

Capitolo 16

Pesci

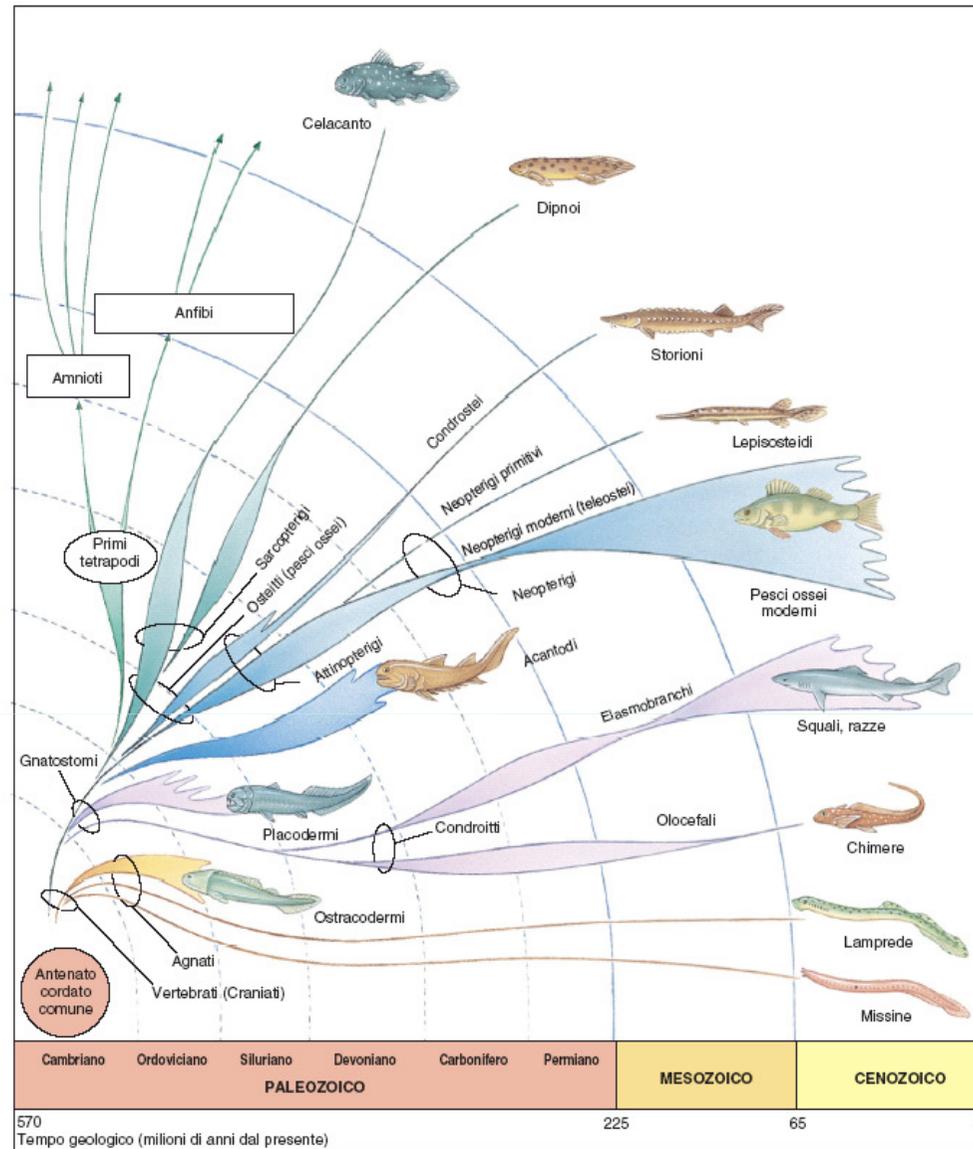


figura 16.1

Albero genealogico dei pesci, rappresentante graficamente l'evoluzione dei gruppi più importanti in relazione ai tempi geologici. Non sono mostrati numerosi gruppi di pesci estinti. Le aree dilatate in ciascuna linea filetica indicano i periodi di radiazione adattativa e il numero relativo di specie in ciascun gruppo. I sarcopterigi, per esempio, fiorirono nel Devoniano, ma in seguito declinarono e sono oggi rappresentati da soli quattro generi viventi (dipnoi e celacanto). Sulla base di omologie condivise sarcopterigi e tetrapodi sono da ritenere sister group. Squali e razze radlarono nel Carbonifero. Arrivarono quasi all'estinzione nel Permiano, ma mostrarono una ripresa nel Mesozoico e sono oggi un gruppo ben consolidato. Gli ultimi arrivati nella storia evolutiva dei pesci sono i pesci ossei moderni, i teleostei, estremamente diversificati e che comprendono la maggior parte dei pesci oggi viventi. Da notare che la classe Osteichthyes è parafiletica, in quanto non comprende tutti i suoi discendenti, i tetrapodi; nell'accezione cladista gli osteitti comprendono i tetrapodi (Figura 16.2).

