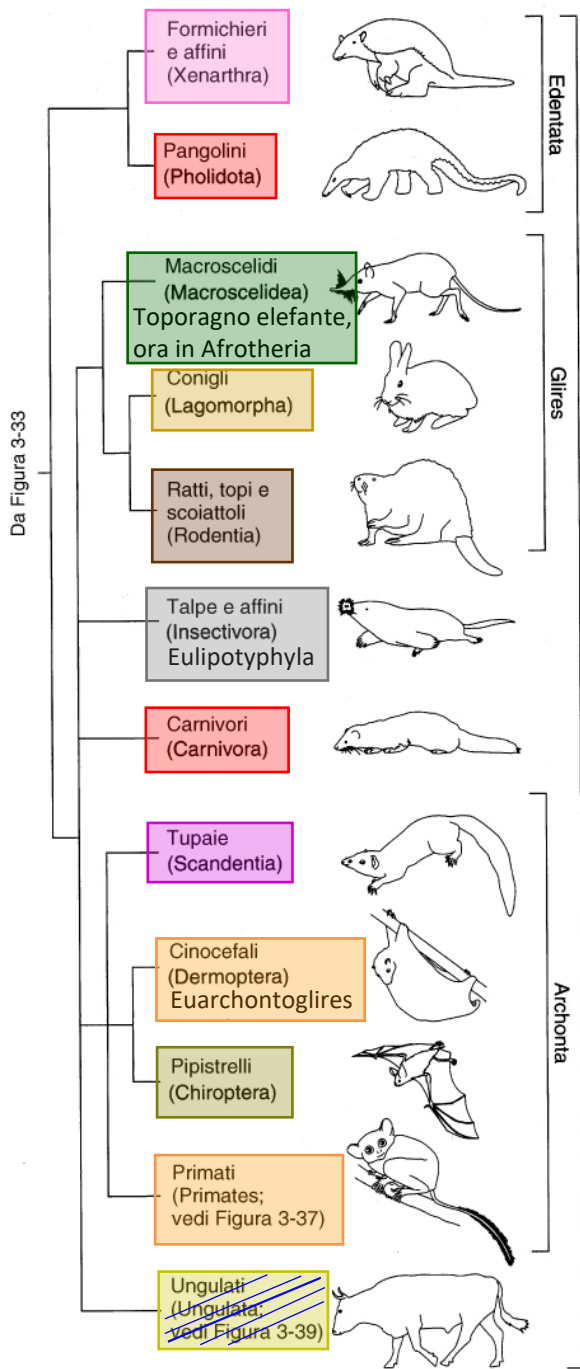
