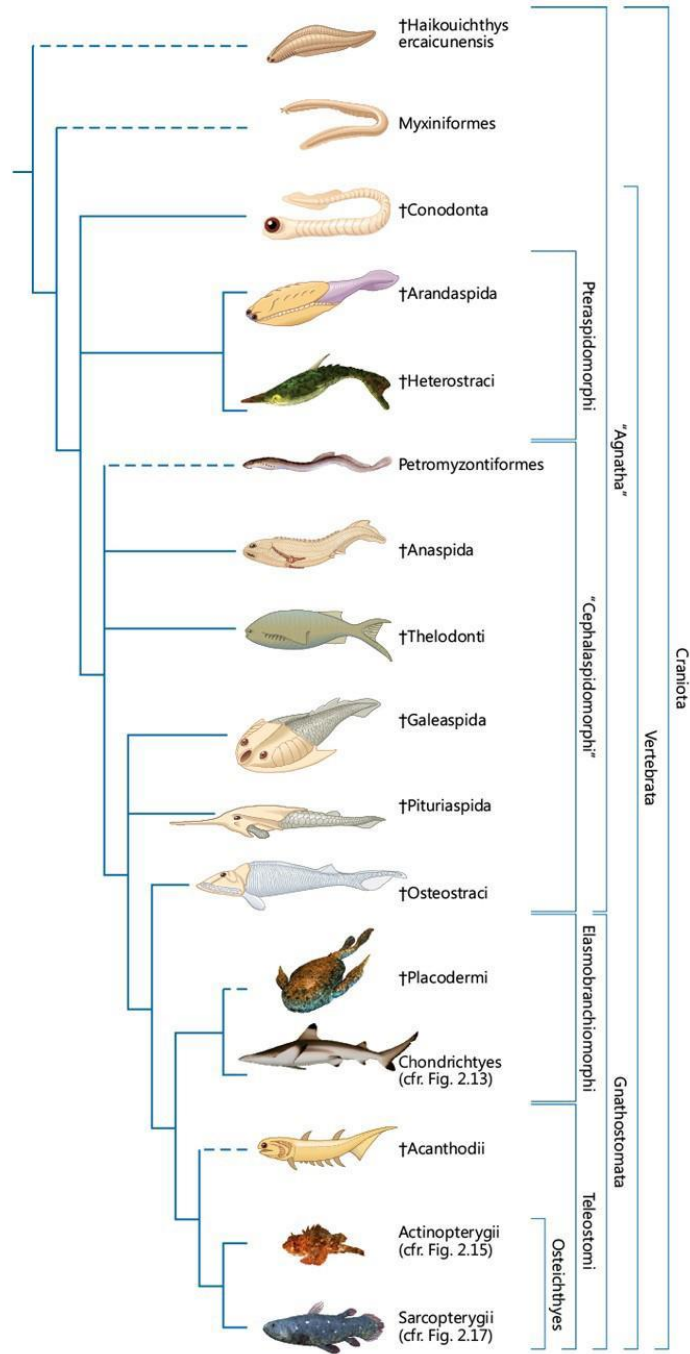


# Missine, Lamprede, Condroitti



## Sinapomorfie craniata:

- cranio
- Creste neurali
- Placodi neurogenici (organi di senso)
- Nervi cranici
- muscolarizzazione parete intestinale
- branchie respiratorie
- cuore
- emoglobina

Le linee tratteggiate indicano i rami di incerta posizione filogenetica; i nomi tra virgolette indicano gruppi parafiletici.

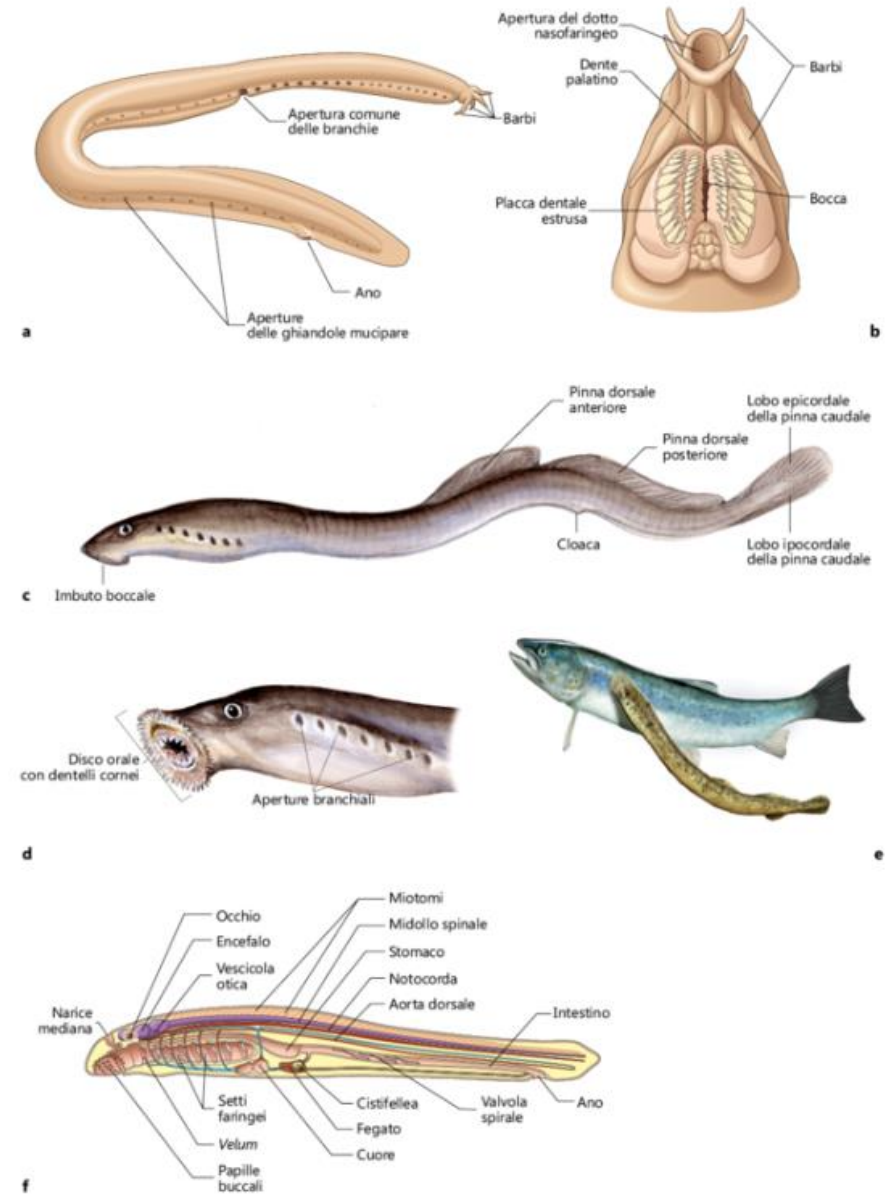
Missiniformi (o missine)  
e petromizontiformi (o lamprede).

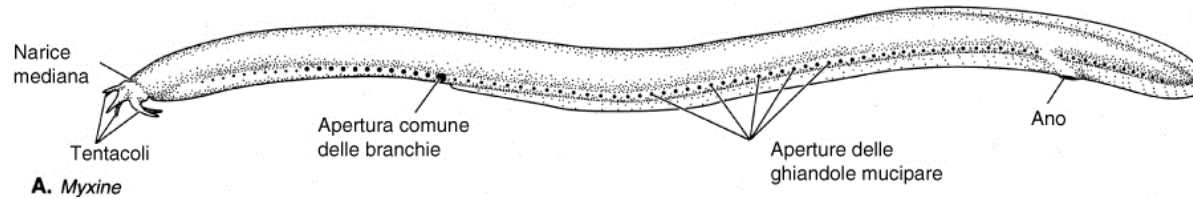
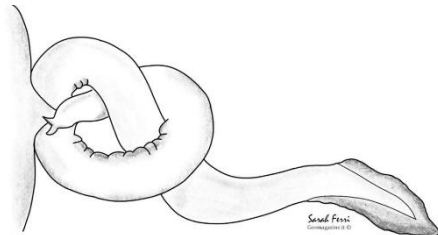
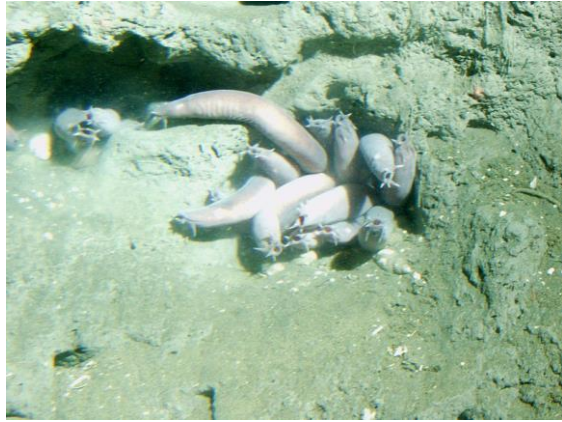
a, b, Missina: principali caratteristiche della morfologia esterna e dettaglio della testa.

c, d, Lampreda: principali caratteristiche della morfologia esterna e dettaglio della testa.

e, Lampreda attaccata a un pesce teleosteo tramite il disco orale.

f, Larva ammocete di una lampreda.





## MISSINE

45 (76) specie

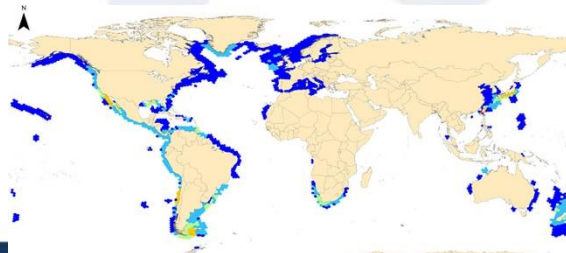
Ghiandole del muco

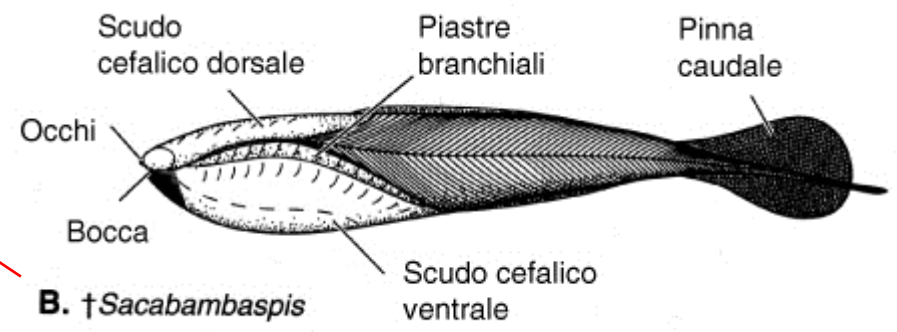
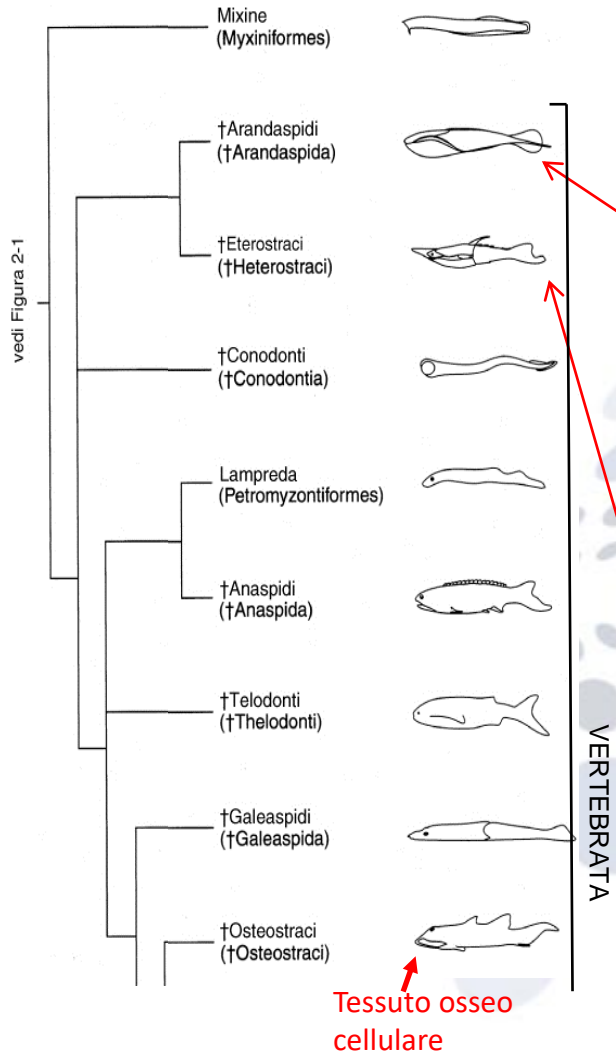
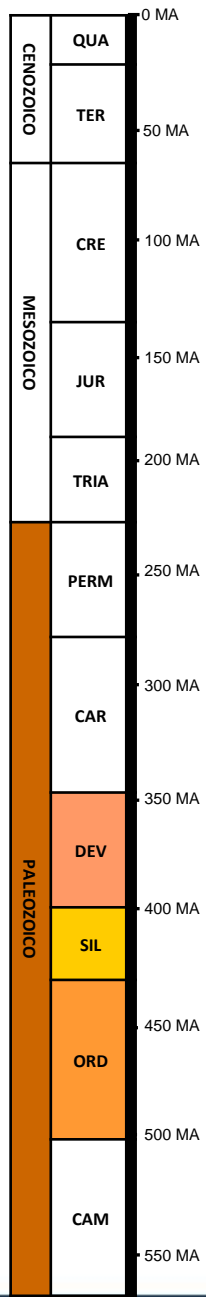
**Sinapomorfie:** cranio, cervello, nervi cranici, una sola narice, 2 occhi, occhio pineale, linea laterale, un canale semicircolare, fegato, cuore, tubuli renali, camere branchiali a sacca con un'unica apertura.