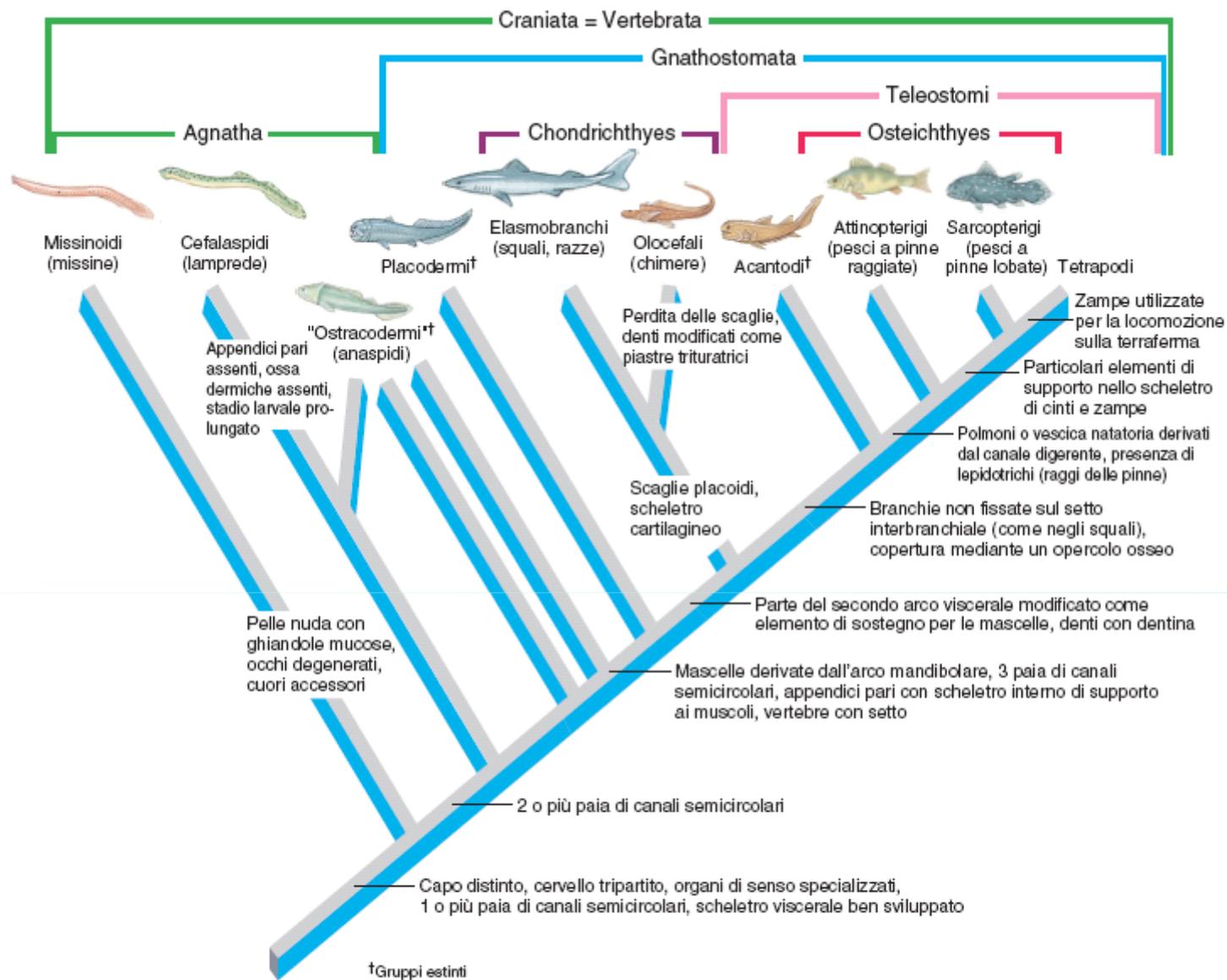


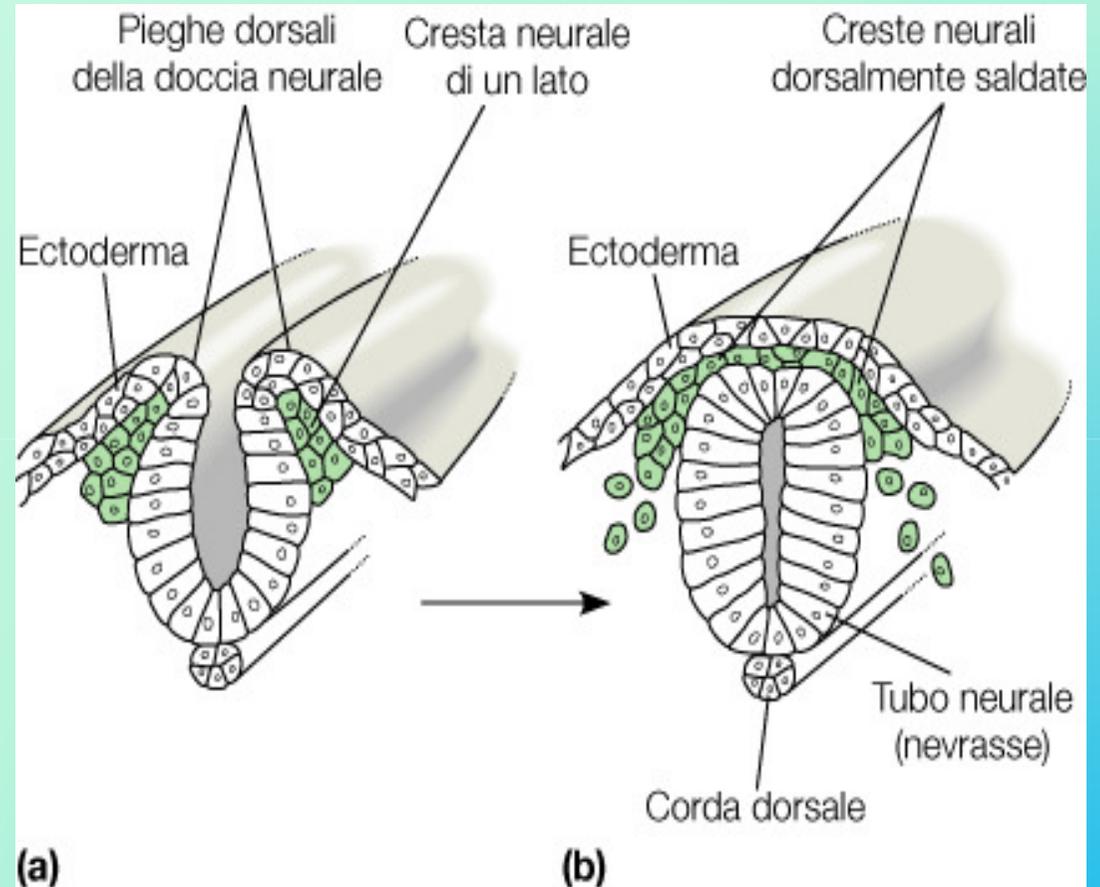
figura 16.2

Cladogramma dei pesci, che illustra le probabili relazioni dei principali gruppi monofiletici. Sono state proposte diverse relazioni alternative. Con una croce (†) sono indicati i gruppi estinti. Alcuni dei caratteri derivati che caratterizzano i diversi rami sono riportati alla destra dei punti di biforcazione. I gruppi Agnatha e Osteichthyes, sebbene siano cladi parafiletici e quindi non accettabili in una classificazione cladistica, sono convenzionalmente utilizzati in sistematica in quanto condividono i modelli strutturali e funzionali dell'organizzazione di base.

Sottotipo Notocordati o Vertebrati

- Caratterizzato dalla presenza di *creste neurali*, che migrano andando a formare diversi organi e sistemi esclusivi del sottotipo:

- gangli sensoriali
- cellule surrenali
- cellule secernenti del sistema endocrino
- abbozzi cartilaginei
- melanofori.



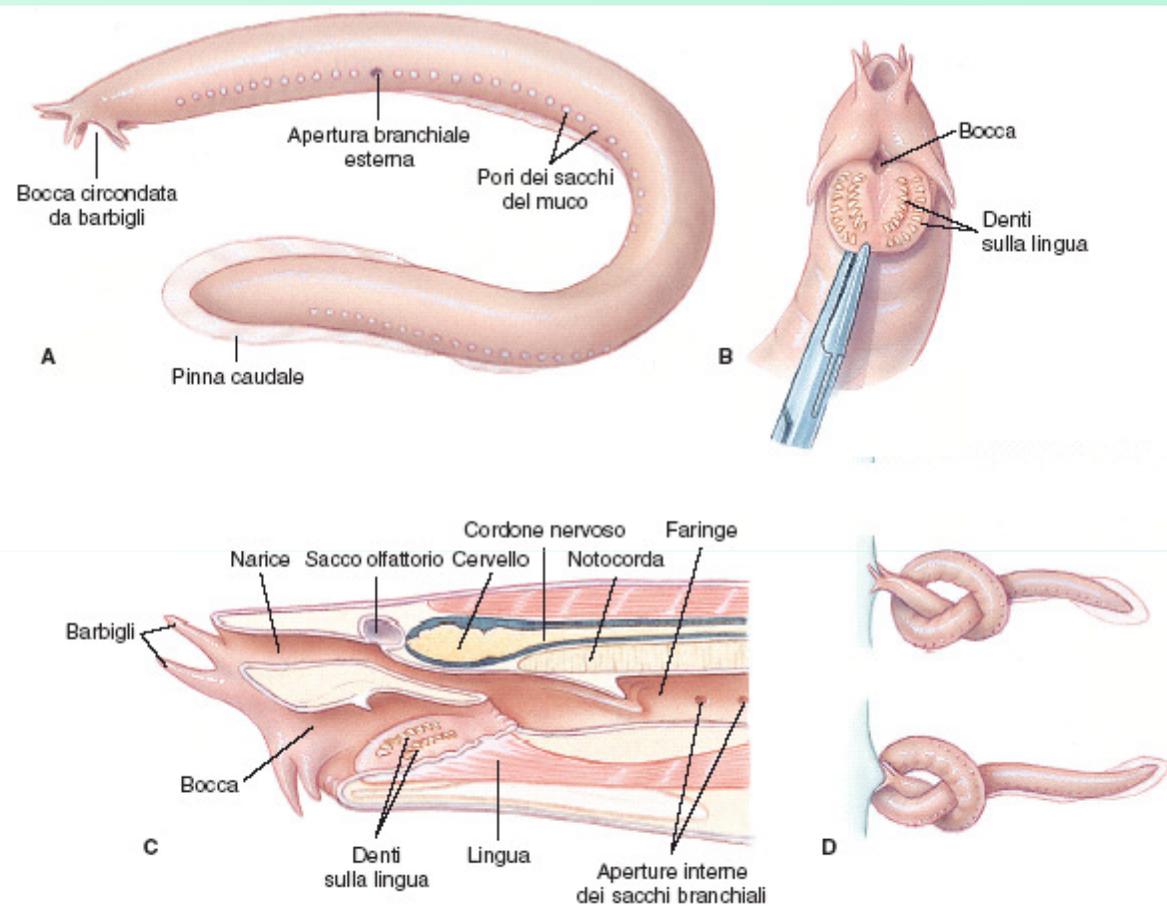


figura 16.3

La missina dell'Atlantico, *Myxine glutinosa* (classe Myxini). **A**, anatomia esterna; **B**, visione ventrale del capo, che mostra le piastre cornee utilizzate per afferrare il cibo durante il pasto. **C**, sezione sagittale della regione del capo (da notare la posizione retratta della lingua abrasiva e le aperture interne nella serie dei sacchi branchiali). **D**, una missina annodata per mostrare come essa metta in atto l'azione di una leva per strappare pezzi di carne dalla preda.

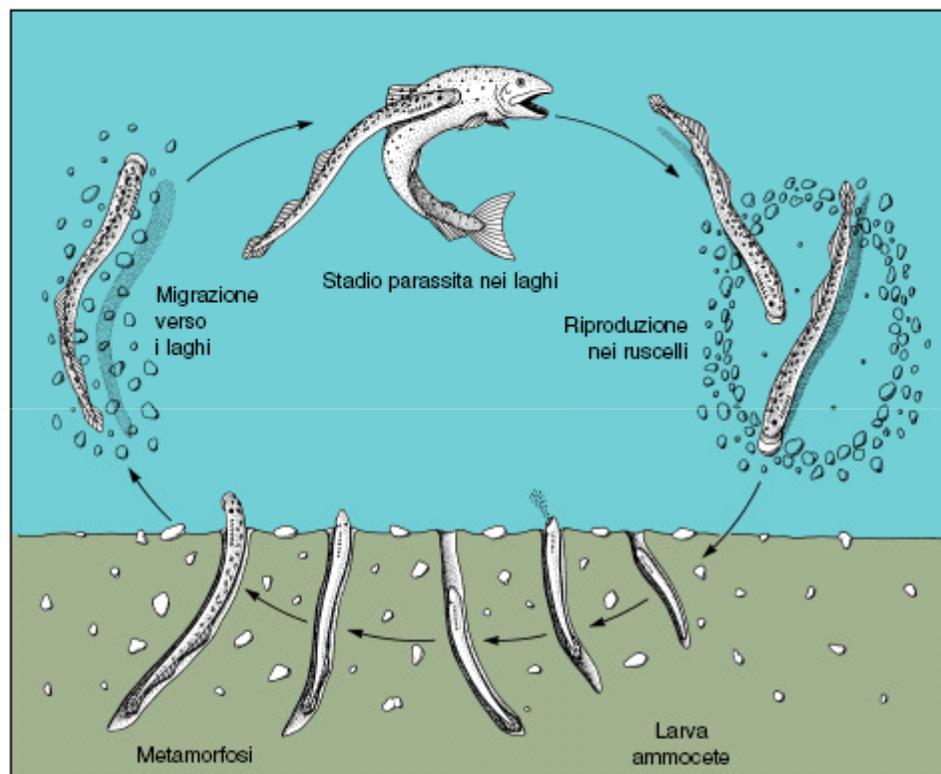


figura 16.5

Ciclo vitale della forma "d'acqua dolce" della lampreda di mare, *Petromyzon marinus*.

