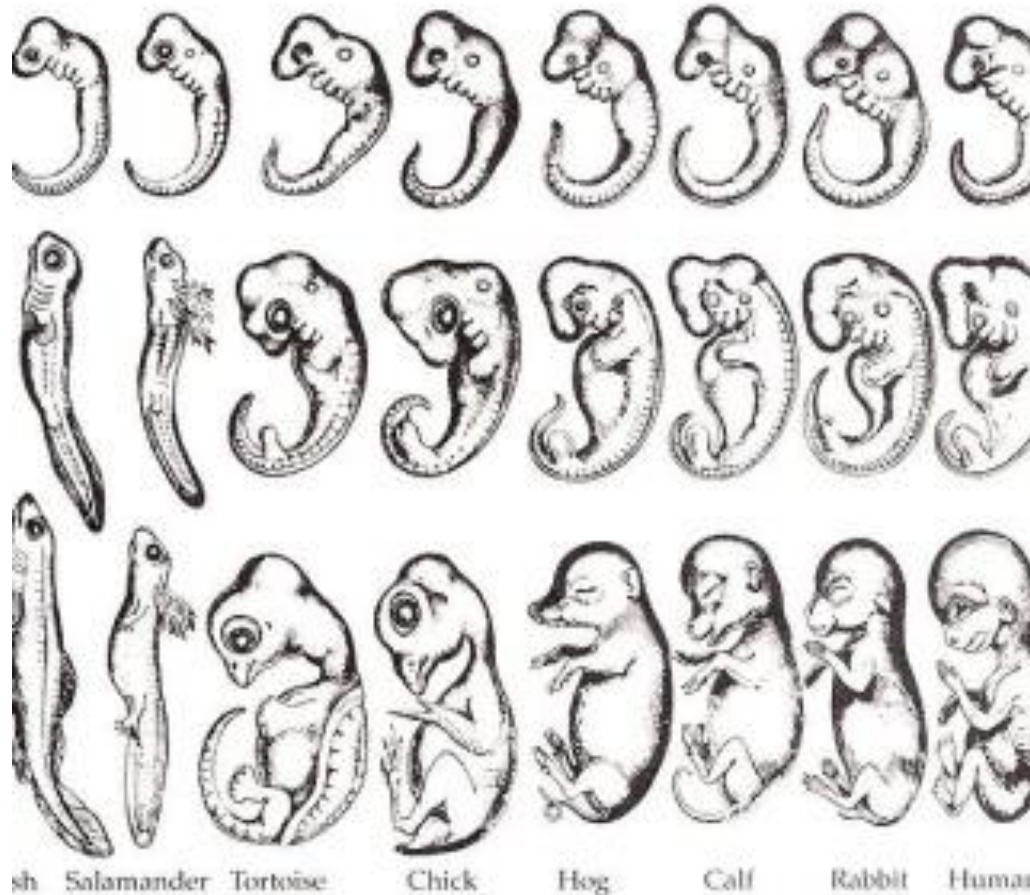


ANATOMIA COMPARATA

DA ANFIBI A RETTILI



Strategie Riproduttive

Ovipari, Ovovivipari, Vivipari e
Monotremi

Ovipari: Nascita dall'Uovo

Gli animali ovipari depongono uova che si sviluppano e schiudono esternamente.

Vantaggi: la madre non porta il peso dell'embrione e può deporre molte uova.

Svantaggi: le uova sono vulnerabili a predatori e ambiente.

Esempi: pesci, anfibi, rettili, uccelli.





Vivipari: Nascita Viventi

Negli animali vivipari, l'embrione si sviluppa nel corpo materno, ricevendo nutrimento diretto e nascendo già formato.

Il nutrimento avviene principalmente tramite la placenta nei mammiferi euteri, con scambio diretto di nutrienti e ossigeno.

Altri utilizzano secrezioni uterine o matrofagia (mangiamento dei fratelli).

Esempi includono mammiferi, alcuni squali e serpenti.



Ovovivipari: Una Via di Mezzo

Definizione

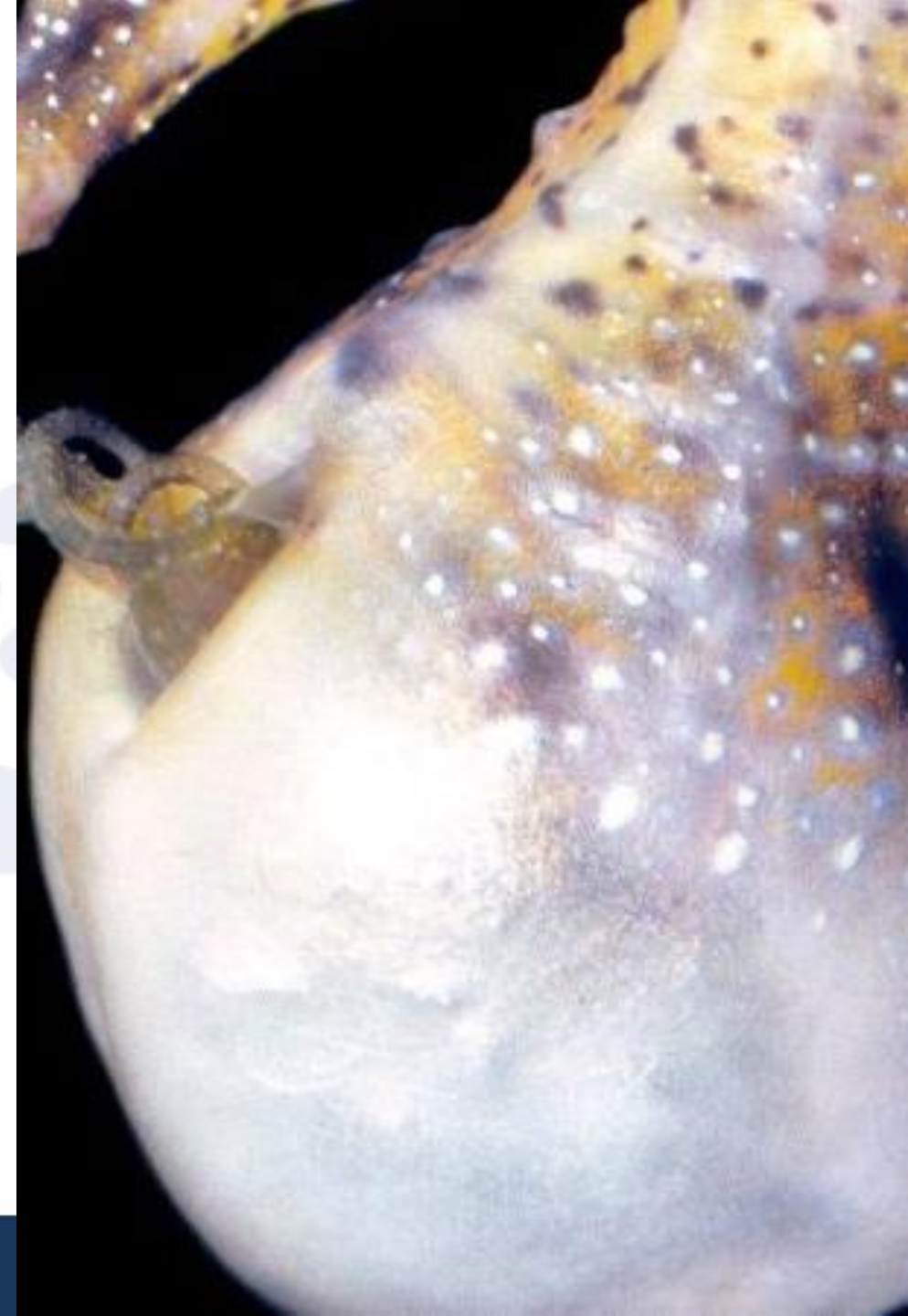
Gli animali ovovivipari producono uova che si schiudono *all'interno* del corpo della madre. I piccoli nascono vivi, ma non si nutrono direttamente dalla madre.

Fonte di Nutrimento

L'embrione si nutre esclusivamente del tuorlo contenuto nell'uovo. Non c'è connessione placentare.

Vantaggi

Protezione dei piccoli durante lo sviluppo iniziale senza il costo metabolico della gestazione vivipara.



I Monotremi: Un'Eccezione Unica



I monotremi sono mammiferi primitivi che depongono uova ma allattano i piccoli.

Caratteristiche:

- depongono uova con guscio coriaceo, allattano senza capezzoli (il latte sgocciola dalle ghiandole mammarie sulla pelle),
- e possiedono una cloaca (un unico orifizio per escrezione e riproduzione).

Esempi: ornitorinco ed echidna, trovati solo in Australia e Nuova Guinea.

Classificazione dei Vertebrati

1 Ovipari

Uova si sviluppano esternamente: uccelli, rettili, anfibi.

2 Ovovivipari

Uova si schiudono internamente, nutrite dal tuorlo. Es: Squali, Vipere. ((ETEROTERMI /OMOTERMI)

3 Vivipari

Sviluppo interno con nutrimento materno. Es: mammiferi, pesci. (placentati/marsupiali)

4 Monotremi

Mammiferi ovipari con allattamento: ornitorinco, echidna.

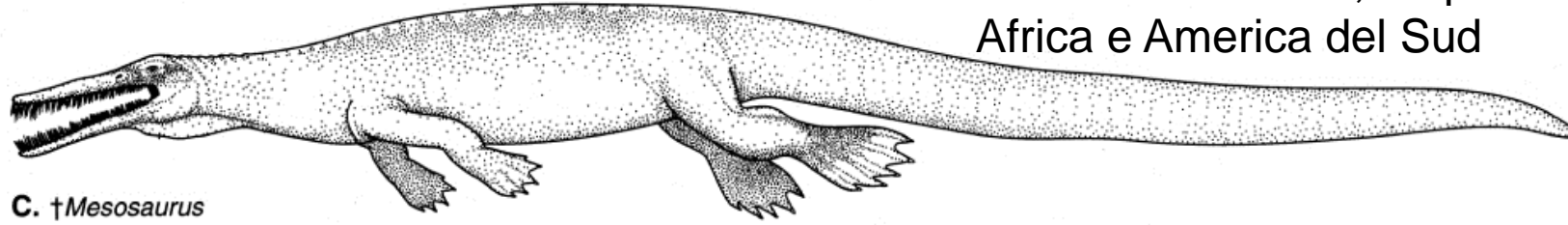
Amnioti

- Sauropsidi
- Sinapsidi

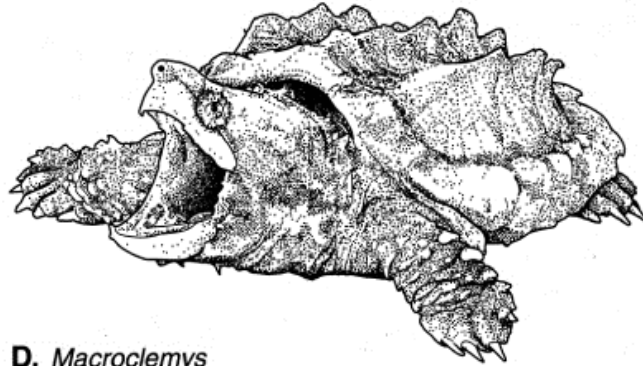
Sauropsidi

- Anapsidi”
 - Mesosauri
 - Pareiasauri
 - Captorini
- Diapsidi

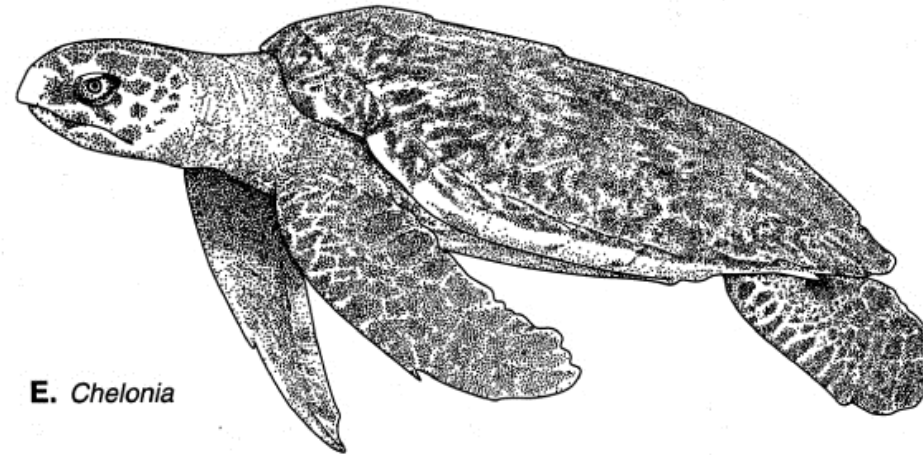
Permiano inferiore, acque dolci
Africa e America del Sud



C. †*Mesosaurus*



D. *Macroclemys*
Famiglia Chelydridae



E. *Chelonia*



F. †*Petrolacosaurus*

ARTICOLAZIONE TRA TARSO E METATARSO → CORRERE VELOCEMENTE

FIGURA 3-21 C, Ricostruzione di †*Mesosaurus*, un saurapside primitivo. D, La tartaruga alligatore, *Macroclemys*. E, La tartaruga verde, *Chelonia mydas*, mostrante gli arti anteriori modificati come natatoie. F, Ricostruzione di un diapside primitivo, †*Petrolacosaurus*.

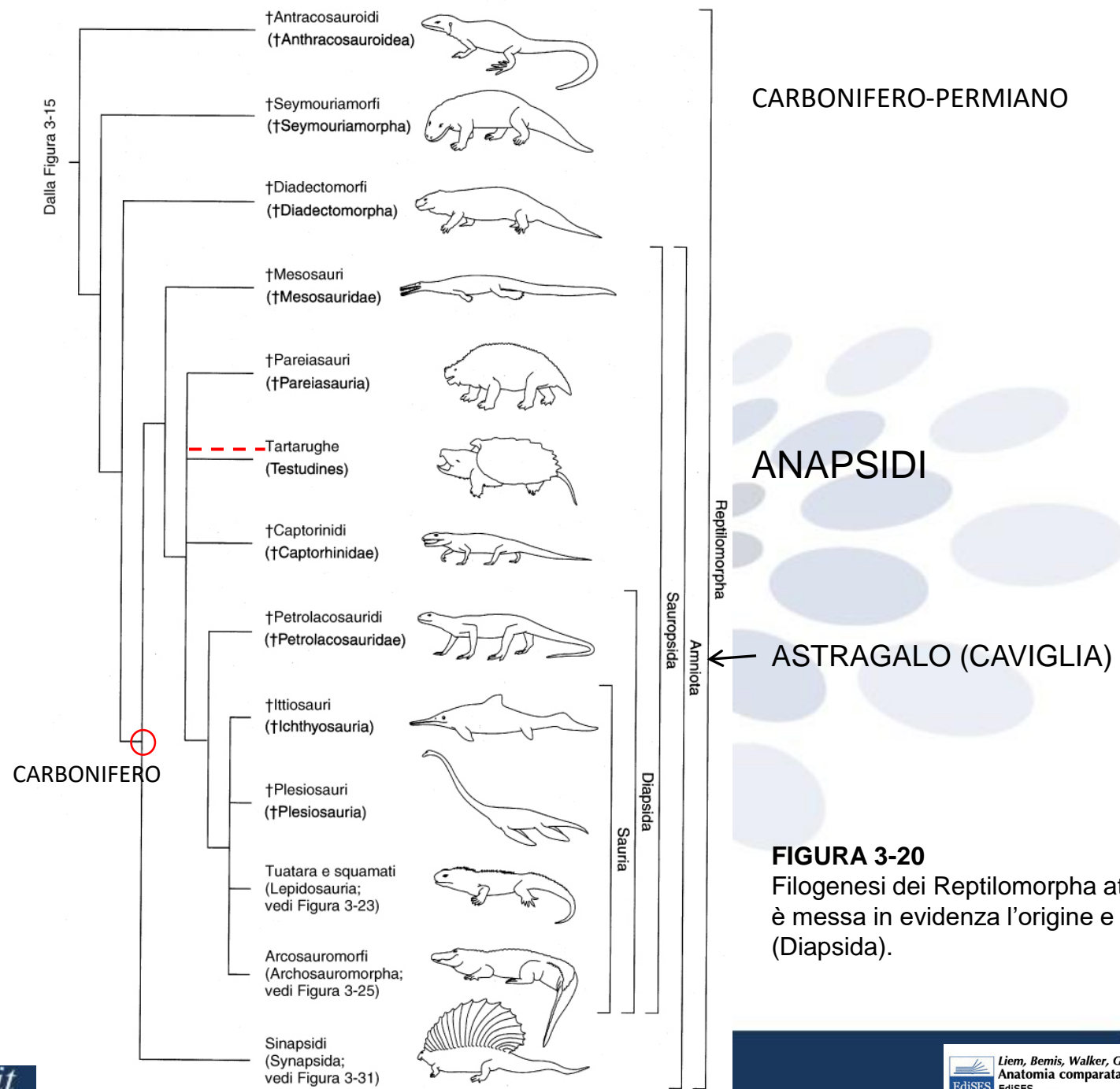
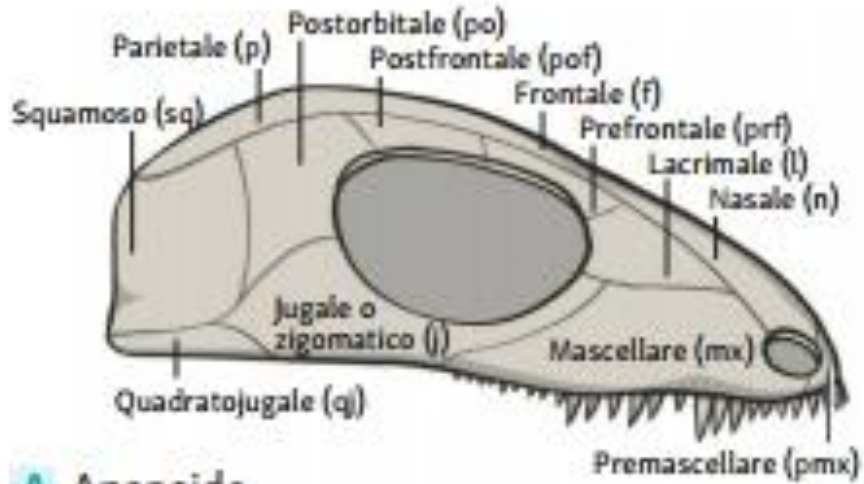
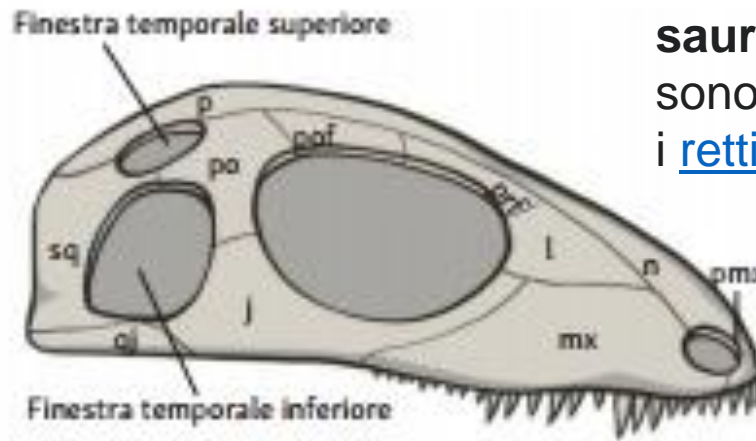


FIGURA 3-20
 Filogenesi dei Reptilomorpha attuali e fossili nella quale è messa in evidenza l'origine e la diversità dei diapsidii (Diapsida).

•Ordine Testudines (tartarughe)

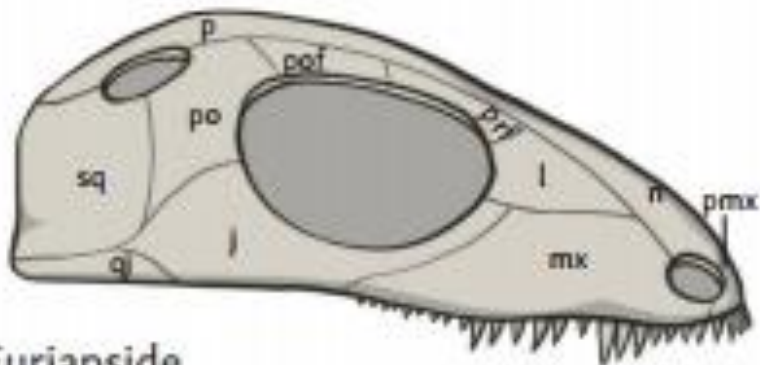


A Anapside

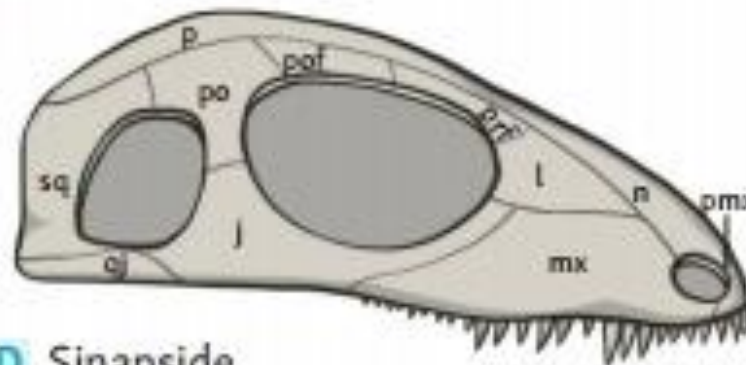


B Diapside

sauropsidi (*Sauropsida*) sono un clade che riunisce i rettili e gli uccelli.



C Euriapside



D Sinapside

FIGURA 6.16

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

Attualmente si ritiene che gli euriapsidi siano a tutti gli effetti rettili diapsidi che hanno perso la finestra temporale inferiore. Non hanno discendenti diretti sopravvissuti fino ai giorni nostri.

•Classe Mammalia (Mammiferi)

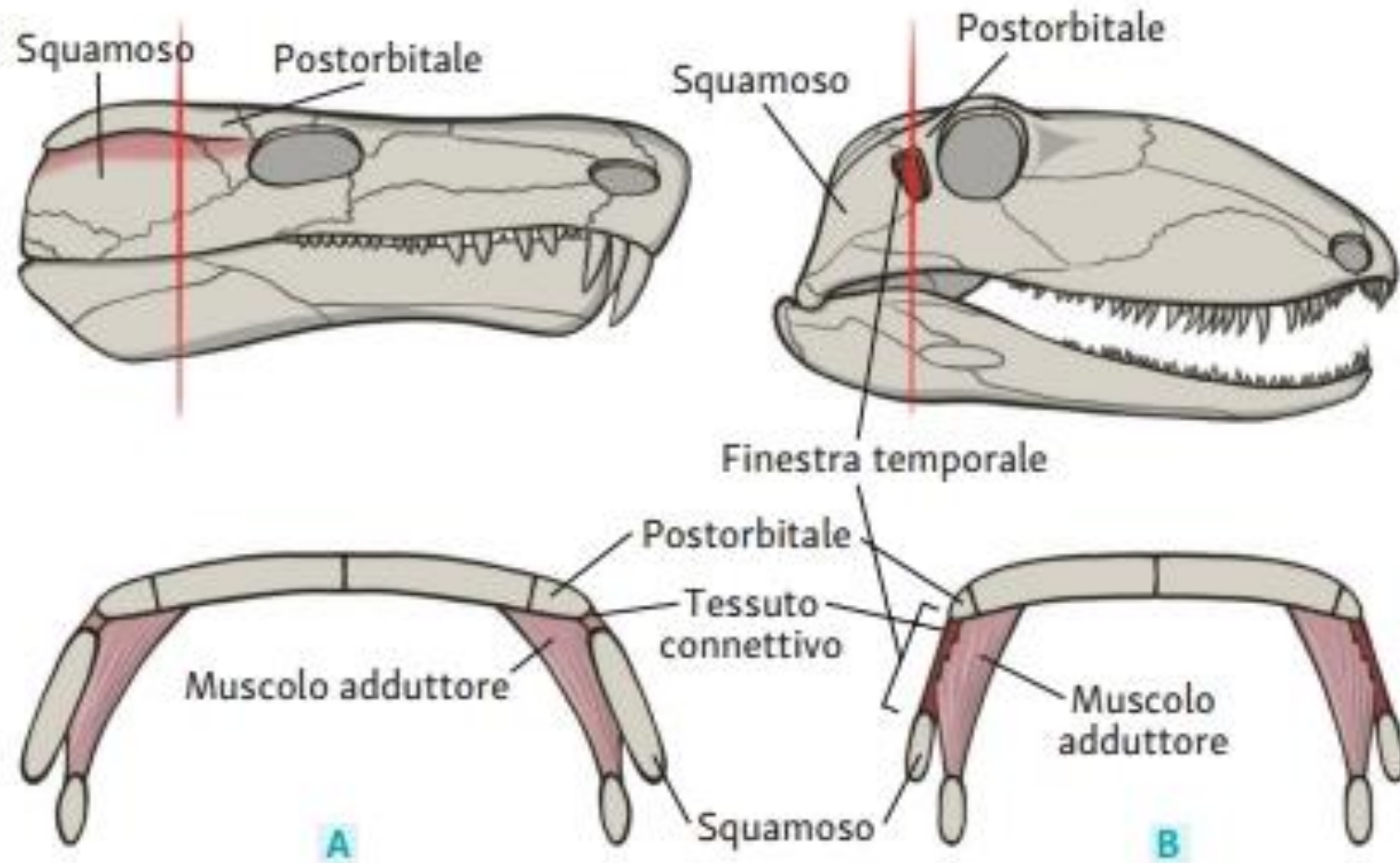


FIGURA 6.17

Crani anapside (A) e sinapside (B) in veduta laterale (in alto) e in sezione trasversale (in basso). Le finestre temporali (in rosso in B) si sarebbero originate a livello delle suture fra le ossa dermiche della regione temporale del cranio anapside (A). Le linee verticali nei crani in alto indicano i livelli delle sezioni mostrate in basso.