**Plesiomorfie** con tunicati e cefalocordati: no mascelle, appendici pari e tessuto osseo, vertebre (solo notocorda)

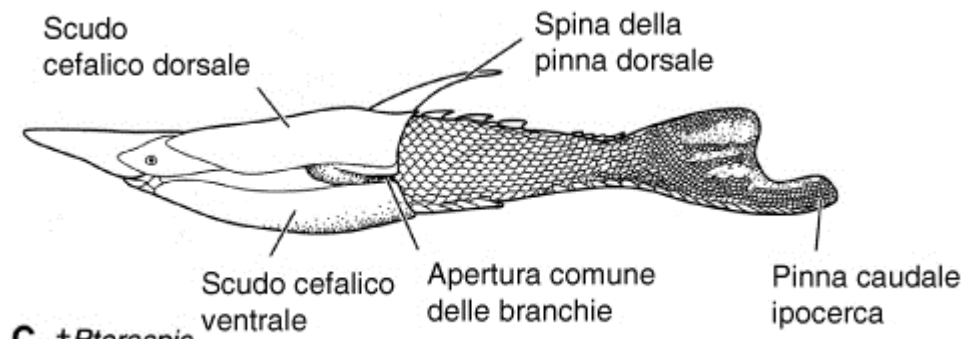
Marine, fluidi corporei isosmotici

Ermafroditismo successivo: maschi, poi femmine





**B. †*Sacabambaspis***  
**ARANDASPIDE**

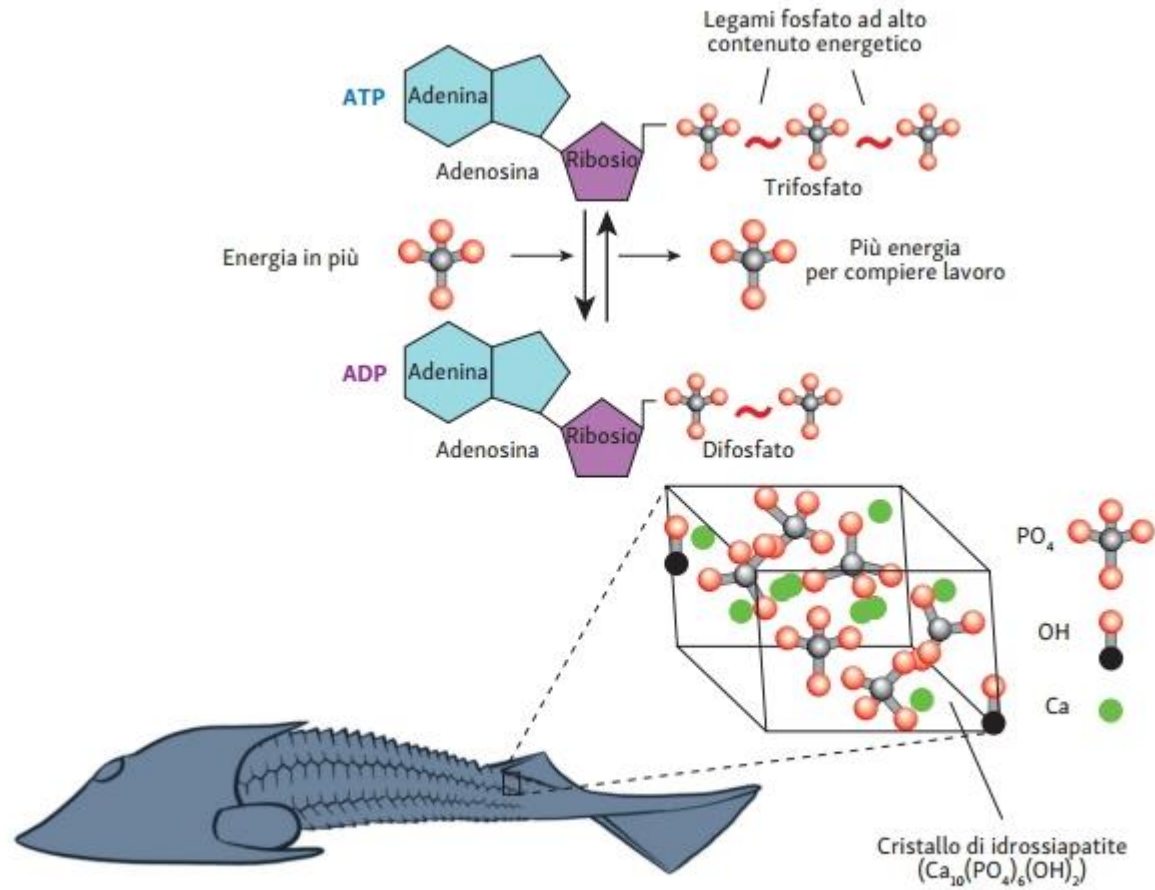


**C. †*Pteraspis***  
**ETEROSTRACO**

Figura 3-3

# OSTEOSTRACI:

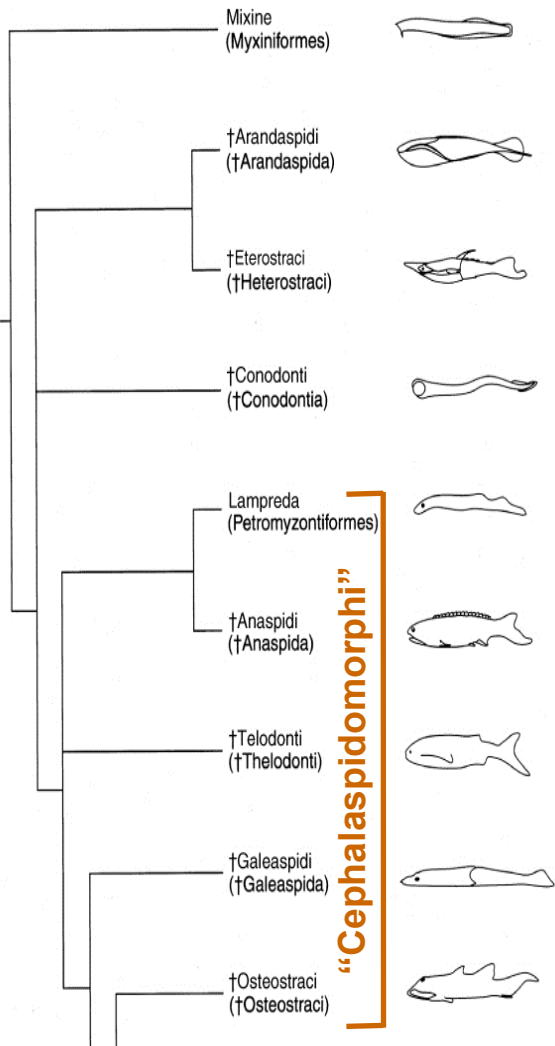
## Il primo tessuto osseo



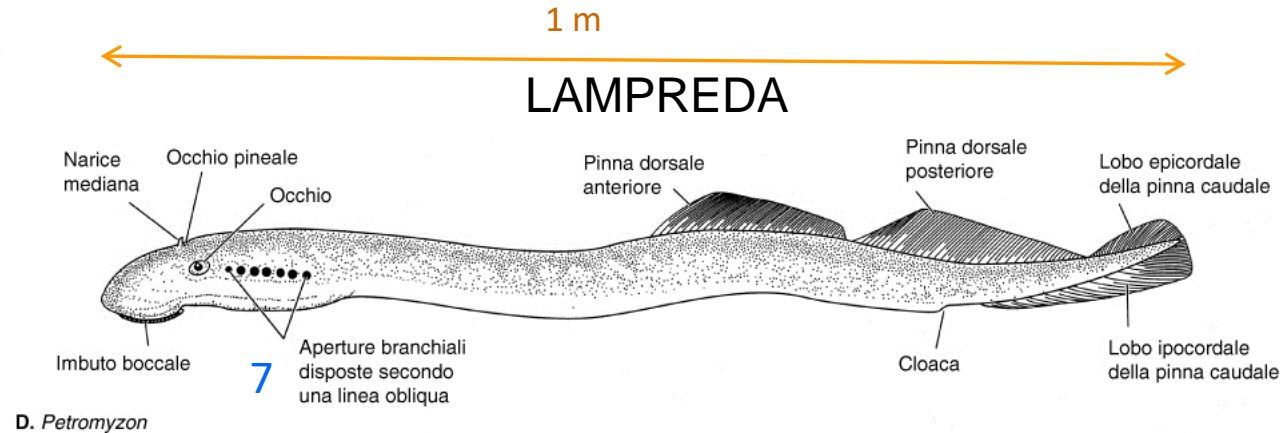
**FIGURA 3.6**

Il dermascheletro e in generale i tessuti ossei mineralizzati sono una fonte di fosfato (costituente dell'idrossiapatite), fondamentale «moneta di scambio energetico» nei processi metabolici.

+ Ca



SINAPOMORFIE: VERTEBRE  
2 CANALI SEMICIRCOLARI  
MUSCOLI RADIALI DELLE PINNE



### Petromizontiformi

I petromizontiformi (Petromyzontiformes), o lamprede, nonostante la loro superficiale somiglianza, si distinguono dalle missine per numerosi caratteri morfologici.

La notocorda costituisce ancora il principale asse di sostegno del corpo, ma sono presenti vertebre costituite da piccoli archi neurali.

L'orecchio interno presenta due canali semicircolari e sono presenti veri neuromasti nella linea laterale. Le pinne impari, inoltre, presentano alla loro base muscoli radiali. Le lamprede includono circa 40-50 specie, 3 Famiglie caratterizzate da un complesso ciclo di vita.



Lampreda marina (*Petromyzon marinus*)



Lampreda di fiume (*Lampetra fluviatilis*)



Bocca



Lampreda di ruscello (*Lethenteron kessleri*)



Lampreda padana (*Lethenteron zanandreae*)  
(*Lampetra fontinalis*)



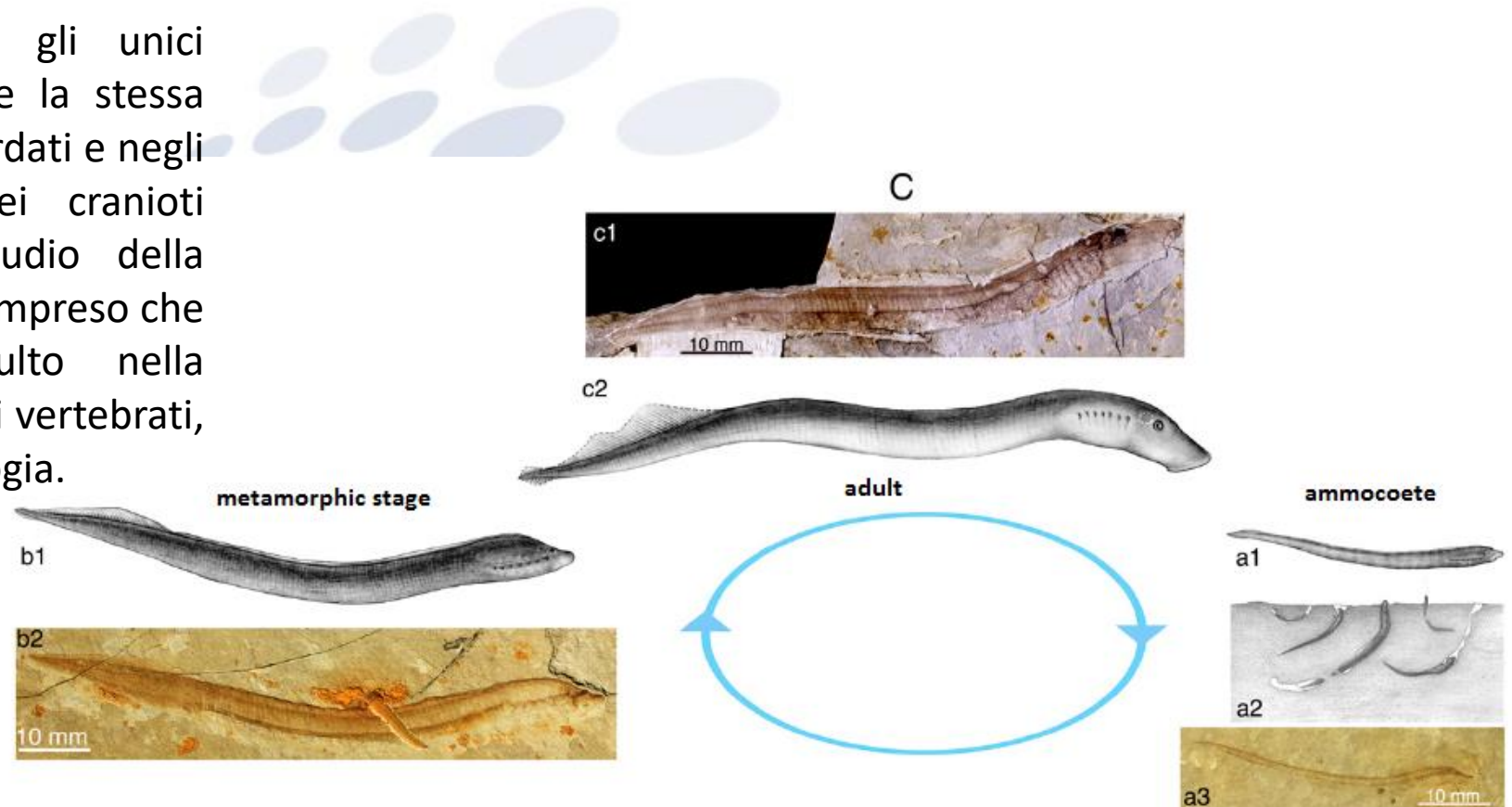
Ciclo di vita delle lamprede:

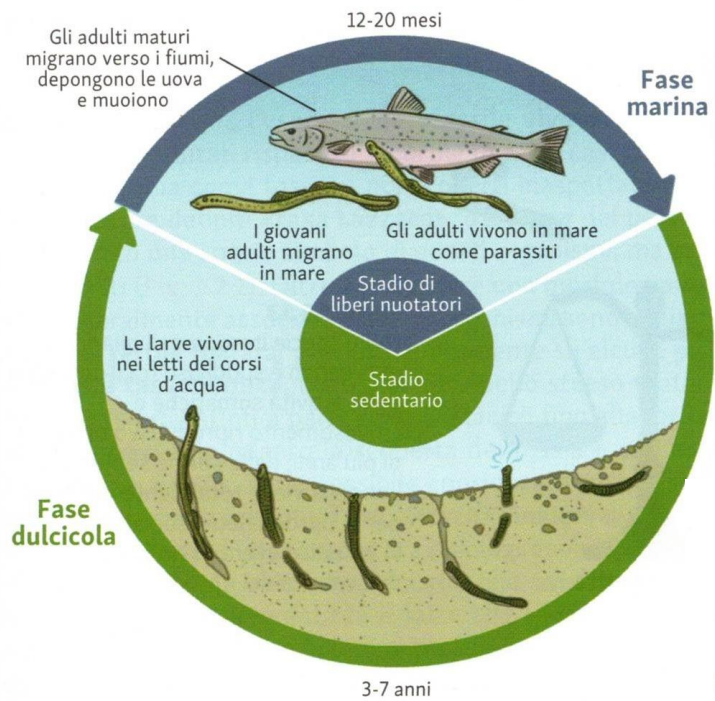
larva (chiamata ammocete) molto diversa dall'adulto.

Nota: i primi zoologi non avevano associato le larve all'adulto e pensavano che i due organismi appartenessero a specie differenti.

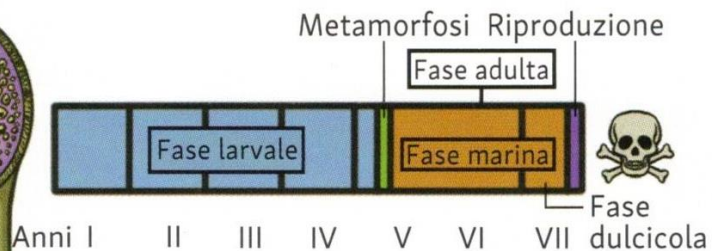
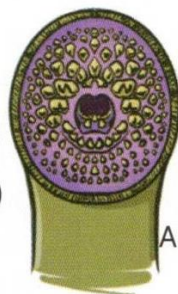
La larva vive in modo simile all'anfiosso, seminfossata sul fondo con un apparato buccale filtratore per certi versi molto simile a quello dell'anfiosso.

Le larve delle lamprede sono gli unici vertebrati in cui l'endostilo svolge la stessa funzione che si osserva nei cefalocordati e negli urocordati e, probabilmente, nei cranioti primitivi. Proprio grazie allo studio della metamorfosi delle lamprede si è compreso che l'endostilo si sviluppa nell'adulto nella ghiandola tiroide, presente in tutti i vertebrati, dimostrandone il rapporto di omologia.

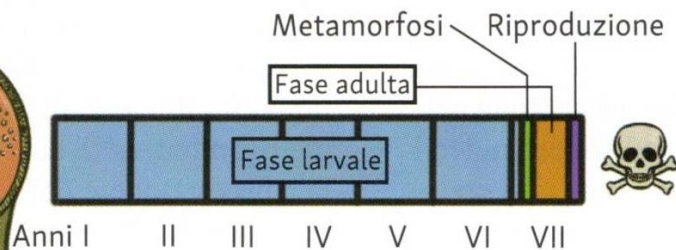
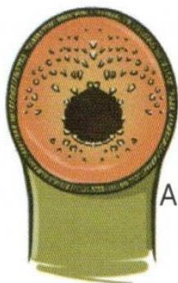




*Lampetra fluviatilis*:  
parassita  
(dentelli sviluppati)

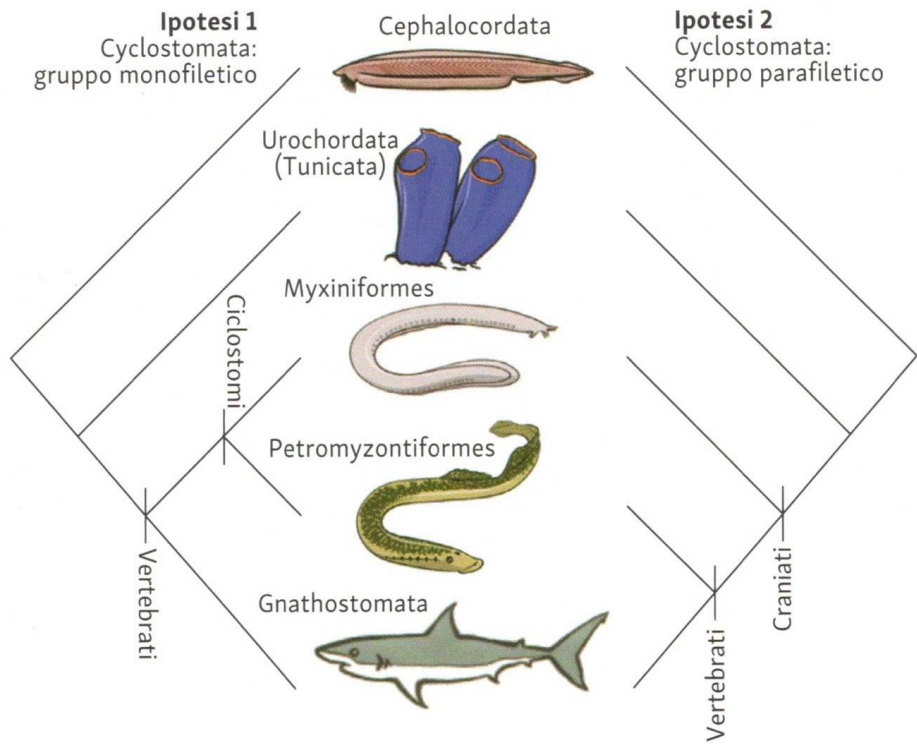


*L. planeri*:  
non parassita  
(dentelli ridotti)

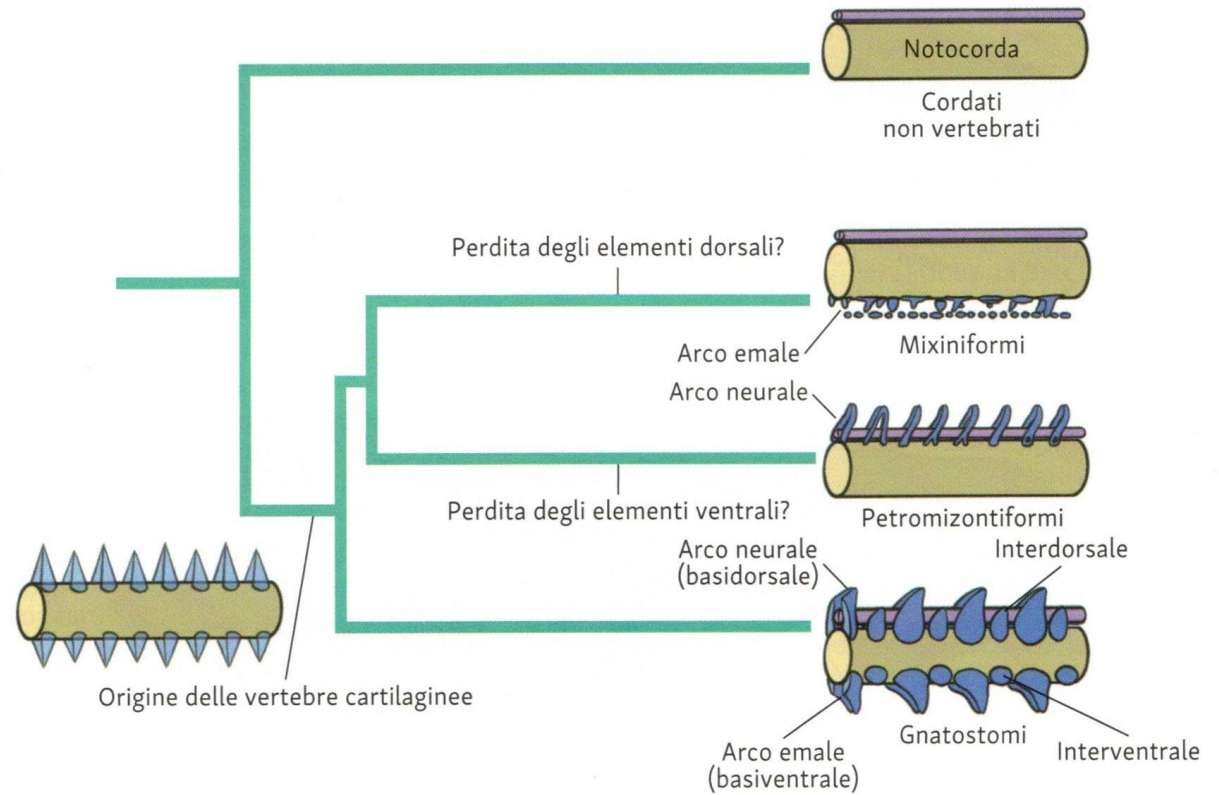


**FIGURA 3.14**

Confronto fra il ciclo vitale di una lampreda anadroma e quello di una lampreda dulcicola non parassita.



**FIGURA 3.9**  
Attualmente, le evidenze morfologiche e molecolari sembrano sostenere che i Ciclostomi costituiscano un gruppo monofiletico (ipotesi 1).



**FIGURA 3.10**  
Recenti studi morfologici e molecolari hanno confermato la presenza nei Mixiniiformi di vertebre rudimentali nella regione caudale; si tratta di noduli cartilaginei che corrisponderebbero agli archi emali delle vertebre degli Gnatostomi.