Tra i **Notocordati** si osservano tre successive fasi evolutive:

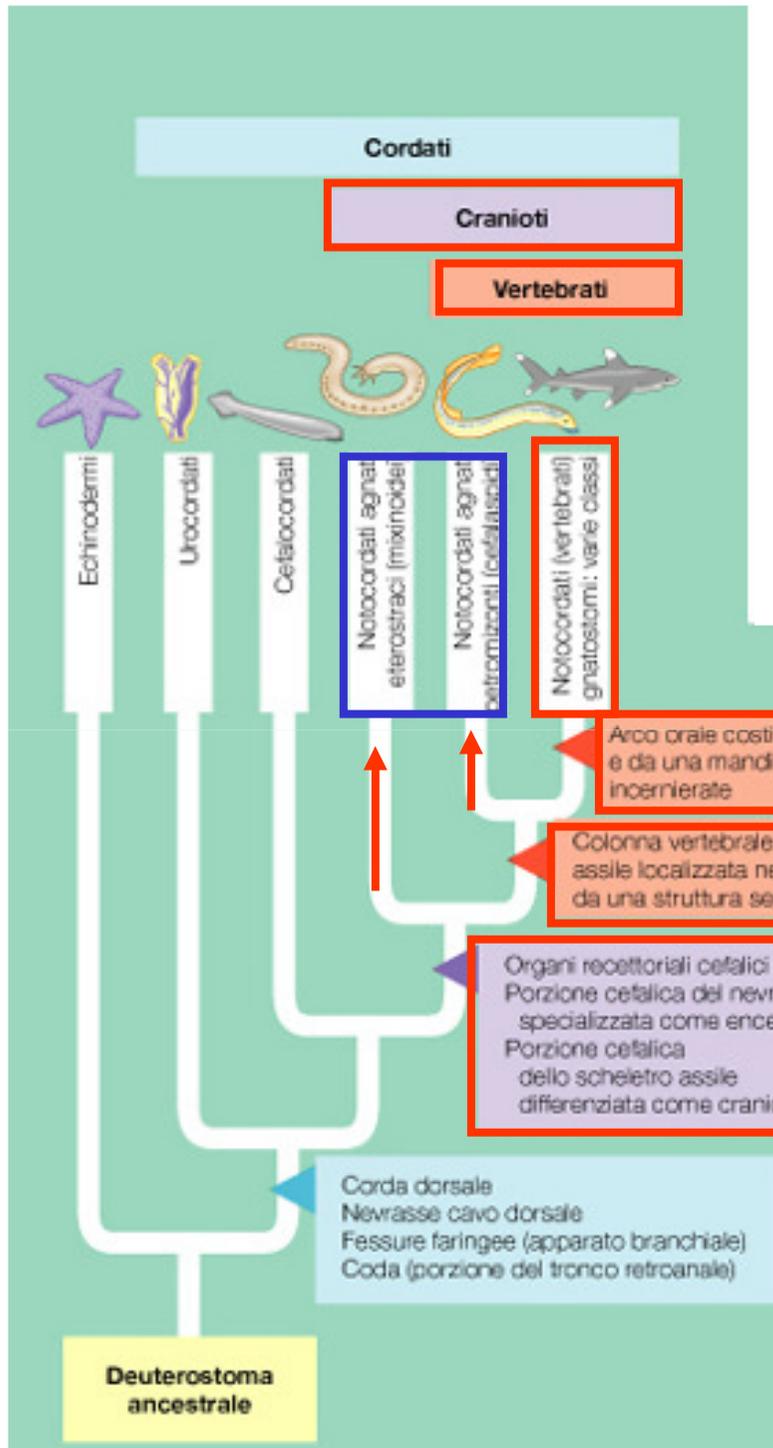
1) Cefalizzazione e formazione del cranio (*Cranioti*).

2) Formazione della colonna vertebrale (*Vertebrati*).

3) Formazione di una bocca con *arco orale* formato da mascella e mandibola (*Gnatostomi*).

AGNATI

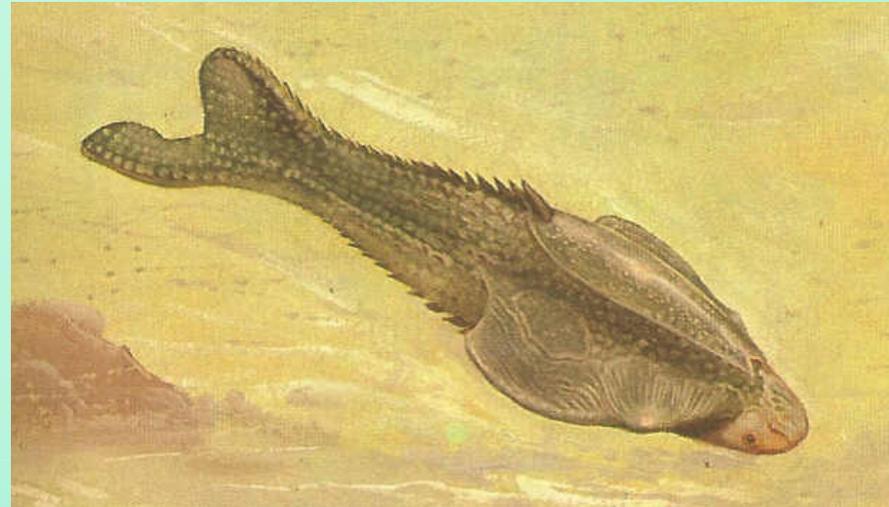
GNATOSTOMI



Superclasse AGNATI

Classe OSTRACODERMI

- Agnati **estinti**, caratterizzati da un esoscheletro di piastre dermiche ossee.
- Filtratori di detrito depositato sul fondo marino.



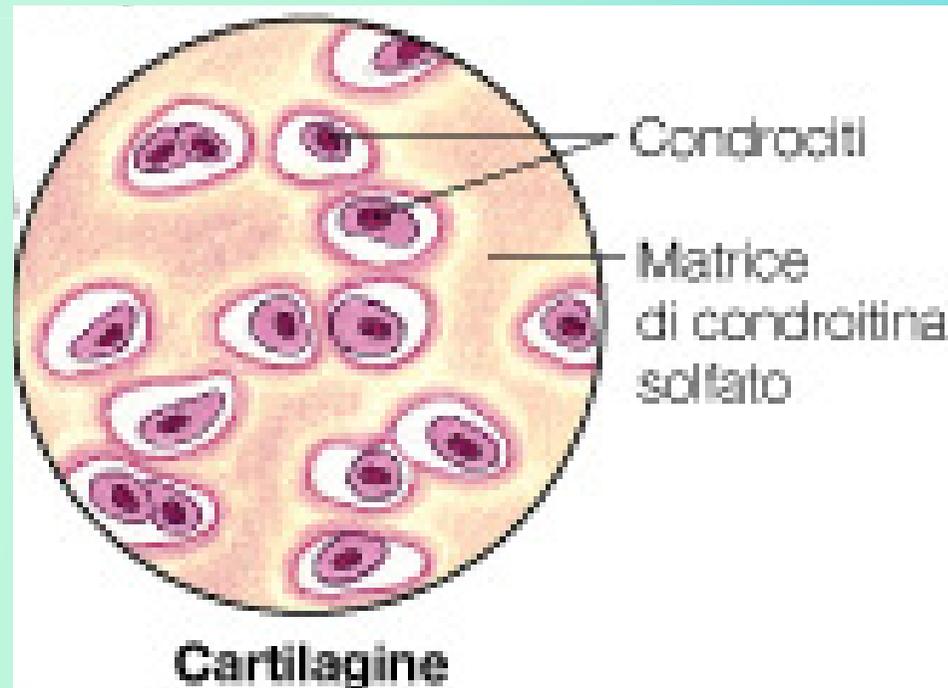
Classe CICLOSTOMI

- Agnati ancora viventi, caratterizzati da secreti mucosi repellenti.
- Saprofagi o ectoparassiti, marini o di acque interne.