Amnioti: Sauropsidi e Sinapsidi

Anatomia Comparata dei Vertebrati

Cos'è un Amniote?

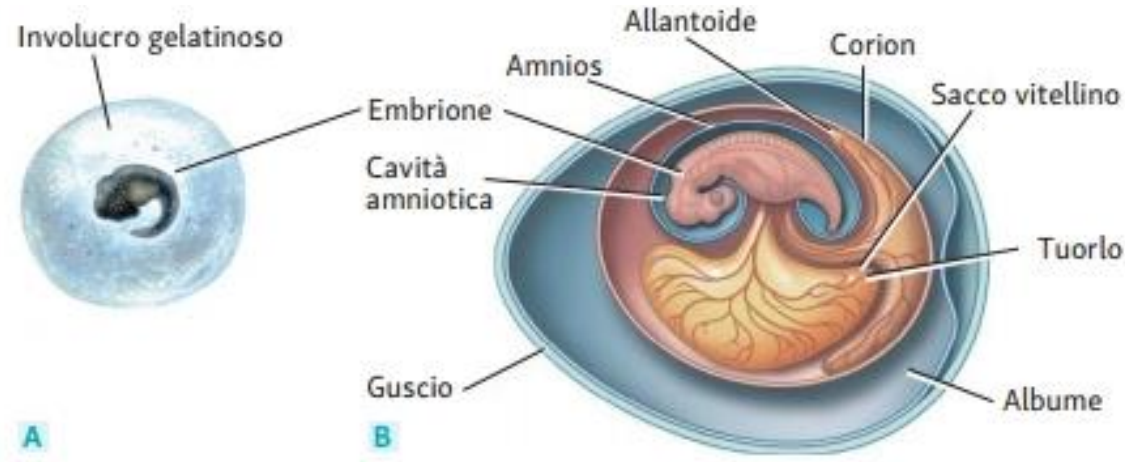


FIGURA 6.3
Confronto fra le uova embrionate di un anfibio (A) e di un amniote (B).

Innovazione Evolutiva

L'uovo amniotico permise ai vertebrati di colonizzare la terra, liberandoli dalla dipendenza dall'acqua per la riproduzione.

Membrane Extraembrionali

L'embrione è protetto da quattro membrane:

- **Amnios:** Protegge meccanicamente e previene la disidratazione.
- **Corio/Corioallantoide:** Facilita gli scambi gassosi e la respirazione.
- **Allantoide:** Accumula cataboliti azotati.
- **Saco vitellino:** Fornisce nutrimento.

Amniota :caratterizzati dalla presenza di una membrana amniotica, durante lo sviluppo.

L'uovo cleidoico permette agli amnioti di evitare uno stadio larvale acquatico.

Un uovo cleidoico (dal greco, kleis, gen. kleidòs = chiave) è autosufficiente, ed è stato il fattore determinante per una vita completamente terrestre.

La sua grande provvista di tuorlo è contenuta in un sacco del tuorlo collegato all'embrione. Il fluido contenuto nella membrana amniotica forma un cuscino liquido intorno all'embrione, e altre membrane extraembrionali proteggono l'embrione e provvedono allo scambio di gas e all'eliminazione dei rifiuti azotati

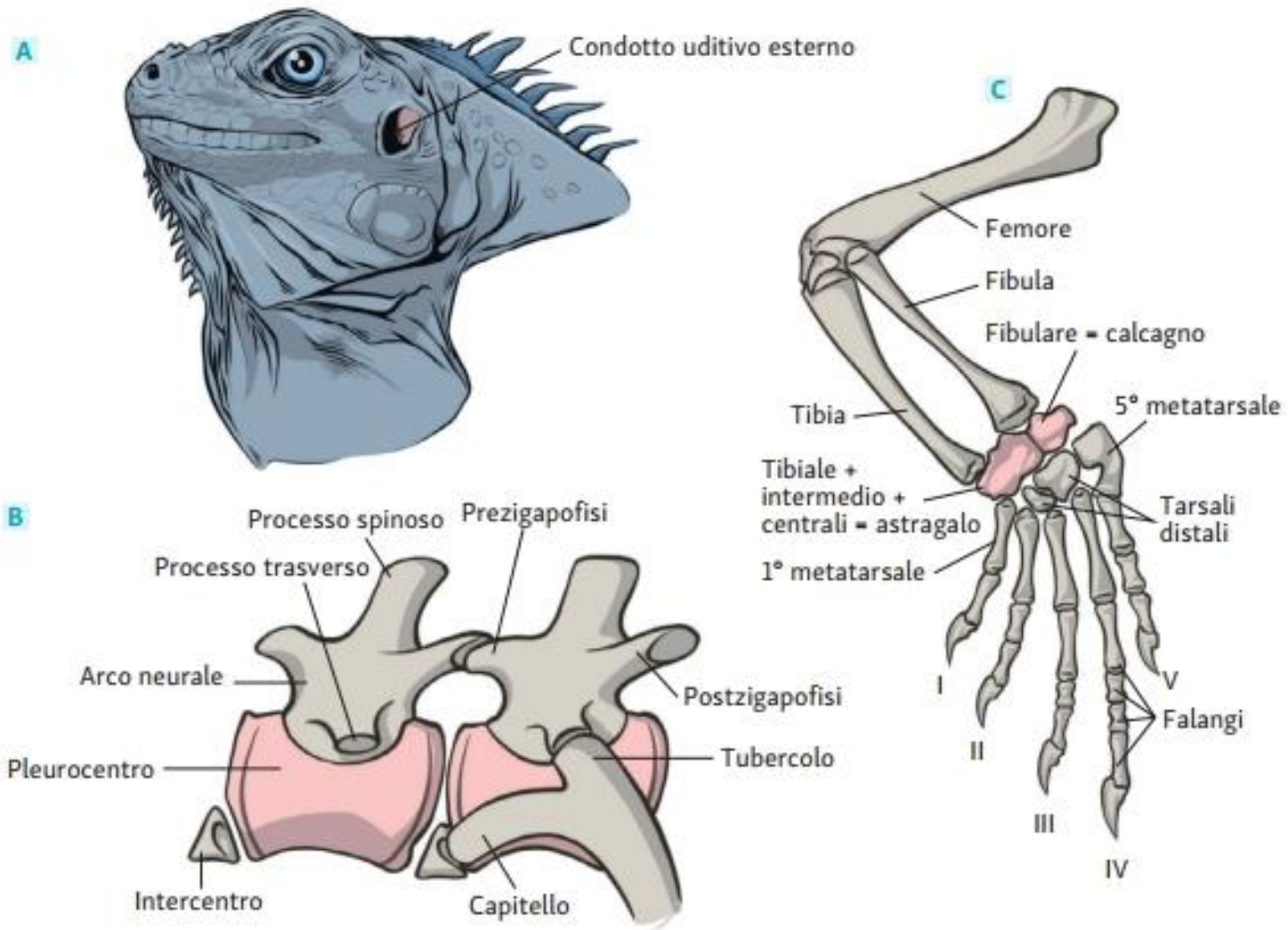
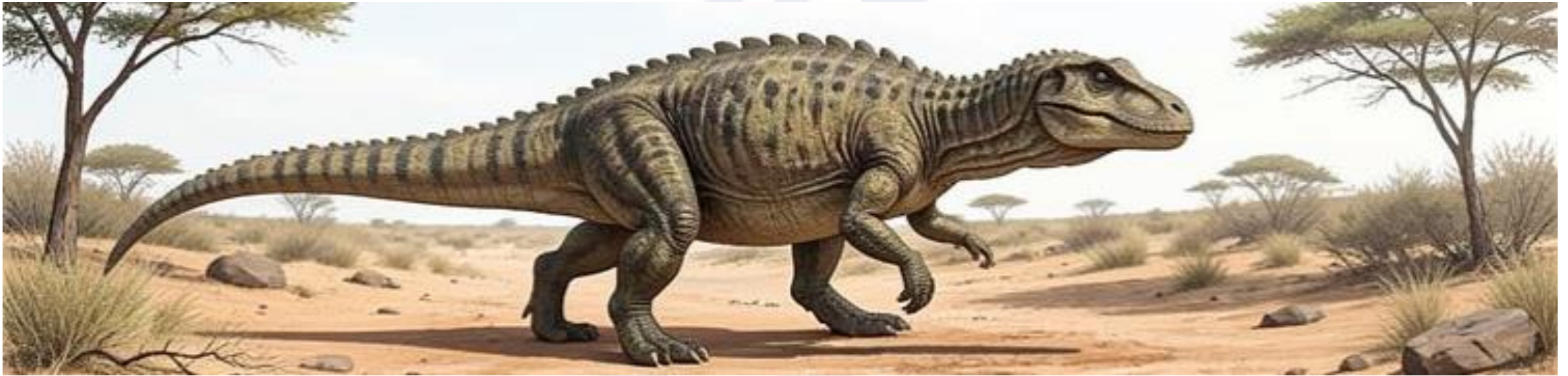


FIGURA 6.14

Alcune sinapomorfie degli Amnioti. (A) Formazione del condotto uditivo esterno (o meato acustico); (B) sviluppo del pleurocentro nel corpo vertebrale); (C) formazione di astragalo e calcagno nel tarso.

I Sauropsidi Anapsidi

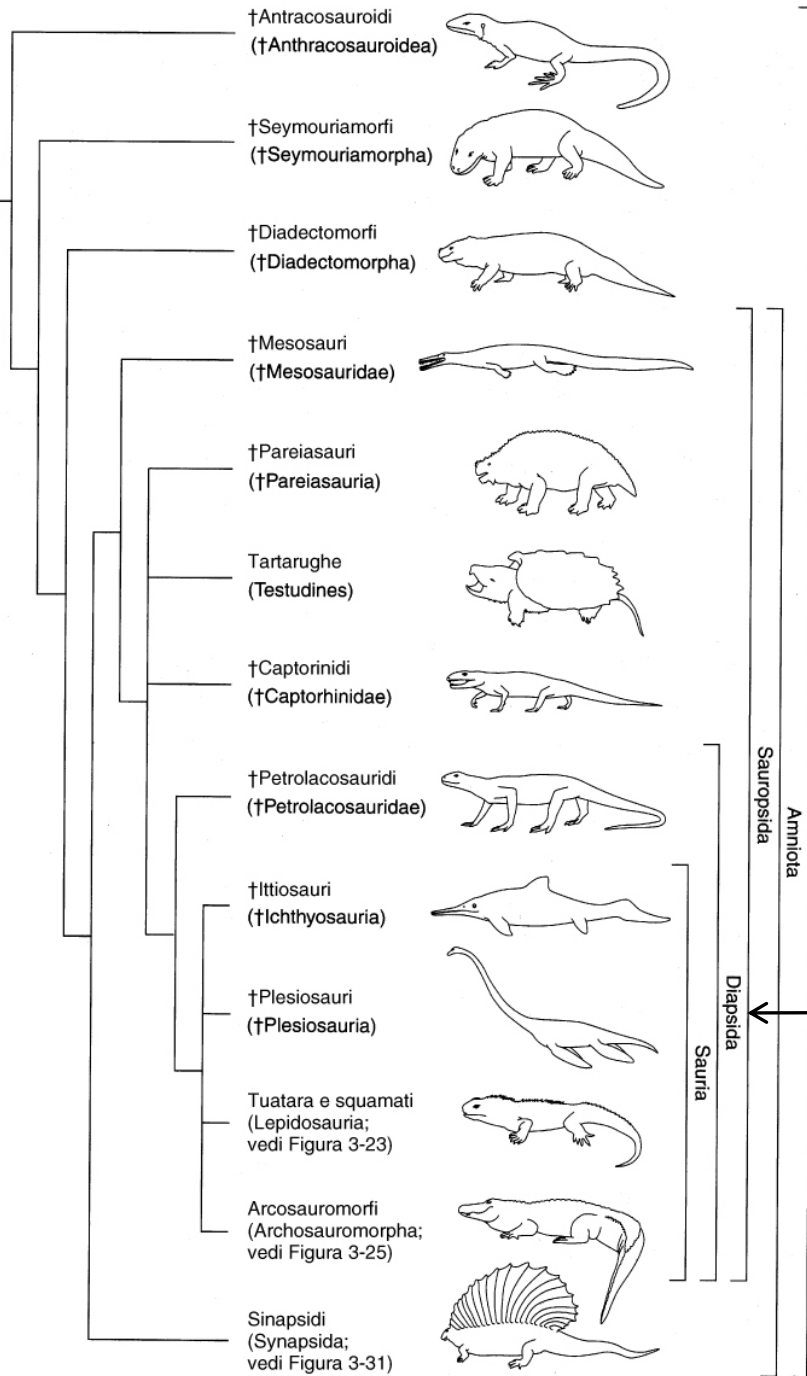
I Sauropsidi Anapsidi hanno un cranio senza finestre temporali, con una volta cranica completa e rigida.



Gruppi Principali

Forme antiche e moderne: Mesosauri (rettili acquatici Permiani), Pareiasauri (erbivori massicci con osteodermi), Captorinidi (piccoli insettivori/onnivori primitivi).

Dalla Figura 3-15



ANAPSIDI

← ASTRAGALO (CAVIGLIA)

← TARDO CARBONIFERO

FIGURA 3-20

Filogenesi dei Reptilomorpha attuali e fossili nella quale è messa in evidenza l'origine e la diversità dei diapsidii (Diapsida).

I Mesosauri

Adattamenti Acquatici

Mesosauri: primi rettili secondariamente acquatici (Permiano inferiore).

Caratteristiche Anatomiche

- **Rostro allungato con denti:** Dieta di piccoli crostacei/pesci.
- **Palamre/piedi con membrane:** Adatti al nuoto.

Importanza Paleontologica

Fossili in Sud America e Africa: prova chiave per la deriva dei continenti (Pangea).

Pareiasauri e Captorinidi

Pareiasauri

Giganti erbivori del Permiano.

- **Corpo massiccio:** Struttura a botte.
- **Osteodermi:** Placche ossee sulla pelle come armatura.
- **Becco corneo:** Adattato per tagliare la vegetazione dura.

Estinzione

Scomparsi alla fine del Permiano, durante la grande estinzione di massa.

Captorinidi (Captorinidi)

Gruppo primitivo e diversificato.

- **Dimensioni:** Da piccoli a medi.
- **Dentizione:** Spesso con denti palatini (sul palato) per trattenere la preda.

Significato

Rappresentano la morfologia basale dei diapsidi, mostrando le prime tappe evolutive.

Diversificazione dei Diapsidi



Struttura Cranica

Due finestre temporali (superiore e inferiore) ancorano potenti muscoli masticatori, favorendo l'espansione cerebrale.

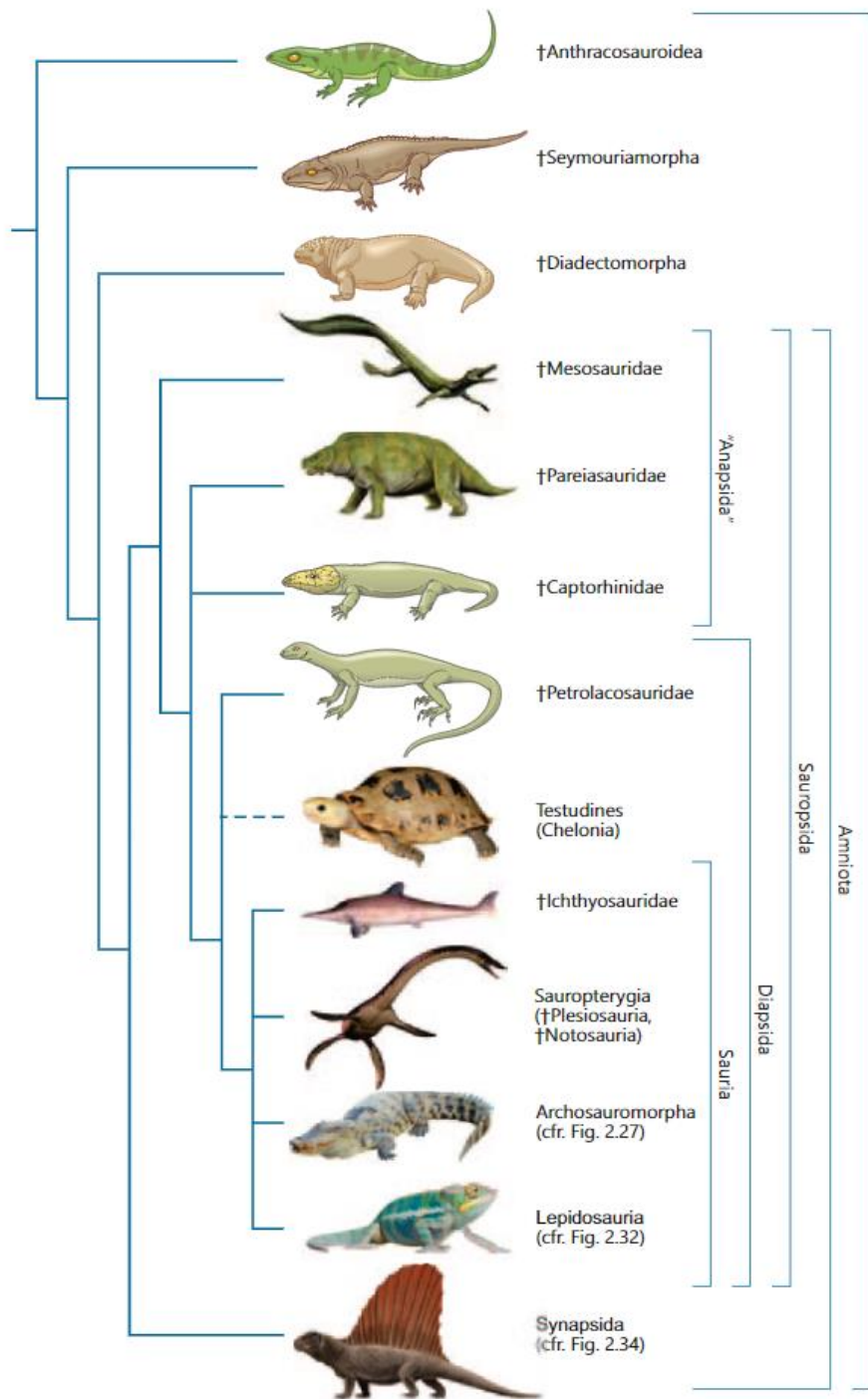
Due Linee Evolutive

I Diapsidi si dividono in:

1. **Lepidosauromorfi:** Lucertole, serpenti, tuatara.
2. **Archosauromorfi:** Crocodili, dinosauri (e uccelli).

Successo Evolutivo

Questa struttura cranica è fondamentale per il dominio ecologico di rettili e uccelli.

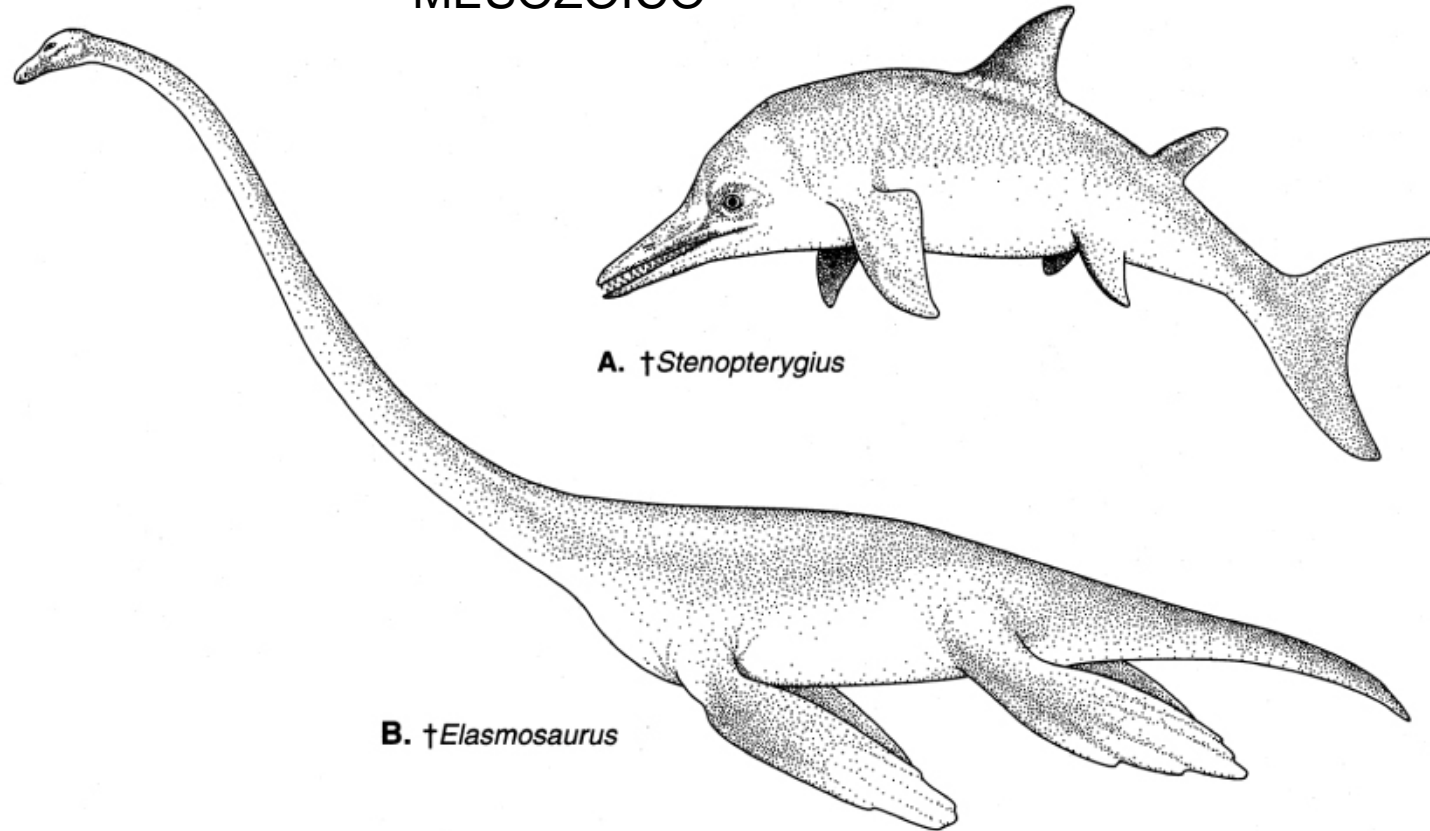


Albero filogenetico dei rettilomorfi.