Rev Neurol. 2012 Aug 1;55(3):157-66.

## [Lampreys as an animal model in regeneration studies after spinal cord injury]

Comp Neurol. 2014 April 15; 522(6): 1316–1332. doi:10.1002/cne.23485. **Neurogenesis in the lamprey central nervous system following spinal cord transection**

### BUT WHY STUDY LAMPREYS??

Rodemir W, Hu J, Selzer ME, Shifman MI (2020) **Heterogeneity in the regenerative abilities of central nervous system axons within species: why do some neurons regenerate better than others?**

Neural Regen Res 15(6):996-1005

Scientific Reports (2018) 8:742 | DOI:10.1038/s41598-017-18757-1 **Highly conserved molecular pathways, including Wnt signaling, promote functional recovery from spinal cord injury in lampreys**

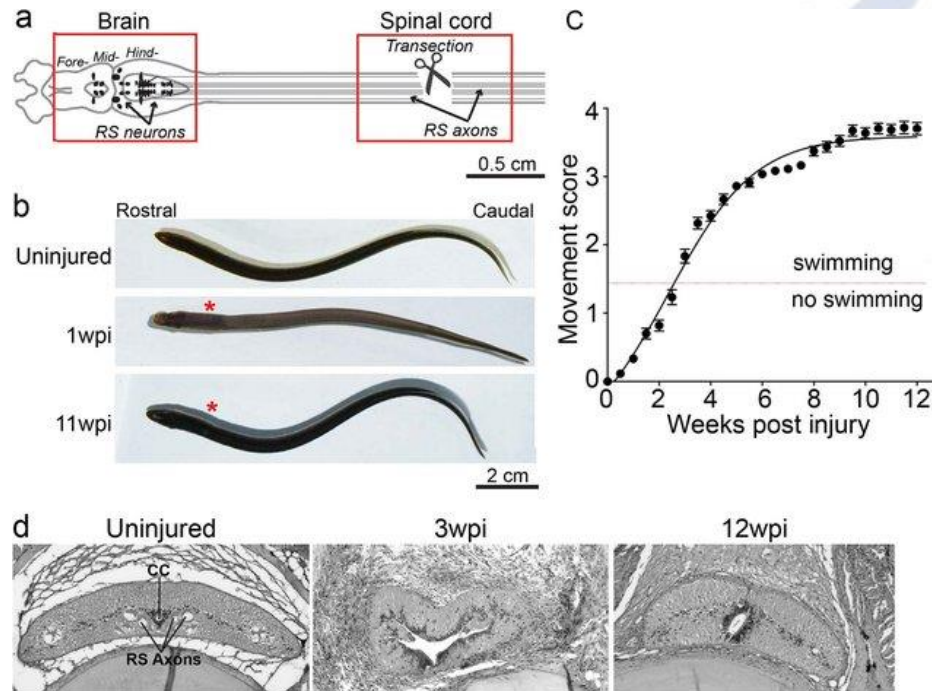
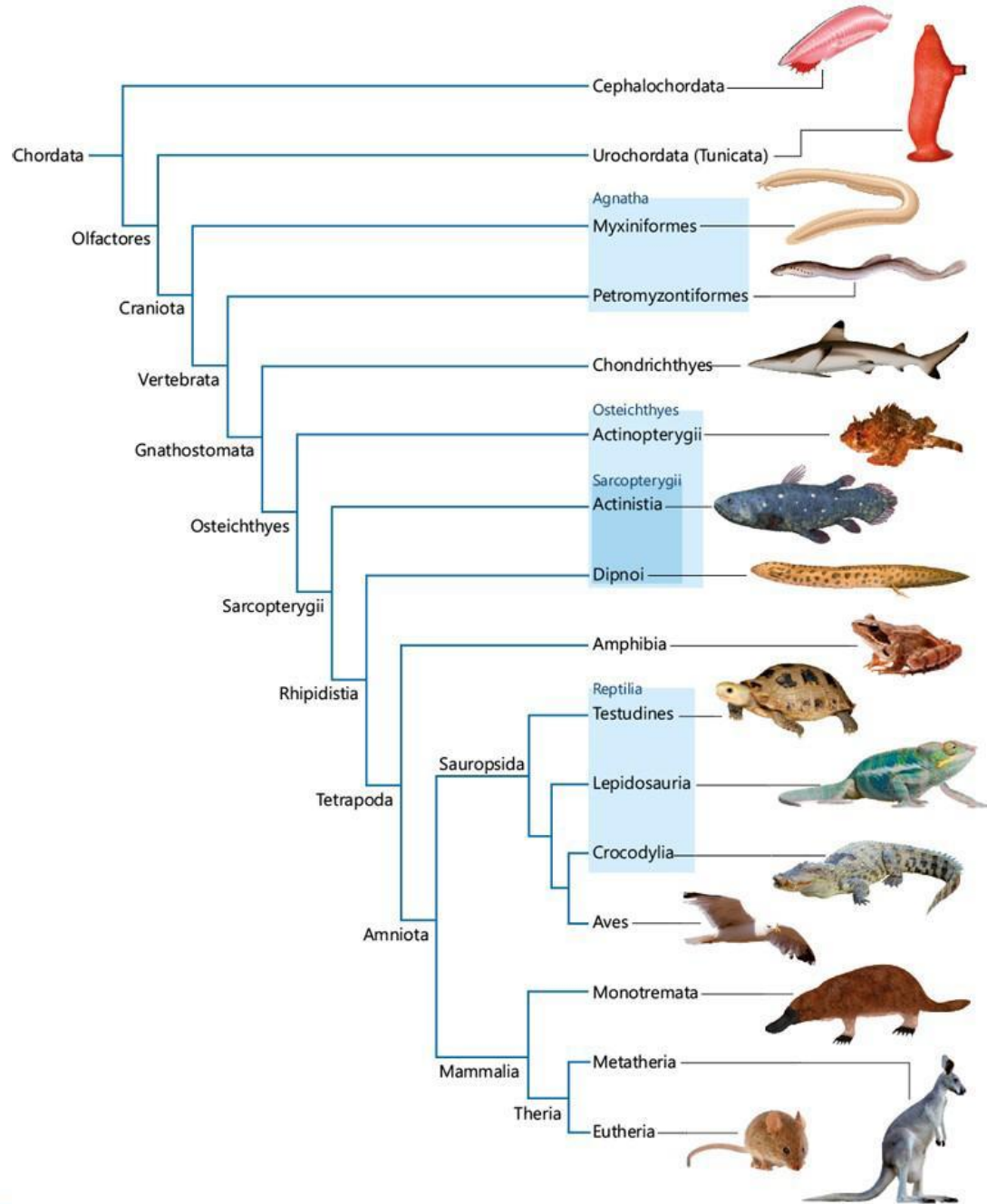


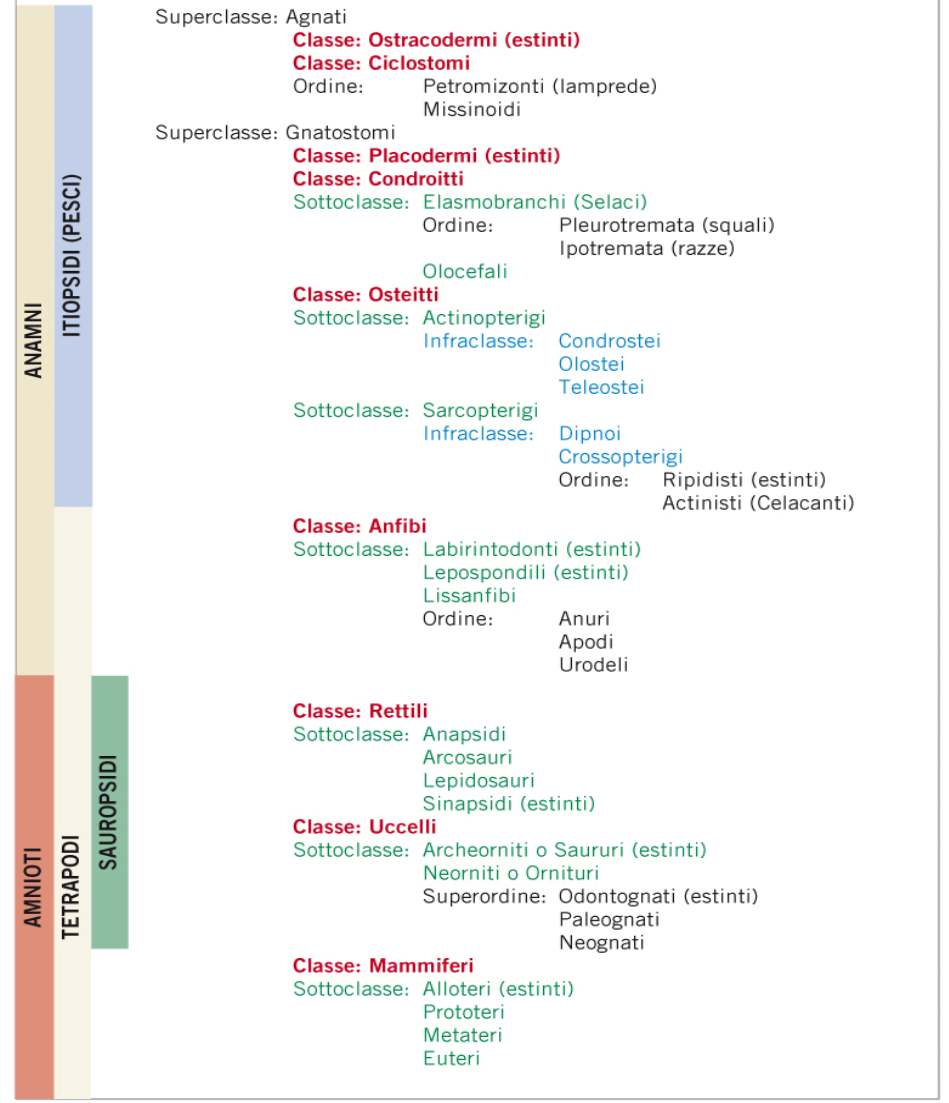
Figure 1. Robust functional recovery after complete spinal cord transection in lampreys. (a) Diagram of lamprey brain and spinal cord showing location of transection site and tissues collected for molecular profiling (red boxes). Somata of RS neurons (arrows) reside in the midbrain and hindbrain, and their axons (black lines) extend the length of the spinal cord. (b) Images of uninjured lampreys and at 1wpi and 11wpi. Asterisks indicate lesion site. (c) Quantitative scale of functional recovery (i.e. swimming): Movement scores are as described fully in 18 : 0-paralysis); 1-head wiggle only; 2-brief, abnormal swimming; 3-persistent swimming with abnormal body shape; 4-apparently normal swimming. Data points represent mean  $\pm$  SEM (n = 27-66 animals per data point). (d) Histological sections of lamprey spinal cord from uninjured, 3wpi, and 12wpi demonstrating cytological changes during the recovery from SCI. CC = central canal, RS axons = reticulospinal axons.



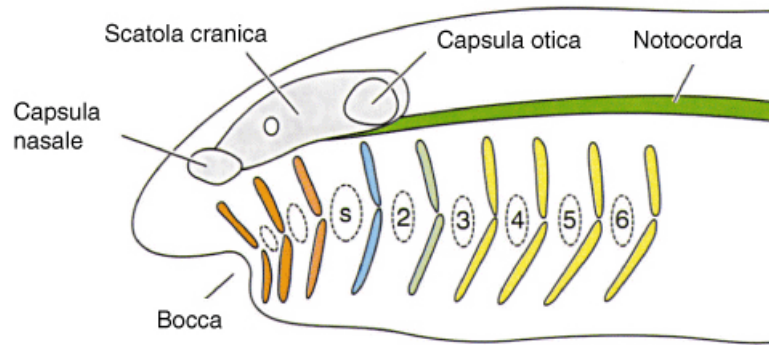
**BOX 1.1**

**CLASSIFICAZIONE DEL SUBPHYLUM DEI VERTEBRATI**

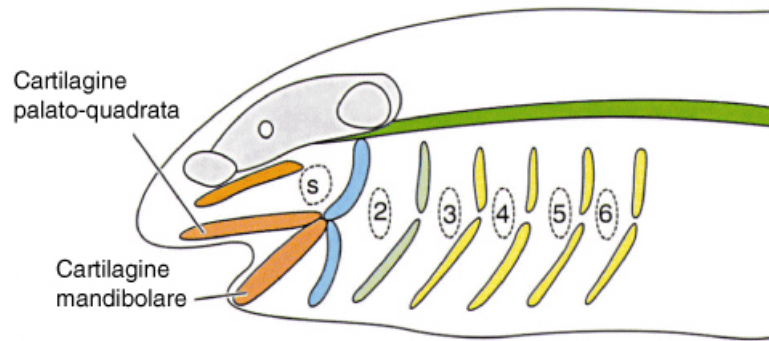
**SUBPHYLUM: VERTEBRATI**



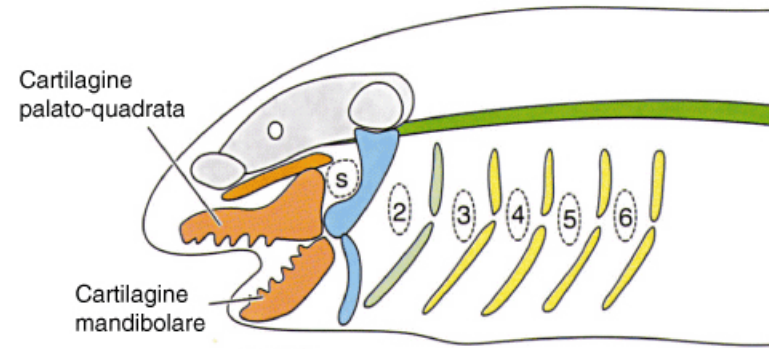
# ORIGINE GNATOSTOMI



A. Condizione agnata ipotetica



B. L'arco mandibolare assume le funzioni di mascelle



C. Mascelle associate alla scatola cranica







 Archi premandibolari	 Arco mandibolare
 Arco ioideo	 Arco carotideo
 Archi vagali	 Notocorda

FIGURA 3-4

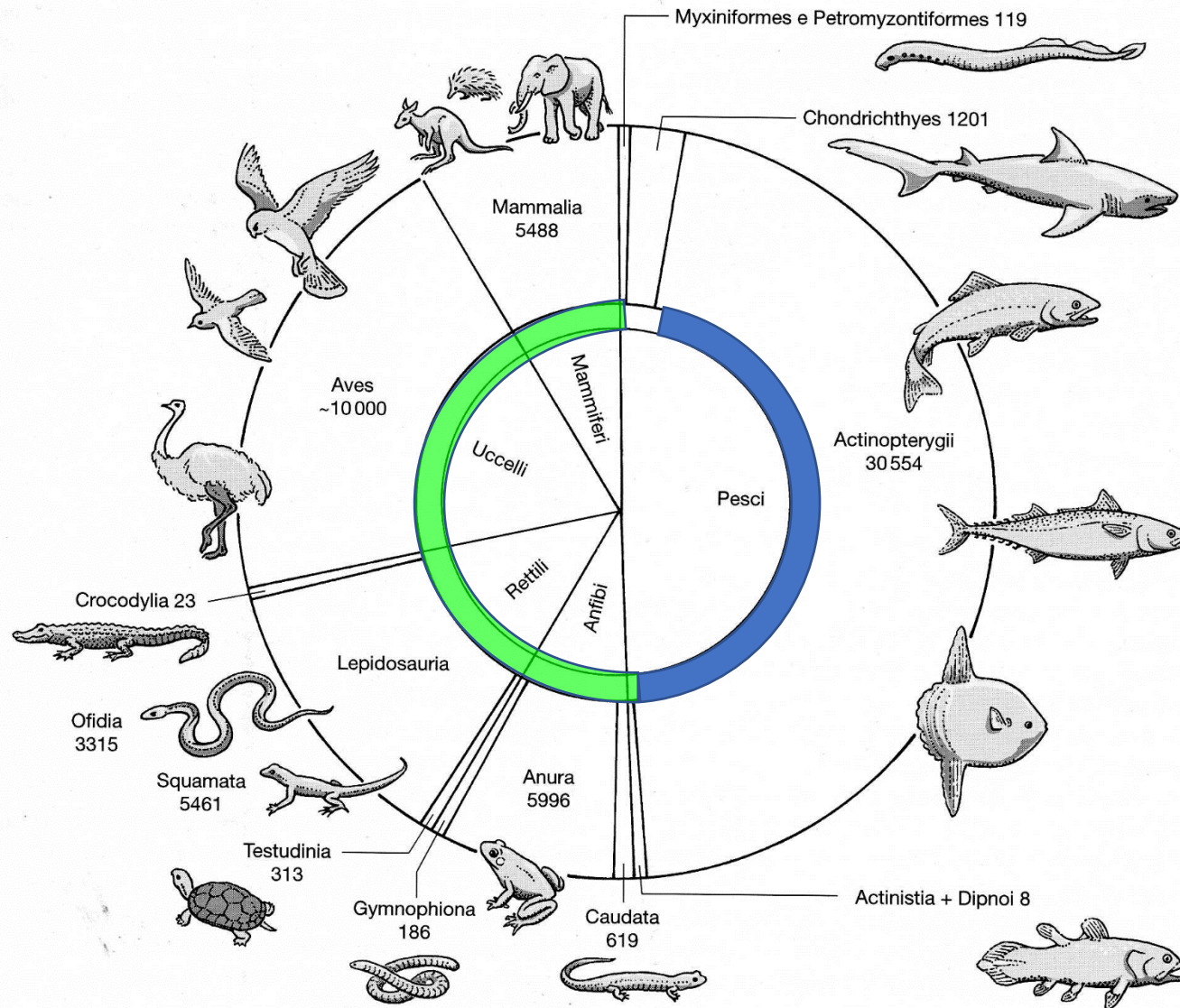
Origine delle mascelle. A, Condizione ipotetica di mancanza di mascelle nella quale gli archi branchiali si trovano in serie al di sotto della scatola cranica e della notocorda. B, L'arco orale funziona come mascelle ed è sostenuto dall'arco ioideo. C, Mascelle associate con la scatola cranica. S indica lo spiracolo, che è l'apertura branchiale tra gli archi orale e ioideo. I numeri da 2 a 6 indicano le aperture branchiali tra gli archi branchiali posteriori.