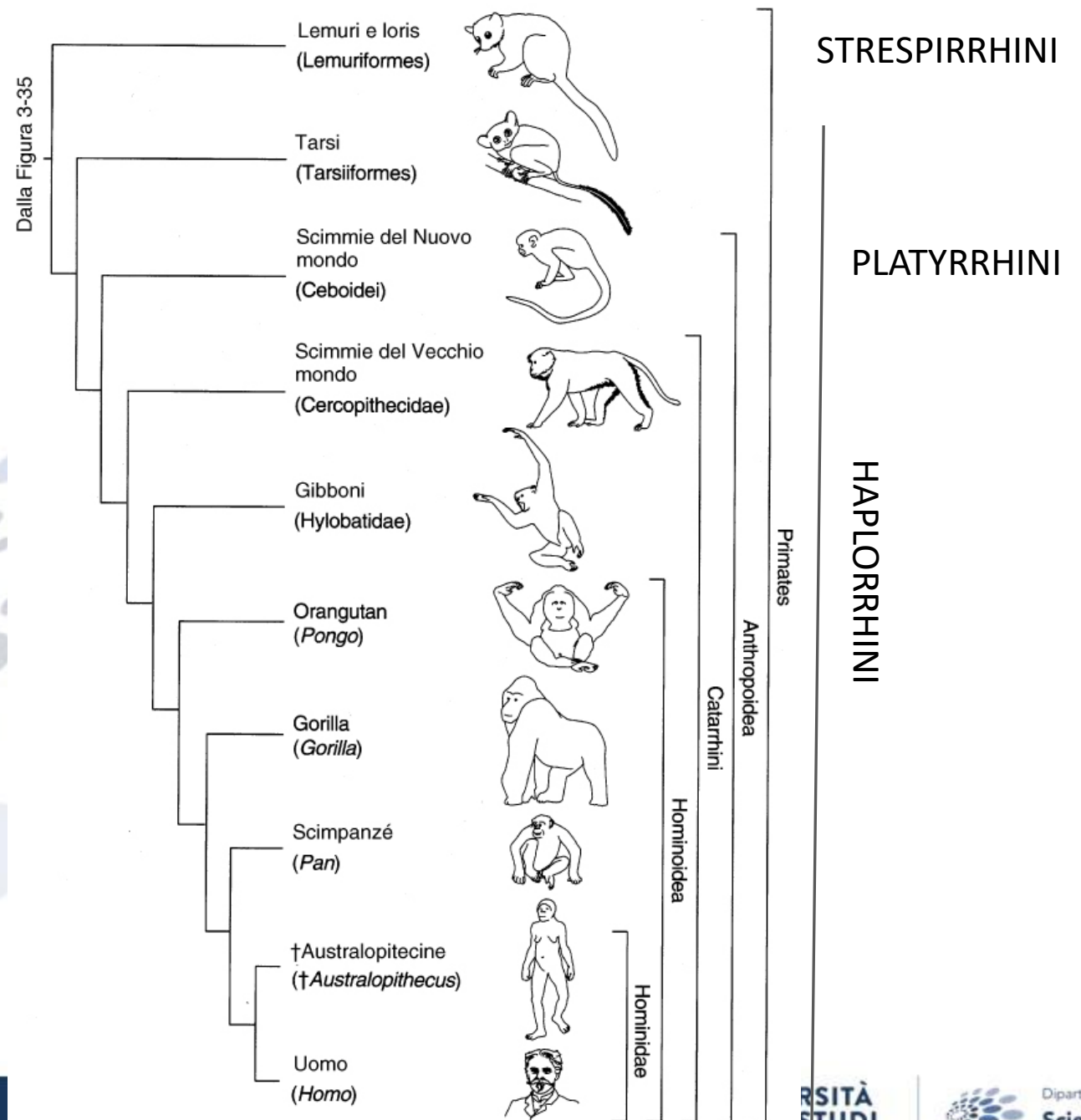