La linea tratteggiata in corrispondenza delle tartarughe indica l'incertezza della loro posizione filogenetica.

I nomi tra virgolette indicano gruppi parafiletici

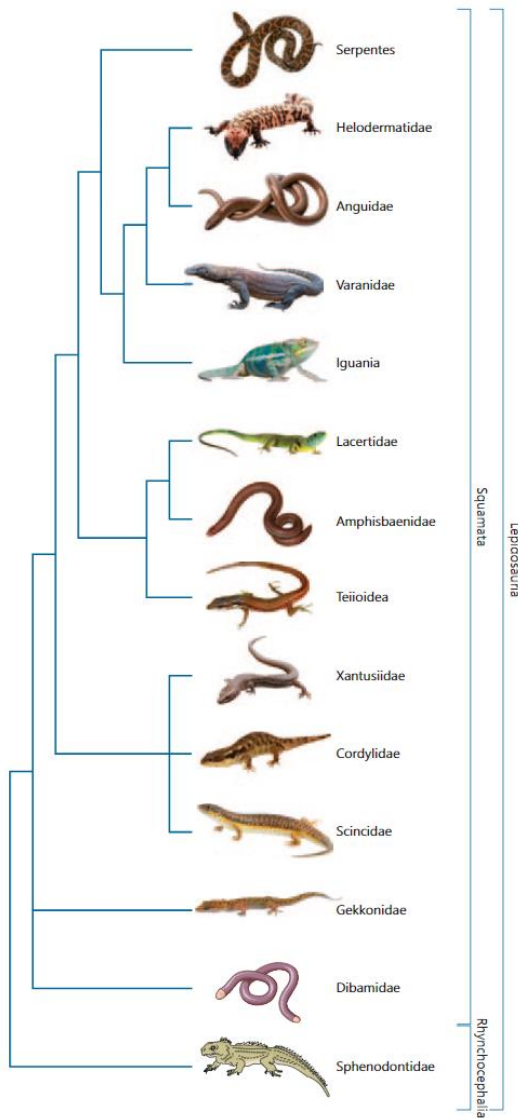
MESOZOICO



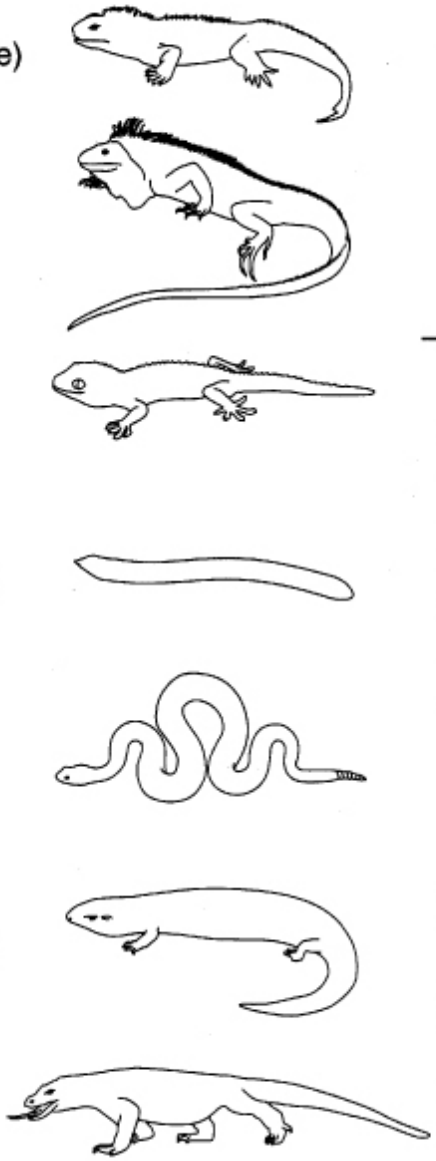
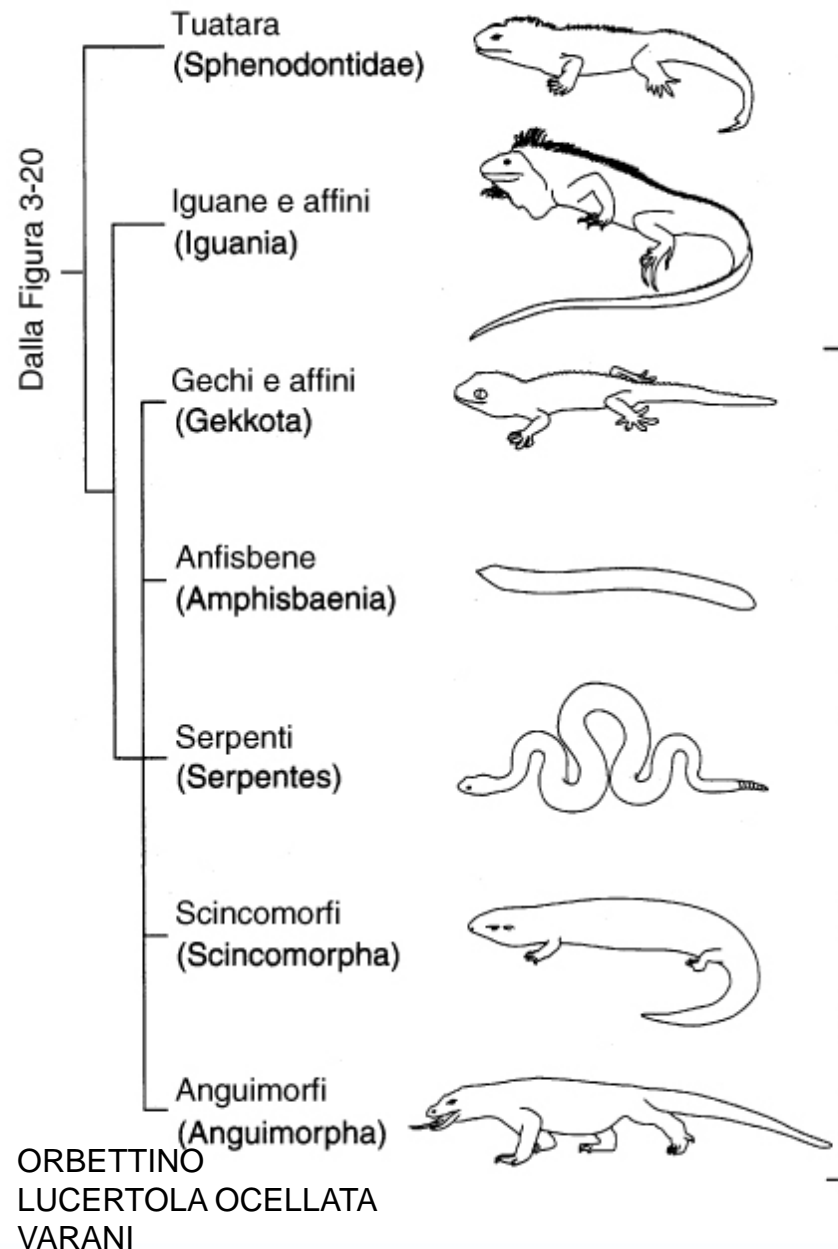
■ FIGURA 3-22

†Itiosauri e †plesiosauri. A, Ricostruzione di un ittiosauo evoluto, †*Stenopterygius*. B, Ricostruzione di un †plesiosauo evoluto dal lungo collo, †*Elasmosaurus*. TARDO CRETACEO, NORD AMERICA OCCIDENTALE

Lepidosauri - diapsidi



- Tutti i rettili attuali, con l'eccezione dei coccodrilli e, forse, dei cheloni.
- Sono distinguibili dagli arcosauromorfi per la loro postura, che, in generale, presenta un arto di tipo trasversale, e per la dentatura pleurodonte;
- mancano le finestre anteorbitarie e mandibolari nel dermatocranio



Scleroglossa
 Squamata
 Lepidosauria

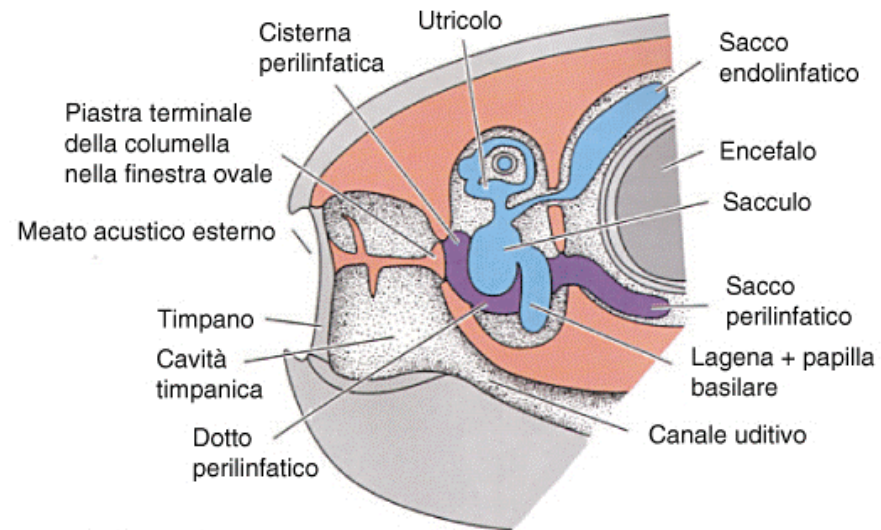
60000

- COLUMELLA SOTTILE
- FESSURA CLOACALE TRASVERSALE
- SQUAME EPIDERMICHE EMBRICATE
- PIANO DI ROTTURA VERTEBRE CAUDALI

FIGURA 3-23
 Filogenesi dei lepidosauri viventi (Lepidosauria).



A. Squamato

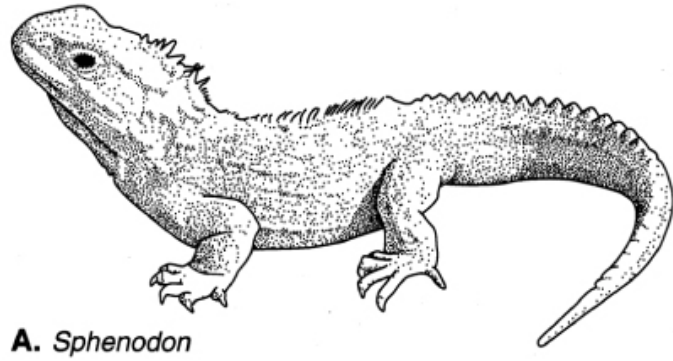


B. Squamato

FIGURA 12-19
Orecchio degli squamati

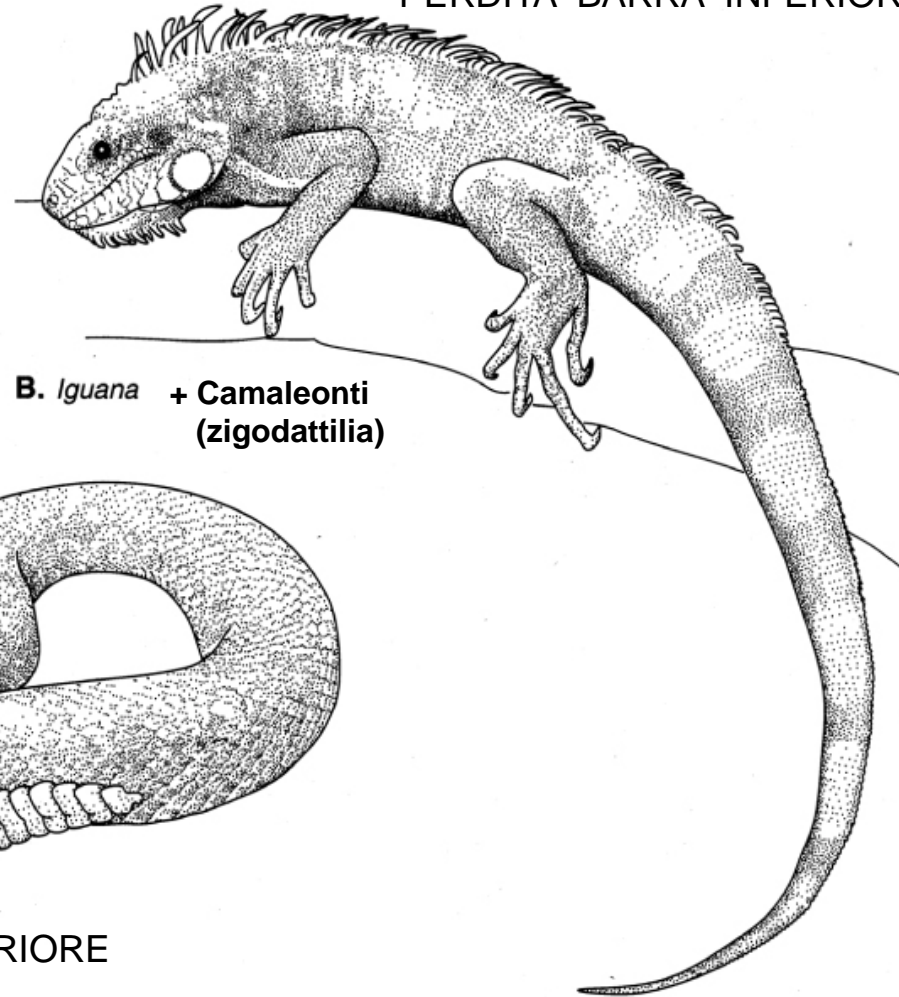
Liem, Bemis, Walker, Grande
Anatomia comparata dei Vertebrati
EdiSES

DIAPSIDI CLASSICI

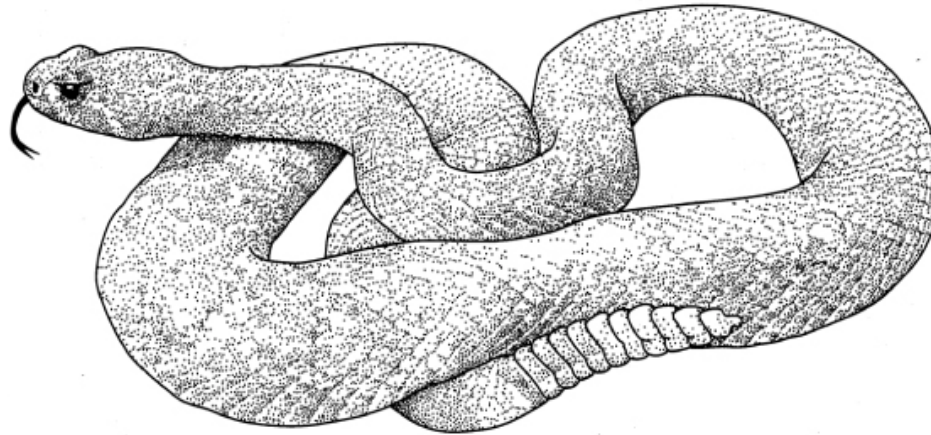


A. *Sphenodon*

PERDITA BARRA INFERIORE



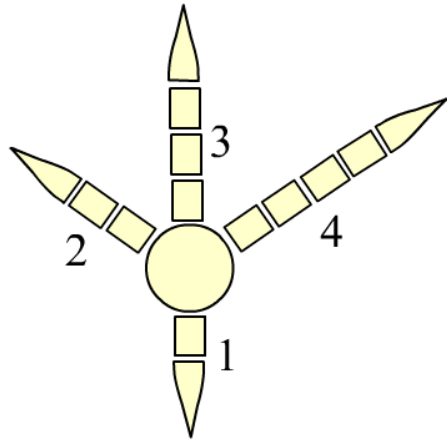
B. *Iguana* + Camaleonti
(zigodattilia)



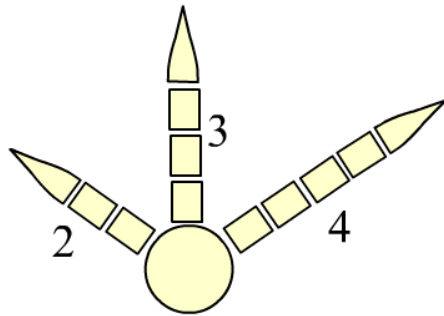
C. *Crotalus* PERDITA BARRA INFERIORE
E SUPERIORE

■ FIGURA 3-24 COBRA, SERPENTI CORALLO, SERPENTI MARINI, VIPERE, BOA, PITONI

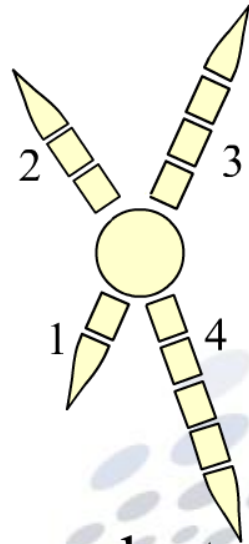
Lepidosauri rappresentativi. A, Il tuatara, *Sphenodon*, della Nuova Zelanda è il solo lepidosauro vivente che conserva entrambe le arcate ossee presenti nel cranio dei diapsidi fossili primitivi. B, Un'iguana, rappresentativo del genere *Iguana*. C, Un serpente a sonagli, *Crotalus*, velenoso, con fossette sensoriali termorecetttrici e lunghi denti del veleno, erettili.



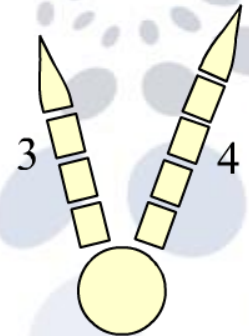
Anisodactylie



Tridactylie



Zygodactylie



Didactylie

è un adattamento delle dita delle zampe di alcune [specie](#) di [uccelli](#) e di [rettili](#),

Sintesi del Gruppo

Amnioti

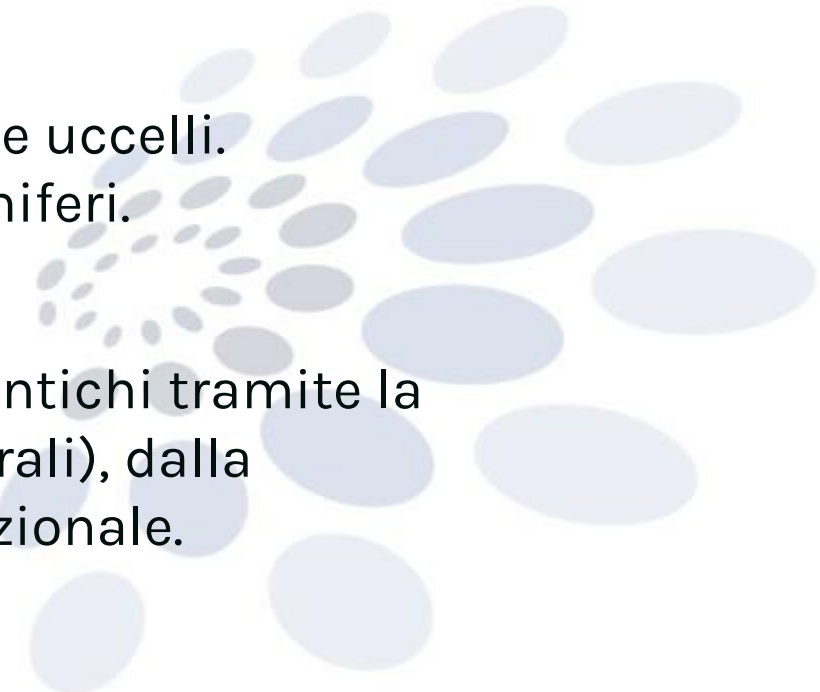
Vertebrati riproduttivamente indipendenti dall'acqua.

Linee Evolutive

- **Sauropsidi:** Portano a rettili e uccelli.
- **Sinapsidi:** Portano ai mammiferi.

Lezione

Analisi dell'evoluzione dei rettili antichi tramite la struttura cranica (finestre temporali), dalla classificazione all'evoluzione funzionale.





Arcosauromorfi

Anatomia Comparata dei Vertebrati:
Origine e Evoluzione

Gli arcosauromorfi (Archosauromorpha) sono un ampio clade di diapsidi che include alcuni gruppi basali e il grande raggruppamento degli arcosauri (Archosauria), che ha avuto un grande successo evolutivo in tutto il Permiano superiore .

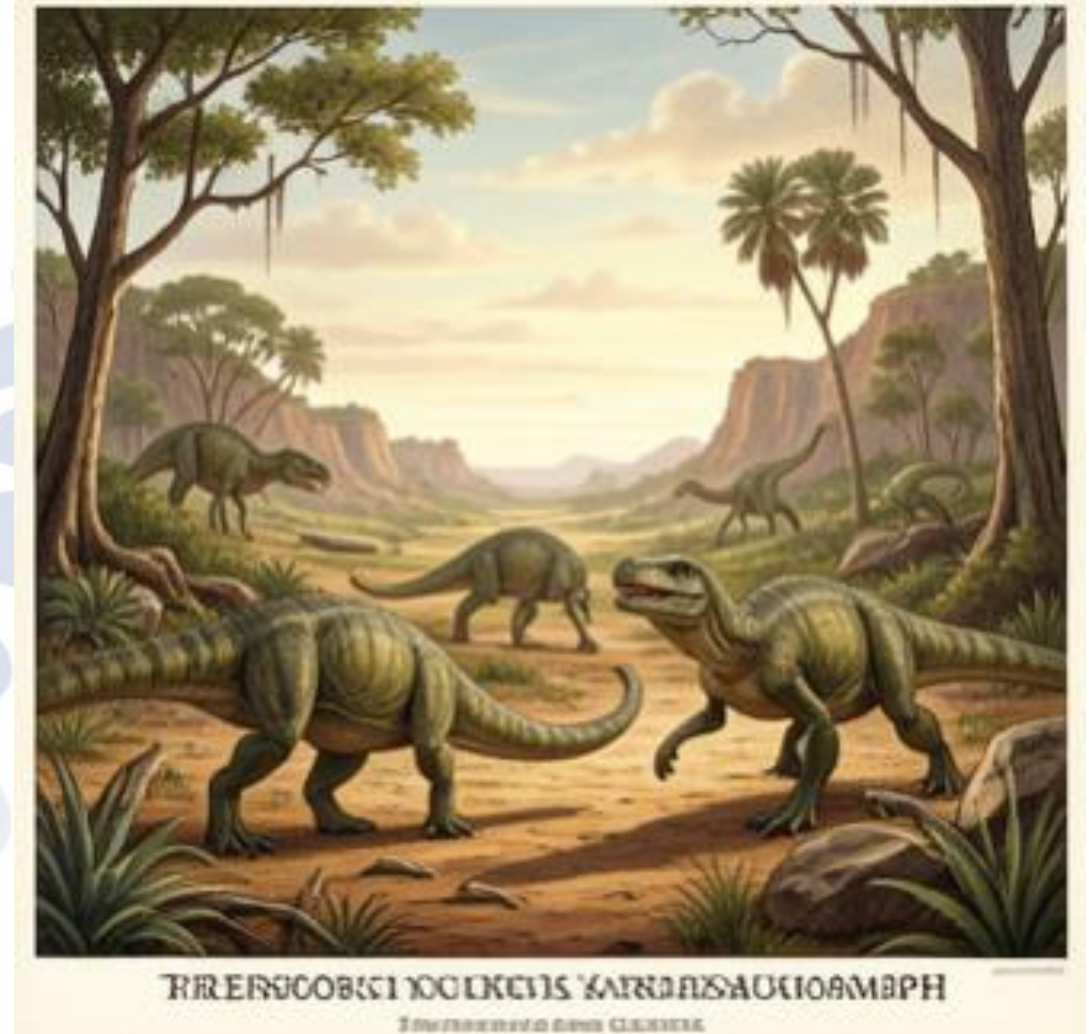
Definizione e Contesto Tassonomico

Cos'è un Arcosauomorfo?

Il clade **Arcosauomorpha** include i diapsidi più strettamente imparentati con gli arcosauri (coccodrilli e uccelli) che con i lepidosauri (lucertole e serpenti).