CARTILAGINE

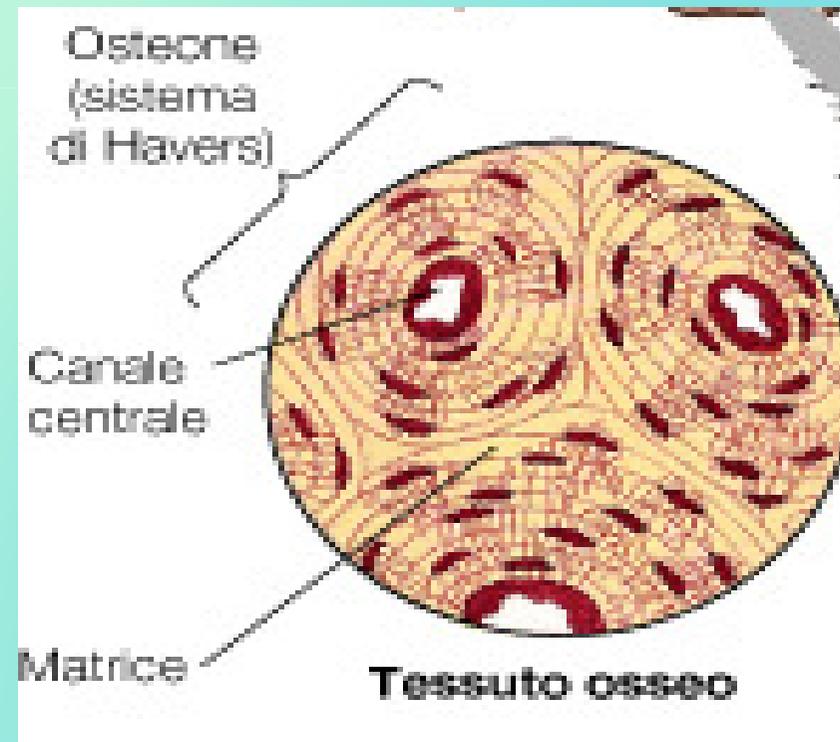
- La **cartilagine** è un tessuto connettivo formato da grandi quantità di fibre di *collagene* immerse in una matrice collosa di *condroitina*, oltre che di proteine e carboidrati.
- Sia il collagene che la condroitina vengono secrete dalle cellule produttrici della cartilagine: i *condrociti*.



OSSIFICAZIONE

Il processo di *ossificazione* avviene per graduale sostituzione della matrice cartilaginea con sali di *fosfato di calcio*, prodotti da secrezioni di particolari cellule connettivali (*osteoblasti*) e che precipitano aggregandosi in maniera ordinata sulle fibre di collagene.

Gli osteoblasti che restano intrappolati nella matrice minerale da loro stessi secreta vengono chiamati *osteociti*.



Classe CICLOSTOMI

Sottoclasse Missinoidei

- Si conoscono circa 30 specie, tutte marine, saprofaghe.
- *Cranio cartilagineo*, che avvolge l'*encefalo*, estremità anteriore espansa del tubo neurale. La bocca è circondata da *bargigli*.
- *Corda dorsale* per l'impianto dei muscoli segmentali.
- Linee di ghiandole esocrine, che secernono un'abbondantissima sostanza mucosa repellente.



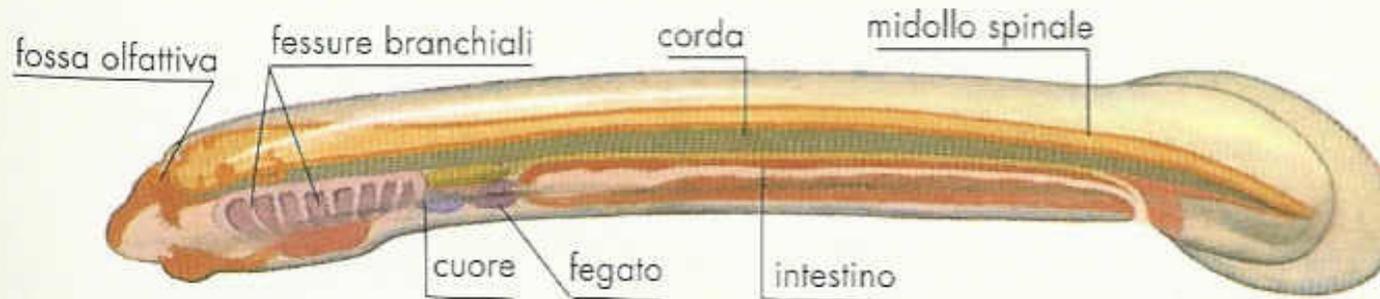
Classe CICLOSTOMI

Sottoclasse Petromizonti



Lampetra fluviatilis

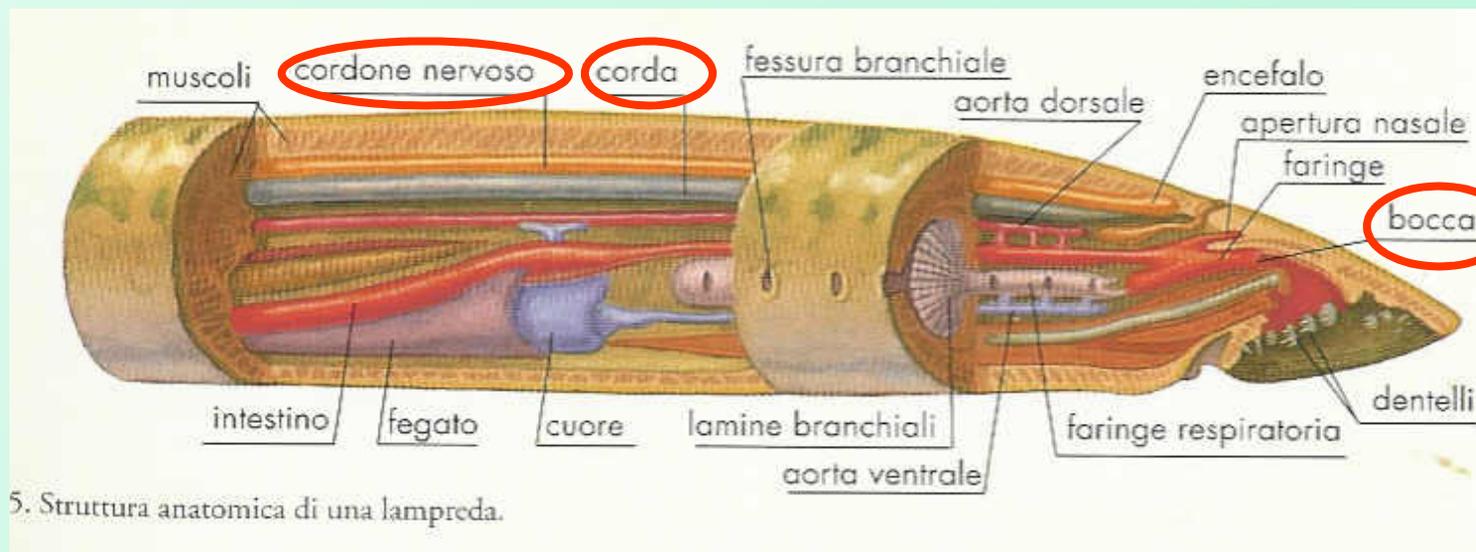
- Si conoscono circa 35 specie, sia marine che di acque interne, tutte ectoparassite.
- Molte specie sono *anadrome*, risalendo i fiumi per la riproduzione.
- La larva *ammocete* assomiglia molto ad un Anfiosso (Cefalocordato): vive per circa 4 anni infossata nel sedimento fluviale, filtrando l'acqua con le fessure faringee.



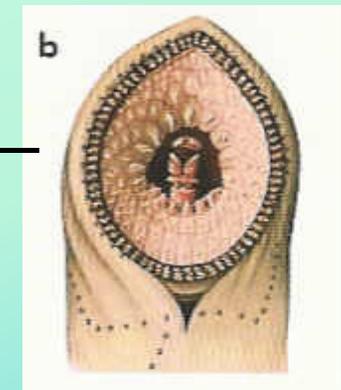
6. Struttura anatomica di larva ammocete di lampreda.



Fig. 4. Larva «ammocete» nella sua galleria subacquee.



5. Struttura anatomica di una lampreda.



- La *corda* persiste, ma è avvolta nella regione caudale da un ***rivestimento cartilagineo***.
- Dal rivestimento cartilagineo della corda si espandono dorsalmente *coppie di processi* che avvolgono parzialmente il cordone nervoso: primo abbozzo di colonna vertebrale.
- La bocca è circolare, imbutiforme, munita di *anello cartilagineo* e di *dentelli cornei* (cheratinosi), con i quali le lamprede si fissano all'epidermide dei pesci parassitati.

Le lamprede, una volta fissate, scavano con la lingua rasposa nei tessuti dei pesci parassitati, nutrendosi del sangue e dei liquidi organici.