FIGURA 3-35
Filogenesi di mammiferi euteri (Eutheria) attuali.

PNAS 2012 109 (37) 14942-14947

PRIMATI

Primati ai lemuri, alle “scimmie” e alle scimmie antropomorfe. La presenza di dita con unghie è un carattere sinapomorfo per i primati. I primi primati somigliavano a insettivori, ma ne differivano soprattutto perché ricercavano insetti, frutta e altro cibo vegetale morbido sugli alberi





A. *Lemur*

Strepsirrhini, specie diurna, *Lemur catta*

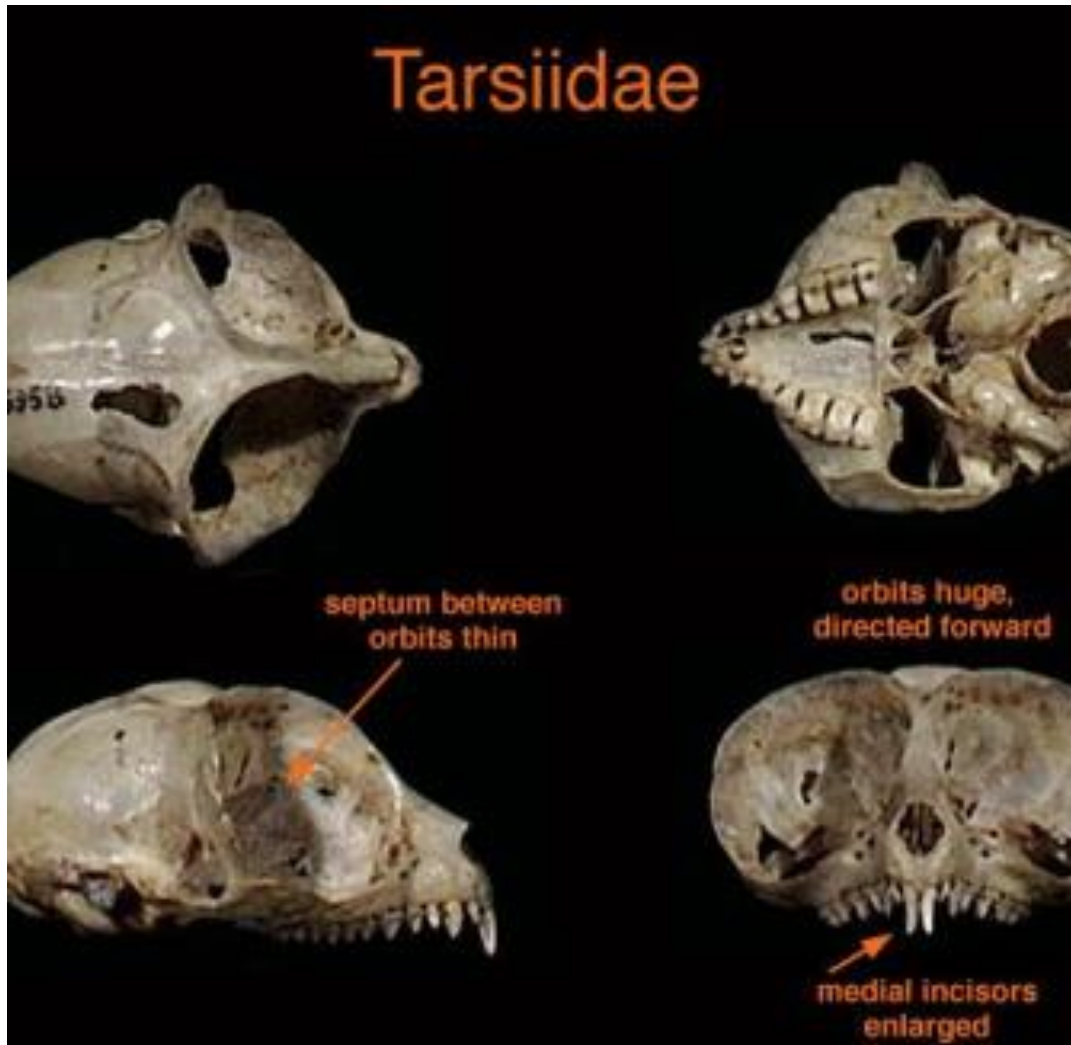


B. *Gorilla*

FIGURA 3-38

Primati rappresentativi. A, Il lemure dalla coda ad anelli, *Lemur*. B, Il gorilla, *Gorilla*.