Caratteristiche Fondamentali

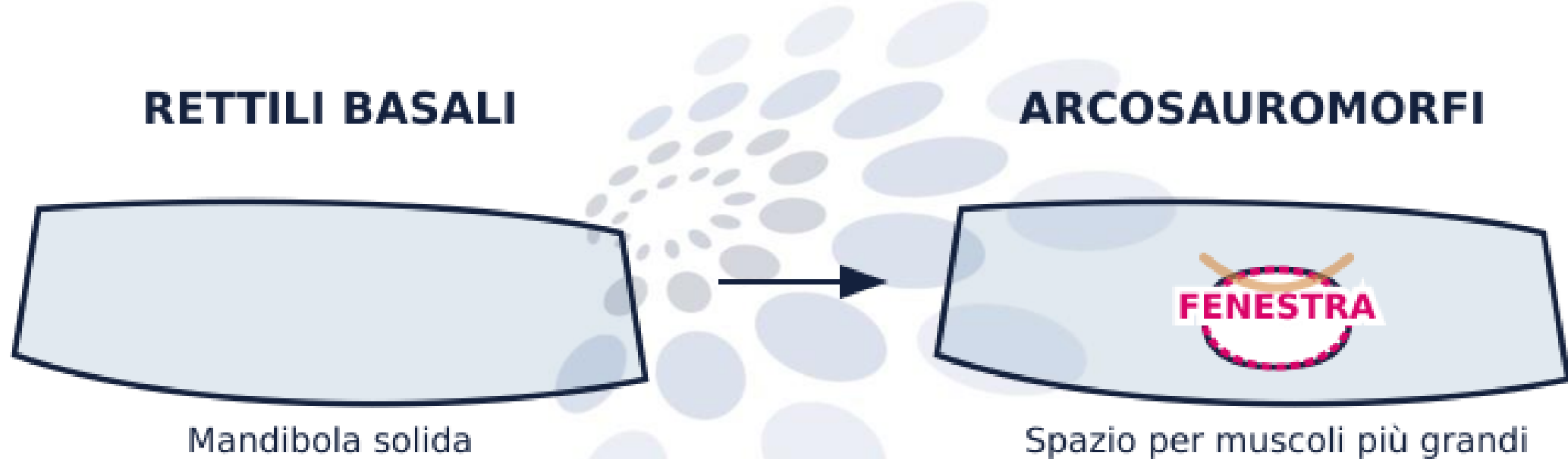
- **Origine:** Permiano superiore (circa 250 milioni di anni fa).
- **Radiazione Adattativa:** Si diversificarono enormemente nel Triassico.
- **Posizione Filogenetica:** Gruppo corona degli Archosauria.



Sinapomorfie: La Fenestra Mandibolare

Innovazione Anatomica Chiave

Arcosauromorfi: mandibola con **fenestra mandibolare** (apertura).



Fenestra Function

This opening accommodates larger, stronger chewing muscles, offering an evolutionary advantage in prey capture.

Sviluppo della Postura Eretta

Arti Sotto il Corpo

Gli arti si spostano gradualmente dalla posizione laterale a quella parassagittale, posizionandosi direttamente sotto il corpo.

Efficienza Locomotoria

Questo cambiamento riduce la flessione laterale del tronco e migliora l'efficienza durante la corsa e la respirazione.





Principali Gruppi Sistematici

1

Rhynchosauria

Erbivori specializzati con becchi robusti e denti a piastra per tagliare vegetazione dura, dominanti nel Triassico medio.

2

Protorosauria

Gruppo parafiletico con forme come *Tanystropheus*, dal collo allungato per la pesca.

3

Archosauriformes

Gruppo derivato che porta agli Archosauria veri, con specializzazioni craniche.

Il Genere *Euparkeria*: Un 'Missing Link'

Importanza Evolutiva

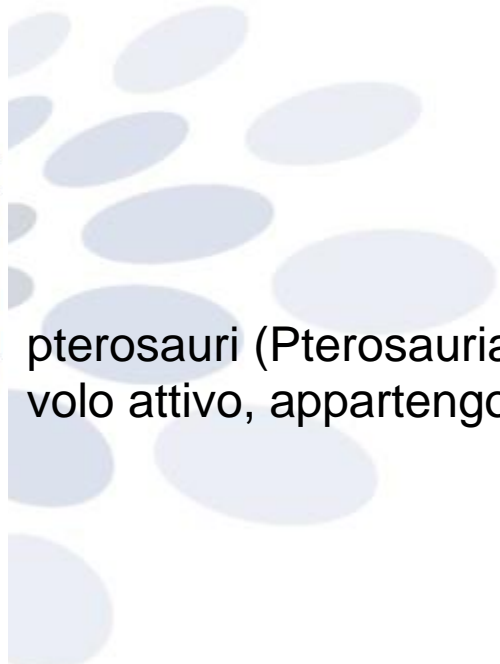
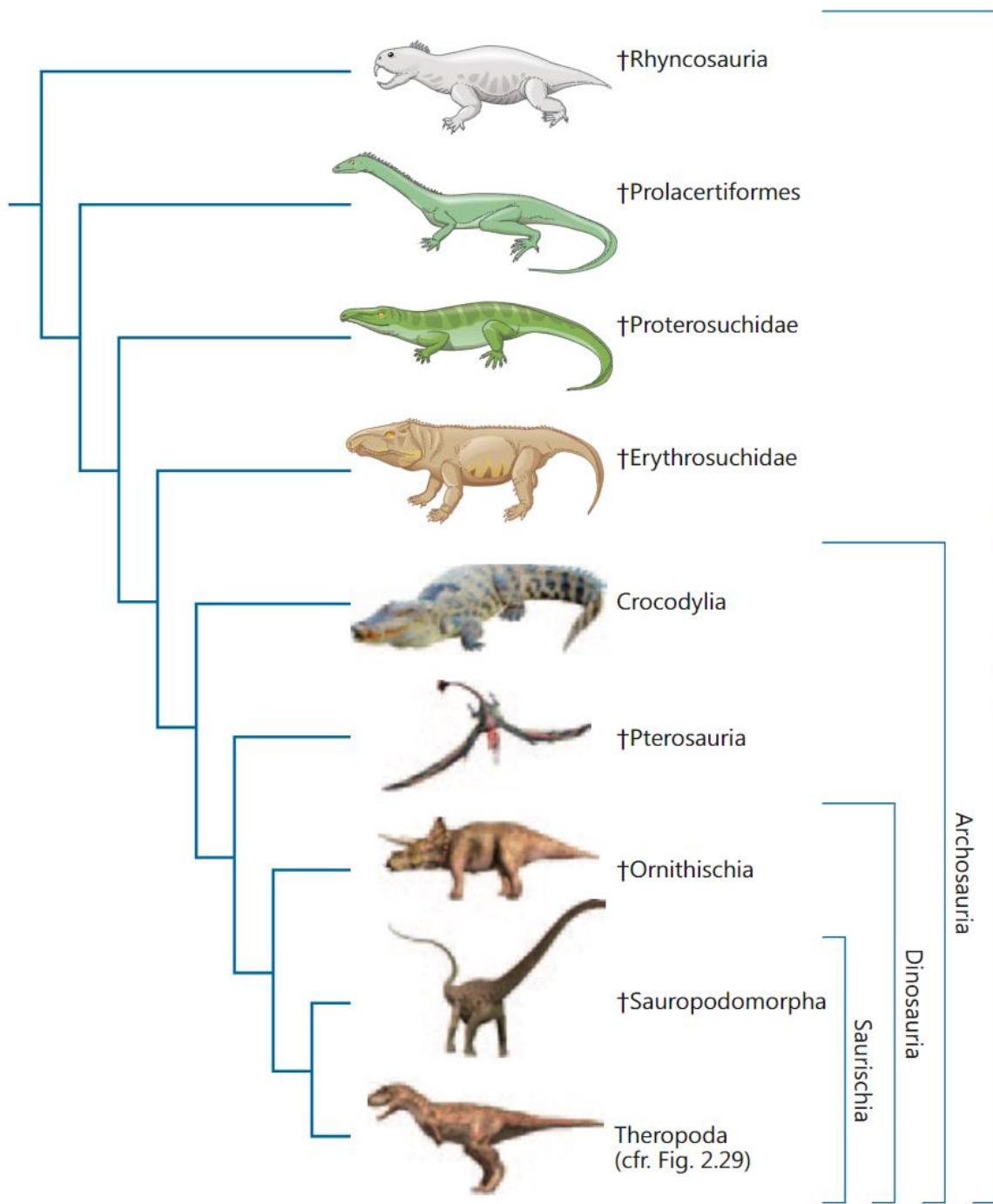
Euparkeria (Triassico inferiore) è cruciale per comprendere la transizione verso gli Archosauri.

Anatomia Critica

Mostra una postura degli arti semi-eretta, suggerendo che la capacità di camminare sulle zampe posteriori (bipedia) si sia sviluppata gradualmente in questo lignaggio prima di diventare obbligatoria in alcuni dinosauri.

Tendenza al bipedalismo, una modalità di locomozione che consente di muoversi sul terreno senza il coinvolgimento degli arti anteriori





pterosauri (Pterosauria)- i primi vertebrati volatori dotati di volo attivo, appartengono agli arcosauri



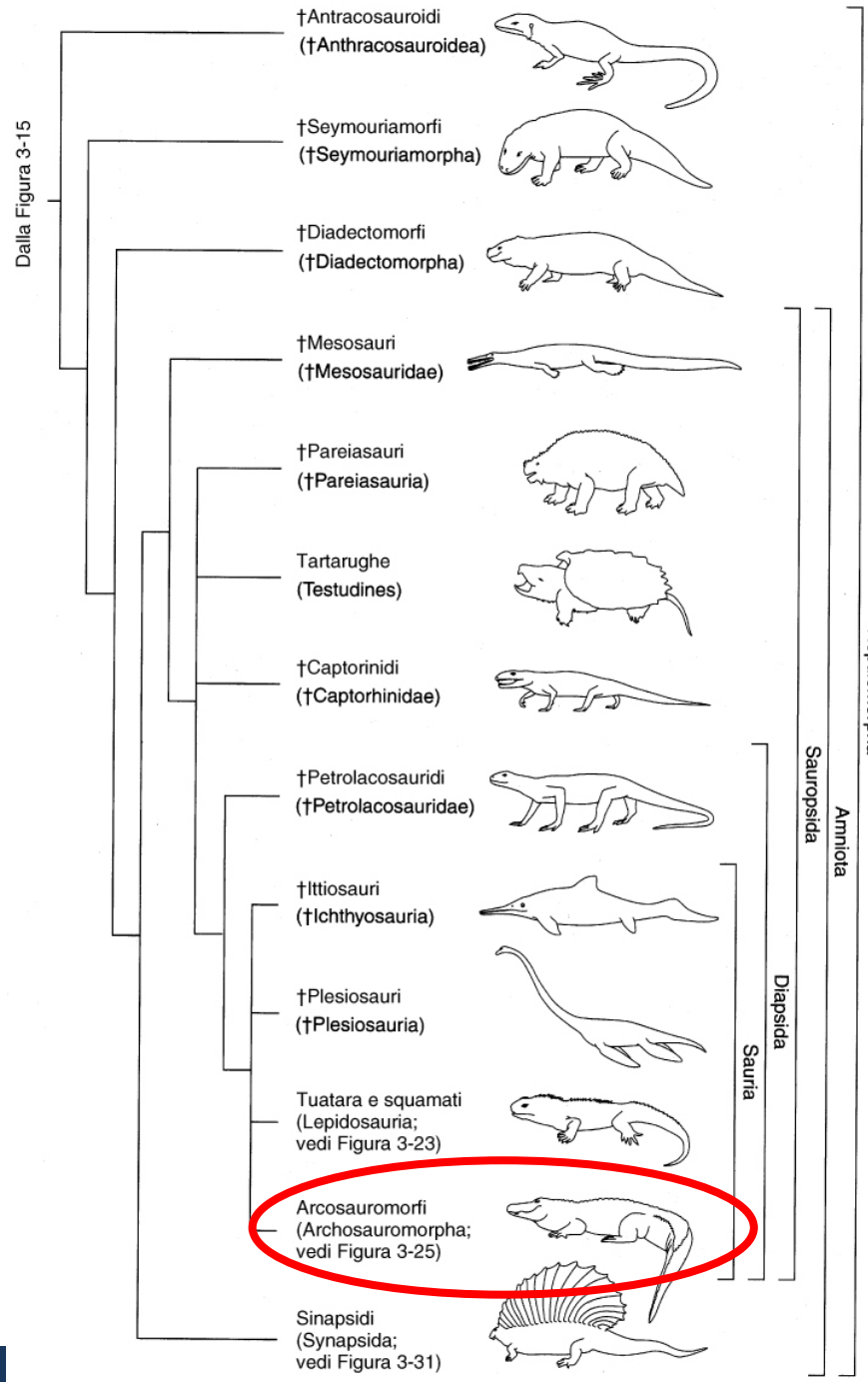
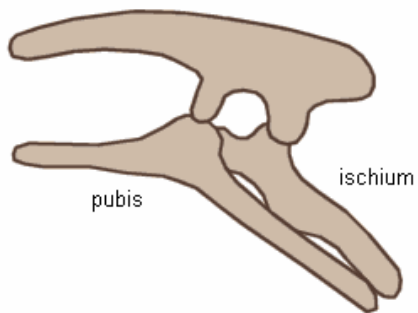
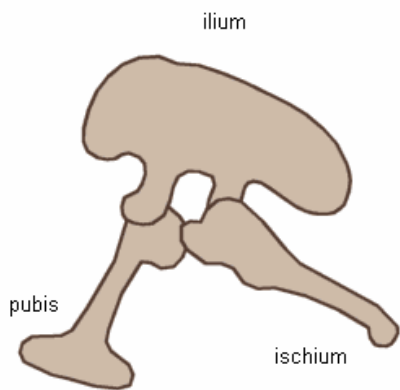


FIGURA 3-20
 Filogenesi dei Reptilomorpha attuali e fossili nella quale è messa in evidenza l'origine e la diversità dei diapsidii (Diapsida).

ANTERIORE ilium POSTERIORE



ORNITISCHI



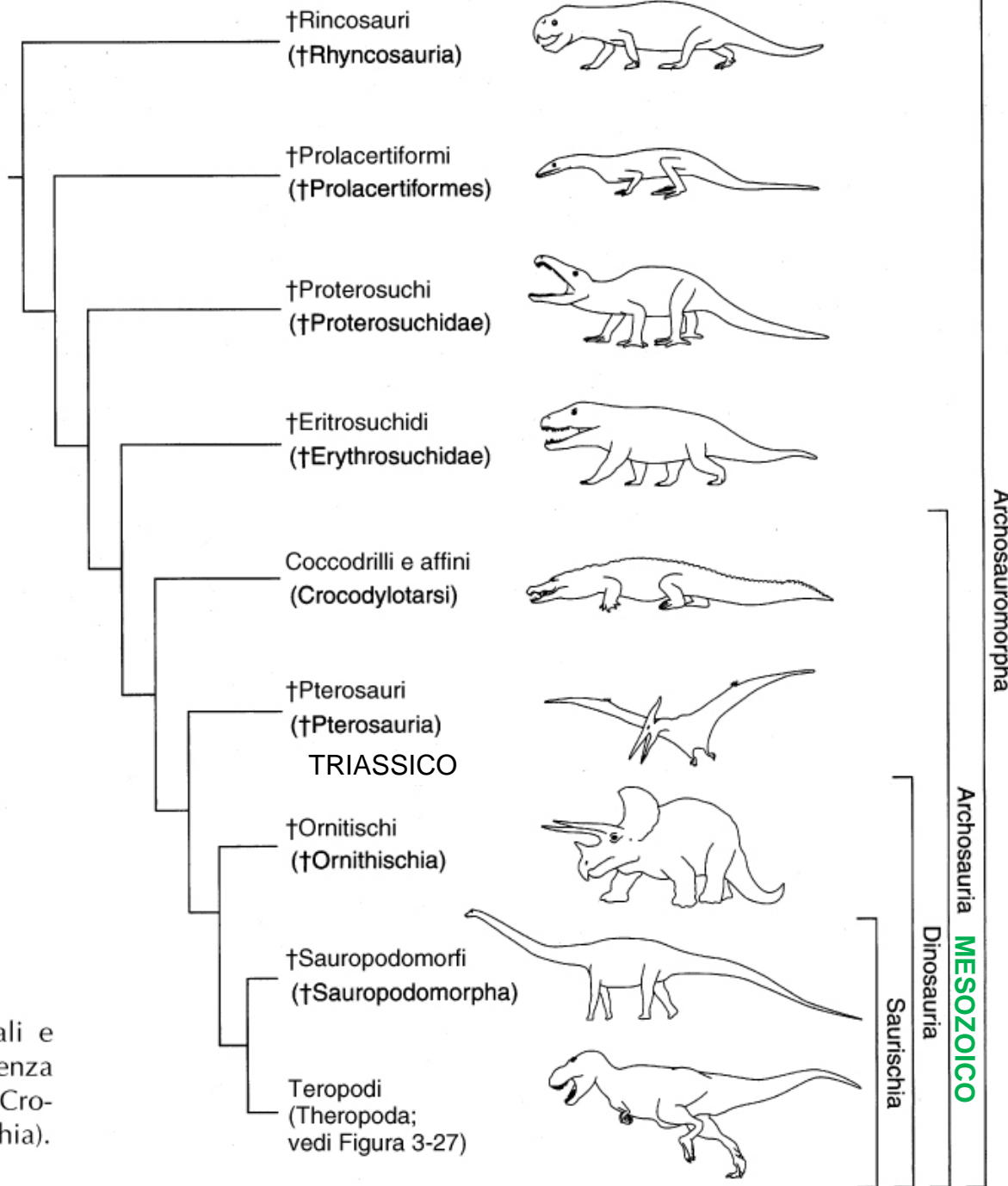
SAURISCHI

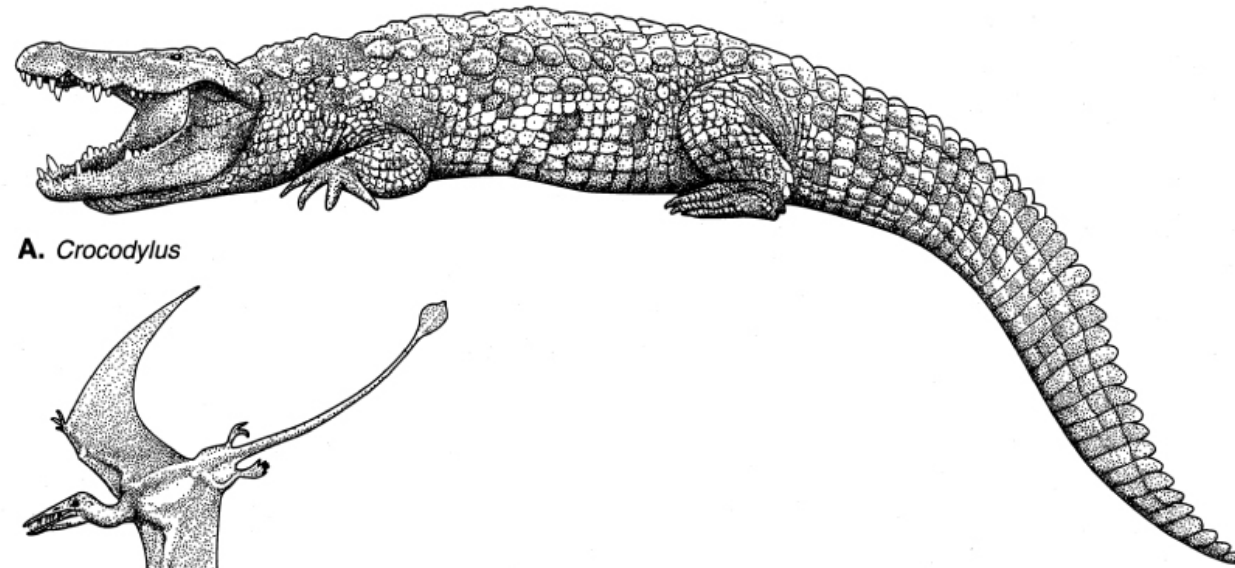
3 vertebre sacrali

FIGURA 3-25

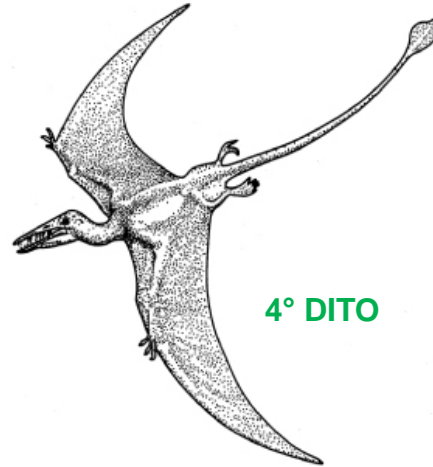
Filogenesi di arcosauromorfi attuali e fossili, nella quale è messa in evidenza l'origine dei coccodrilli e affini (Crocodylotarsi) e dei sauriscia (Saurischia).

Dalla Figura 3-20



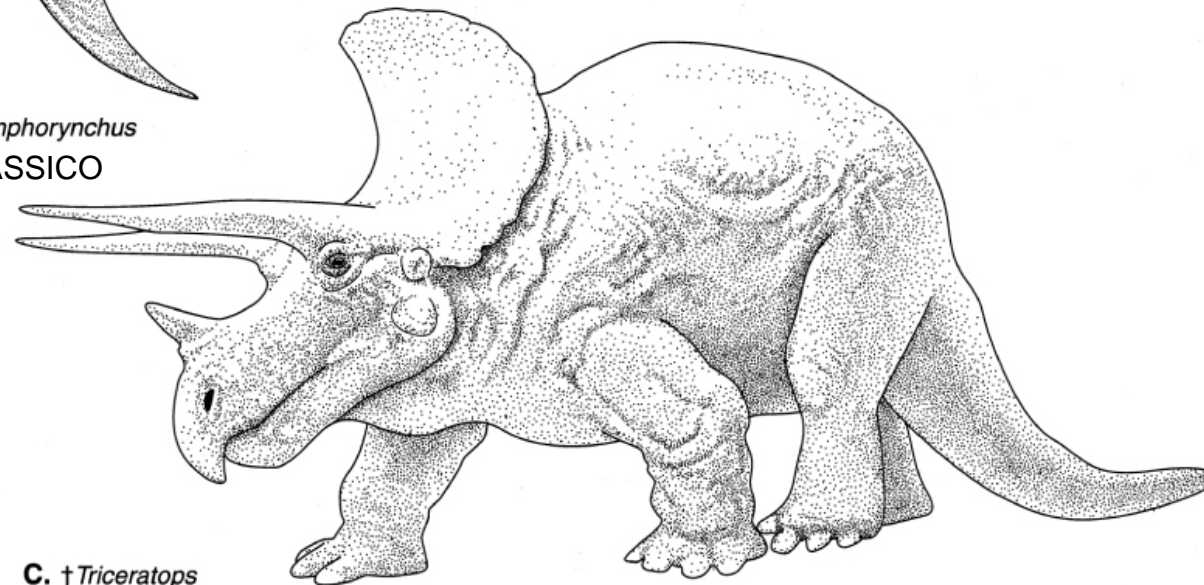


A. *Crocodylus*



4° DITO

B. †*Rhamphorynchus*
TRIASSICO



C. †*Triceratops*

■ FIGURA 3-26

Arcosauri rappresentativi. A, Un cocodrillo, *Crocodylus*. B, Ricostruzione di un pterosauro, †*Rhamphorynchus*. C, Ricostruzione di un dinosauro ornitisco, †*Triceratops*.