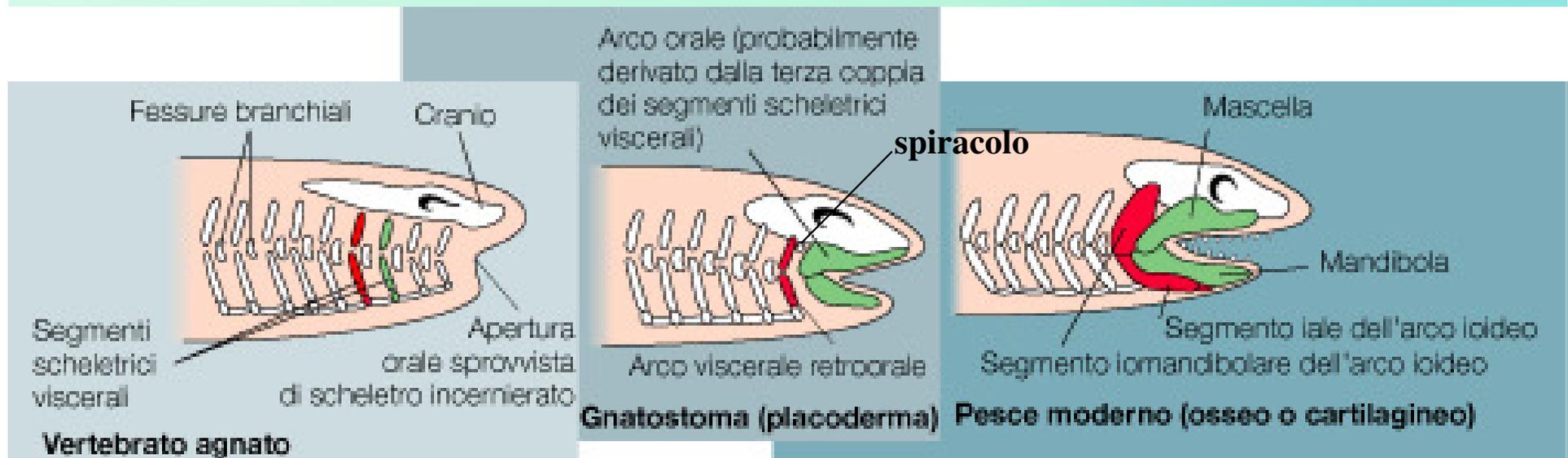


2. *Petromyzon marinus*, la lampreda marina.

4. Lampreda che parassita una trota.

Superclasse GNATOSTOMI

- 1) Dai segmenti scheletrici di sostegno alle fessure faringee si evolve un *arco orale incernierato*, che migliora le capacità di cattura del cibo.



- 2) Si evolvono *due coppie di pinne pari* (pettorali e pelviche), che migliorano le prestazioni natatorie.

3) La *corda* ed il *tubo neurale* sono avvolti da un rivestimento cartilagineo o osseo (*colonna vertebrale*), da cui si dipartono processi spinosi laterali (*coste pleurali*) e ventrali (*coste emali*).

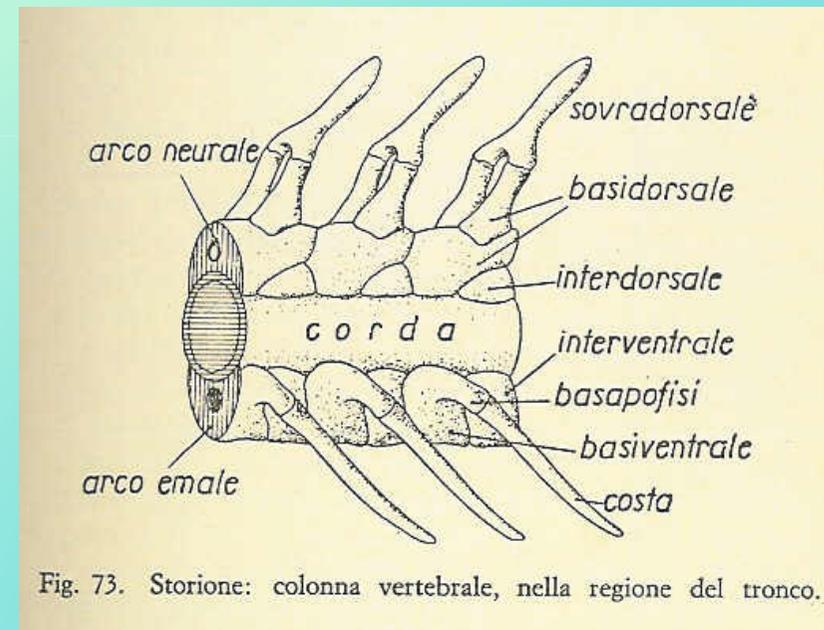
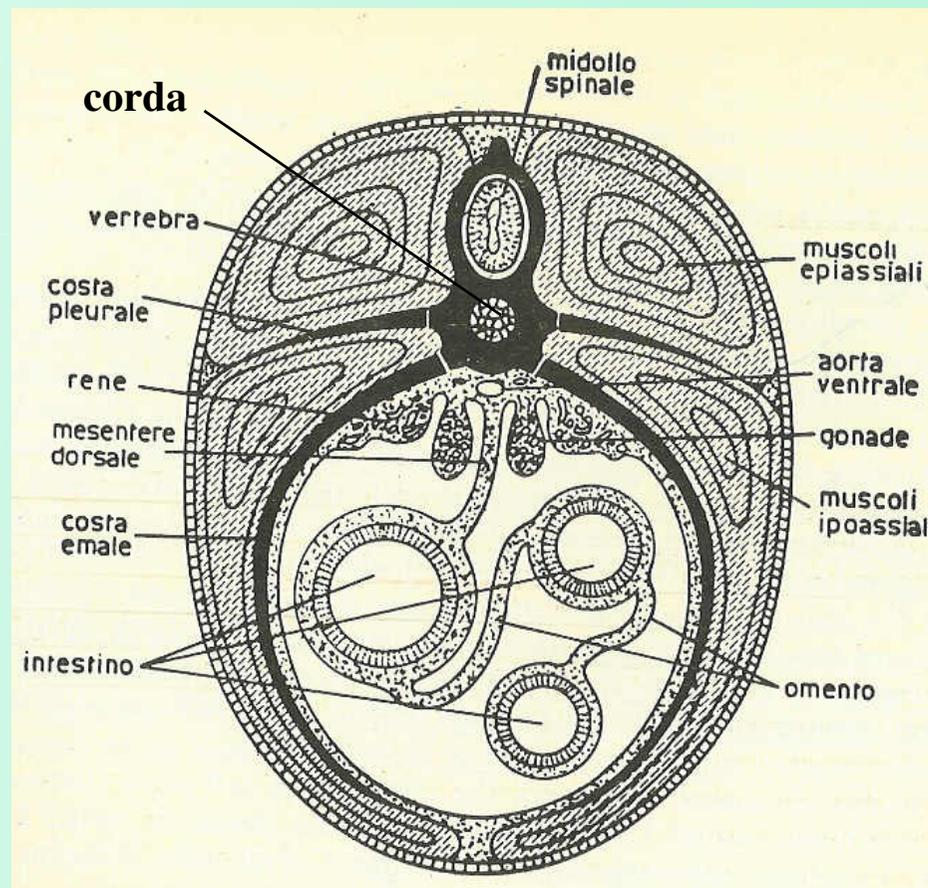
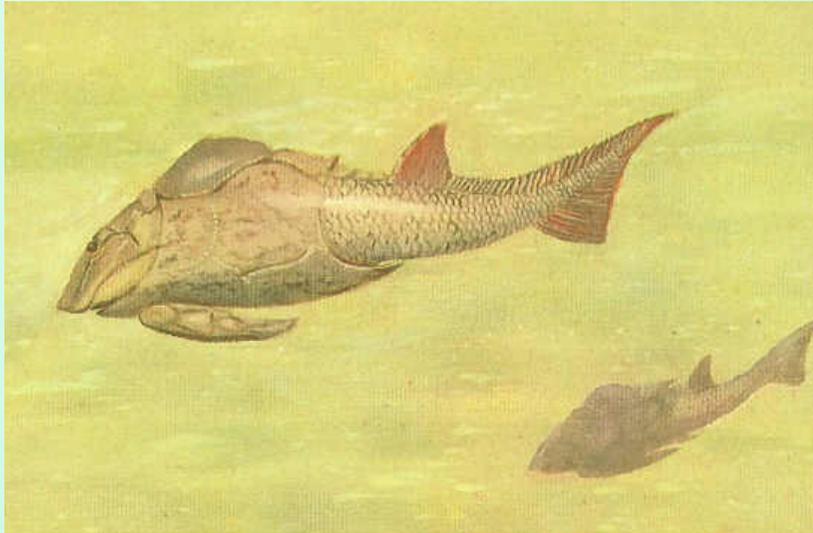


Fig. 73. Storione: colonna vertebrale, nella regione del tronco.