Defining the Primate Order



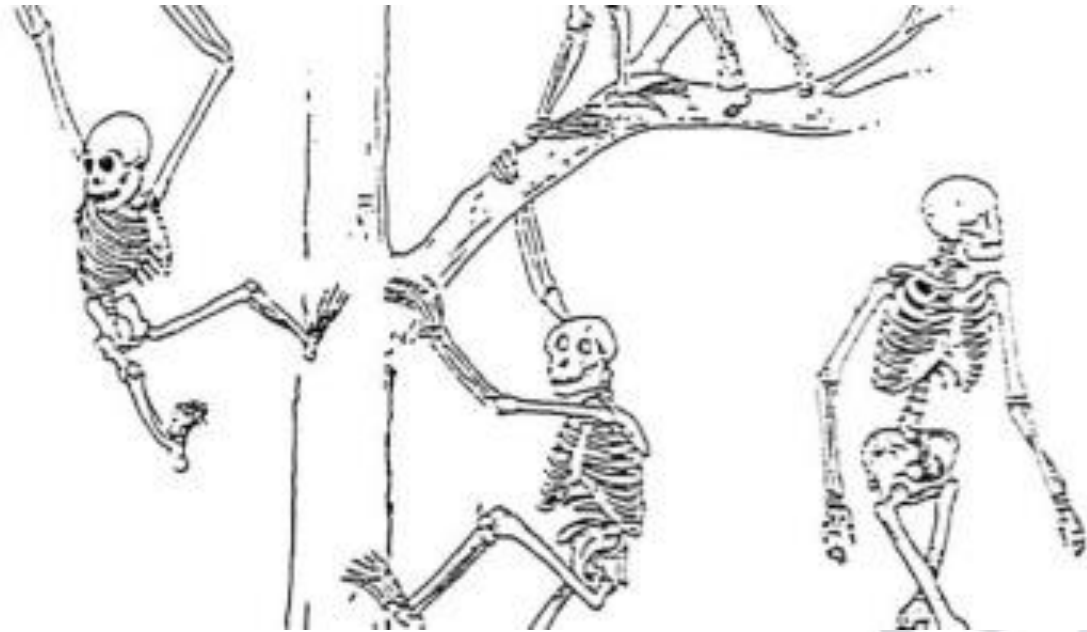
Evolutionary Context

Primates occupy a unique niche. Unlike mammals specialized for speed, primate evolution is defined by generalized traits.

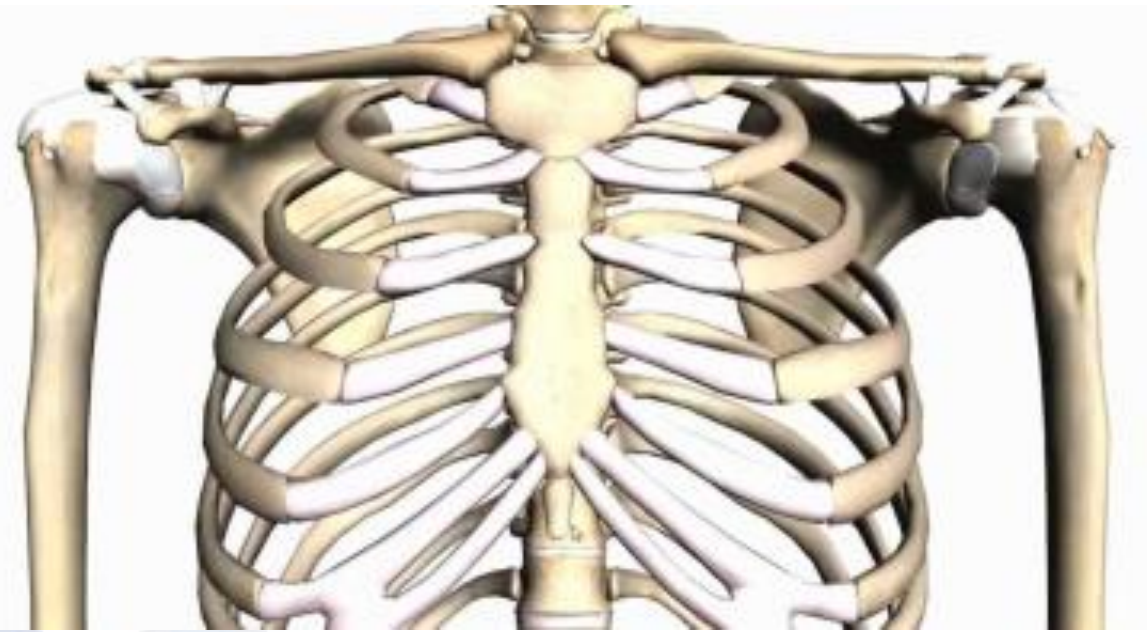
Key Synapomorphies

- **Arboreal Adaptation:** Mobile shoulder joints and divergent hallux/pollex.
- **Encephalization:** Higher brain-to-body mass ratio than other mammals.
- **Sensory Shift:** Reduced olfaction in favor of stereoscopic vision.