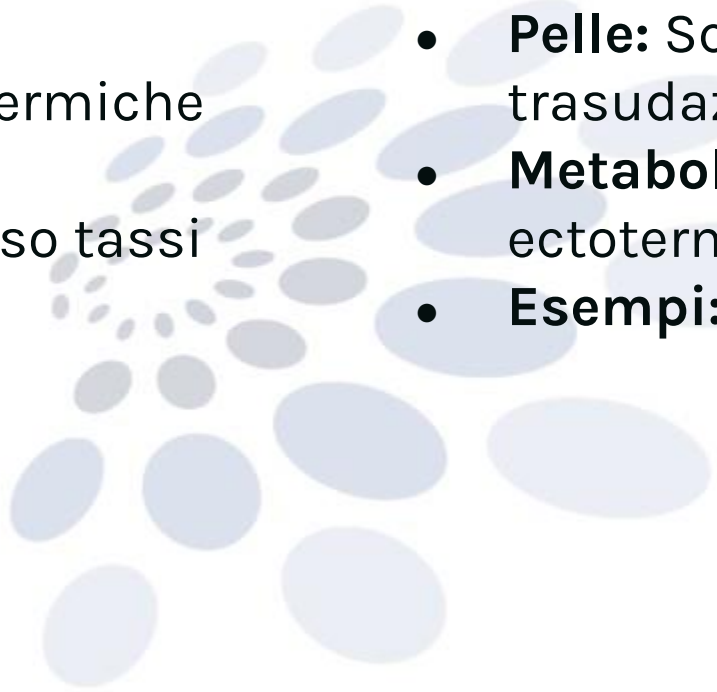
Archosauromorfi vs Lepidosauromorfi

Archosauromorfi

- **Fenestra Mandibolare:** Generalmente presente.
- **Pelle:** Spesso con placche dermiche (osteodermi).
- **Metabolismo:** Tendenza verso tassi più elevati.
- **Esempi:** Coccodrilli, Uccelli, *Euparkeria*.

Lepidosauromorfi

- **Fenestra Mandibolare:** Assente.
- **Pelle:** Scaglie sovrapposte, trasudazione di lipidi.
- **Metabolismo:** Generalmente ectotermici.
- **Esempi:** Lucertole, Serpenti, Tuatara.





I Cheloni

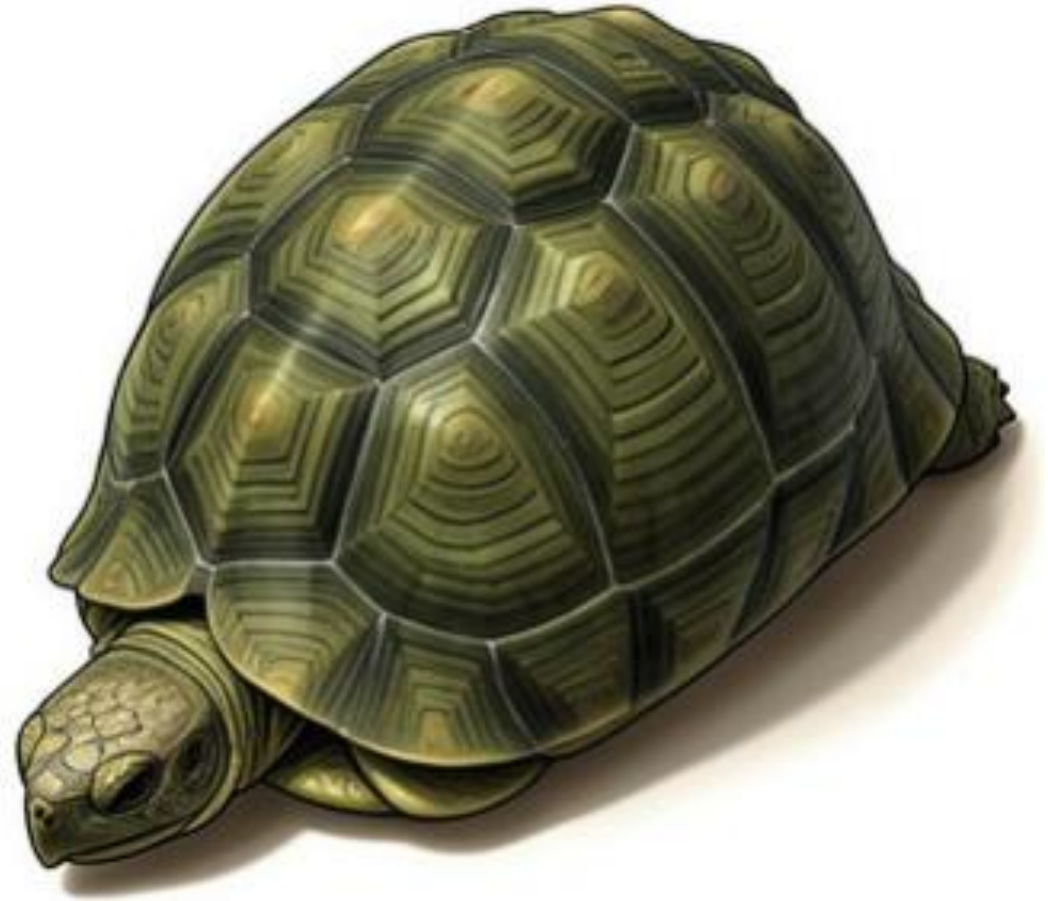
Caratteristiche Generali

“Anfibi” dell'Ordine Testudines

I cheloni comprendono tartarughe marine, d'acqua dolce e terrestri.

Adattamenti Chiave

Sono caratterizzati da un **carapace** dorsale e un **plastrone** ventrale, che proteggono il corpo.



Cheloni

- I cheloni (Chelonia o Testudines), testuggini e tartarughe, sono gli unici amnioti viventi con cranio anapside.
- I cheloni sono unici tra i vertebrati per avere una corazza composta da un carapace dorsale di osteodermi, che incorpora gli elementi endocondrali delle vertebre e delle coste, e da un piastrone ventrale, che incorpora clavicola e interclavicola e coste addominali.
- Unici tetrapodi nei quali la cintura pettorale è posizionata internamente alla cassa toracica.
- Caratterizzati dall'assenza di denti su mascella e mandibola, sostituiti da un becco corneo.

Introduzione ai Cheloni

Chi sono i Cheloni?

I cheloni sono rettili unici, caratterizzati da un guscio osseo protettivo.

Due Gruppi Principali

- **Pleurodiri:** "Collo di lato" (tartarughe d'acqua dolce dell'emisfero sud).
- **Criptodiri:** "Collo nascosto" (tartarughe marine e terrestri).



Adattamenti Evolutivi



Un Successo Evolutivo

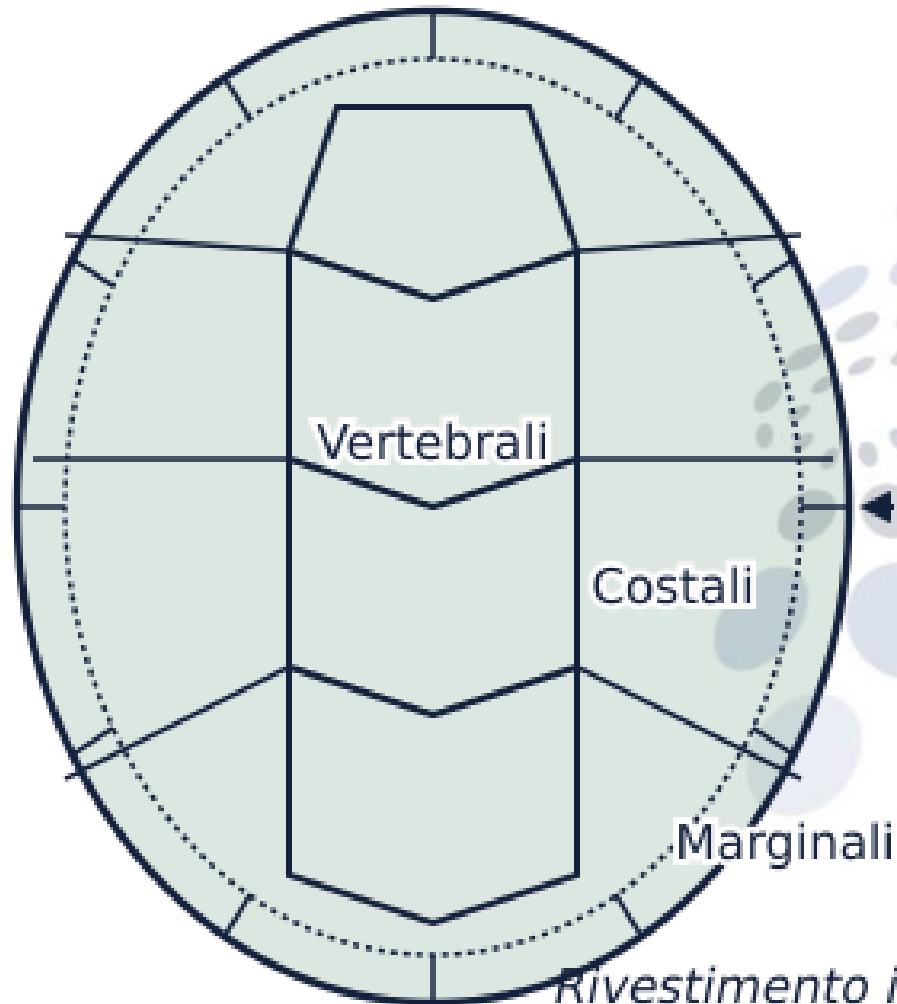
I cheloni esistono da oltre **200 milioni di anni**. La loro anatomia è il risultato di un adattamento estremo alla protezione.

Il Compromesso Anatomico

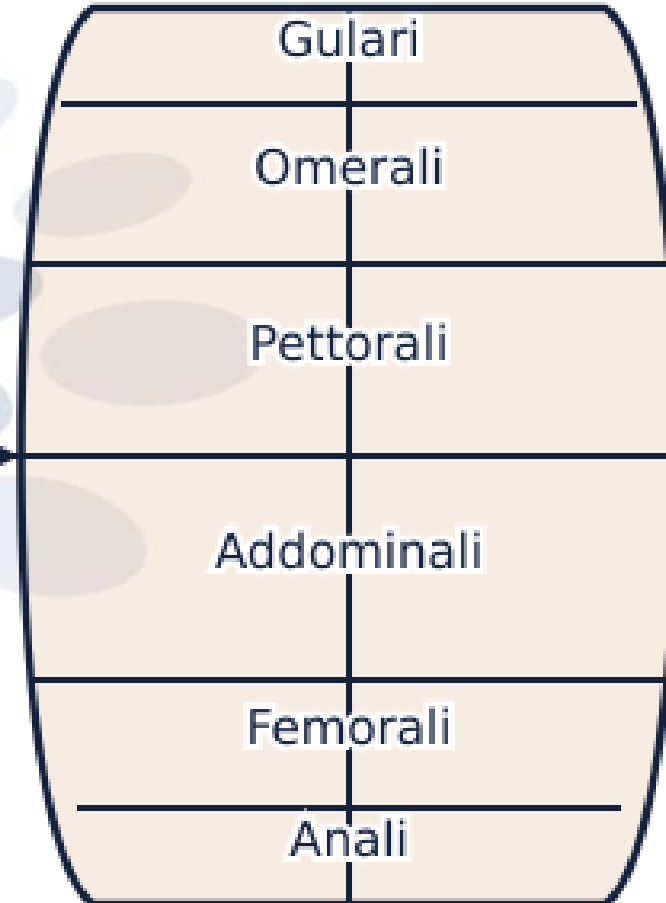
La protezione del guscio ha richiesto modifiche sostanziali allo scheletro e alla muscolatura, rendendoli un caso unico tra i vertebrati.

Struttura del Guscio

CARAPACE



PIASTRONE



PONTE
(Connessione)

Rivestimento in scuti cornei (cheratina)

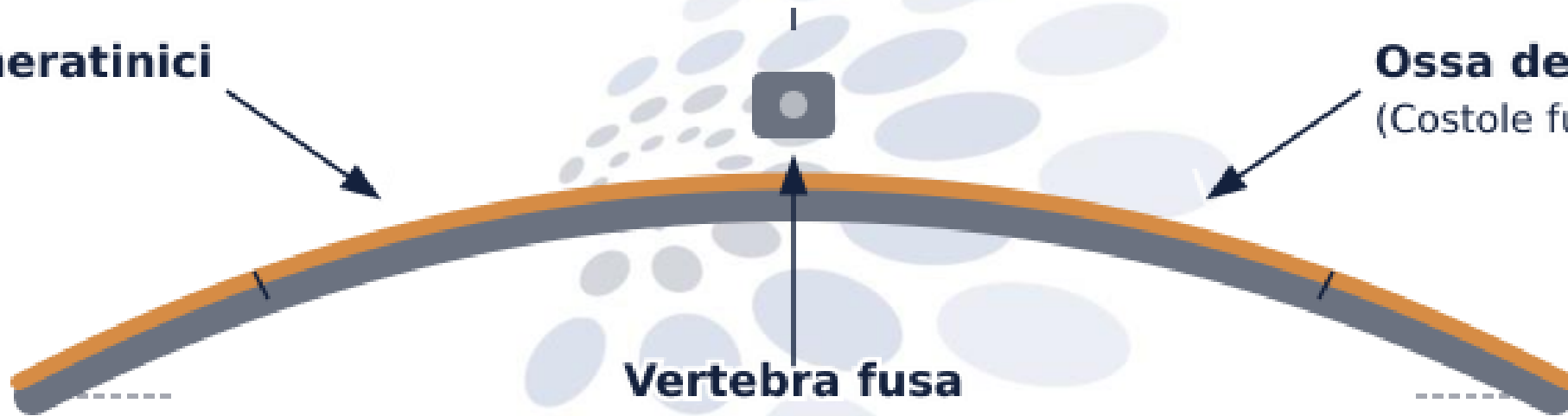
Il Carapace

Ossa Dermali

Carapace: costole fuse e vertebre ingrossate, coperte da placche cornee (scuti).

Scuti cheratinici

Ossa dermali
(Costole fuse)



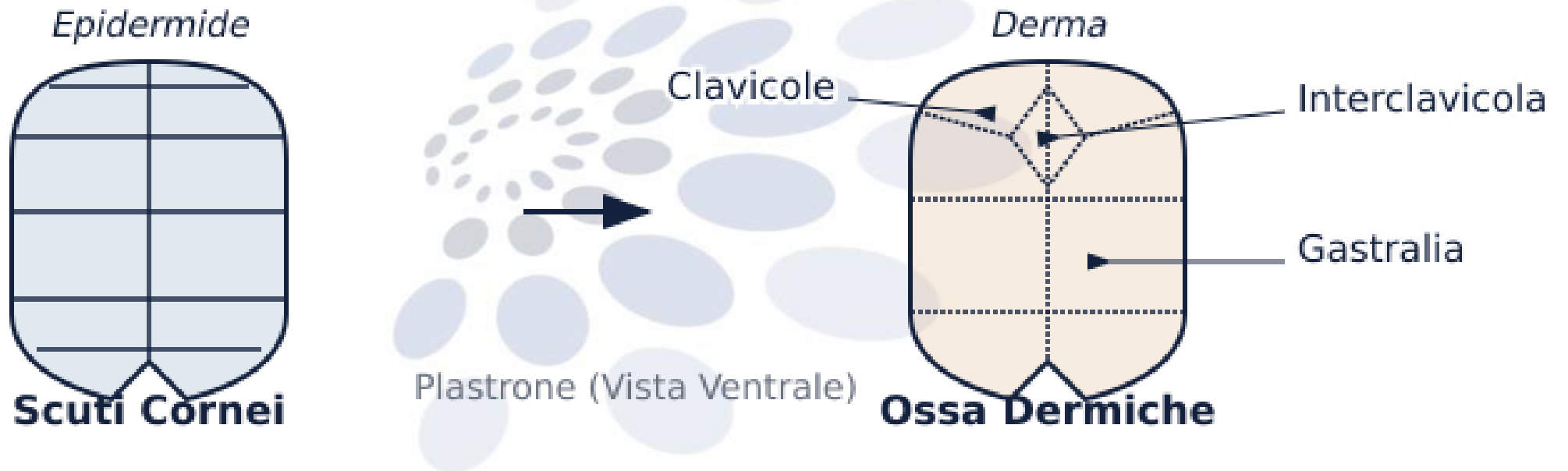
Funzione

Protegge gli organi vitali (cuore, polmoni) dai predatori e dall'ambiente esterno.

Il Plastrone

Scudo Ventrale

Il plastrone protegge la parte inferiore del corpo, concavo nei maschi per facilitare l'accoppiamento.

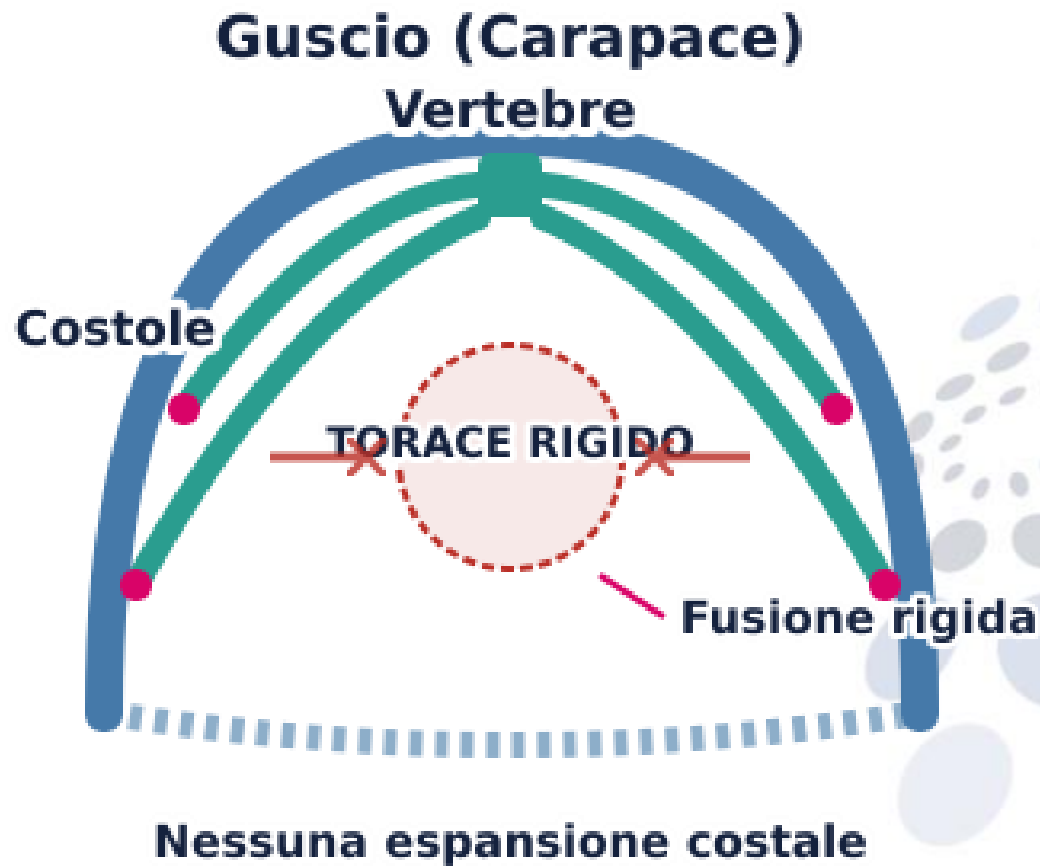


Origine Embryologica

Si sviluppa dalle **clavicole**, dalle ossa interclavicolari e dalle gastralia (costole

addominali).
gbaj@units.it

Il Torace



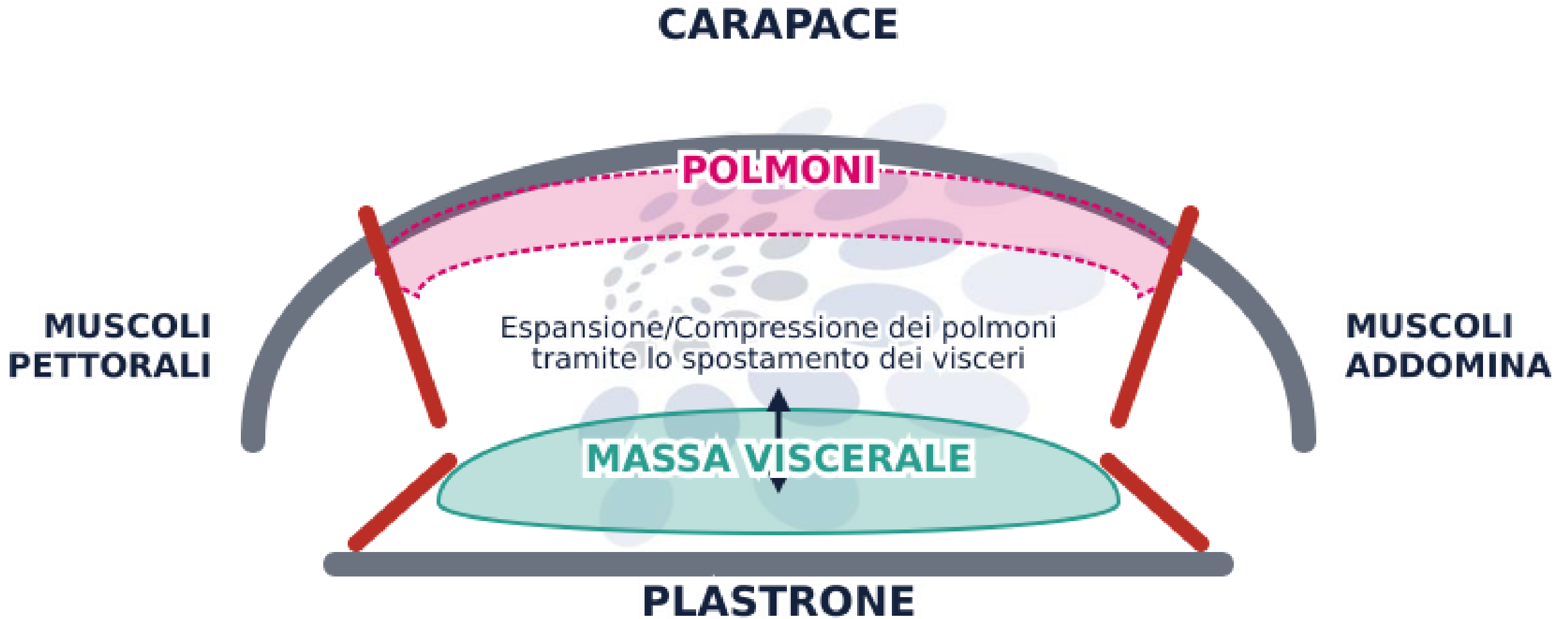
Gabbia Toracica Rigida

Le costole, essendo fuse al guscio, non possono espandersi o contrarsi.

Implicazione Cruciale

Questo impedisce i movimenti respiratori attivi tipici degli altri animali (aspirazione tramite espansione costale).

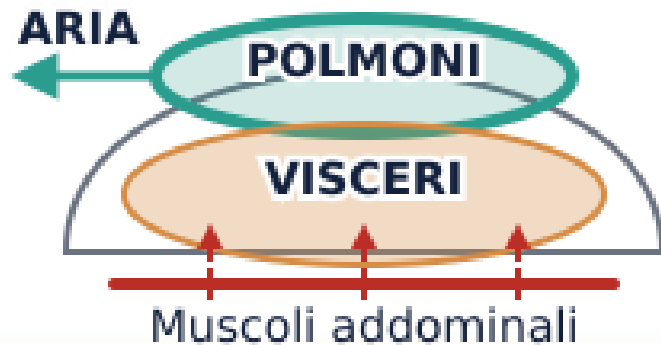
Meccanismo Respiratorio



Come Respirano le Tartarughe

Muscoli Addominali

Contraggono per spingere gli organi viscerali contro i polmoni, espellendo l'aria.



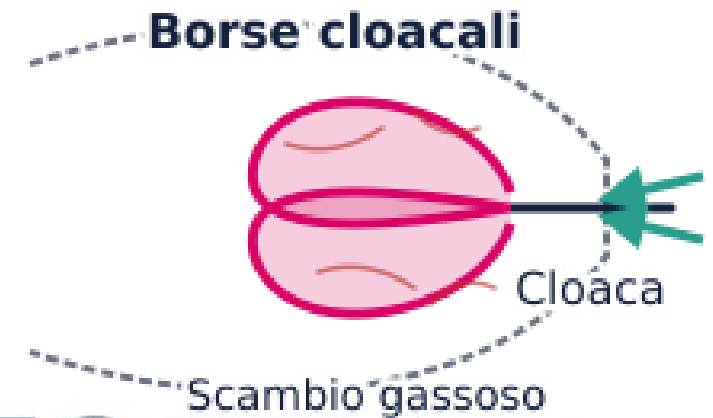
Muscoli Pettorali

Si dilatano per creare spazio negativo, permettendo ai polmoni di riempirsi d'aria.