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

TERZO CANALE SEMICIRCOLARE (ORIZZONTALE)

# SARCOPTERYGII

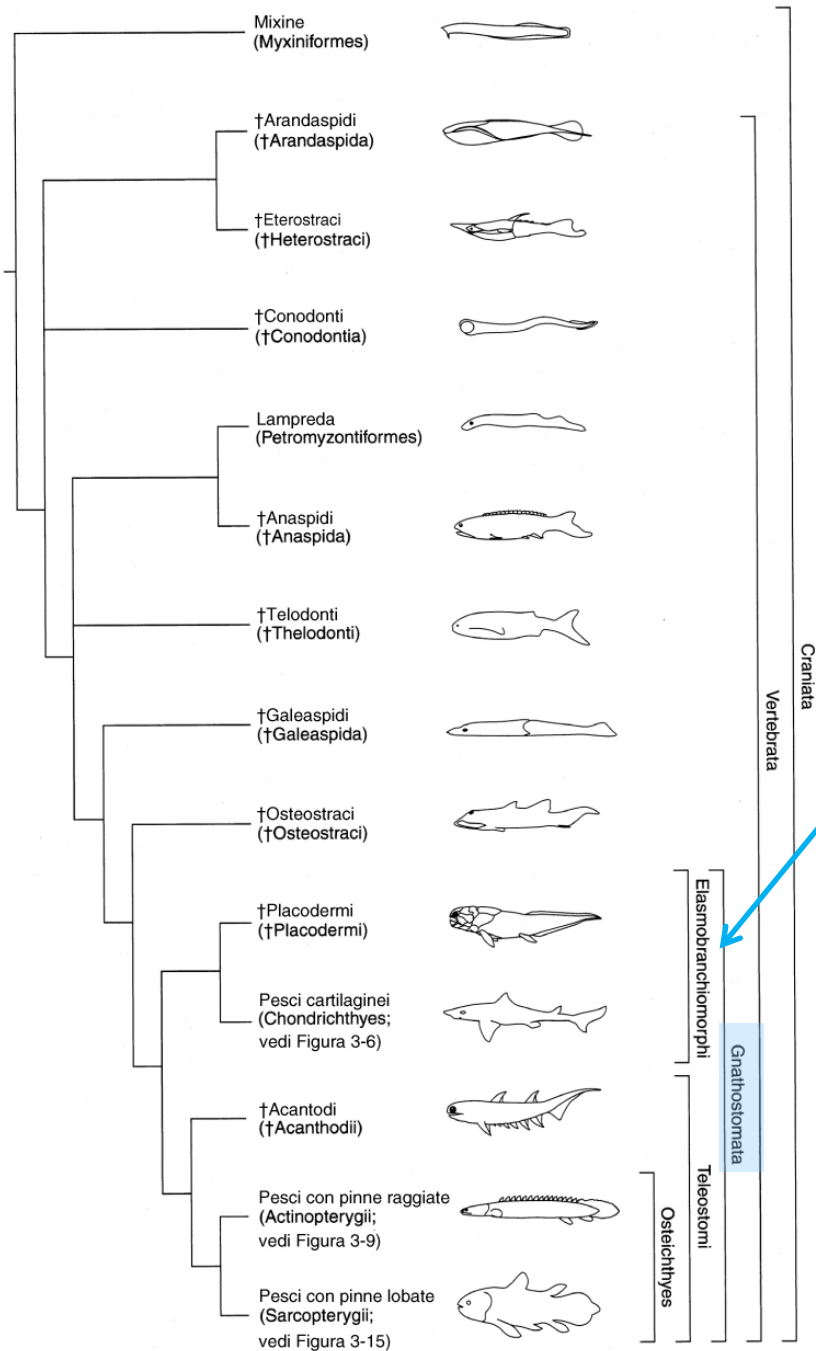


# ACTINOPTERYGII

**Figura 1.1**

**Diversità dei vertebrati.** Le aree nel diagramma corrispondono (sono proporzionali) al numero approssimativo di specie viventi in ogni gruppo. (Queste sono solo stime; il numero cambia di frequente, dal momento che vengono descritte di continuo nuove specie.) I nomi comuni si trovano nel cerchio interno, i nomi scientifici in quello esterno. Le due linee filetiche principali di vertebrati ancora esistenti sono gli Actinopterygii (pesci a pinne raggiate) e i Sarcopterygii (pesci a pinne lobate), ciascuna delle quali comprende più di 30 000 specie ancora esistenti. (I Sarcopterygii comprendono le linee Actinistia, Dipnoi, Caudata, Anura, Gymnophiona, Testudinia, Lepidosauria, Crocodylia, Aves e Mammalia.)

vedi Figura 2-1



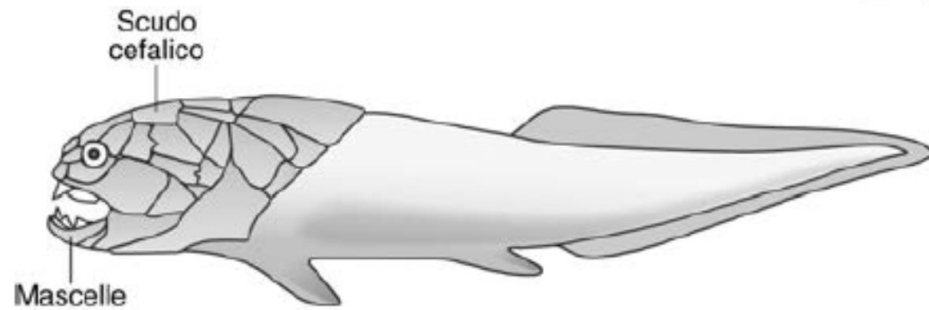
**PEDICELLO OTTICO (CARTILAGINE CHE SOSTIENE LA PARTE POSTERIORE DELL'OCCHIO)**

Filogenesi di alcuni cranioti attuali e fossili (Craniata);  
è messa in evidenza l'origine degli gnatostomi (Gnathostomata),  
degli elasmobranchiomorfi (Elasmobranchiomorfi),  
dei pesci placodermi  
dei pesci cartilaginei (condroitti)  
dei teleostomi (Teleostomi),  
dei pesci ossei (Osteichthyes),  
dei pesci con pinne raggiate (Actinopterygii) e  
dei pesci con pinne lobate (Sarcopterygii).



Una fondamentale novità evolutiva è stata quella che ha portato i Vertebrati a dotarsi di uno scheletro buccale, formato da mascella e mandibola, atto a mordere le prede. Gli Gnatostomi hanno dato origine a due linee evolutive: una ha portato ai Condroitti, l'altra ai Teleostomi che comprendono gli Osteitti ed i tetrapodi.

PLACODERMI – Sono stati i primi pesci Gnatostomi ed oggi sono tutti estinti. Dotati di una possente corazzatura ossea sulla testa e sulla parte anteriore del tronco, possedevano pinne pettorali e pelviche

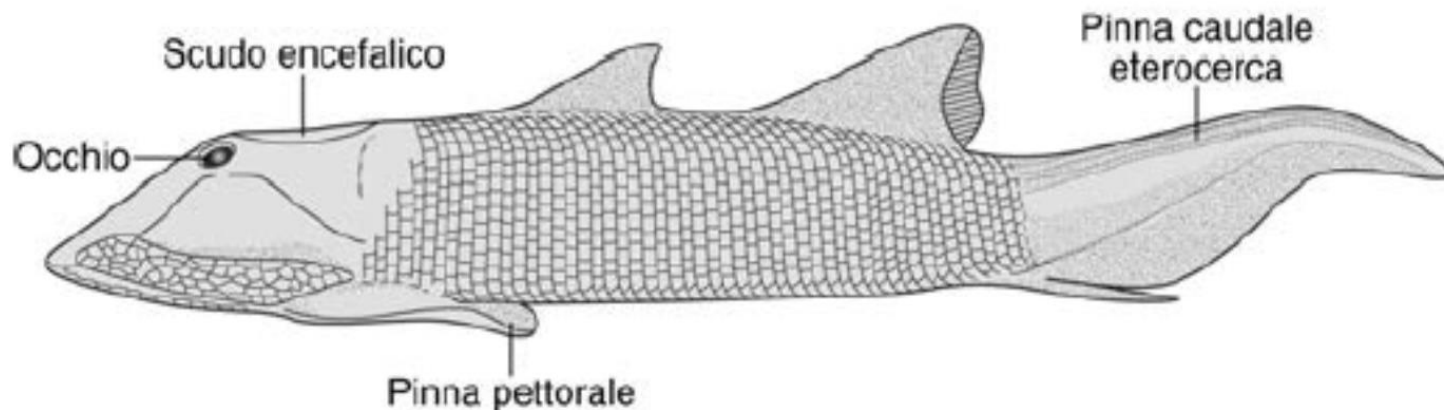


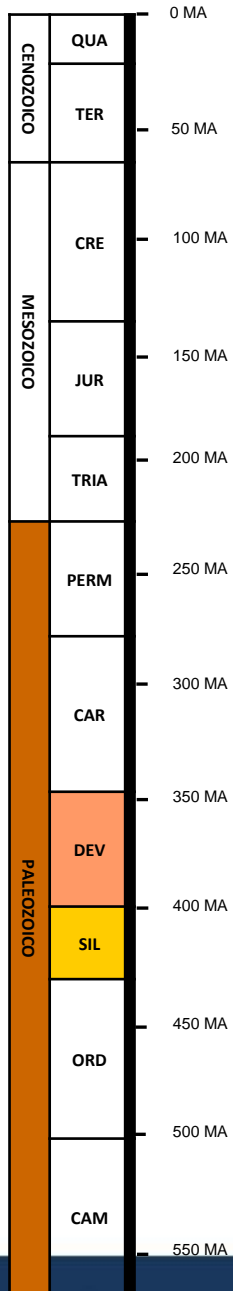
I primi Vertebrati fanno la loro comparsa oltre 500 milioni di anni or sono Testimonianze fossili di difficile interpretazione ci parlano di animali di piccole dimensioni, privi di tessuti mineralizzati, ma dotati di miomeri, branchie, testa e notocorda.

Testimonianze più attendibili ci vengono dalla radiazione degli Ostracodermi.

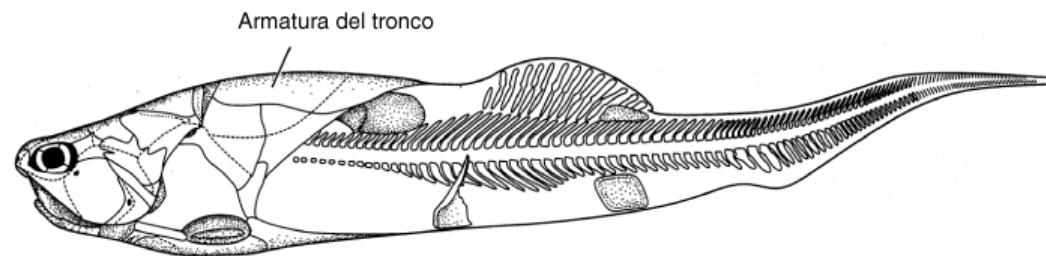
Privi dello scheletro della bocca, erano dotati di un esoscheletro dermico costituito anche da osso che racchiudeva il corpo;

le piastre ossee erano particolarmente grandi a livello della testa ove potevano fondersi a formare uno scudo cefalico, mentre sul resto del corpo erano più piccole per consentire flessibilità. In alcune Specie erano presenti pinne pari

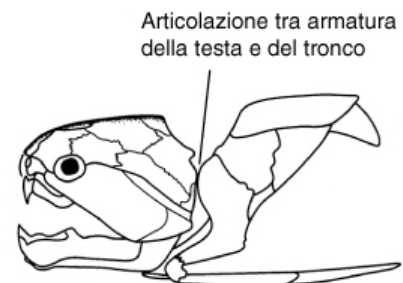




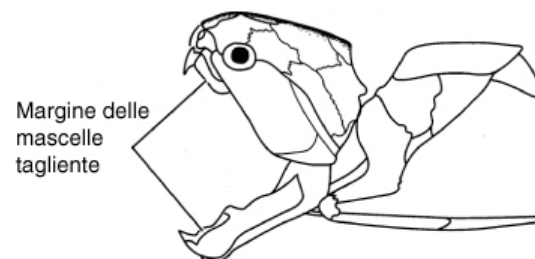
**FIGURA 3-5**  
 †Placodermi rappresentativi. *A*, Ricostruzione di un tartrodiro primitivo, †*Coccosteus*. *B*, Armatura cefalotoracica dell'†**artrodiro** gigante †*Dunkleosteus*, che raggiungeva una lunghezza di 6 m. *C*, Come *B* con la bocca aperta per mostrare il meccanismo di articolazione tra il cranio e l'armatura toracica. *D*, Ricostruzione di un piccolo †**antiarco**, †*Bothriolepis*.



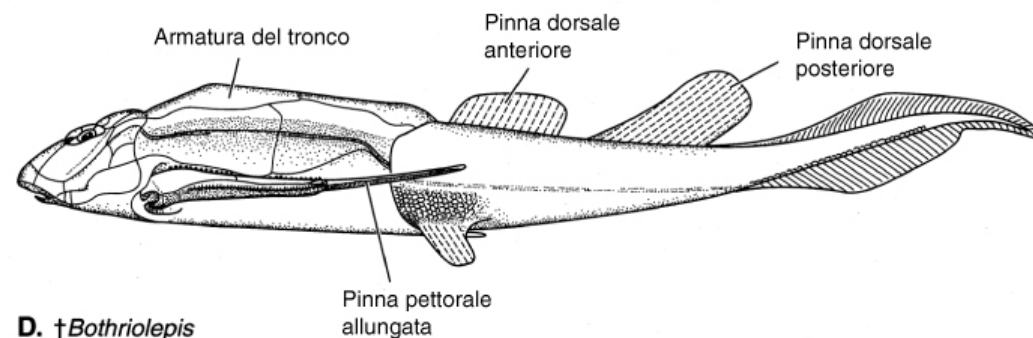
**A.** †*Coccosteus*



**B.** †*Dunkleosteus*



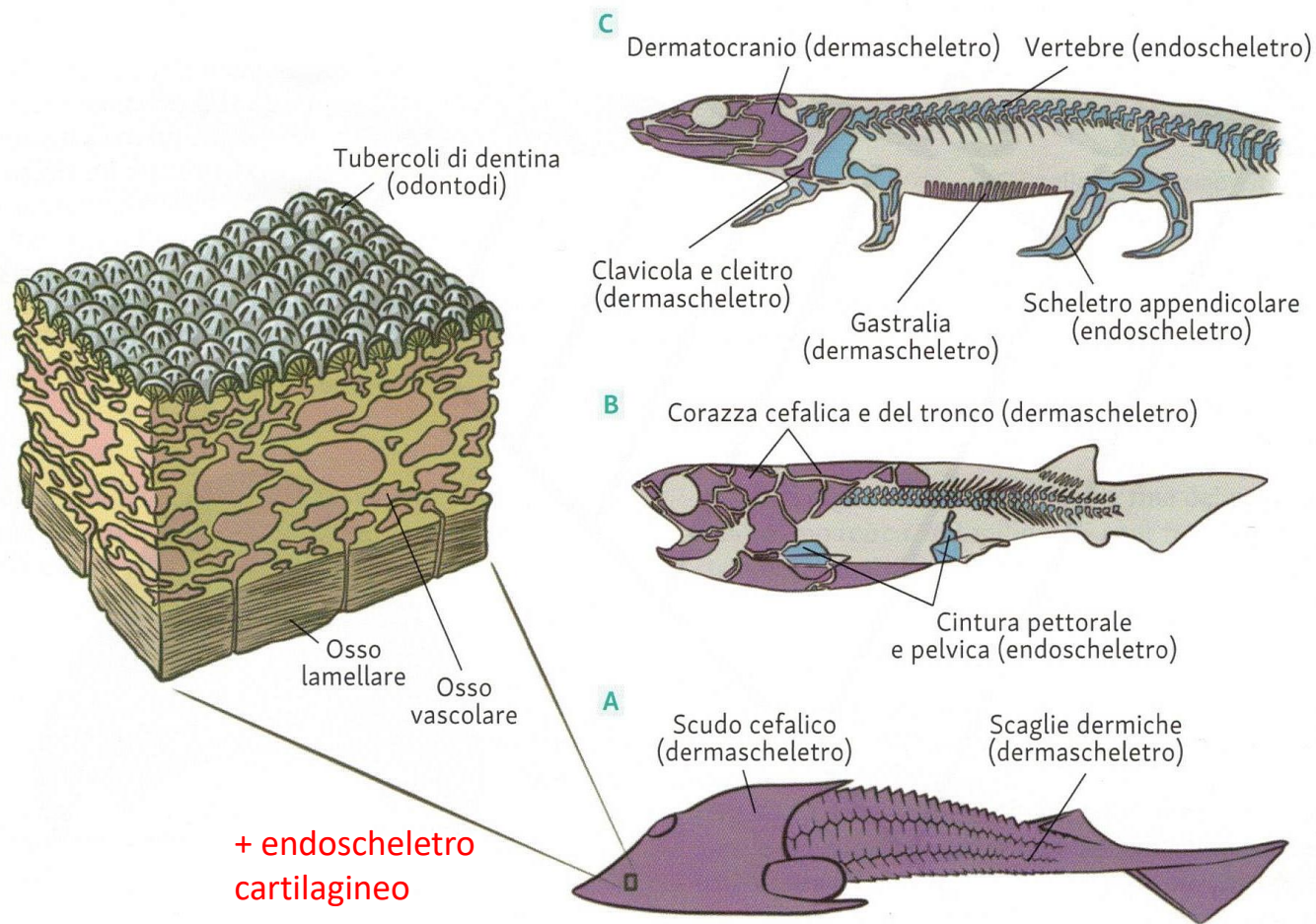
**C.** †*Dunkleosteus*



**D.** †*Bothriolepis*



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



Tetrapode

Placoderma

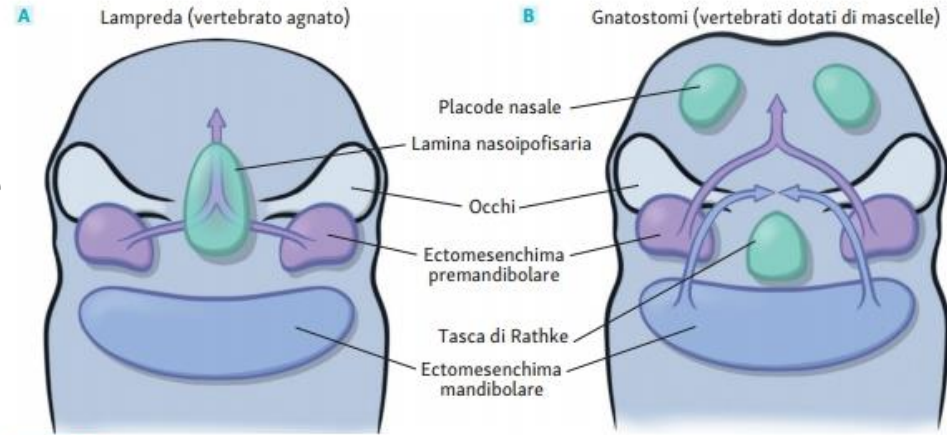
**FIGURA F3.1.1**

Le corazze dermiche degli Agnati (**A**, osteostraco) sono alla base di molti tessuti mineralizzati (eso = denti, ossa dermiche e scaglie) degli Gnatostomi (**B**, placoderma; **C**, tetrapode).