Postcranial Skeleton: Locomotion

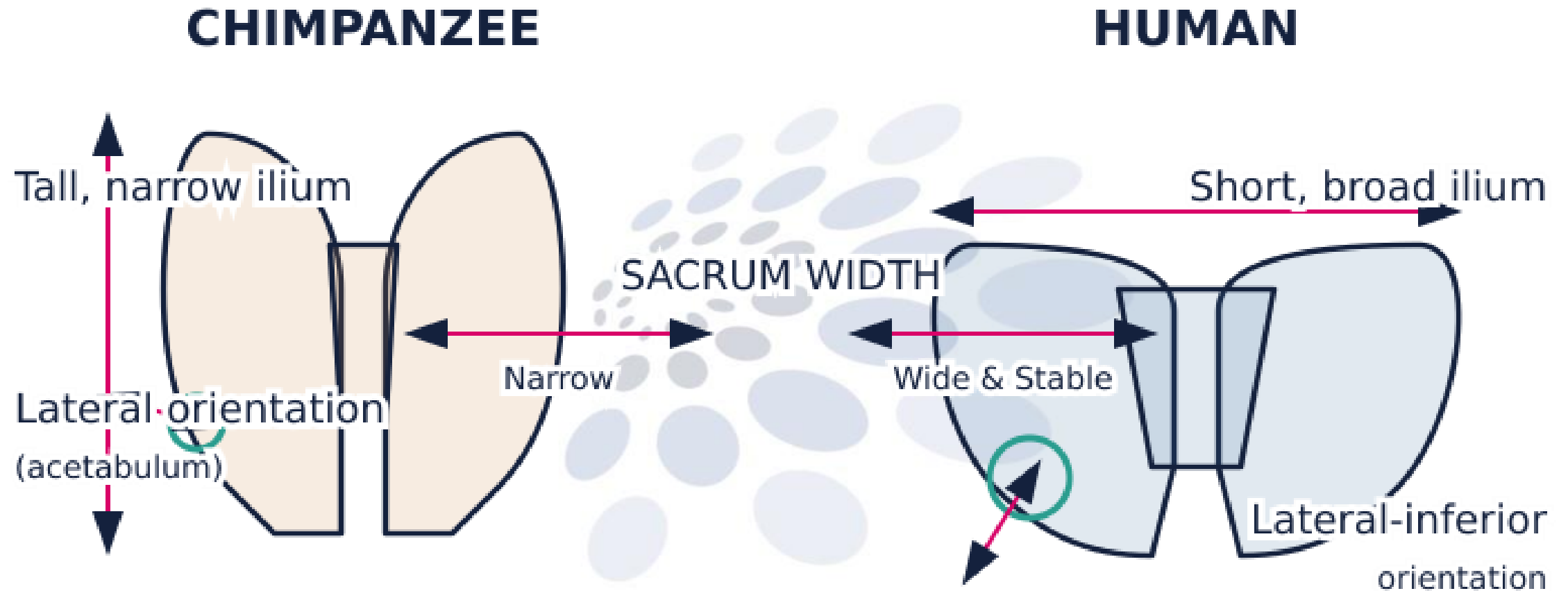


The primate postcranium reflects diverse locomotor strategies, from vertical clinging to brachiation and bipedalism.



Note the relative limb lengths: brachiators have elongated forelimbs, while bipeds show femur elongation.

The Evolution of the Primate Pelvis



Adapted for Quadrupedalism vs. Bipedalism

Cranial Morphology: Faces and Teeth

The Masticatory Apparatus

Primate dentition is **heterodont**, specialized for diverse diets.

The Mandible

Humans are the only primates with a **mental protuberance** (chin). In other primates, the simian shelf provides structural reinforcement against chewing stresses.