Cloaca

Alcune specie acquatiche usano la cloaca per scambio gassoso (respirazione anale).



Adattamenti degli Arti

Specie Acquatiche

- Arti trasformati in **pinne**.
- Carapace **idrodinamico** e appiattito.

Adatti al nuoto rapido.

Arti e Locomozione

Tartarughe Marine

- **Arti:** Trasformati in pinne.
- **Locomozione:** Nuoto potente e idrodinamico.
- **Scapola:** Posizionata all'interno del guscio.

Adatte alla vita pelagica.

Specie Terrestri

- Arti colonnari con **dita robuste**.
- Carapace **a volta** per protezione.

Adatti alla camminata e allo scavo.

Tartarughe Terrestri

- **Arti:** Colonne robuste con unghie.
- **Locomozione:** Camminata lenta e stabile.
- **Guscio:** Spesso alto a volta.

Adatte a terreni solidi.

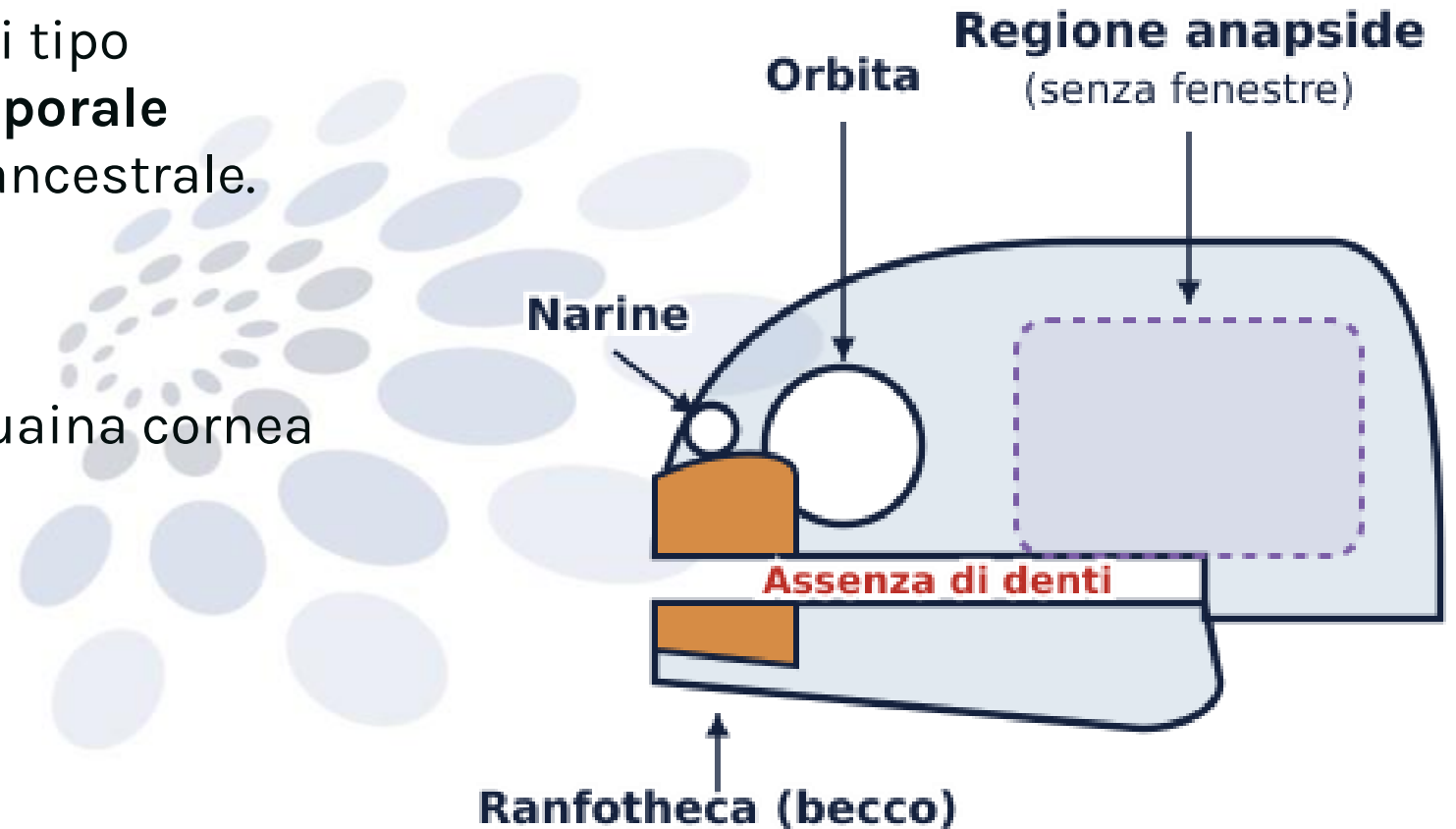
Anatomia del Cranio

Cranio Anapside

I cheloni possiedono un cranio di tipo anapside: **nessuna finestra temporale** postorbitale. Una caratteristica ancestrale.

Becco Corneo

- Mancano i denti.
- Mascelle rivestite da una guaina cornea affilata (ranfotheca).





La Chiusura del Guscio

Meccanismo di Difesa

Alcune specie (es. *Testudo*) possono ritirare completamente testa e arti.

Articolazione

Lo **scudo cefalico** (o gorgiera) si chiude a cerniera proteggendo il collo.



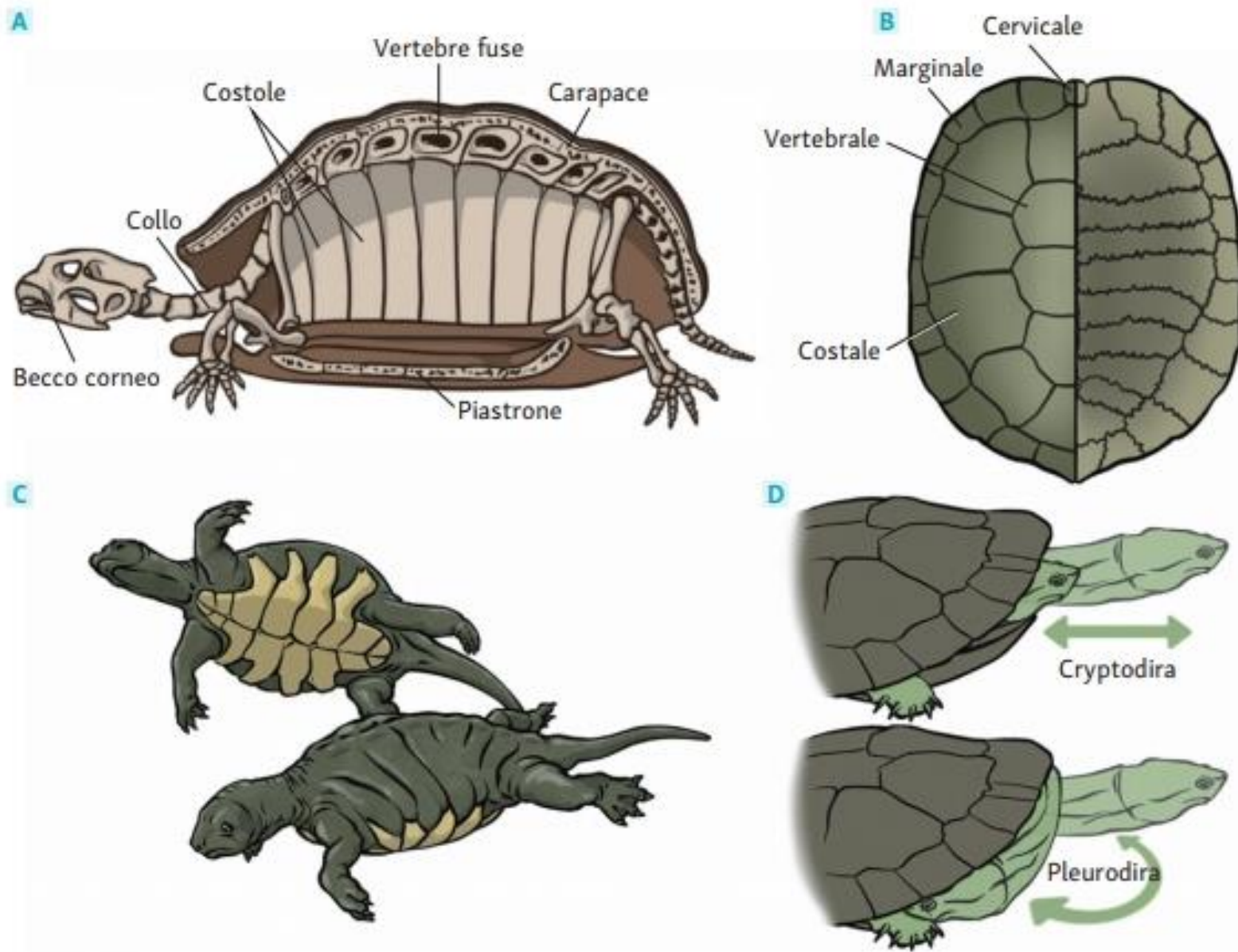


FIGURA 6.19

(A) Guscio di tartaruga in sezione longitudinale; (B) carapace in cui è mostrata a sinistra la disposizione delle squame cornee, a destra quella delle piastre ossee sottostanti; (C) ricostruzione di *Odontochelys semitestacea*; (D) modo di ripiegare il collo all'interno del guscio dei Cheloni Criptodiri e Pleurodiri.

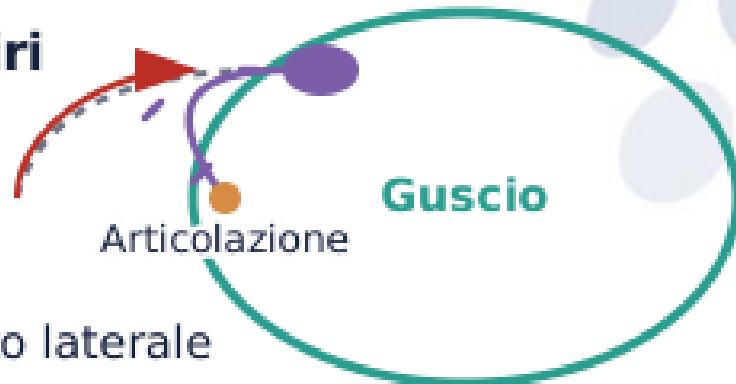
Diversificazione Evolutiva

1

Pleurodiri

Ritraggono il collo piegandolo lateralmente nel guscio.

Pleurodiri



2

Cryptodiri

Ritraggono il collo piegandolo verticalmente a 'S'.

CRYPTODIRI

Ritraitamento verticale a 'S'



Confronto Pleurodiri vs Criptodiri

Pleurodiri (Testudini laterali)

- **Ritrazione del collo:** Si ripiega orizzontalmente.
- **Geografia:** Emisfero australe (Sud America, Africa, Australia).
- **Esempi:** Matamata, Tartaruga del fiume Mary.
- **Pelvi:** Fusa al carapace.

Criptodiri (Testudini nascoste)

- **Ritrazione del collo:** Si ripiega verticalmente a 'S'.
- **Geografia:** Cosmopoliti (tutto il mondo).
- **Esempi:** Tartaruga marina, Testuggine comune.
- **Pelvi:** Mobile, non fusa al carapace.



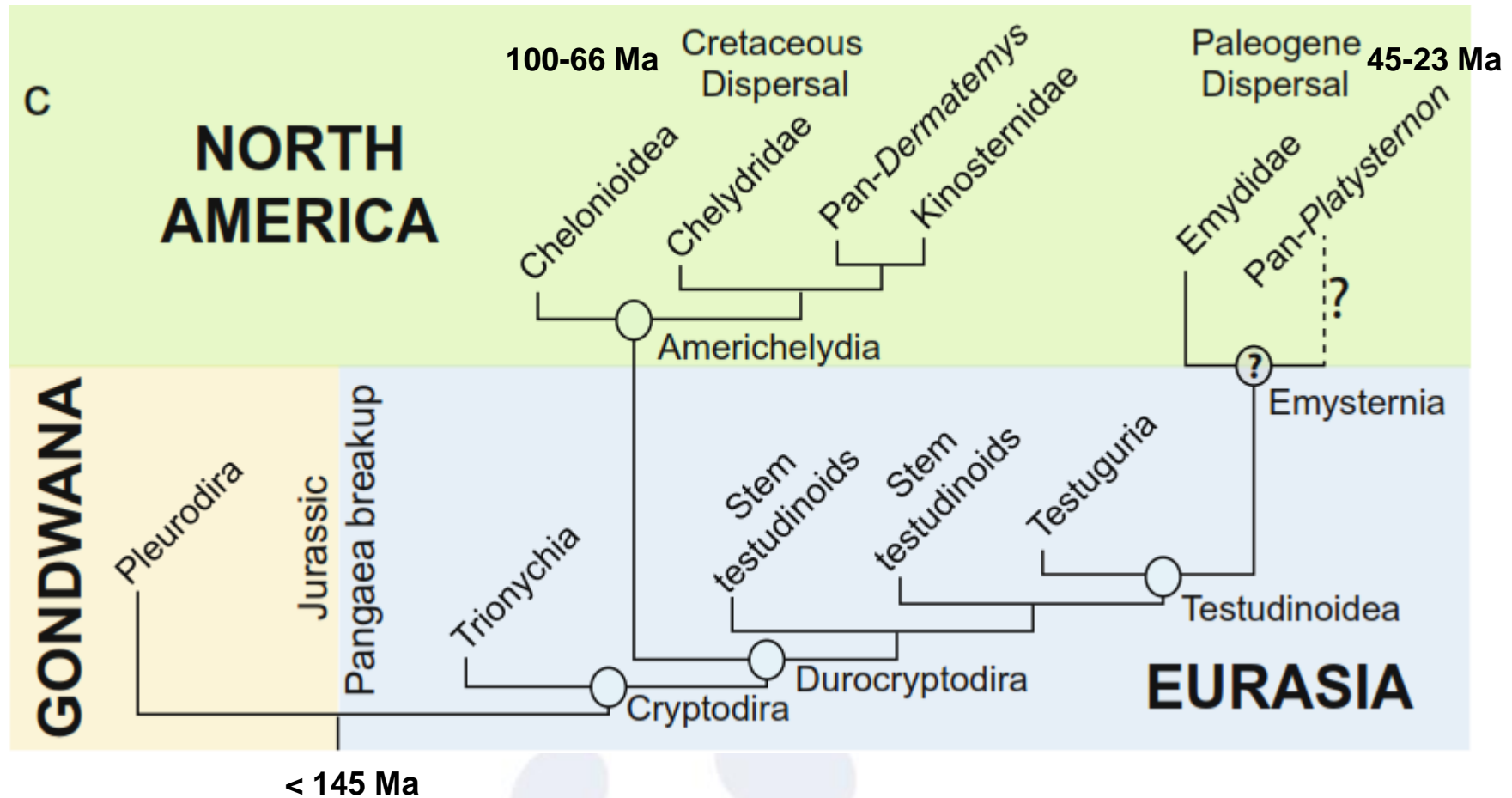
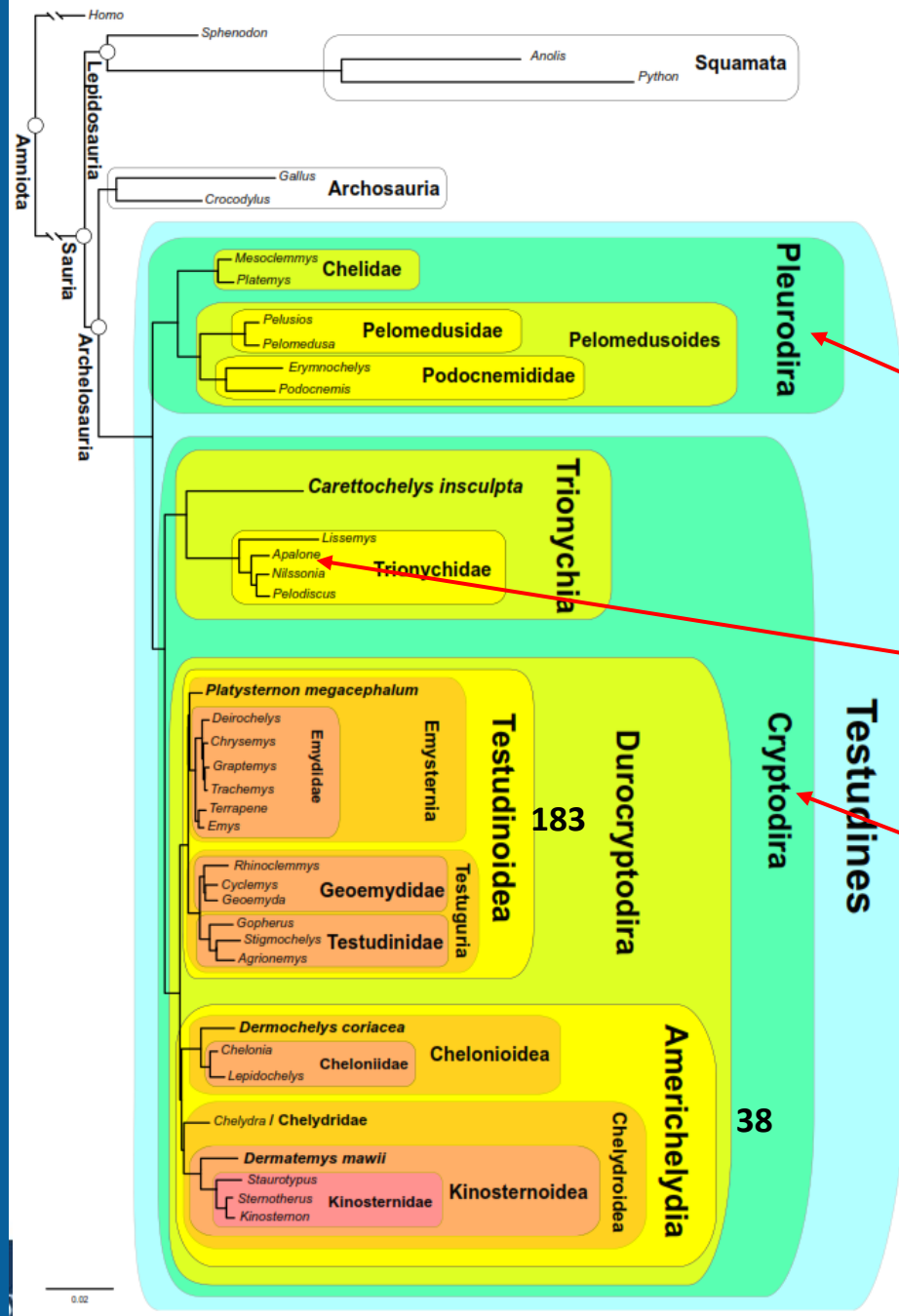


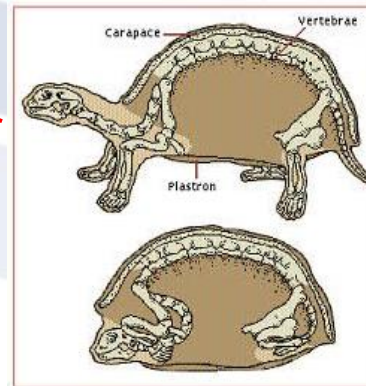
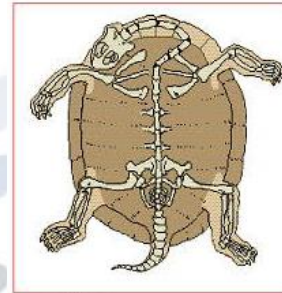
Fig. 3. (c) UCE phylogeny mapped against intercontinental paleobiogeography. Two dispersal events of durocryptodires into North America are shown. The geographic origin of Pan-Platysternon is uncertain so the Paleogene radiation may have included the common ancestor of Emysternia.



A phylogenomic analysis of turtles

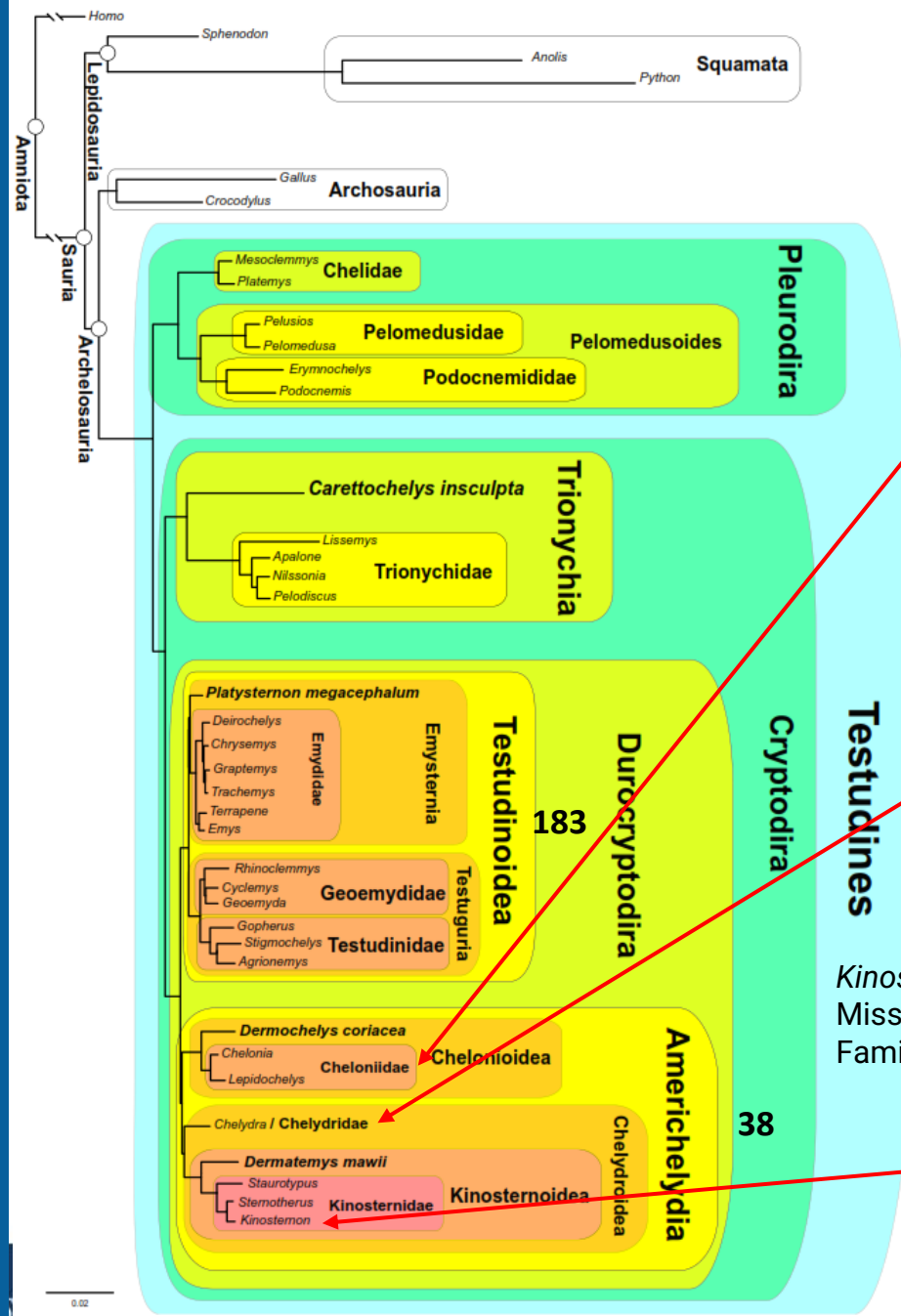


Nicholas G. Crawford^{a,b,1}, James F. Parham^{c,*,1}, Anna B. Sellas^a, Brant C. Faircloth^d, Travis C. Glenn^e, Theodore J. Papenfuss^f, James B. Henderson^a, Madison H. Hansen^{a,g}, W. Brian Simison^a



tartaruga dal guscio molle della Florida (*Apalone ferox*)