Classe PLACODERMI



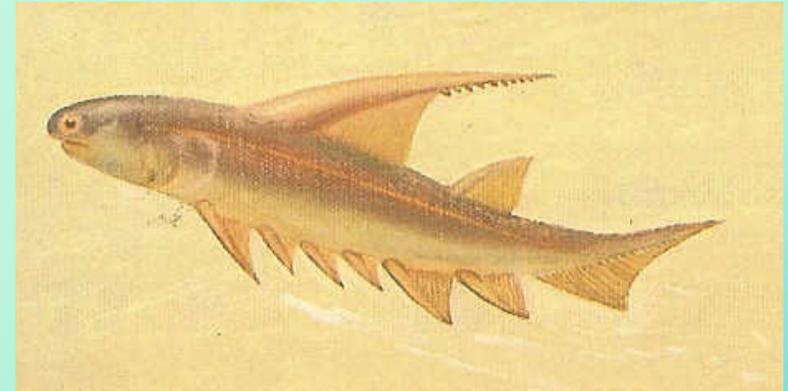
Mare
↓

Classe CONDROITTI



Estinti

Classe ACANTODI



Acque interne
↓

Viventi

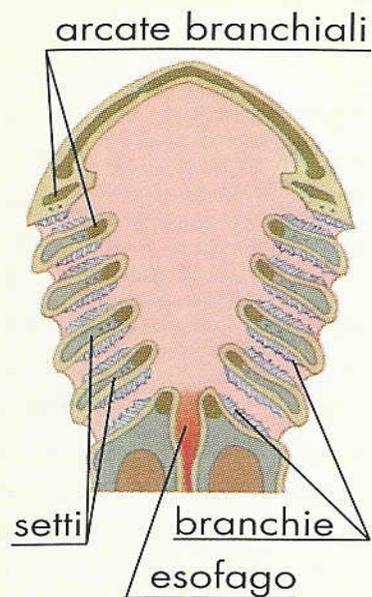
Classe OSTEITTI



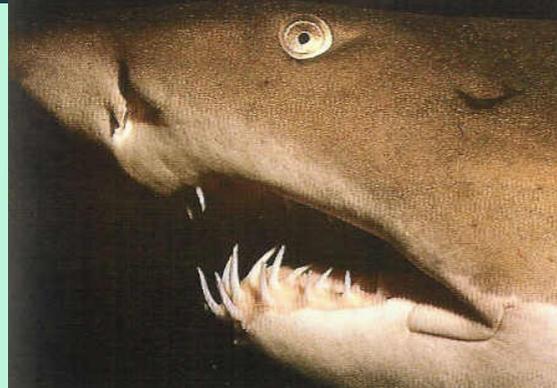
Classe CONDROITTI

Derivano da progenitori con dermascheletro osseo (Placodermi), probabilmente per il blocco della *ossificazione* per sostituzione, con sali di fosfato di calcio, della matrice cartilaginea.

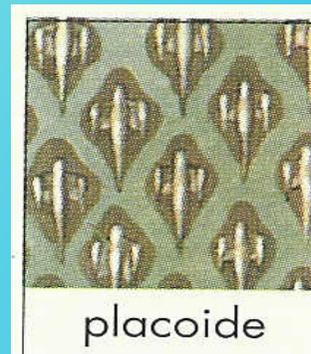
Bocca *ventrale* e fessure branchiali *scoperte*. Col movimento dell'animale l'acqua entra dalla bocca o dallo *spiracolo* e fuoriesce dalle branchie, consentendo gli scambi gassosi respiratori.



1. Disposizione delle branchie.



In molte specie la bocca è munita di denti, derivanti dai dentelli delle *scaglie placoidi* che ricoprono la pelle (*zigrino*).



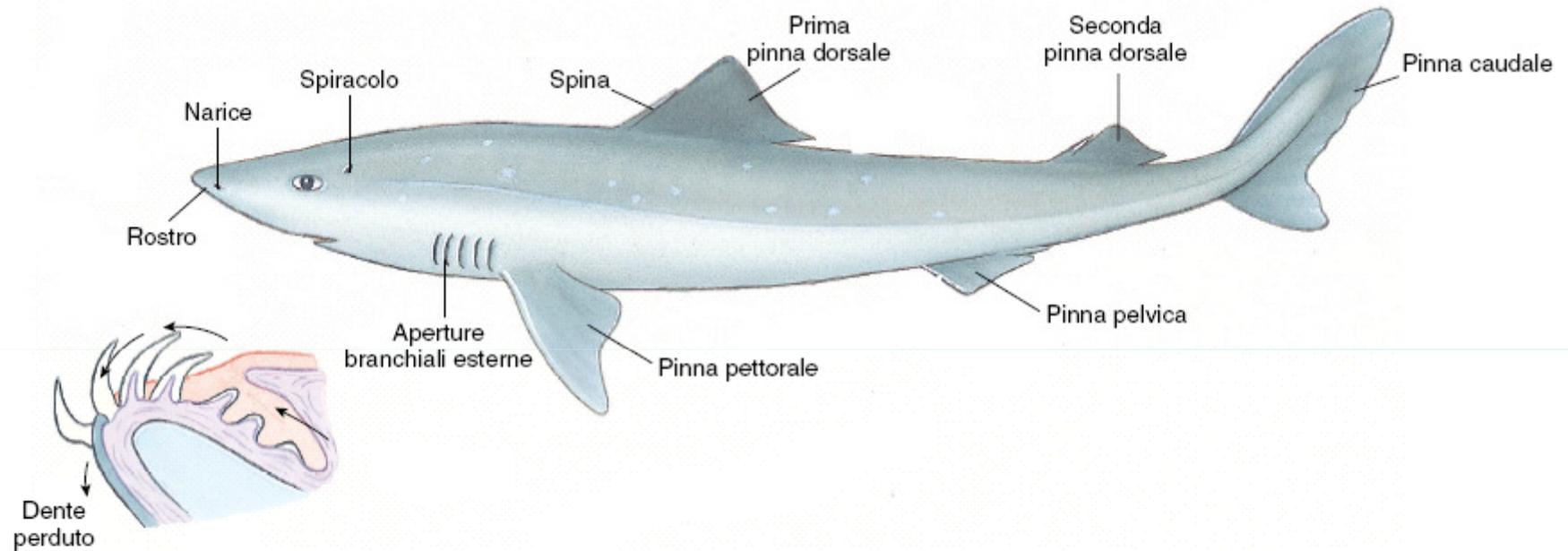


figura 16.6

Lo squalo, pescecarne, *Squalus acanthias*. Insetto: sezione della mascella inferiore che mostra la formazione di nuovi denti dalla parte interna della mascella. Questi si muovono poi in avanti per rimpiazzare i denti perduti. Il tasso di sostituzione cambia da specie a specie.

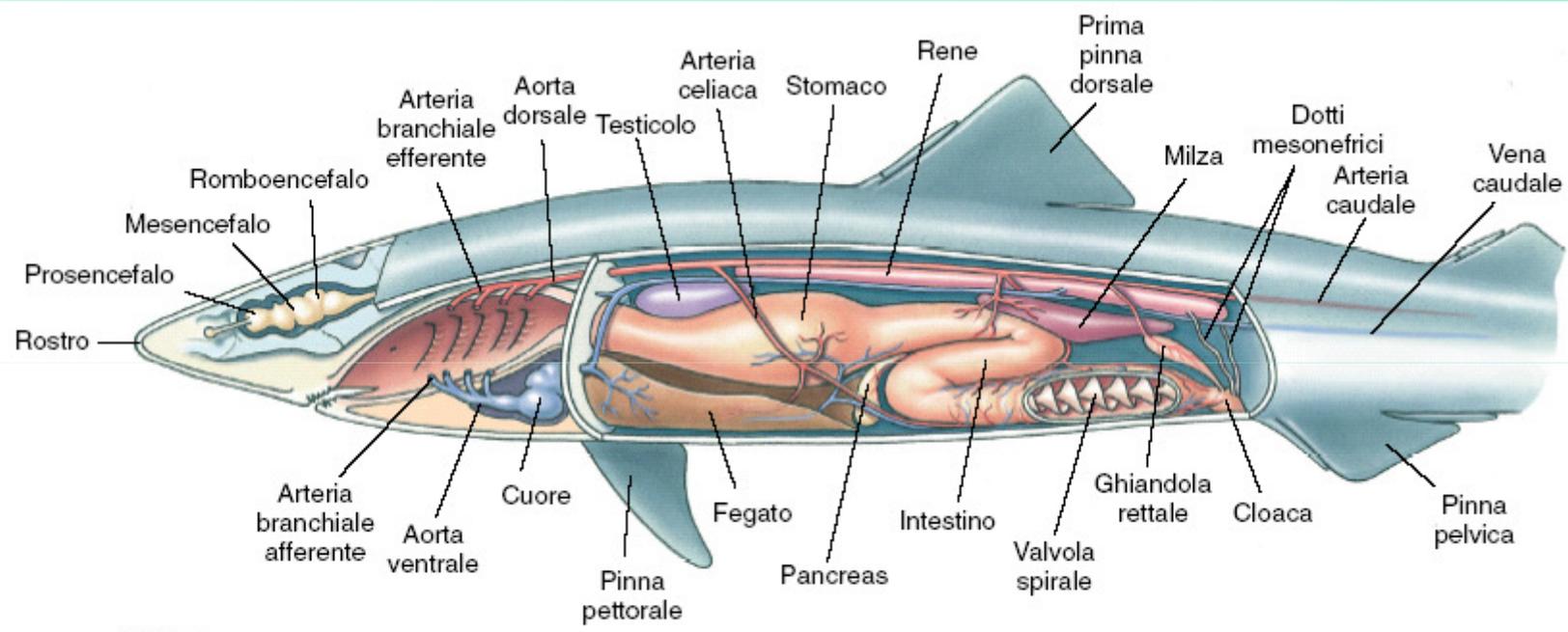


figura 16.7

Anatomia interna di *Squalus acanthias*.