The Adaptive Hand

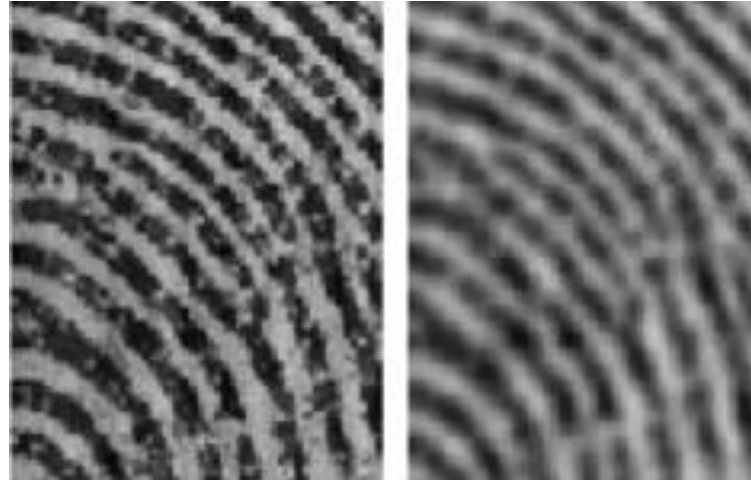
1



Opposability

The pollex can touch the tips of other digits, allowing for a 'precision grip'.

2



Dermatoglyphs

Fingerprints enhance friction and tactile sensitivity for climbing and tool use.

3



Unguiculate Digits

The presence of flattened nails instead of claws supports the fleshy pads of the digits.