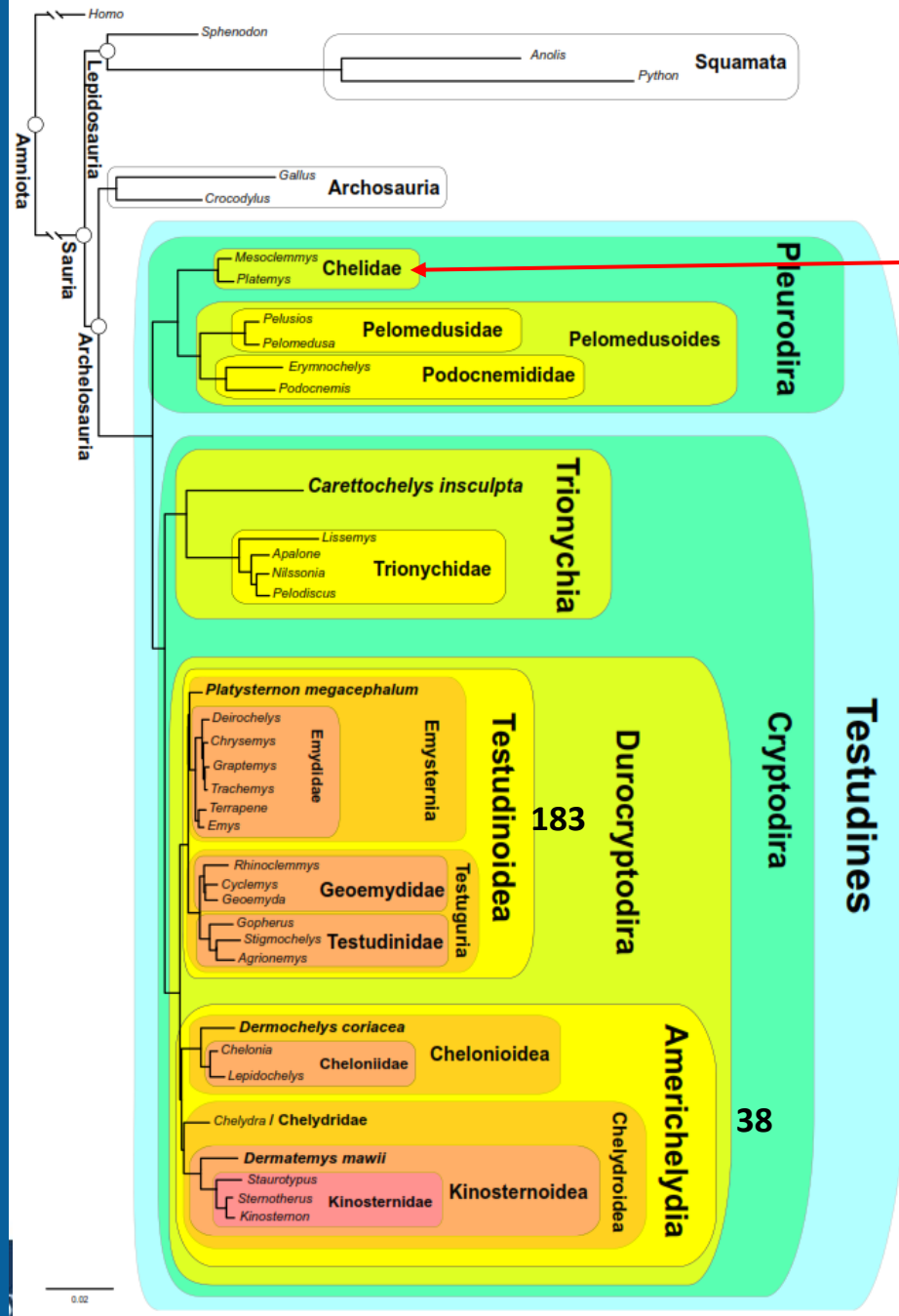
Caretta caretta, tartaruga testa di legno
Famiglia *Cheloniidae*



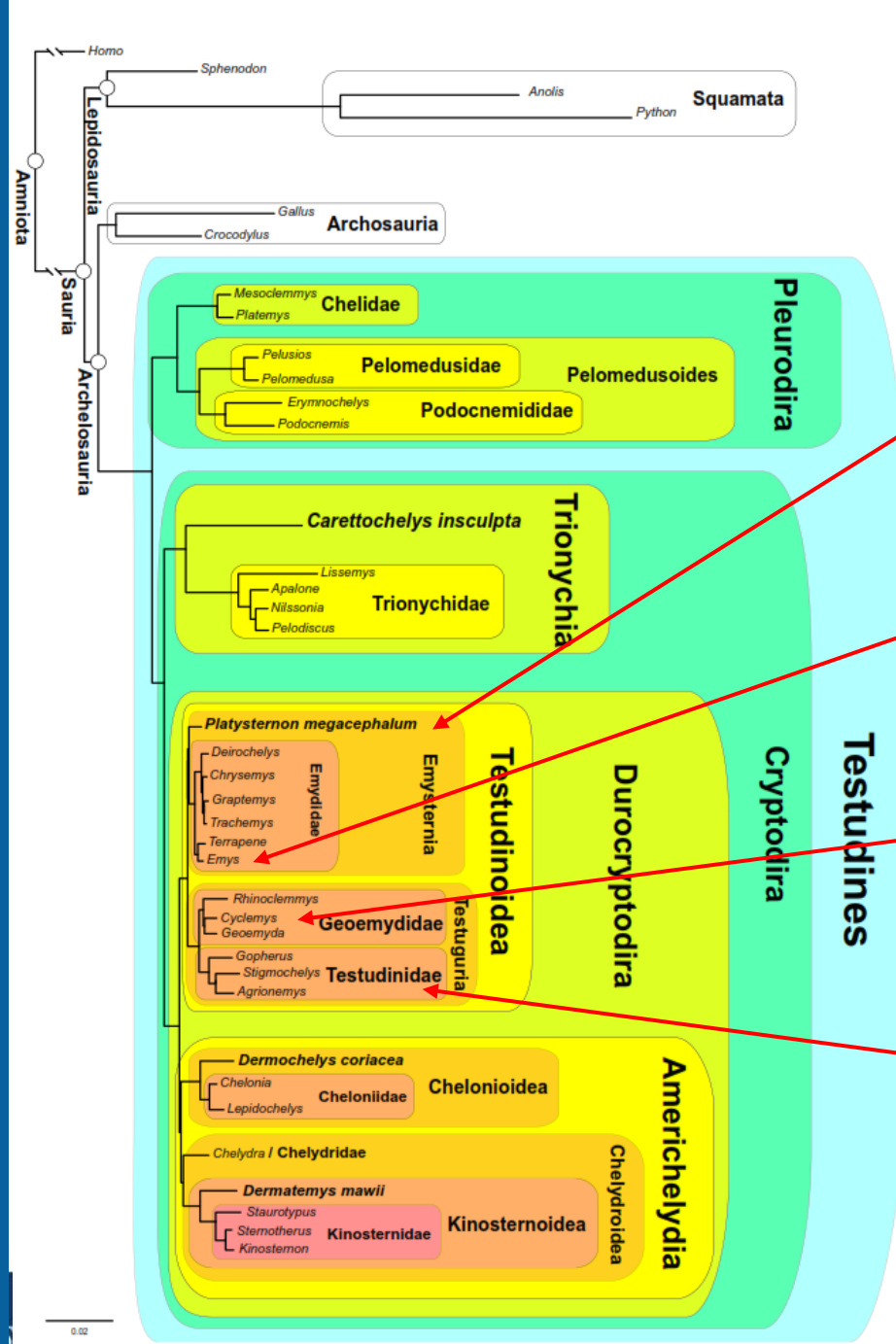
Macrochelys temminckii, tartaruga alligatore
Famiglia *Chelydridae*

Kinosternon subrubrum hippocrepis
Mississippi mud turtle
Famiglia *Kinosternidae*





Chelus fimbriatus
Matamata



big-headed turtle
(*Platysternon megacephalum*)



la testuggine palustre europea
(*Emys orbicularis*)



Asian leaf turtles
Cyclenmys dentata



tartarughe giganti delle
Seychelles (*Aldabrachelys gigantea*)

IN ITALIA:

CRIPTODIRI:

Terrestri (genere Testudo)

Palustri (genere Emys)

Marine (genere Caretta, Chelonia, Dermochelys)

alto Rischio estinzione



Testudo hermanni h.(fenotipo sardo)

Testudo hermanni ed *Emys orbicularis* sono le sole specie **autoctone** italiane appartenenti all'ordine Testudines



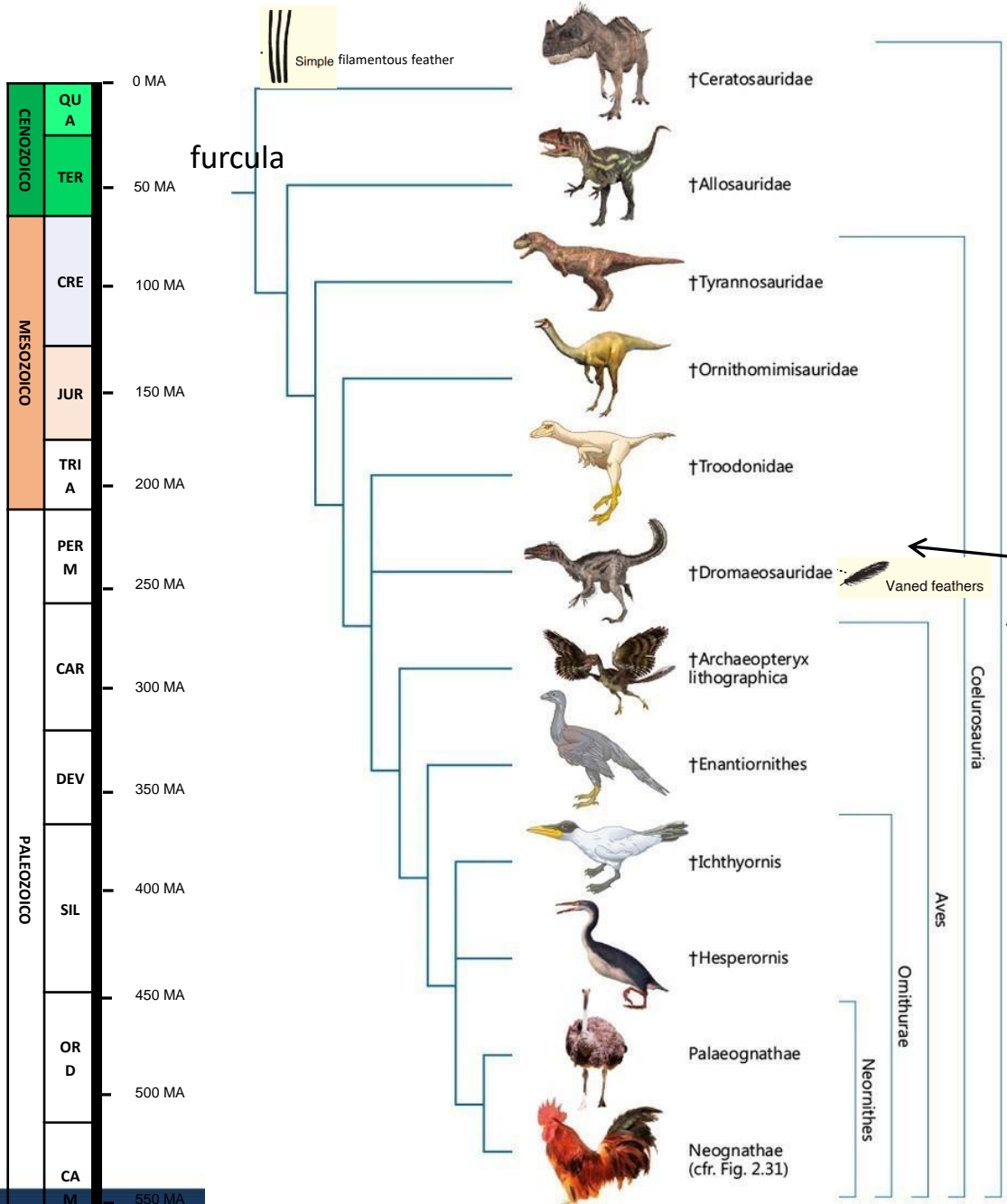
Chelonia mydas (tartaruga verde)

ANATOMIA COMPARATA

DA RETTILI A UCCELLI



THEROPODA

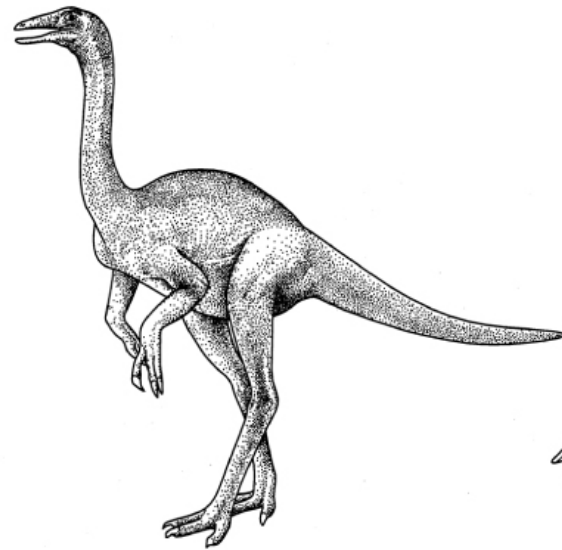
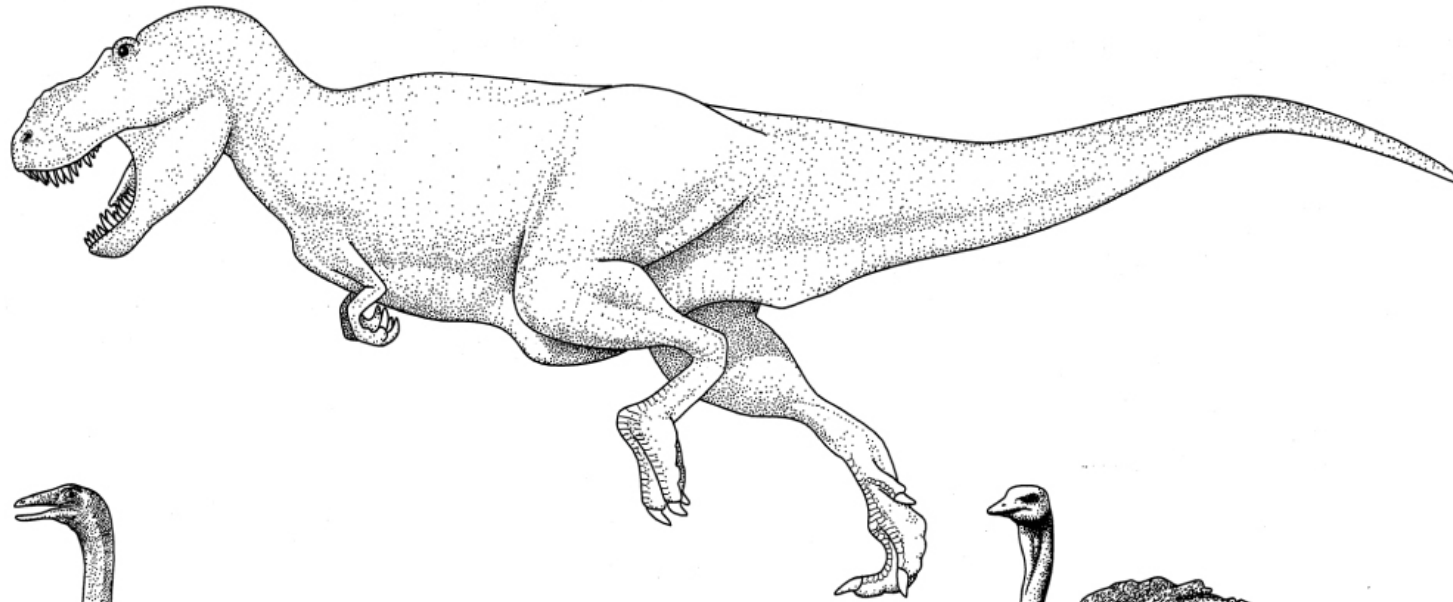


Model of Microraptor (Dromaeosaurid)
(American Museum of Natural History)

had distinct wings on its legs, resurrecting the old "tetrapteryx," a supposed four-winged precursor of modern two-winged birds

FIGURA 2-29
Filogenesi di teropodi attuali e fossili, nella quale è messa in evidenza l'origine degli uccelli (Aves) e degli uccelli neognati (Neornithes).

A. †*Tyrannosaurus*



B. †*Struthiomimus*



C. †*Archaeopteryx*



D. *Struthio*

■ FIGURA 3-28

Teropodi rappresentativi. A, Il †carnosauro gigante, †*Tyrannosaurus*, aveva minuscoli arti anteriori. B, †*Struthiomimus*, un tornitomisaurio con lunghi arti posteriori, specializzati per la corsa; lo struzzo (*Struthio*) attuale gli assomiglia per un fenomeno di convergenza. C, Un uccello del Giurassico, †*Archaeopteryx*, trovato nel calcare a grana fine della Formazione di Solnhofen nel Sud della Germania. D, Lo struzzo attualmente vivente, *Struthio*.

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

Il Link Evolutivo: I Teropodi



Chi erano i Teropodi?

Un clade di dinosauri saurischi bipedi.

La Connessione

Gli uccelli sono i discendenti diretti dei teropodi piccoli e piumati. Non sono semplici "cugini", ma dinosauri viventi.

Caratteristiche Chiave

Condividiamo l'analisi delle **omologie** scheletriche che provano questa discendenza.

Introduzione alla Classe Aves

Cos'è un uccello?

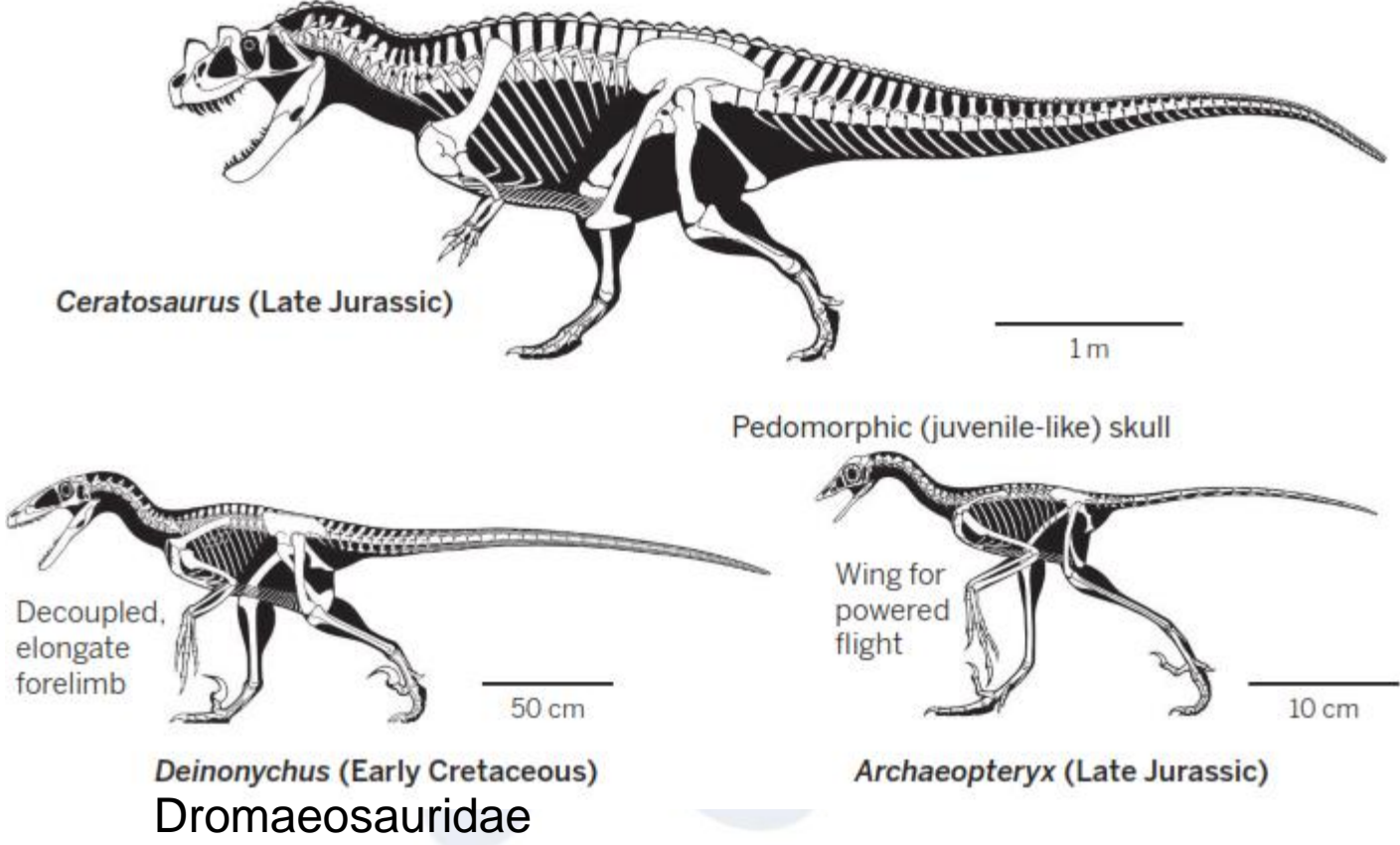
Gli uccelli sono vertebrati **endotermici** (a sangue caldo) caratterizzati da piume, becco sdentato e scheletro ossificato ma leggero.

La conquista del cielo

Tutte le principali caratteristiche anatomiche degli uccelli sono evolute per ottimizzare il **volo**, riducendo il peso e aumentando la potenza muscolare.



How birds became birds



Making a bird from a dinosaur. Key characteristics of birds that distinguish them from their theropod ancestors include quill-like feathers, forelimbs that are decoupled from hindlimbs, a pedomorphic skull, and small size.

Adattamenti dello Scheletro: Pneumaticità

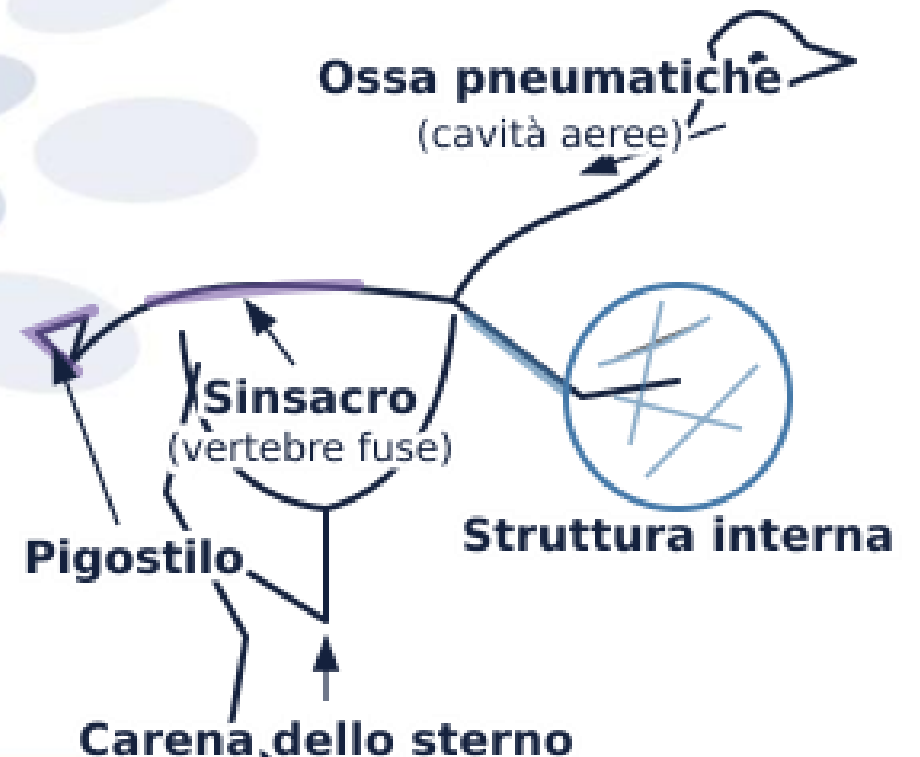
Ossa Pneumatiche

Le ossa degli uccelli non sono piene; sono riempite di sacchi aerei collegati ai polmoni. Questo rende lo scheletro molto **leggero** senza sacrificare la resistenza meccanica.