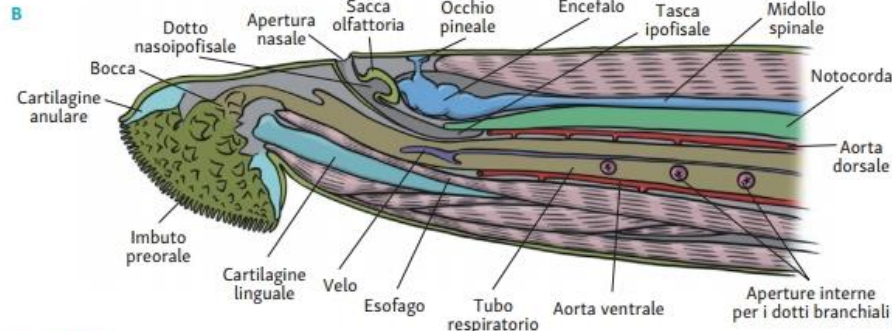
Denti in tutti gli Gnatostomi e scaglie nei pesci

# EVO-DEVO

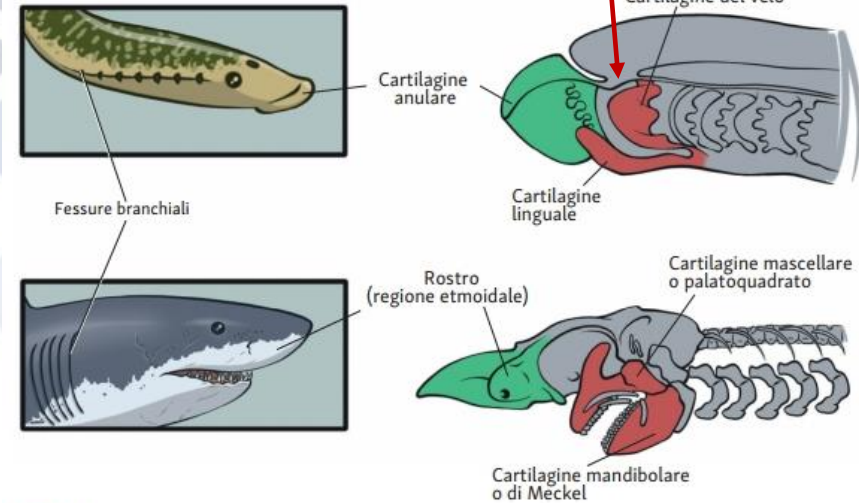
No evidenza di fessure branchiali anteriormente al velo né negli agnati fossili estinti e viventi, né negli gnatostomi



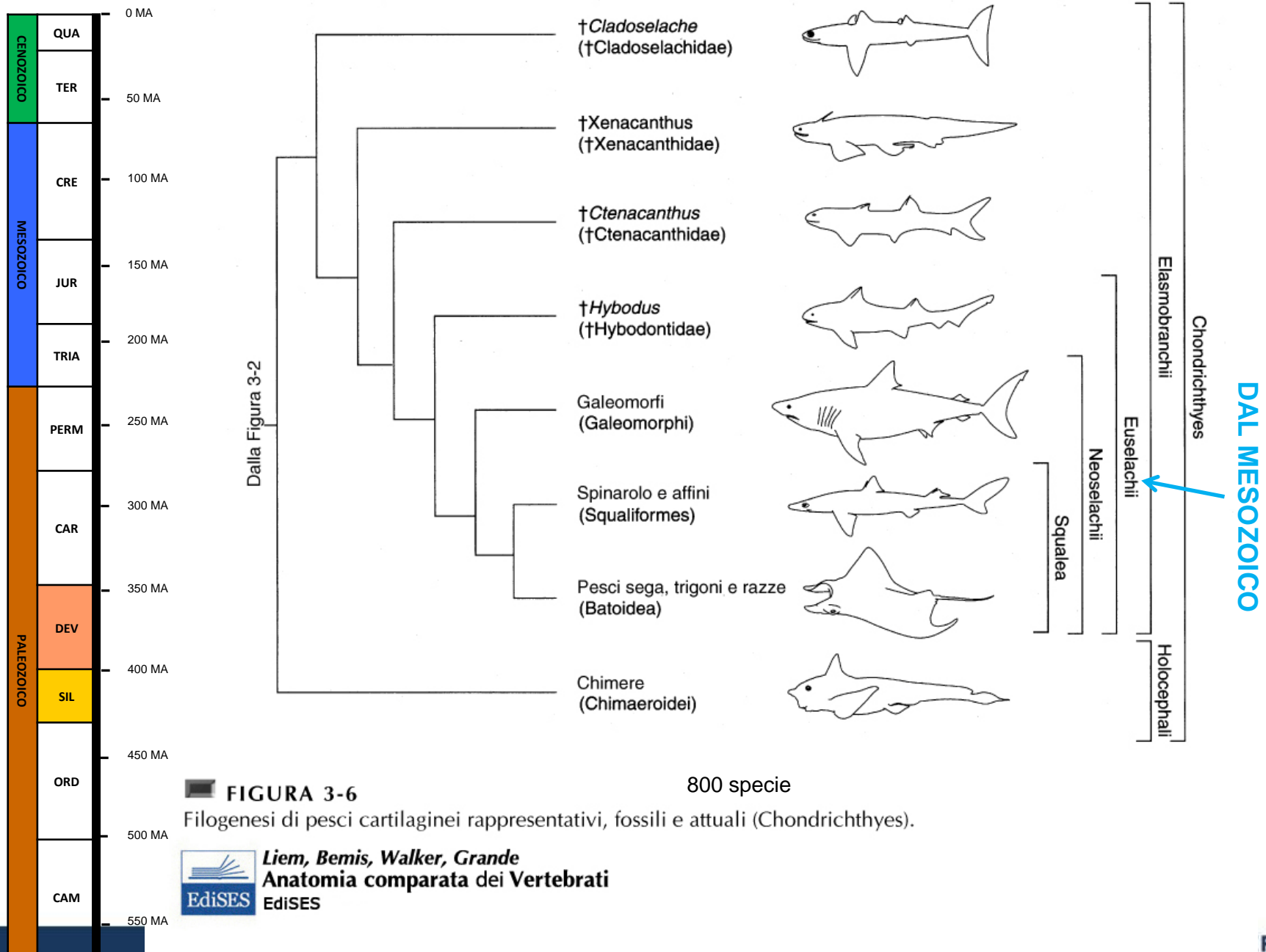
**FIGURA 4.2** Modalità di migrazione delle cellule della cresta neurale in Agnati e Gnatostomi. (A) Nella lampreda la cartilagine anulare dell'imbuto boccale si sviluppa dalle cellule più anteriori della cresta neurale (ectomesenchima premandibolare) che migrano anteriormente e al di sotto della lamina nasoipofisaria (che in seguito formerà un singolo placode nasale e l'adenoiipofisi); le cellule più caudali (ectomesenchima mandibolare) danno origine al pistone linguale e al velo. (B) Negli Gnatostomi il tessuto nasoipofisario si suddivide precocemente in tasca di Rathke (che darà l'adenoiipofisi) e placodi nasali duplici; le cellule dell'ectomesenchima premandibolare migrano rostralmente fra i due placodi, formando le trabecole (neurocranio precordale), mentre dall'ectomesenchima mandibolare, che si porta anteriormente alla tasca di Rathke, si formerà l'arco orale.



**FIGURA 3.11** Sezione longitudinale della regione faringea di una larva (A) e di un adulto (B) di lampreda.



**FIGURA 4.3** Possibile evoluzione della regione etmoidale e dell'arco orale negli Gnatostomi attraverso la modificazione delle cartilagini orali degli Agnati.



# PESCI CARTILAGINEI

Cartilagine calcificata o prismatica: deposizione di Sali di calcio in ECM-tessere bidimensionali impilate

high-resolution imaging

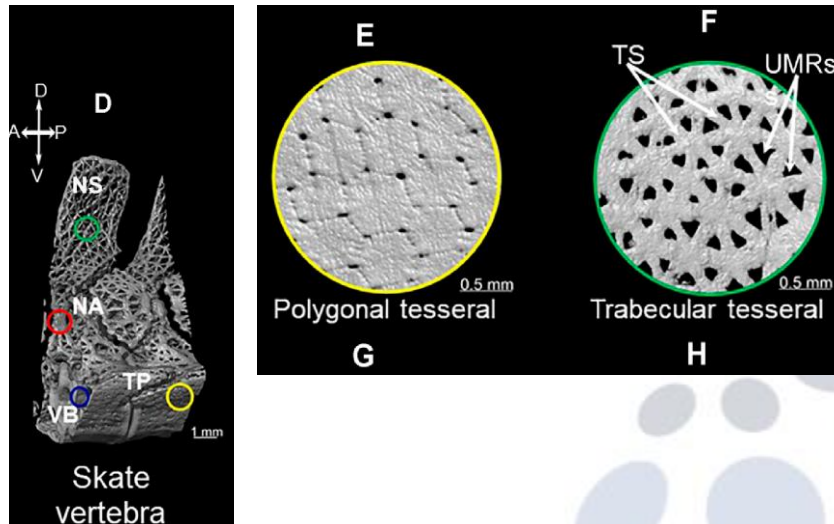


FIG. 1

Front Genet. 2021 12\_762042.

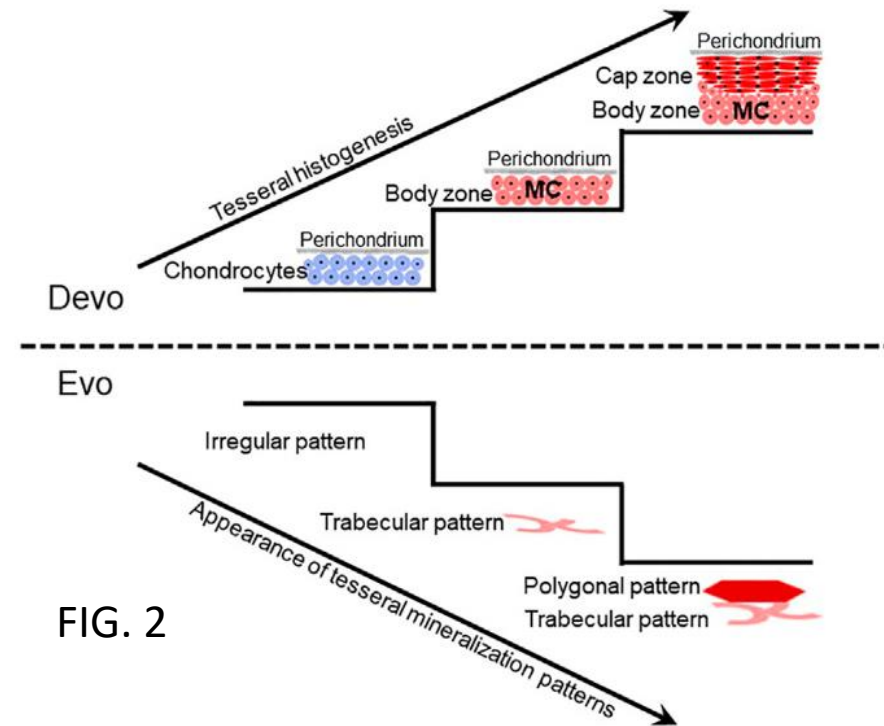
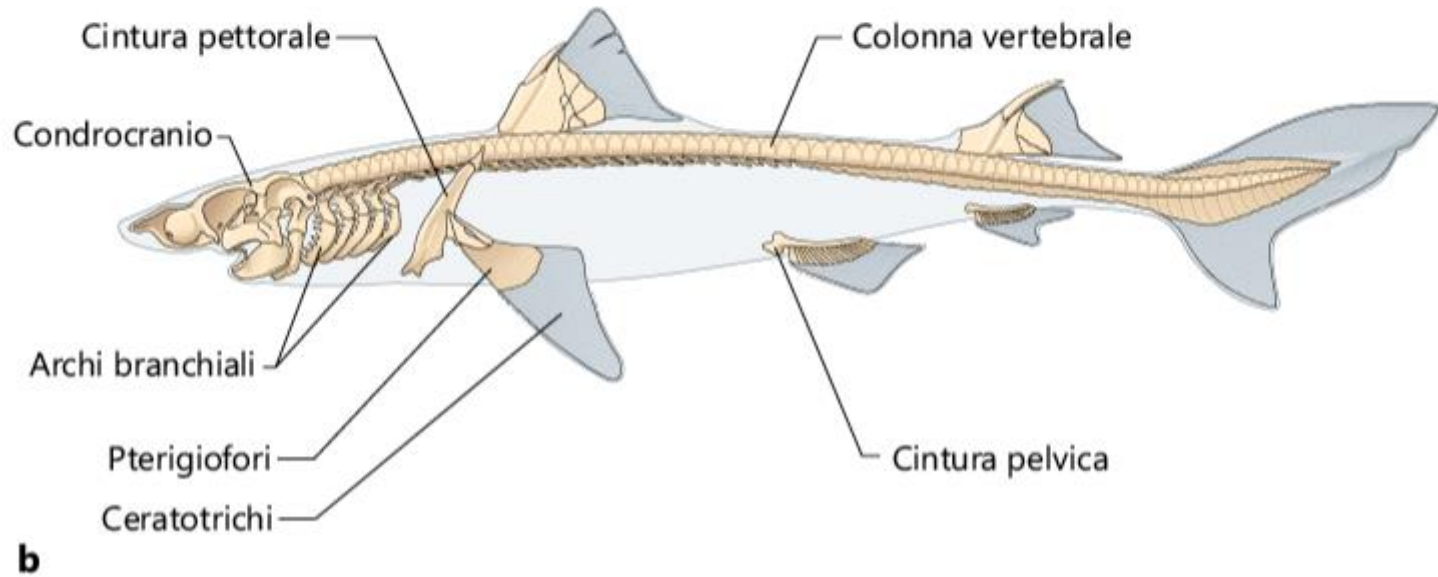
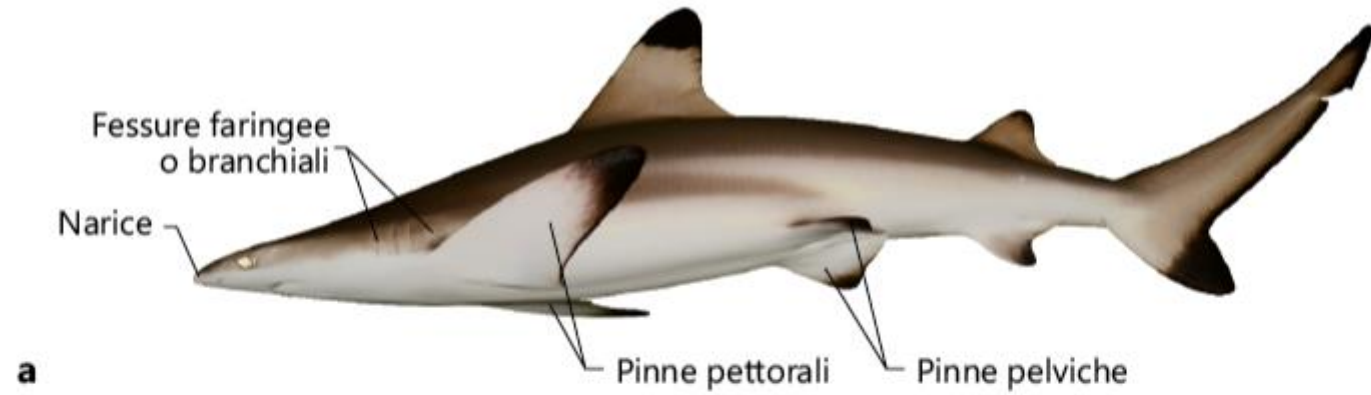