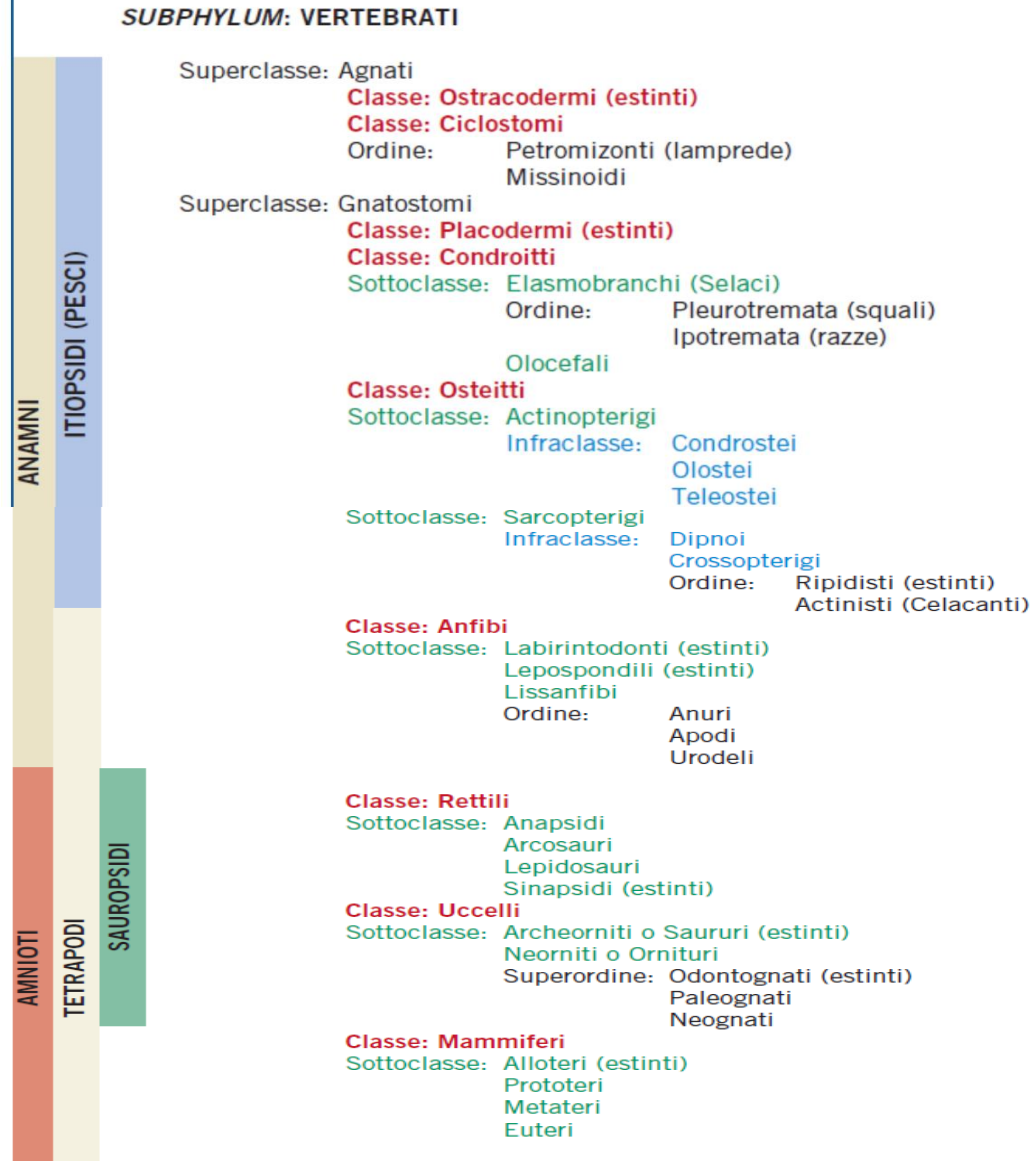
Summary: Primate Trends

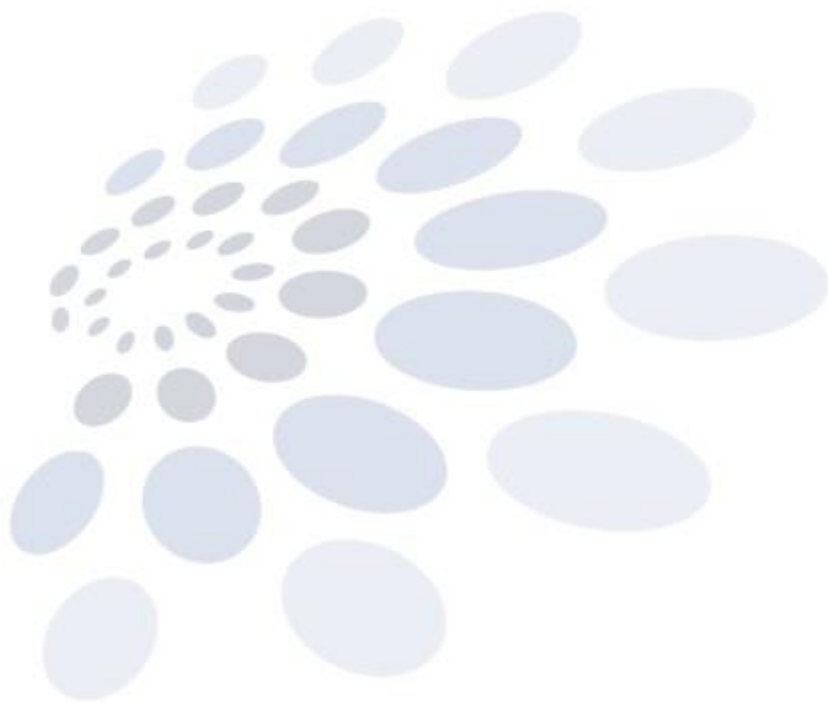
Synthesis of Concepts

- **Visual Predominance:** Shift from nose to eyes.
- **Manual Dexterity:** Nails, fingerprints, and opposability.
- **Bipedal Specialization:** Unique modifications to the femur, pelvis, and foot in the human lineage.
- **Complex Sociality:** Reflected in brain size and facial musculature for communication.