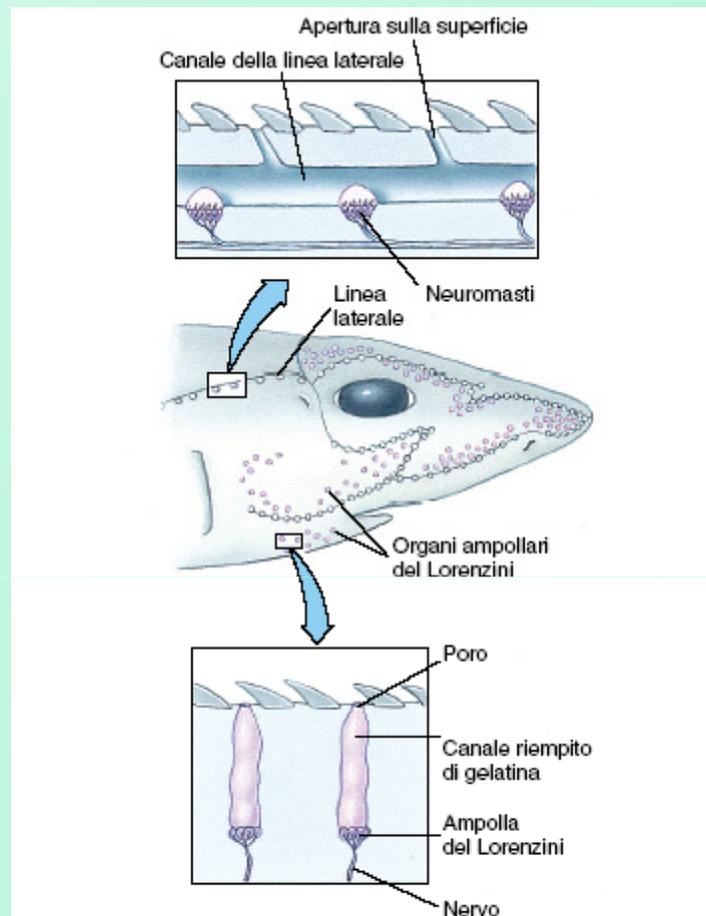


figura 16.9

Canali sensoriali e recettori di uno squalo. Le ampolle di Lorenzini rispondono a deboli campi elettrici e forse alla temperatura, pressione dell'acqua e salinità. I sensori della linea laterale, detti neuromasti, sono sensibili a turbolenze dell'acqua, che consentono allo squalo di localizzare oggetti vicini attraverso le onde riflesse nell'acqua.

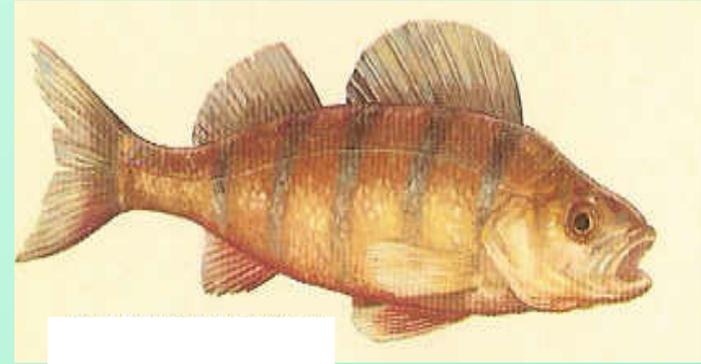


figura 16.11

Hydrolagus collei, un olocefalo della costa nordamericana occidentale. Questa è una fra le specie più belle di chimere, che di solito hanno un aspetto bizzarro.

Classe OSTEITTI

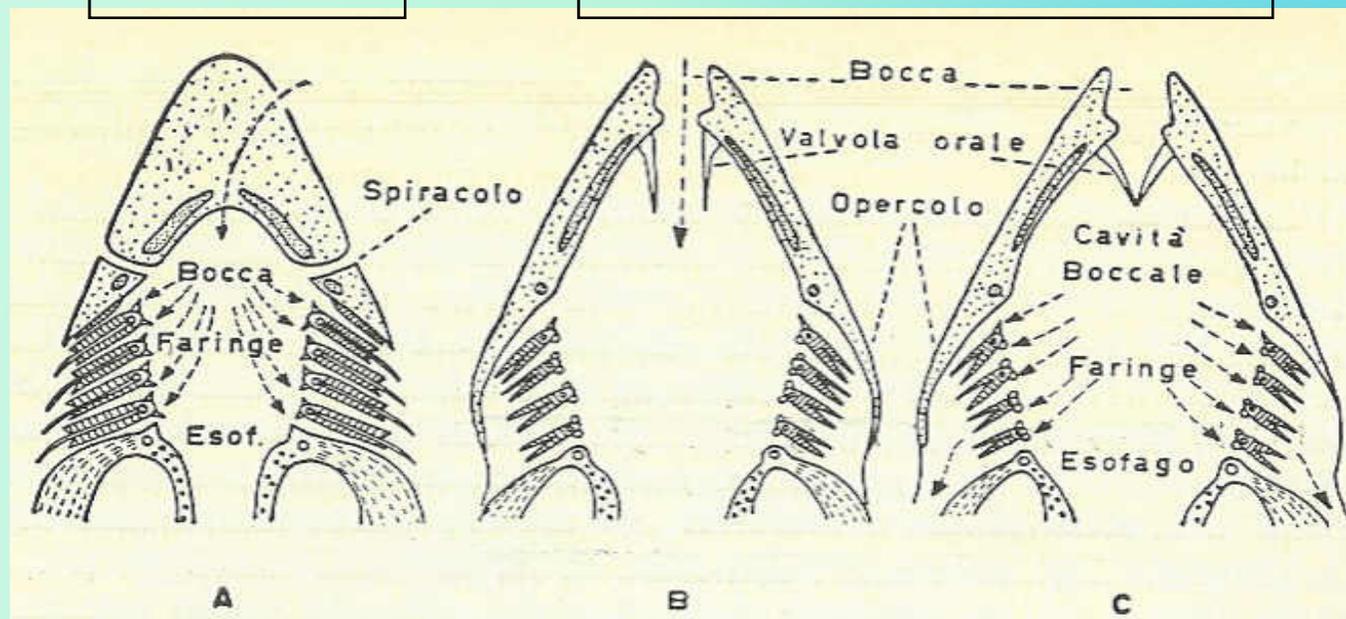
Scheletro irrobustito da una *matrice ossea*, formato da sostanza intercellulare ricca di fosfato di calcio.



Bocca *terminale* e fessure branchiali coperte da una placca ossea (*opercolo*). Col movimento dell'opercolo l'acqua viene aspirata dalla bocca e spinta attraverso le branchie, consentendo gli scambi gassosi respiratori anche senza movimento dell'animale.

Condroitti

Osteitti



Il galleggiamento è controllato dalla *vescica natatoria*, sacco pieno di gas in comunicazione con l'intestino.

Ciò consente di restare immobili, in equilibrio idrostatico, mutando la quantità di gas a seconda della profondità.

La vescica natatoria deriva dall'evoluzione di uno dei due polmoni accessori presenti, insieme alle branchie, in alcuni Osteitti primitivi.