FIG. 2

# PESCI Cartilaginei





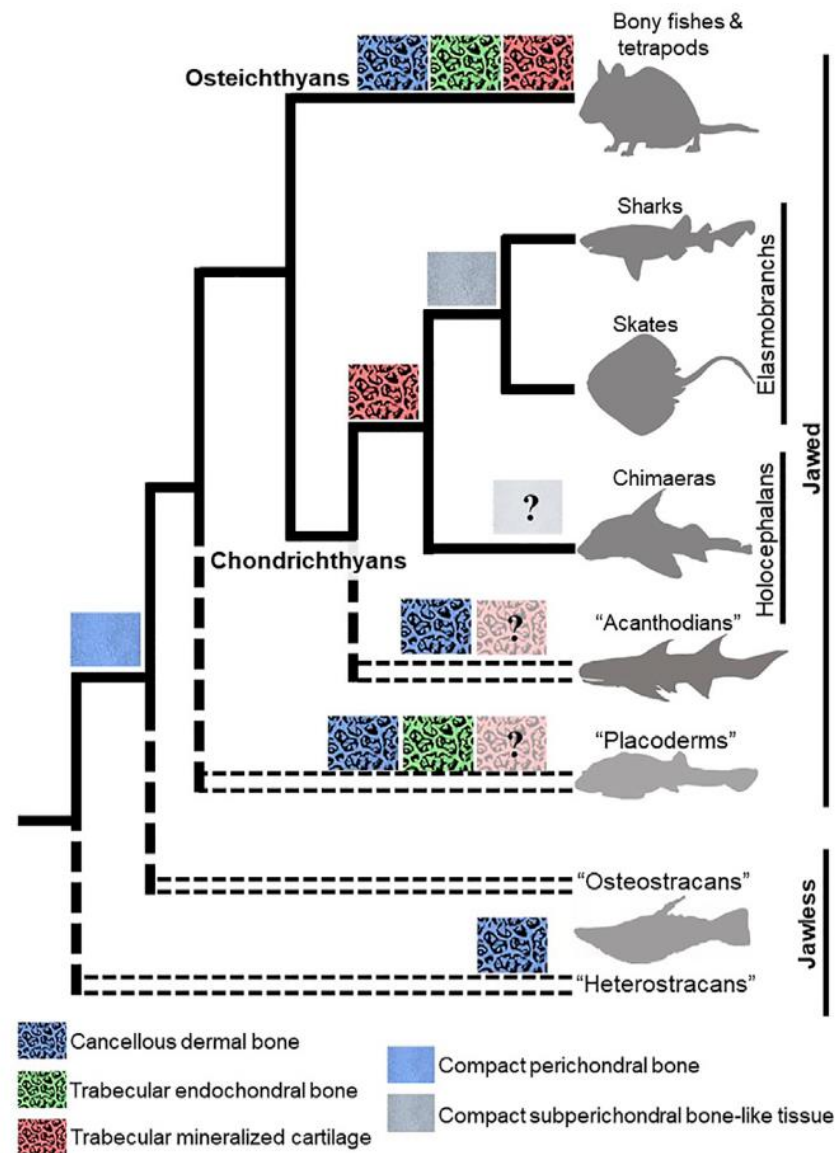
# PESCI CARTIL

Cartilagine embrionale non sostituita da osso,

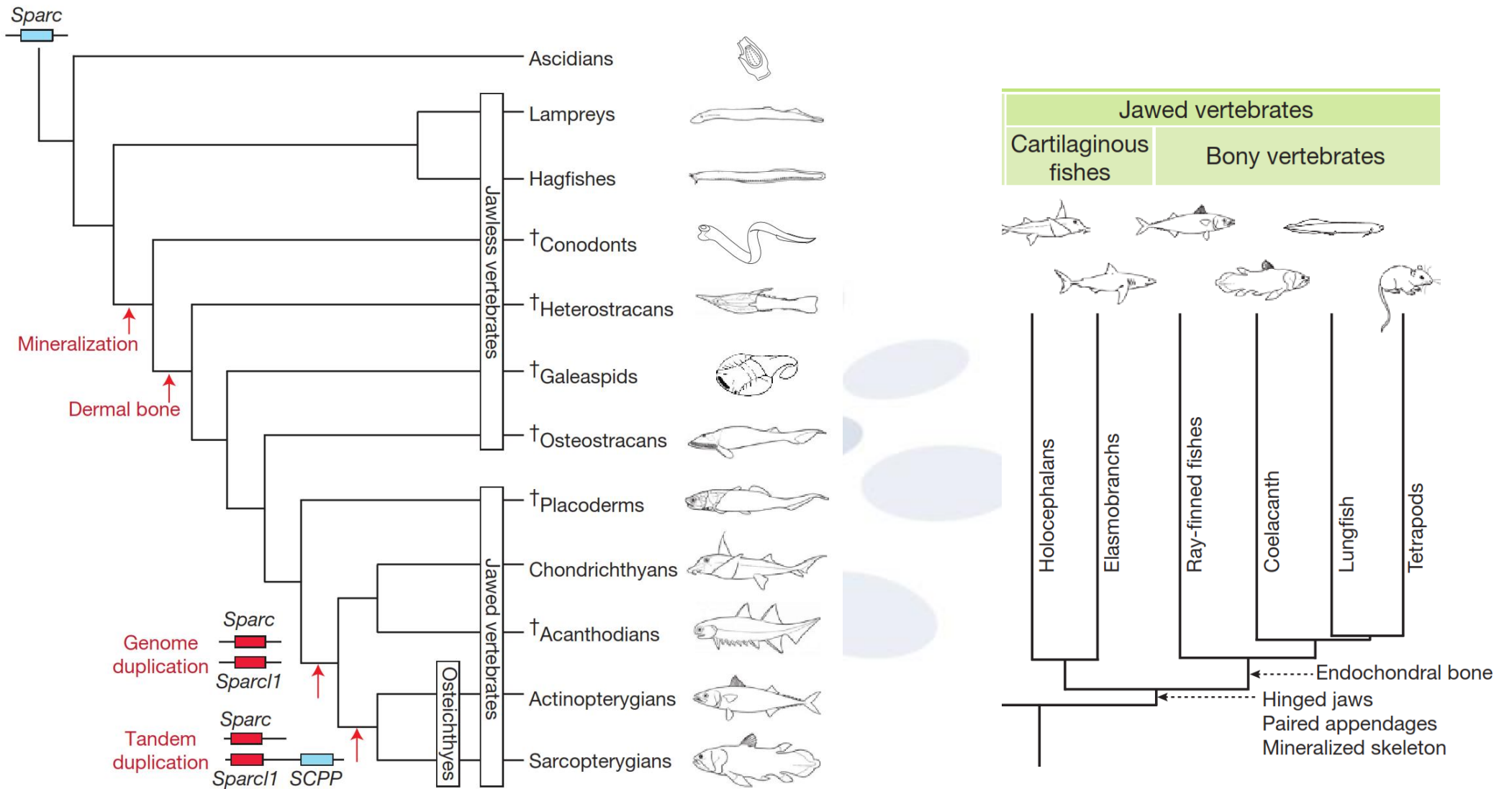
Condizione derivata ?

Evoluti da un antenato fornito di osso sia nell'endoscheletro che nell'esoscheletro

comparative embryology and transcriptomics can reveal homology of mineralized skeletal tissues (and their cell types) between chondrichthyans and other vertebrates.



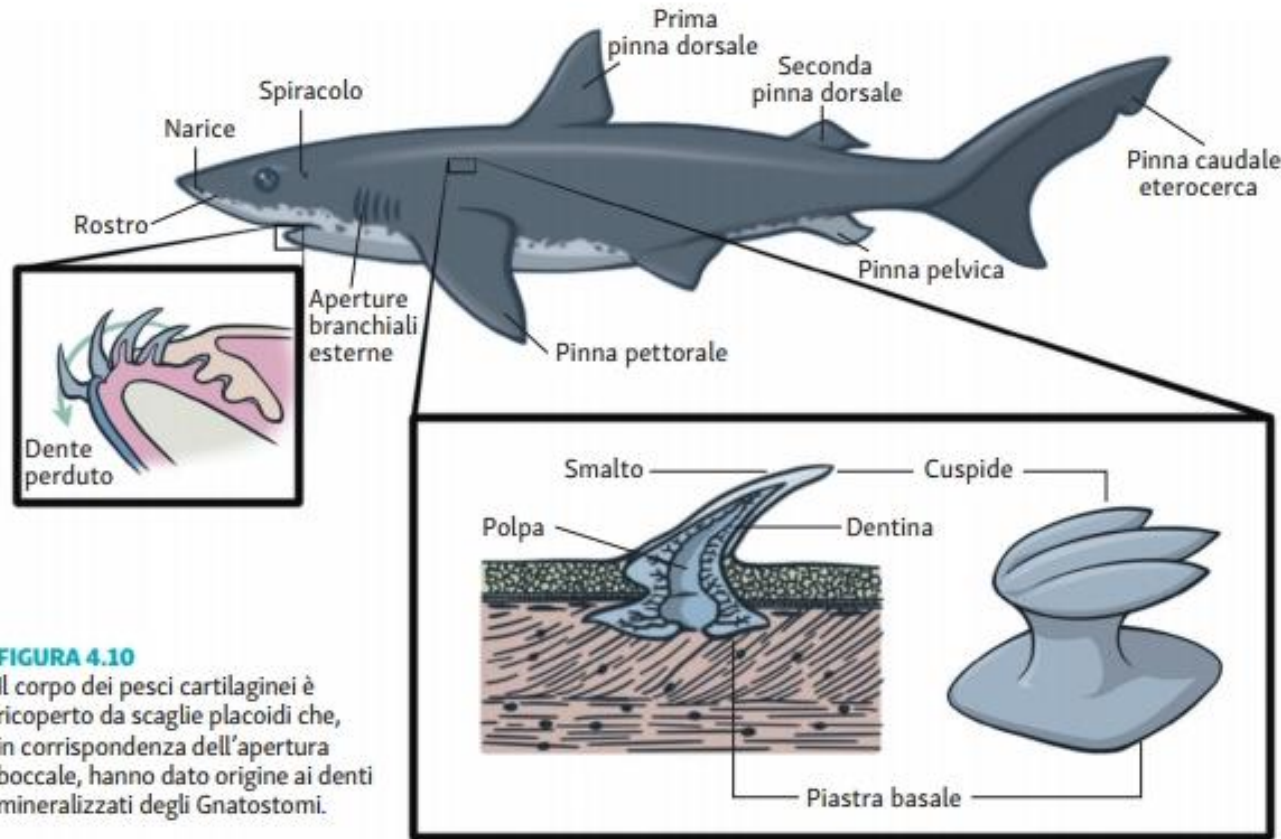
Front Genet. 2021 12\_762042.



**SPARC, encodes a cysteine-rich acidic matrix-associated protein. The encoded protein is required for the collagen in bone to become calcified.**

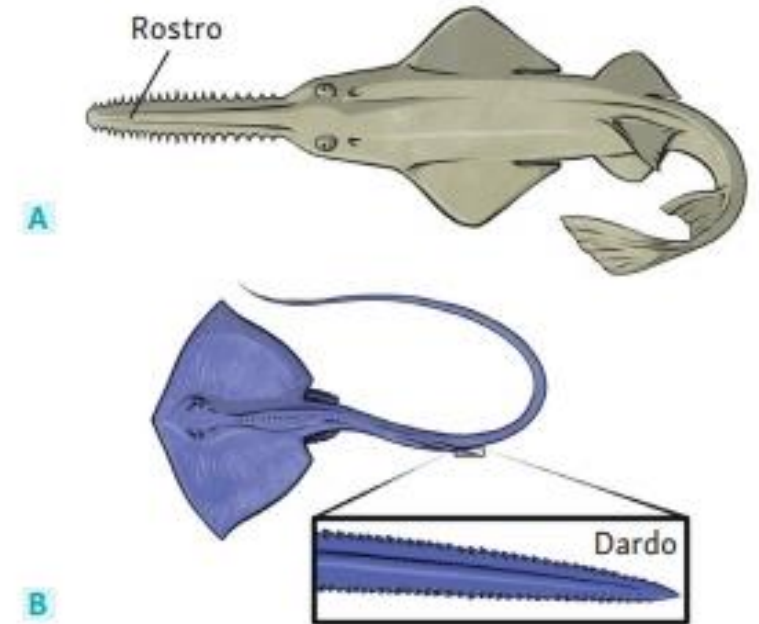
**SCPP, secretory calcium-binding phosphoprotein gene family member**

# DENTI E SCAGLIE=OMOLOGHI



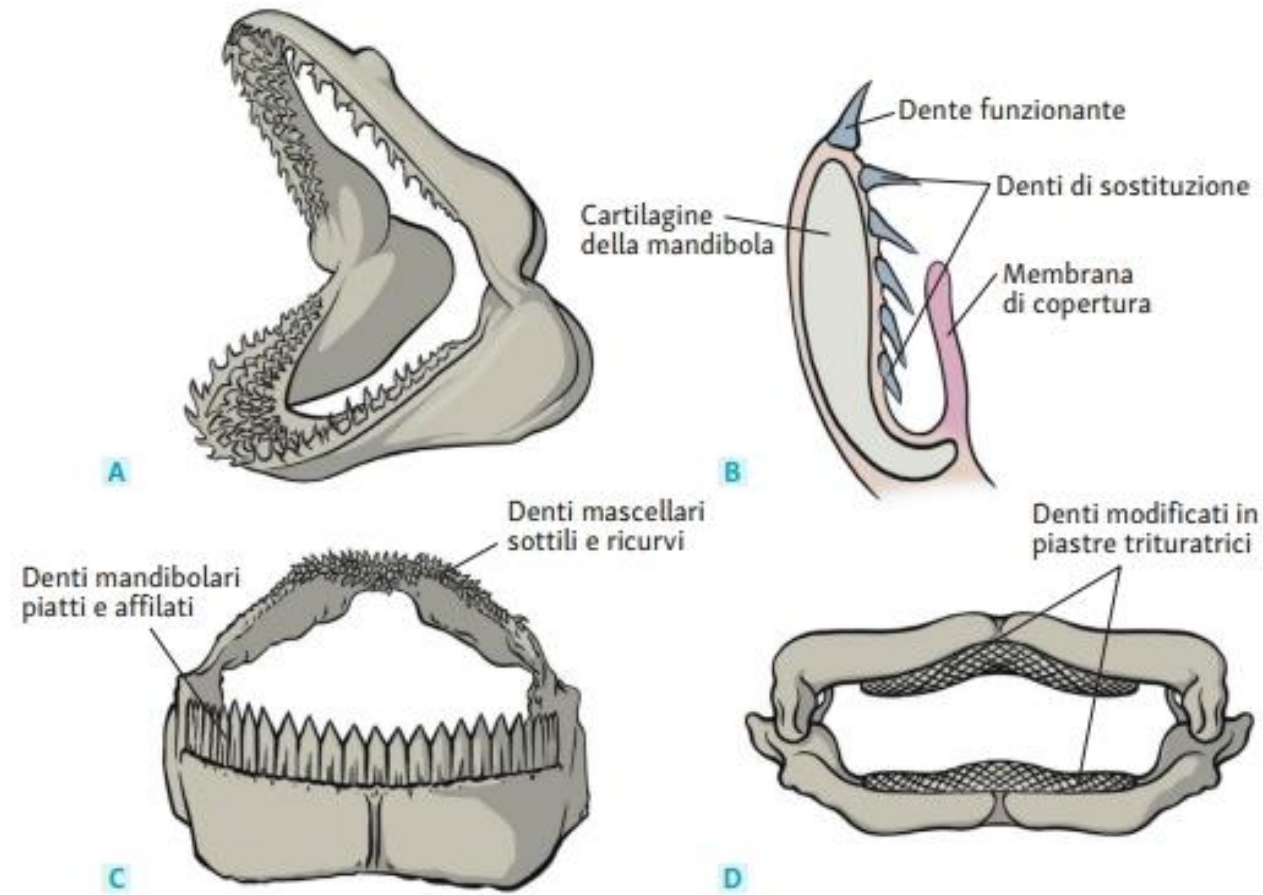
**FIGURA 4.10**  
 Il corpo dei pesci cartilaginei è ricoperto da scaglie placoidi che, in corrispondenza dell'apertura boccale, hanno dato origine ai denti mineralizzati degli Gnatostomi.

ADAMANTOBLASTI=ECT  
 ODONTOBLASTI=CR



**FIGURA 4.11**  
 Scaglie placoidi modificate sui margini del rostro del pesce sega (A) e alla base del peduncolo caudale in una pastinaca (B).

OMODONZIA,  
POLIFIODONTE



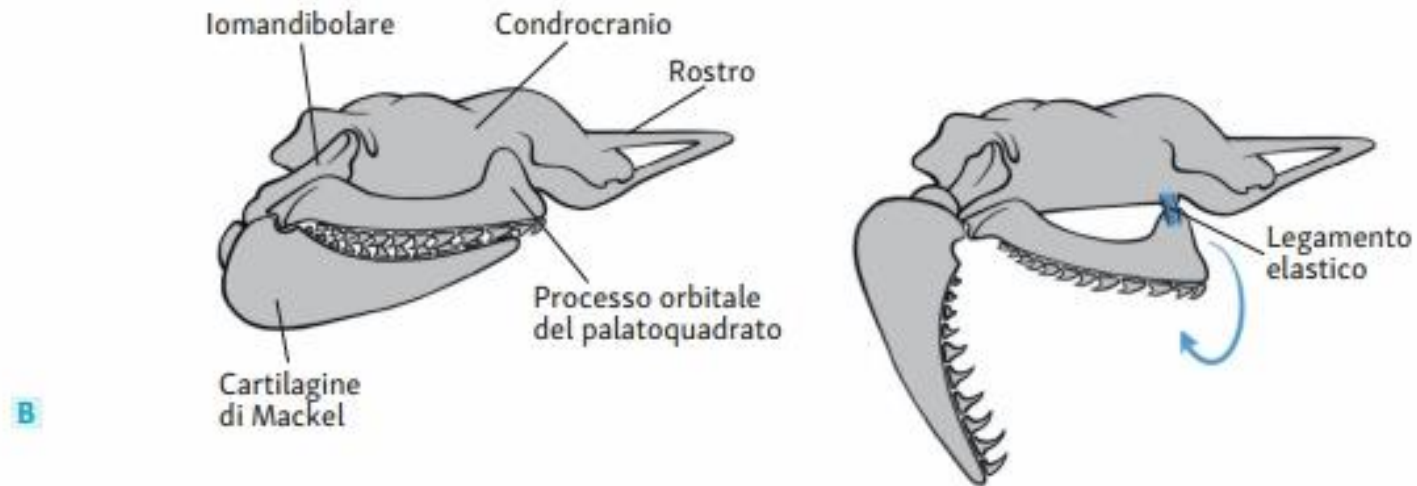
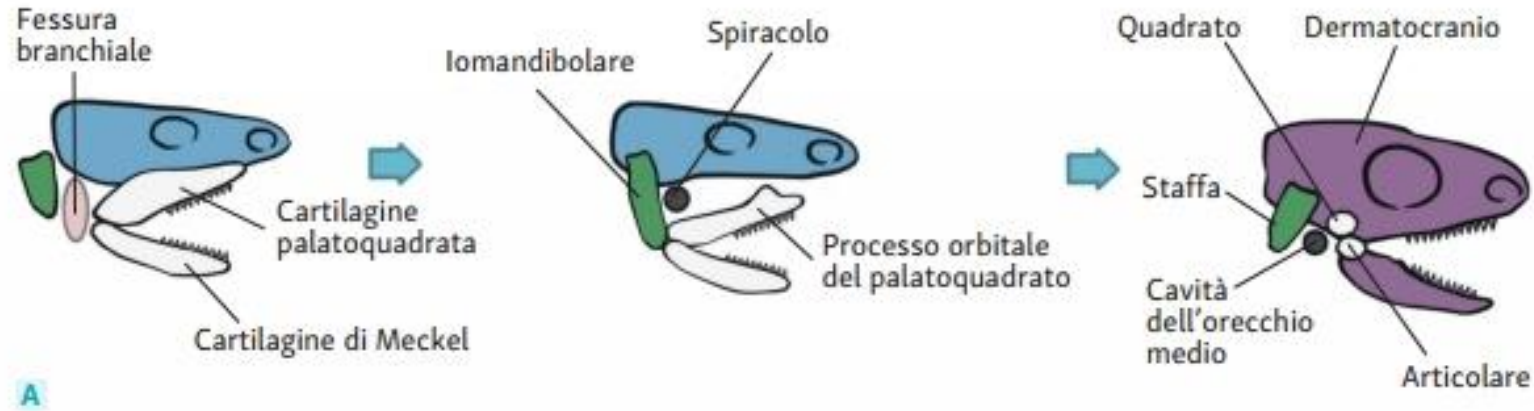
**FIGURA 4.12**

Dentature nei pesci cartilaginei. Denti disposti su più file (A) con un dente funzionante e più denti di sostituzione coperti da una membrana (B); denti specializzati di squalo tagliatore (C, *Isistius brasiliensis*) e di razza (D, *Raja* sp.).