BOX 1.1 CLASSIFICAZIONE DEL SUBPHYLUM DEI VERTEBRATI





CLASSIFICAZIONE ANIMALI MODELLO

Zebra fish (pesce zebra)

ORGANISM *Danio rerio*

Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi; Actinopterygii; Neopterygii; Teleostei; Ostariophysi; Cypriniformes; Cyprinidae; *Danio*.

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia (Metazoa)
Phylum	Chordata
Clade	Craniata
Subphylum	Vertebrata
Clade	Euteleostomi (“vertebrati ossei”)
Classe	Actinopterygii
Sottoclasse	Neopterygii
Infraclasse	Teleostei
Superordine	Ostariophysi
Ordine	Cypriniformes
Famiglia	Cyprinidae
Genere	<i>Danio</i>
Specie	<i>D. rerio</i>



CLASSIFICAZIONE ANIMALI MODELLO

ORGANISM *Xenopus laevis*

Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi; Amphibia; Batrachia; Anura; Pipoidea; Pipidae; Xenopodinae; *Xenopus*; *Xenopus laevis*.

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia (Metazoa)
Phylum	Chordata
Clade	Craniata
Subphylum	Vertebrata
Clade	Euteleostomi (“vertebrati ossei”)
Classe	Amphibia
Sottoclasse	Lissamphibia
Superordine	Batrachia (clade)
Ordine	Anura
Clade	Pipoidea
Famiglia	Pipidae
Sottofamiglia	Xenopodinae
Genere	<i>Xenopus</i>
Specie	<i>X. laevis</i>



CLASSIFICAZIONE ANIMALI MODELLO

ORGANISM *Gallus gallus*

Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi; Archelosauria; Archosauria; Dinosauria; Saurischia; Theropoda; Coelurosauria; Aves; Neognathae; Galloanserae; Galliformes; Phasianidae; Phasianinae; *Gallus*.

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia (Metazoa)
Phylum	Chordata
Clade	Craniata
Subphylum	Vertebrata
Clade	Euteleostomi ("vertebrati ossei")
Clade	Archelosauria
Clade	Archosauria
Clade	Dinosauria
Clade	Saurischia
Clade	Theropoda
Clade	Coelurosauria
Classe	Aves
Superordine	Neognathae
Clade	Galloanserae
Ordine	Galliformes
Famiglia	Phasianidae
Sottofamiglia	Phasianinae
Genere	<i>Gallus</i>
Specie	<i>G. gallus</i>



CLASSIFICAZIONE ANIMALI MODELLO

ORGANISM *Mus musculus*

Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi; Mammalia; Eutheria; Euarchontoglires; Glires; Rodentia; Sciurognathi; Muroidea; Muridae; Murinae; *Mus*.

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia (Metazoa)
Phylum	Chordata
Clade	Craniata
Subphylum	Vertebrata
Clade	Euteleostomi ("vertebrati ossei")
Classe	Mammalia
Infraclasse	Eutheria
Superordine	Euarchontoglires
Clade	Glires
Ordine	Rodentia
Sottordine	Sciurognathi
Superfamiglia	Muroidea
Famiglia	Muridae
Sottofamiglia	Murinae
Genere	<i>Mus</i>
Specie	<i>M. musculus</i>



CLASSIFICAZIONE UOMO

ORGANISM *Homo sapiens*

Eukaryota; Metazoa; Chordata; Craniata; Vertebrata; Euteleostomi; Mammalia; Eutheria; Euarchontoglires; Primates; Haplorrhini; Catarrhini; Hominidae; Homo.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/AAA16334.1>

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia (Metazoa)
Phylum	Chordata
Clade	Craniata
Subphylum	Vertebrata
Clade	Euteleostomi ("vertebrati ossei")
Classe	Mammalia
Infraclasse	Eutheria
Superordine	Euarchontoglires
Ordine	Primates
Sottordine	Haplorrhini
Parvordine	Catarrhini
Famiglia	Hominidae
Genere	Homo
Specie	H. Sapiens