Fusioni Ossee

Molte ossa sono fuse (es. **pigostilo** dalla coda, **coracoide** e **scapola** nella cintura scapolare, **tarsometatarso** nelle zampe) per creare una struttura rigida che resiste alle sollecitazioni del volo.

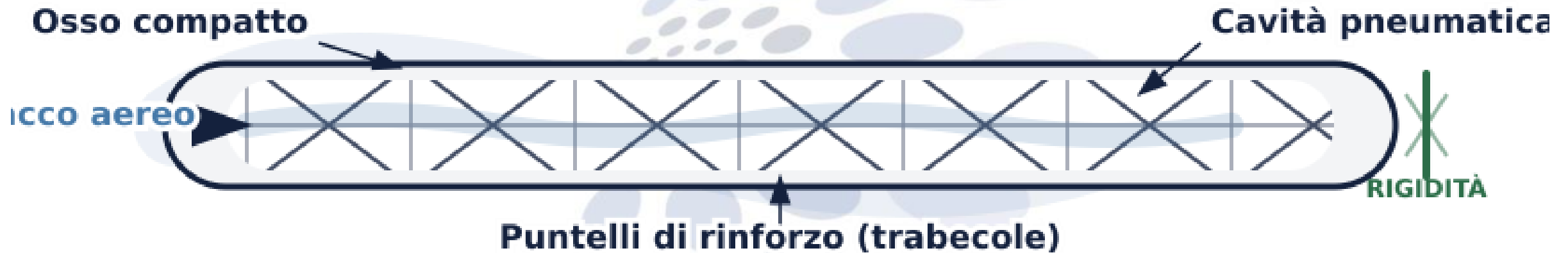
Adattamento al volo:
Leggerezza + Rigidità



Adattamenti al Volo

Pneumatizzazione

Ossa degli uccelli **cavate** (piene d'aria), non di midollo. Questo riduce peso scheletrico mantenendo resistenza.



Rigidezza Strutturale

Maggiore rigidità è cruciale per sopportare lo stress del volo, a differenza delle ossa flessibili dei rettili non volatori.

La Fusione delle Vertebre

Pigostilo

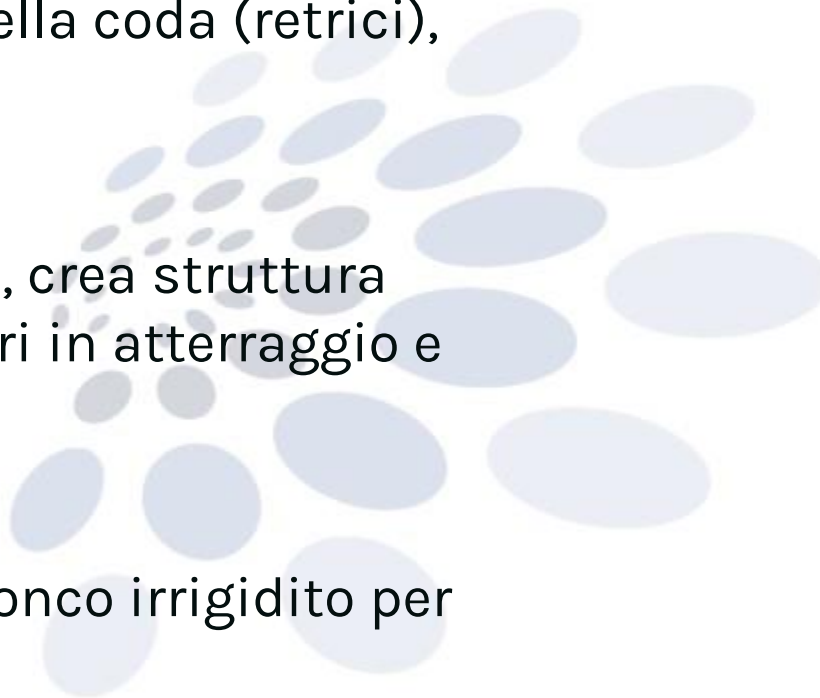
Vertebre caudali fuse in un unico osso (pigostilo), ancoraggio solido per le penne della coda (retrici), essenziali per la sterzata.

Sinacro

Fusione vertebre sacrali e bacino, crea struttura rigida per sostenere arti posteriori in atterraggio e corsa.

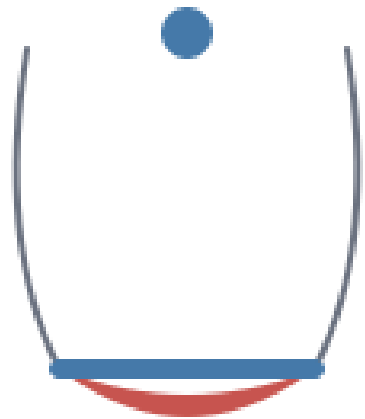
Notocordale

Collo (cervicale) molto mobile, tronco irrigidito per stabilità in volo.



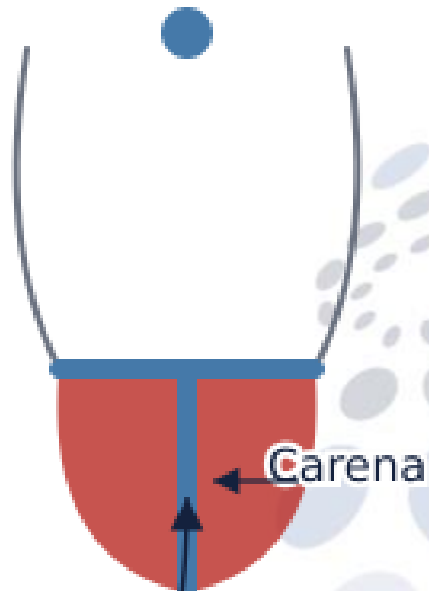
Il Torace e lo Sterno

Mammifero



Sterno piatto

Uccello



Sterno a carena

Lo Sterno a Carena

L'elemento chiave per il volo è lo **sterno** sviluppato in una carena (chiglia) centrale.

Funzione della Carena

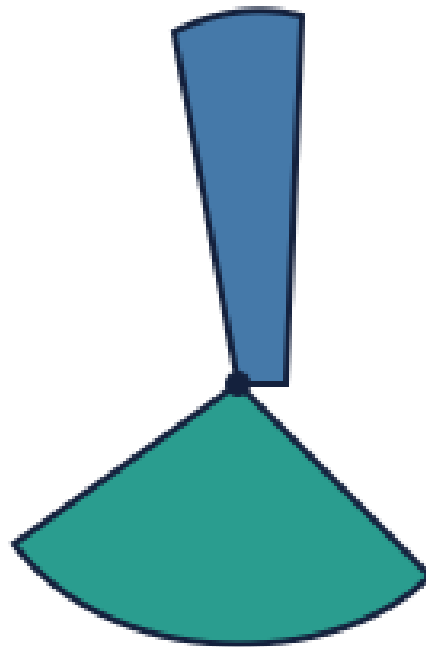
Questa struttura sporgente fornisce una vasta superficie di inserzione per i grandi **muscoli pettorali** (gran pettorale e pettorale secondario) responsabili del battito delle ali.

Muscoli pettorali

Confronto Scheletrico: Arco Mammale vs Arco Pettorale

Rettile (Lucertola)

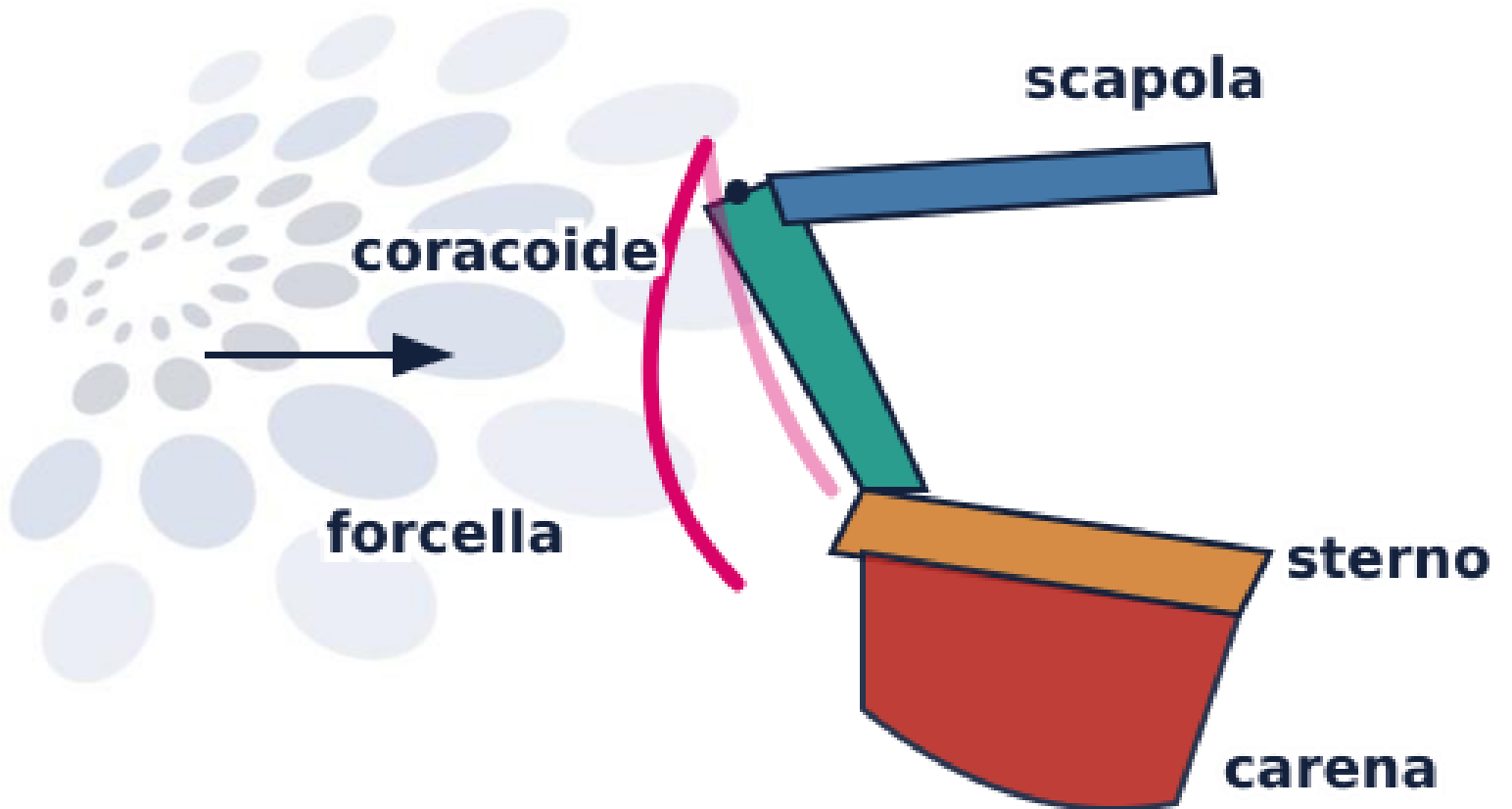
scapola



coracoide

Uccello

scapola



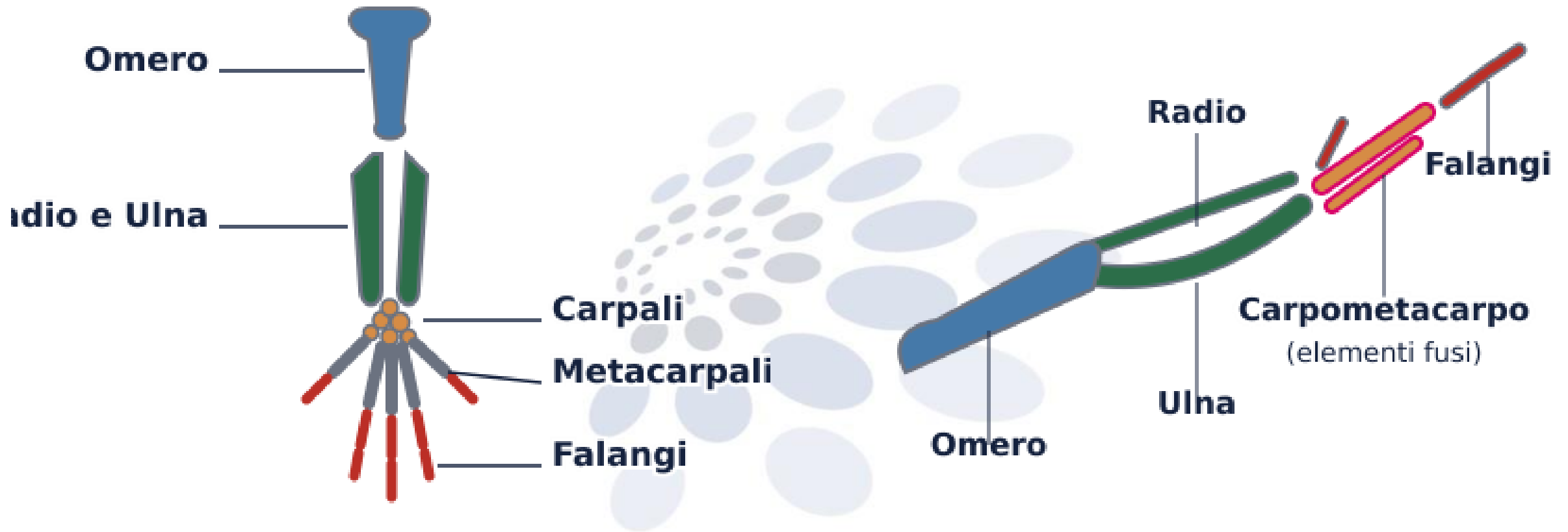
coracoide

forcella

sterno

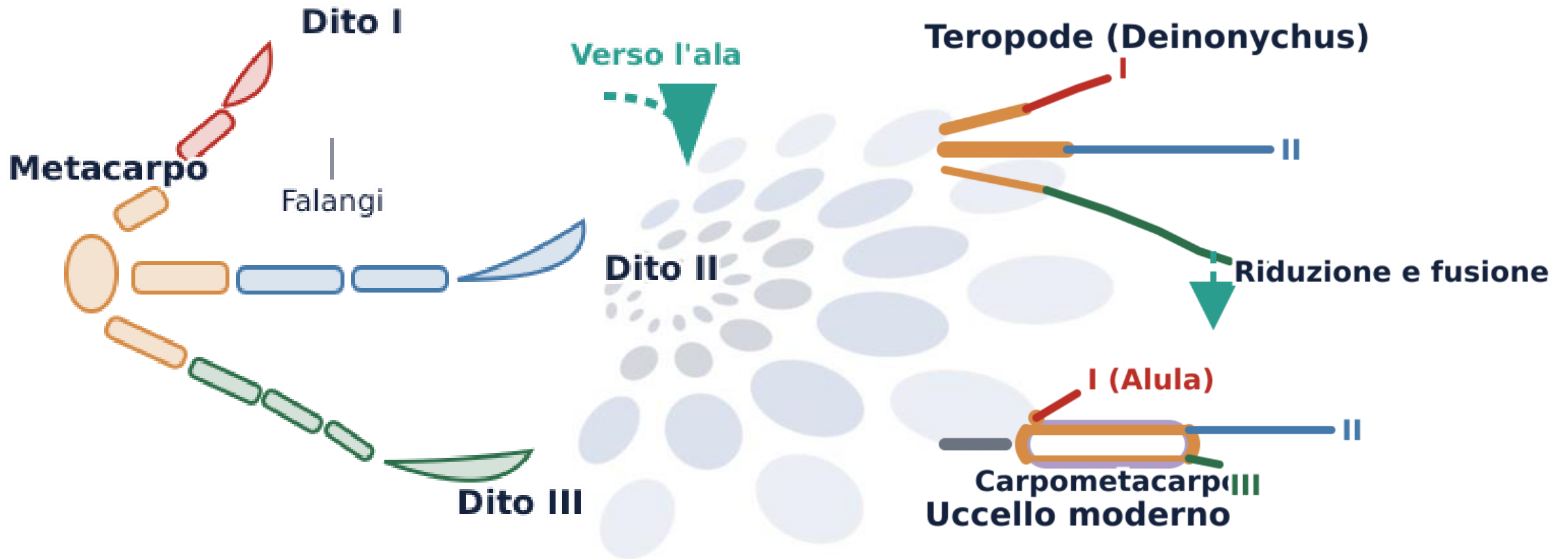
carena

Omologia degli Arti



Confronto tra l'arto anteriore umano e l'ala dell'uccello.

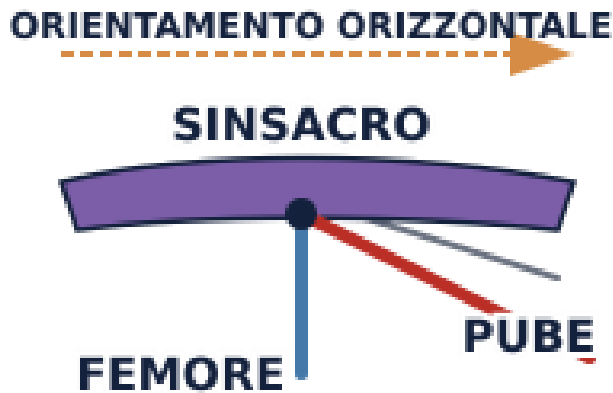
Dalla Mano all'Ala



A: Mano di un teropode (es. *Deinonychus*). B: Arto anteriore di un uccello moderno. Notare la riduzione delle falangi.

La Catena Cinetica del Volo

1



Il Bacino

Orientamento orizzontale (opposto ai mammiferi). Fornisce la base per la locomozione bipede efficiente.

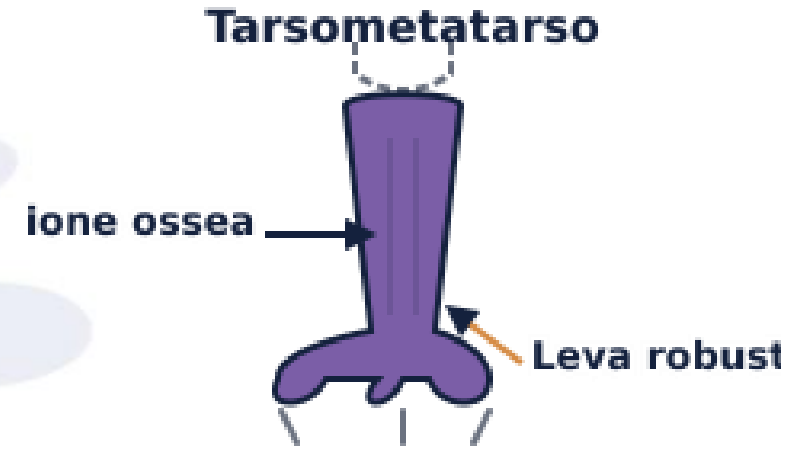
2



Il Femore

Fisso nel corpo, il movimento è tra femore e ginocchio, non all'articolazione dell'anca.

3



Il Tarsometatarso

Fusione di ossa della caviglia e del piede. Crea un braccio di leva robusto e allungato per l'atterraggio.



Sintesi del Percorso

Dai Teropodi al Cielo

L'anatomia comparata mostra una transizione graduale.

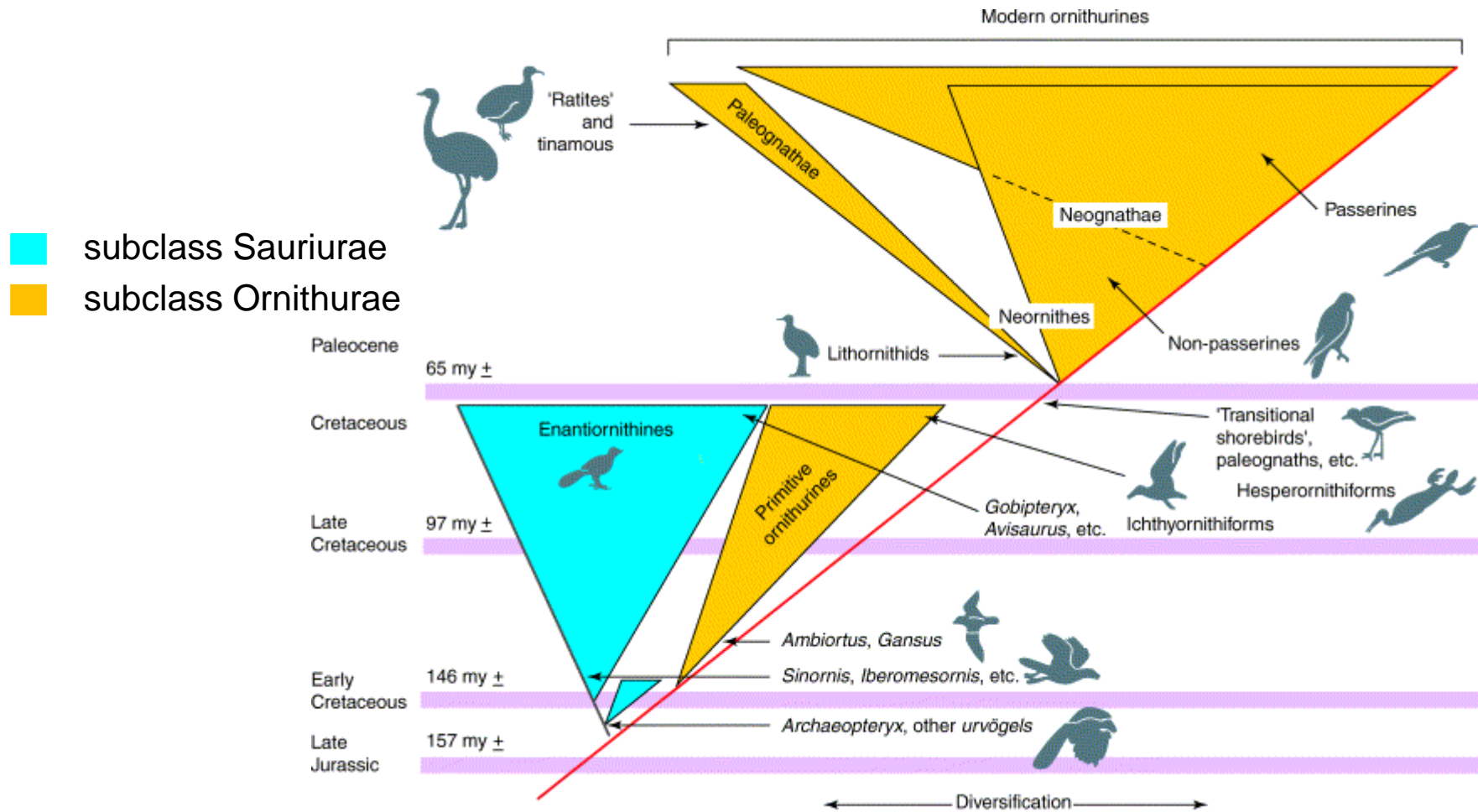
Punti Chiave:

- **Scheletro:** Ossa cave e fuse per leggerezza e resistenza.
- **Arto Anteriore:** Specializzato per il volo, mantiene il piano a 3 dita dei teropodi.
- **Arto Posteriore:** Adattato alla corsa bipede, ereditato dai dinosauri.

L'uccello è un dinosauro teropode modificato per il volo.



The Tertiary 'big bang' model for modern bird evolution



TRENDS in Ecology & Evolution

A near total demise of archaic birds occurred at the K–T boundary, with a rapid reorganization and explosive early Tertiary evolution from a bottleneck of modern ornithurine morphological types, perhaps involving 'transitional shorebirds', paleognaths and some other lineages. The initial diversification of modern ornithurines might have taken place in the late Cretaceous. This explosive, punctuated model, following a major extinction event, reflects the standard pattern of vertebrate evolution, especially documented following the Permian extinctions. (From: Feduccia 2003).