AUTOSTILICA PRIMARIA

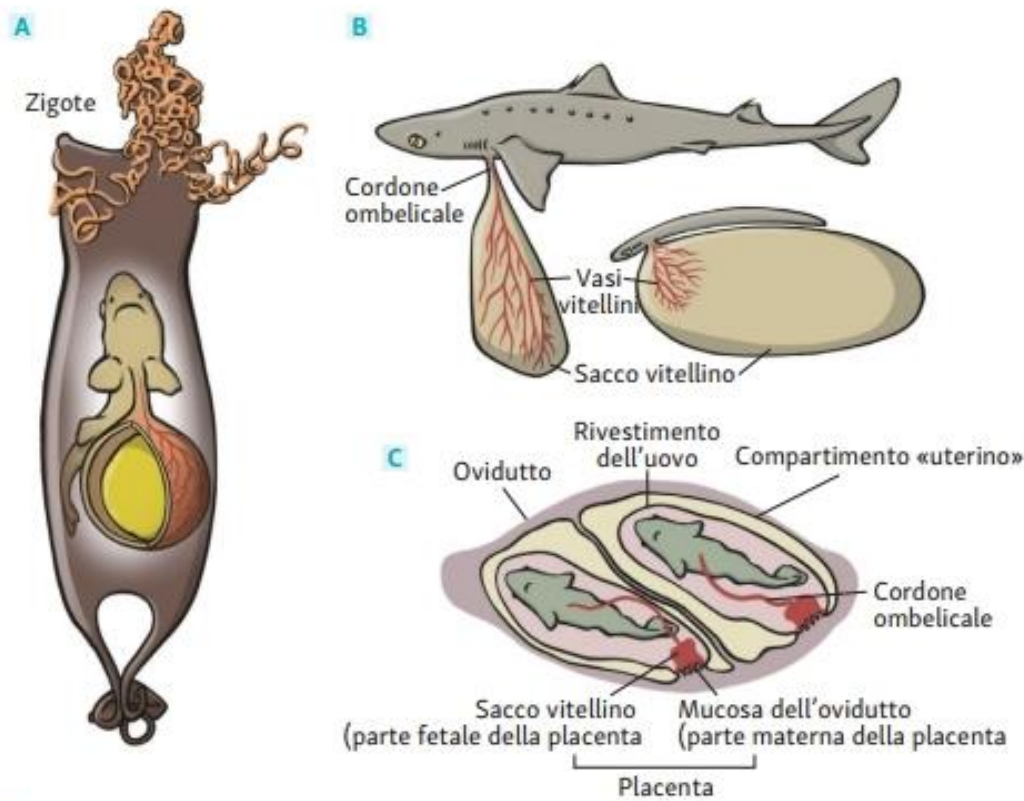
IOSTILICA

AUTOSTILICA SECONDARIA



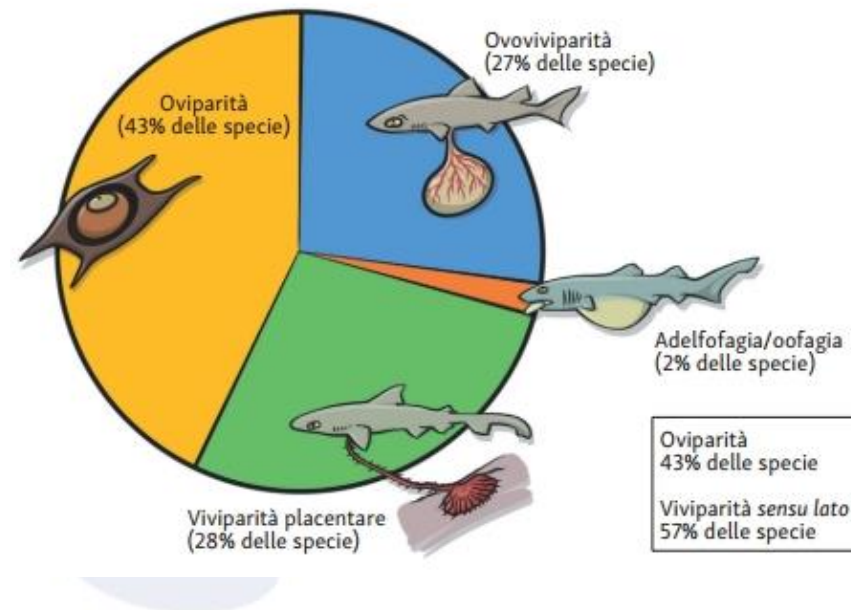
**FIGURA 4.13**

(A) Alcuni modelli di sospensione dell'arco orale; (B) cranio cinetico di squalo, con la possibilità di protrusione delle mascelle grazie al legamento elastico fra cartilagine palatoquadrata e condrocranio.



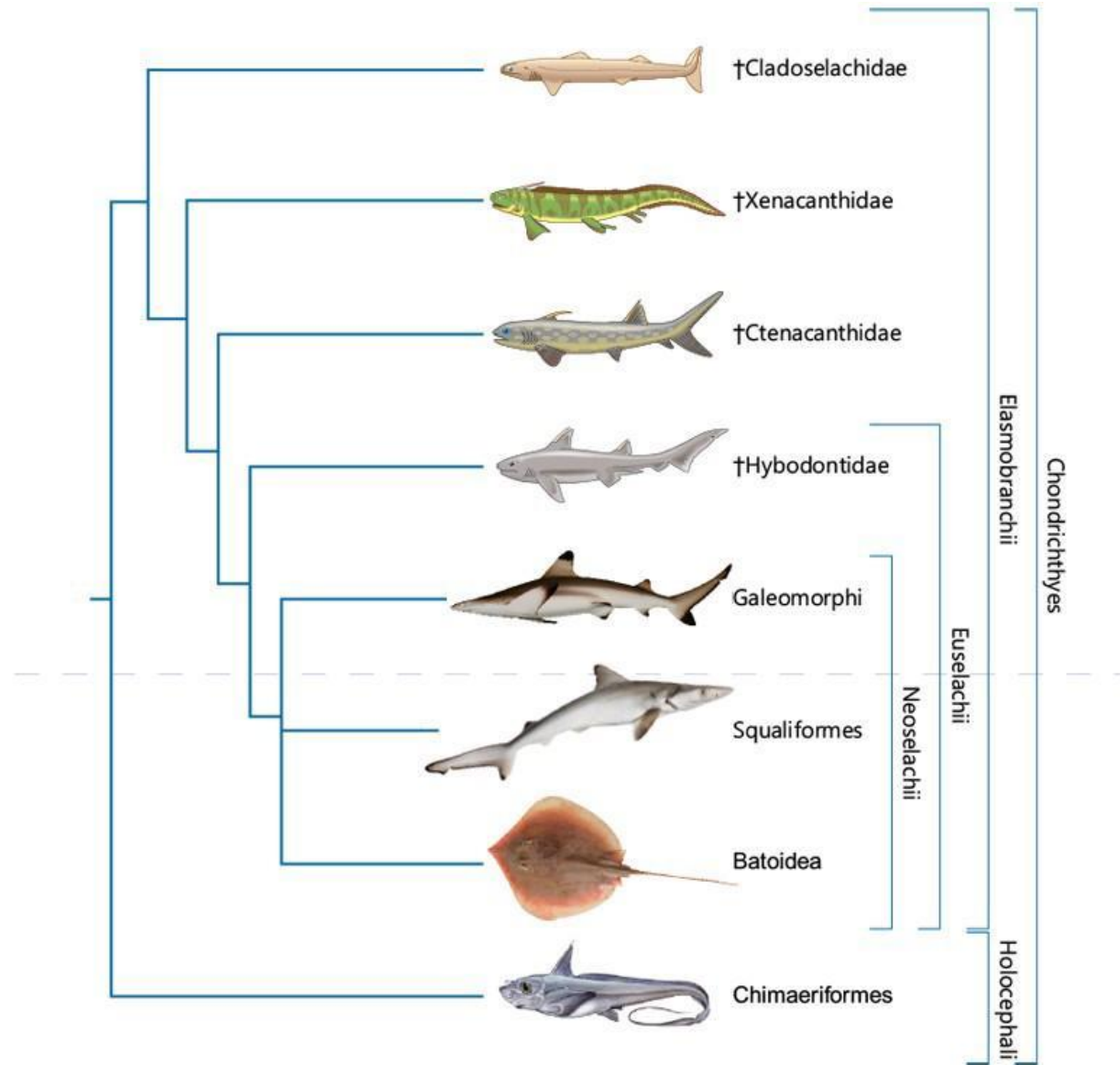
**FIGURA 4.15**

Il sacco vitellino è l'unico annesso embrionale dei Condroitti e in esso sono contenute le riserve trofiche (tuorlo o vitello) per lo sviluppo embrionale nelle specie ovipare (**A**, gattuccio) e ovovivipare (**B**, spinarolo); nelle specie vivipare, in cui il tuorlo può mancare o non essere sufficiente per completare lo sviluppo dell'embrione, il sacco vitellino stabilisce una connessione placentare con la parete dell'ovidutto (**C**, *Scoliodon*).



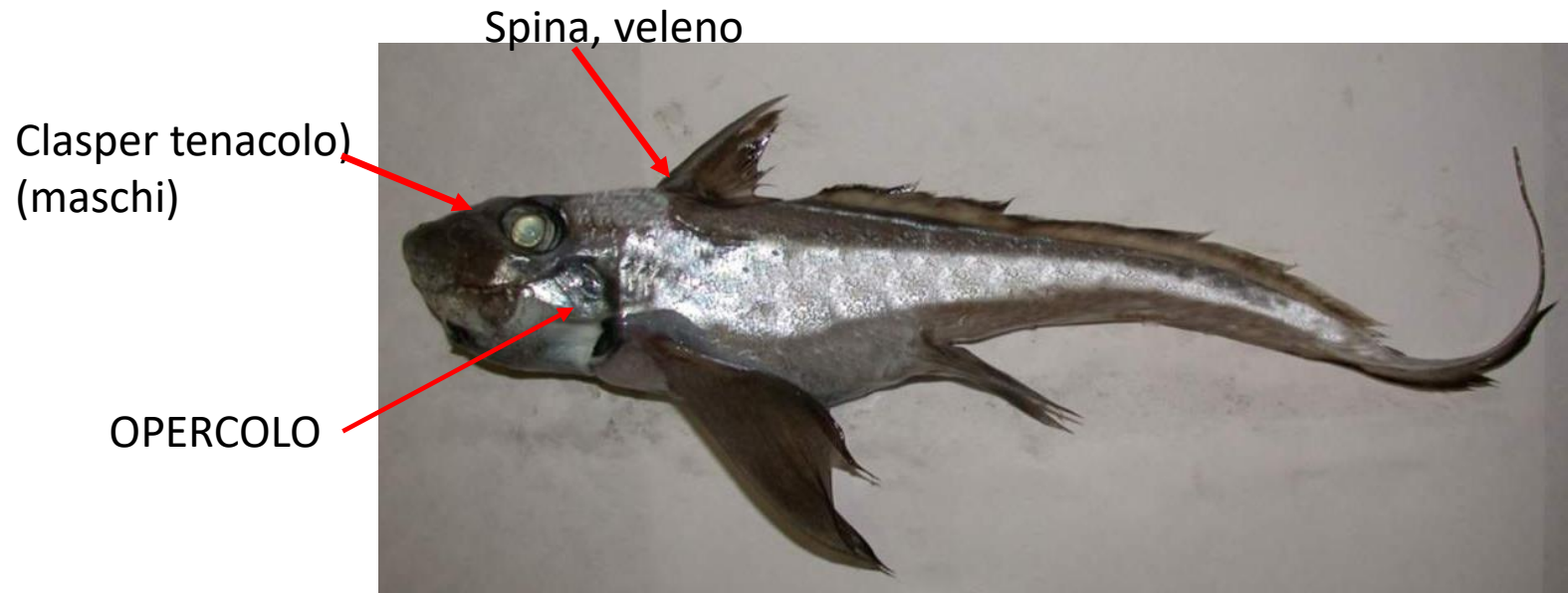
**FIGURA 4.16**

Quadro riassuntivo delle differenti modalità riproduttive dei Condroitti.



© edi.ermes, milano

Edi.Ermes in concessione a  
FIORELLA FLORIAN



***Chimaera monstrosa***, olocefalo

Superordine *Holocephali*

Ordine *Chimaeriformes*

50 specie

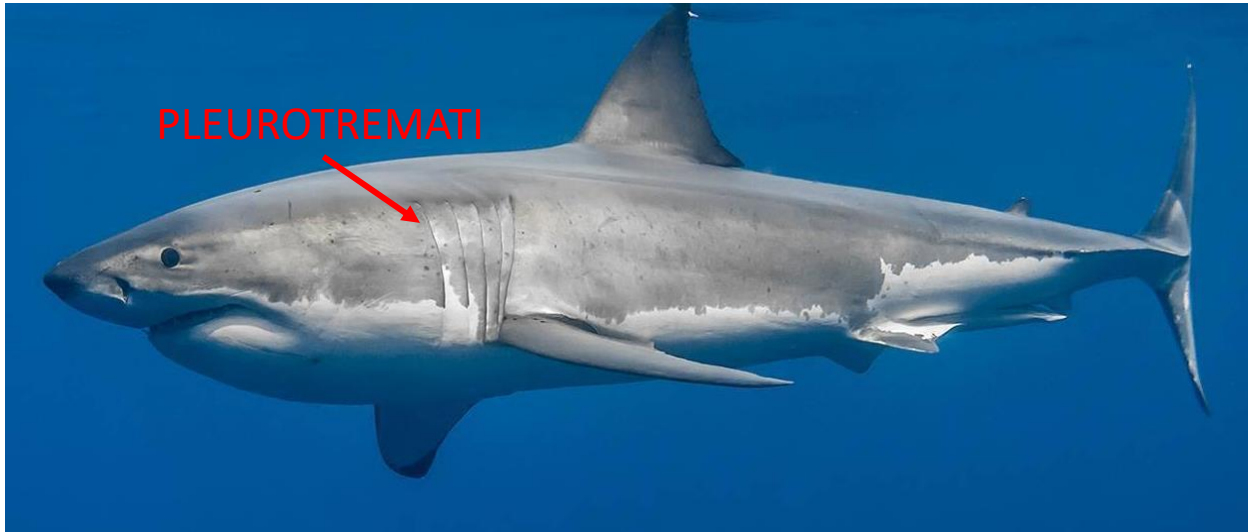
Pelle nuda, no scaglie placoidi

Alimentazione: invertebrati e piccoli pesci

Fecondazione interna, ovipari (capsule ovigere fino a 17 cm)

Distribuzione: [Oceano Atlantico](#) tra l'[Islanda](#) e la [Norvegia](#) fino all'[Africa del nord](#) e alle isole [Azzorre](#), compreso il [mar Mediterraneo](#). 200-2000m

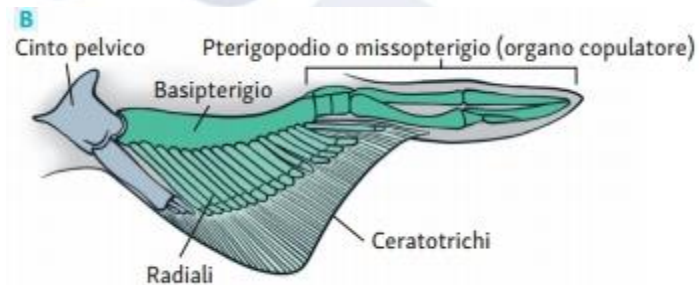
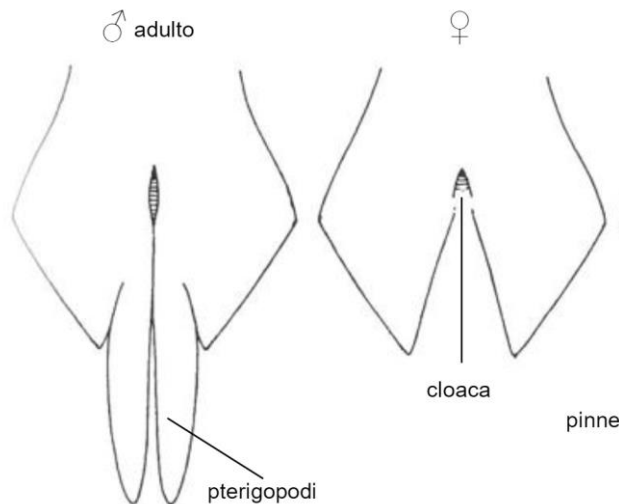




***Carcharodon carcharias***, un grande galeomorfo predatore, il grande squalo bianco

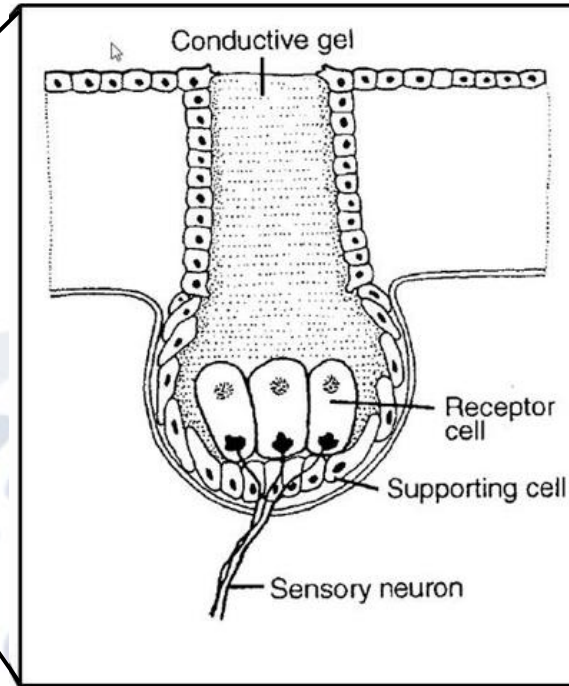
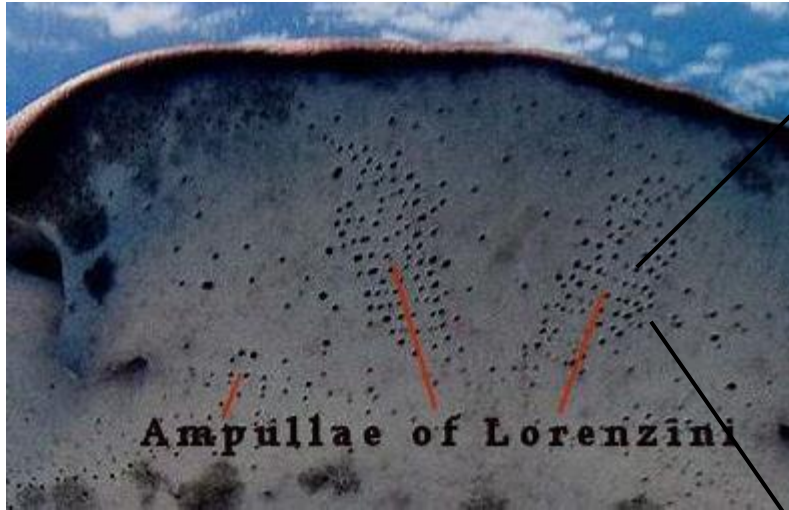
No polmoni o vescica natatoria: galleggiabilità facilitata da lipidi (squalene) del fegato (densità tessuti=0,95g/mL)

Elettrorecettori: organi ampollari o ampolle di Lorenzini

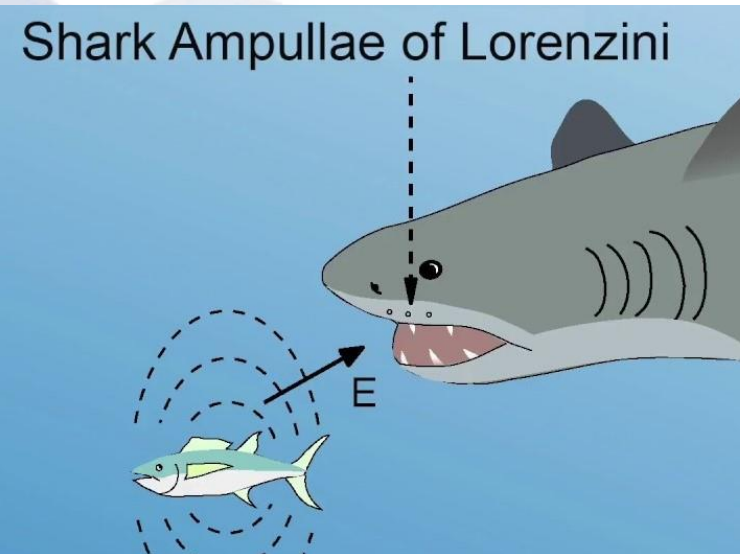


**FIGURA 4.5**  
Scheletro delle pinne pari (A, pettorale, B, pelvica) e delle relative cinture pettorale e pelvica in un condroitto.

# ELETTRORECEZIONE NEI PESCI CARTILAGINEI



AMPOLLE PIENE DI SOSTANZA GELATINOSA CHE POSSONO CATTURARE CAMPI ELETTRICI (CONTRAZIONE DELLA MUSCOLATURA), MAGNETICI, TEMPERATURA, SALINITÀ, PRESSIONE DELL'ACQUA, ECC.





***Cetorhinus maximus*, squalo elefante**

Filtratore pelagico (si nutre principalmente di plancton, alghe o animali microscopici che assorbe attraverso la grande bocca).

<u>Classe</u>	<u><a href="#">Chondrichthyes</a></u>
<u>Sottoclasse</u>	<u><a href="#">Elasmobranchii</a></u>
<u>Infraclasse</u>	<u><a href="#">Euselachii</a></u>

***Rhincodon typus*, squalo balena**



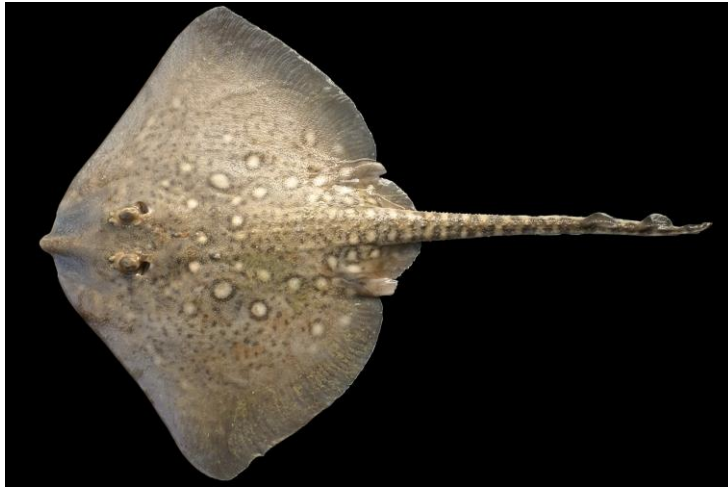


Lo **spinarolo** (***Squalus acanthias***) è un pesce d'acqua salata appartenente alla famiglia Squalidae ordine **Squaliformes** .

È uno squalo dal corpo molto affusolato, ma con un profilo ventrale pronunciato. Gli occhi sono ben sviluppati.

La bocca è larga e i denti delle due mascelle sono piuttosto simili. Lento nuotatore, deve il suo nome alle due **pinne dorsali spinate**, che vengono usate a scopo difensivo per infliggere dolorose ferite.

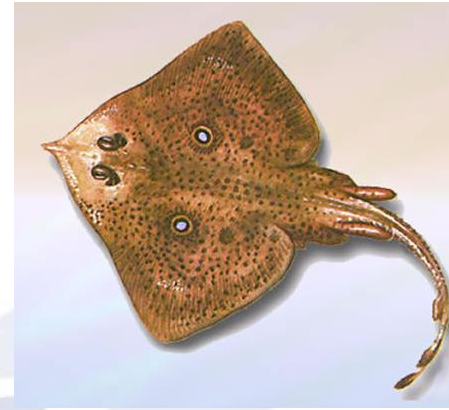
Lo spinarolo è **ovoviviparo**. La femmina partorisce piccoli già formati ed indipendenti dopo una gestazione molto lunga, che dura all'incirca due anni.



*Raja clavata*

150 specie

OVIPARE



*Raja miraletus*, razza quattrocchi

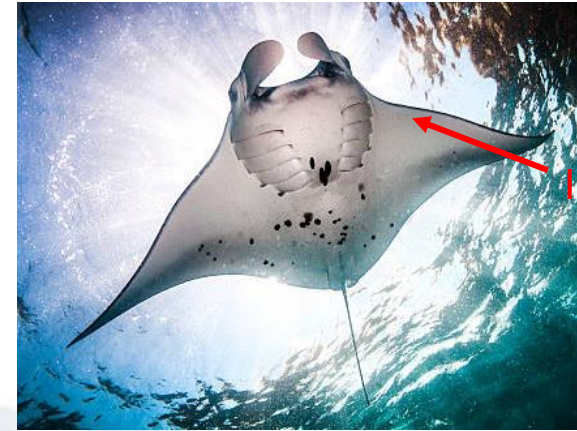


*Torpedo marmorata*



*Torpedo torpedo*

OVOVIPARE



IPOTREMATI

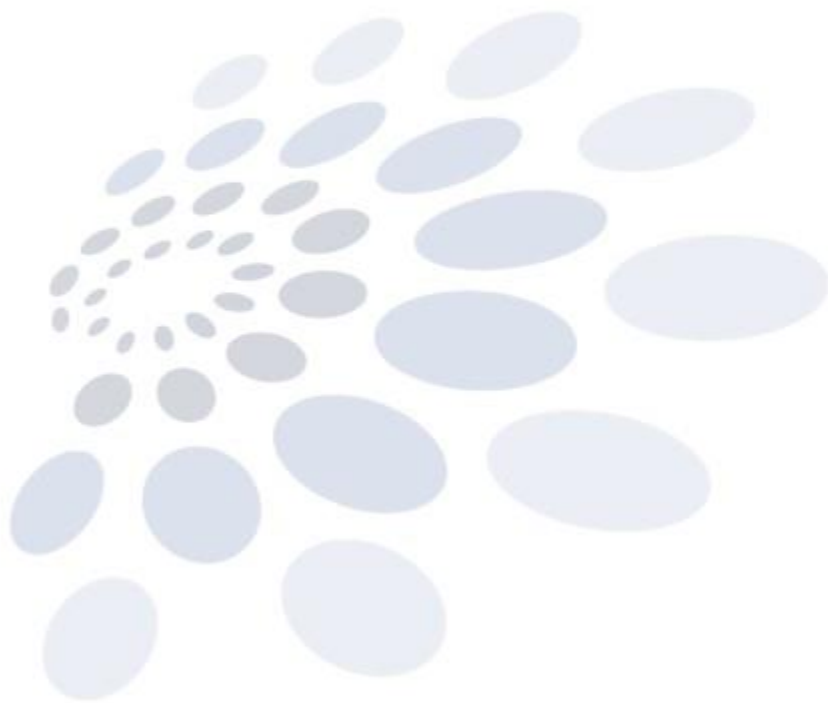
***Mobula mobular*, Manta (diavolo di mare)** Presenta un corpo compresso verticalmente, con due enormi **pinne pettorali**, somiglianti a delle ali.

Le estensioni delle pinne pettorali davanti agli occhi (corni, pinne cefaliche) aiutano ad incanalare l'acqua nella bocca durante l'alimentazione per filtrazione. La coda è sottile e allungata, aculeo dorsale regredito, non pericolosa.



pelagiche

***Myliobatis aquila***, aquila di mare. misura fino a 1,5 m di larghezza e 2,5 m di lunghezza. La testa sporge dal muso e la coda, a forma di frusta, è lunga più del doppio del corpo e presenta una spina dorsale munita di ghiandola velenifera.



CONDROITTI – I Condroitti attuali comprendono le Sottoclassi:

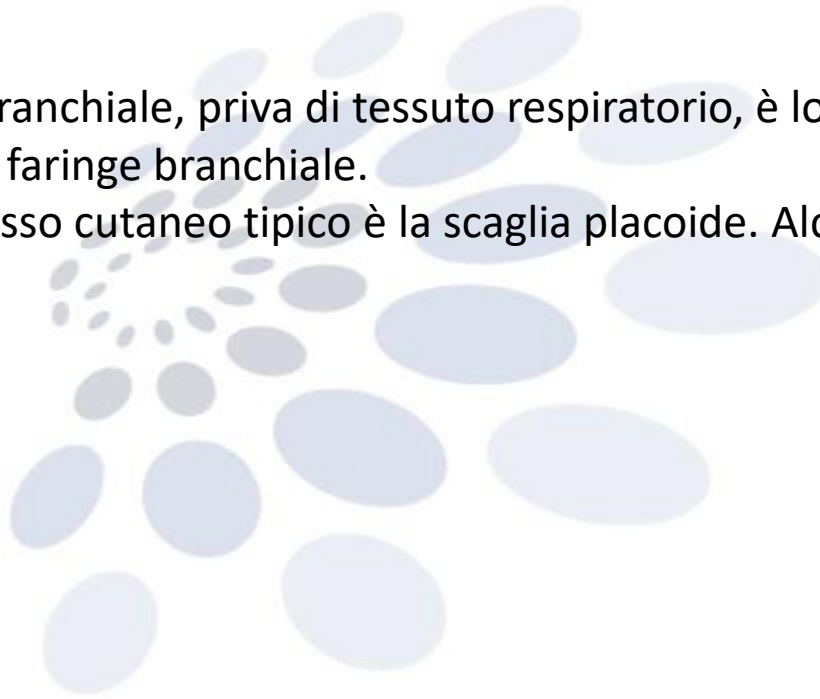
degli Elasmobranchi (squali, razze) e degli Olocefali (chimere).

Caratteristica comune è lo scheletro cartilagineo, che non costituisce carattere di primitività; possiedono pinne pari.

Elasmobranchi La loro prima fessura branchiale, priva di tessuto respiratorio, è lo spiracolo attraverso il quale può essere introdotta acqua nel faringe branchiale.

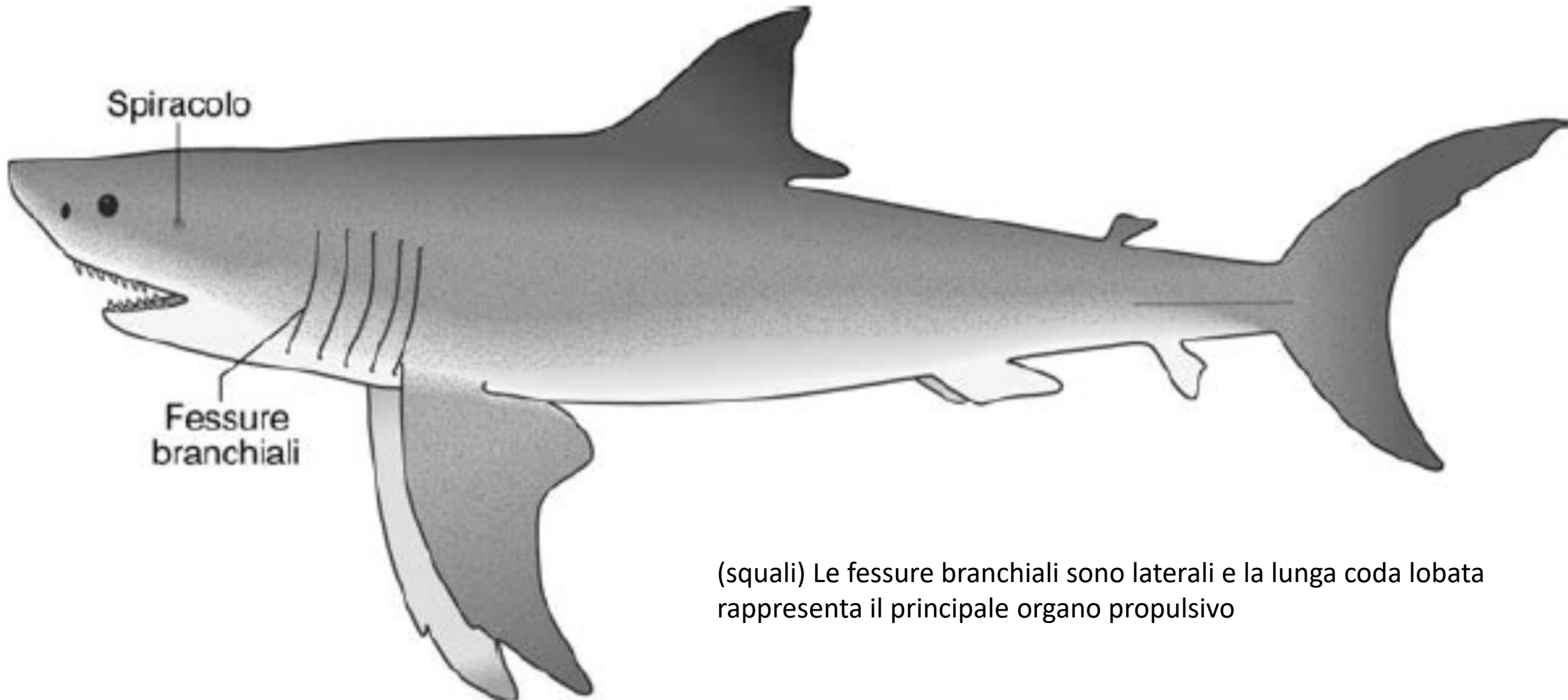
Sono privi di vescica natatoria e l'annesso cutaneo tipico è la scaglia placode. Alcune Specie sono ovovivipare.

- Pleurotremata (squali)
- Ipotremata (razze, mante)
- Olocefali (chimere)



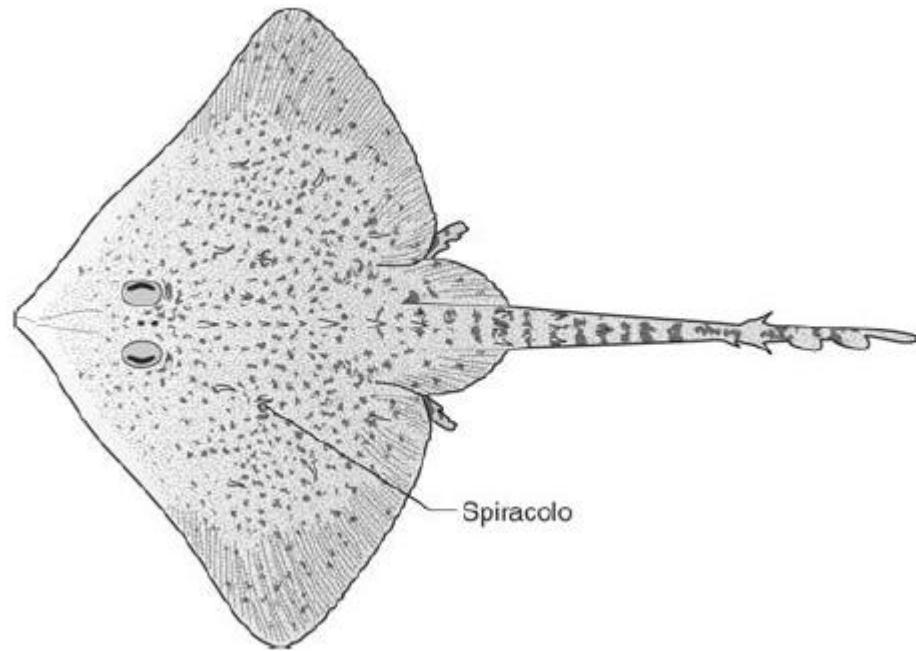


## Pleurotremata (squali)

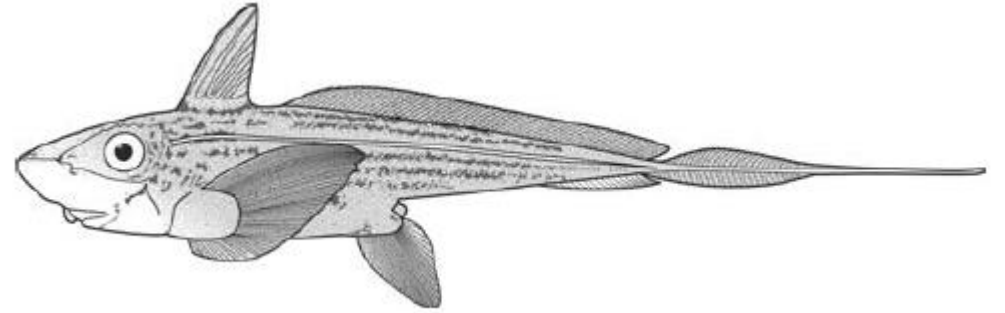


(squali) Le fessure branchiali sono laterali e la lunga coda lobata rappresenta il principale organo propulsivo

Ipotremata (razze, mante) Dato il corpo appiattito, le fessure branchiali sono ventrali e lo spiracolo dorsale. La pinna caudale è ridotta e il movimento è affidato alle ampie pinne pettorali



## Olocefalo



Olocefali (chimere) Hanno coda assottigliata e fessure branchiali coperte da un opercolo; non hanno lo spiracolo e mancano di scaglie