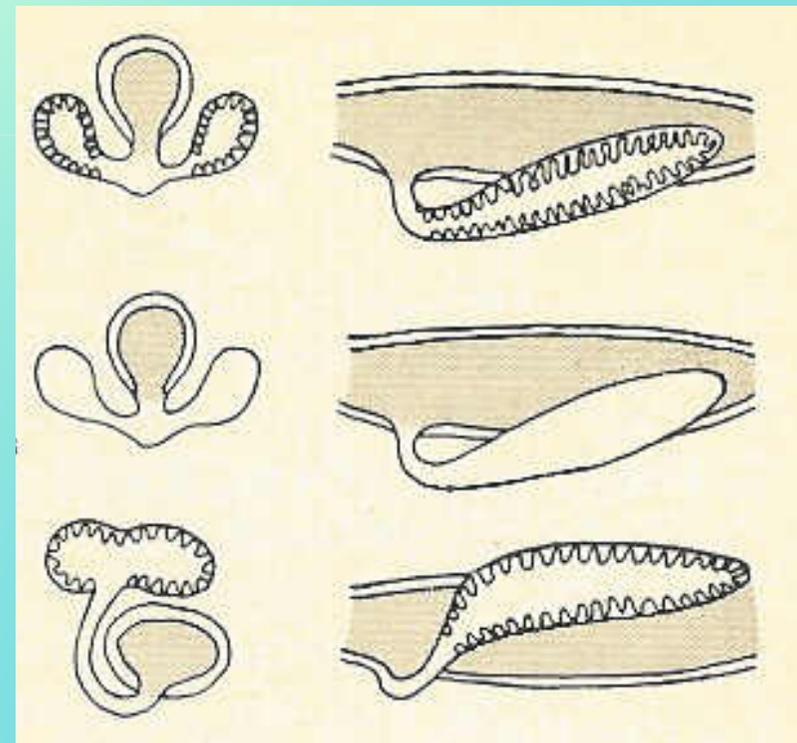
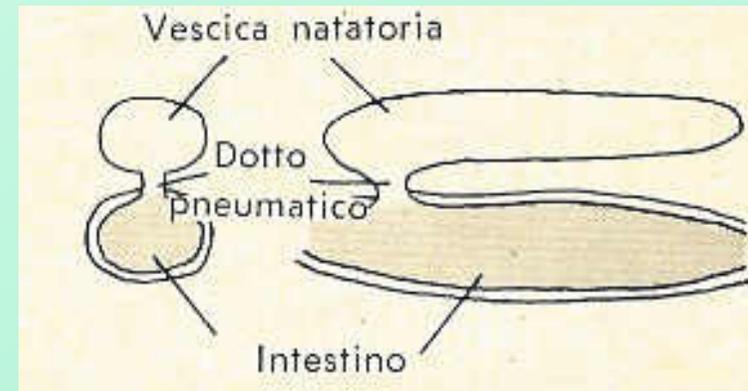


figura 16.12

Anatomia interna di *Perca flavescens*, un teleosteo d'acqua dolce.

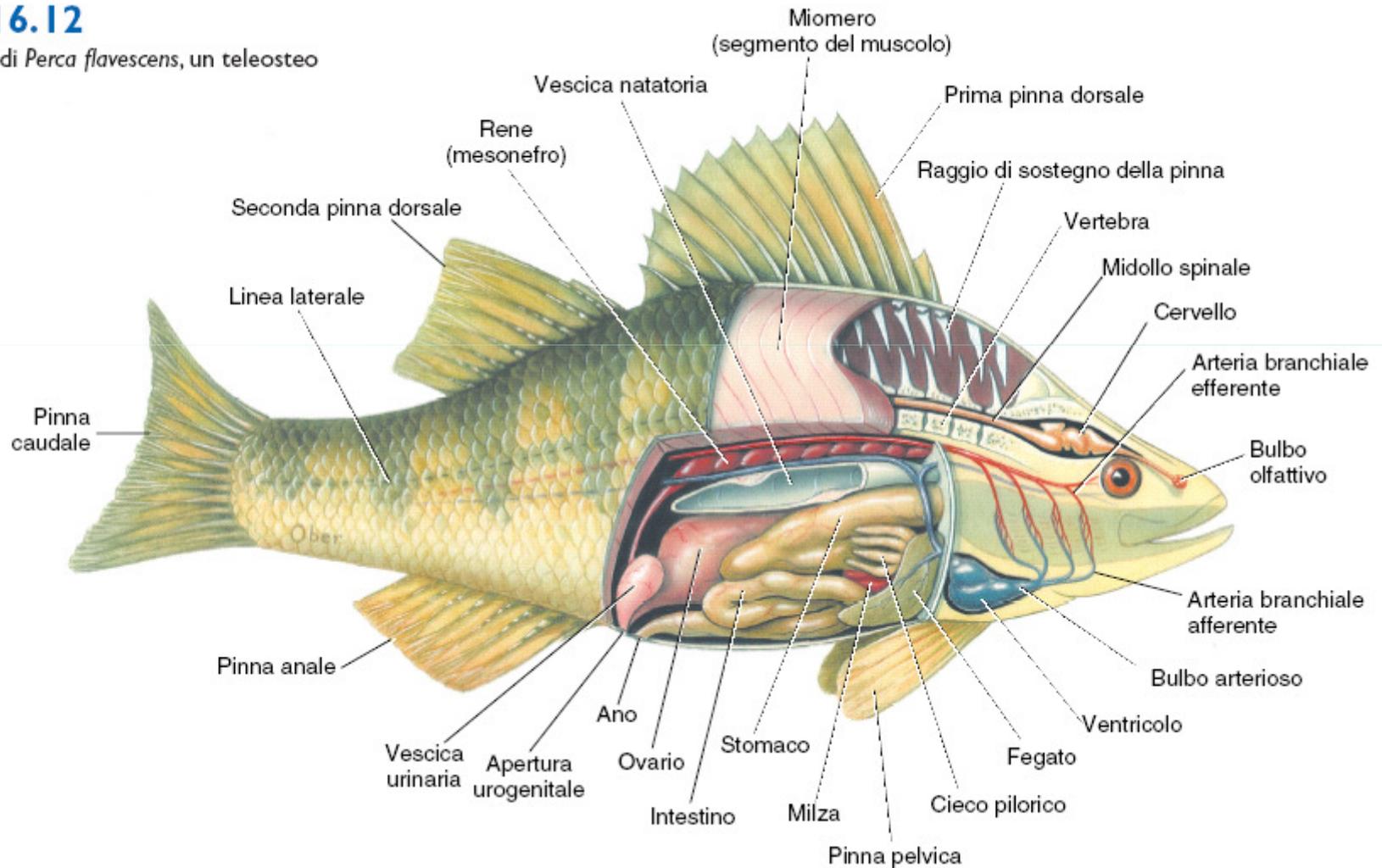
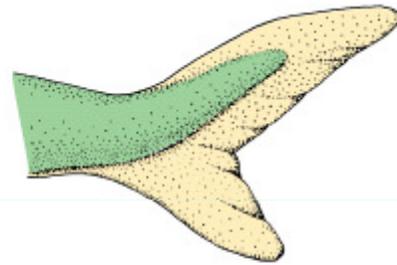
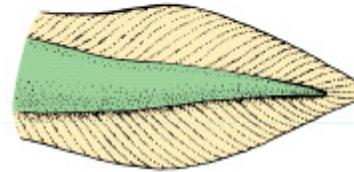


figura 16.13

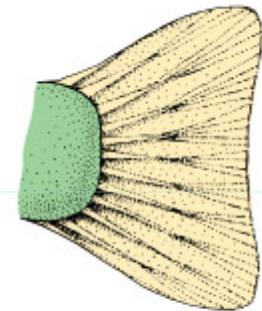
Tipi di pinne caudali dei pesci.



Eterocerca
(squalo)



Dificerca
(dipnoo)



Omocerca (perca)

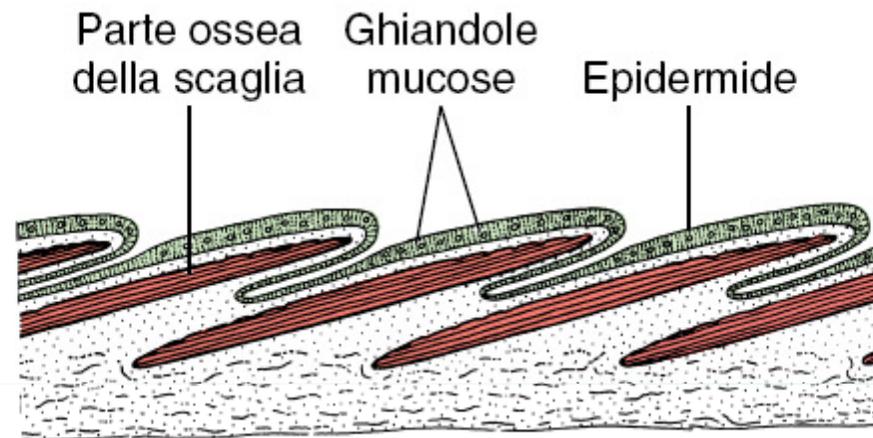
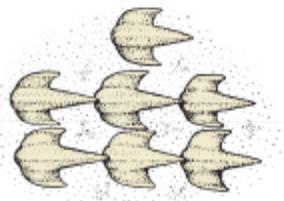
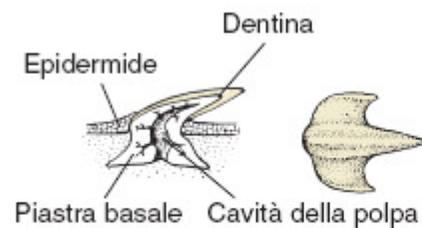
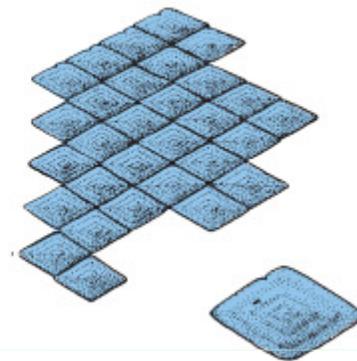


figura 16.14

Sezione della pelle di un pesce osseo che mostra le scaglie parzialmente sovrapposte (*in rosso*). Le scaglie giacciono nel derma e sono ricoperte dall'epidermide.



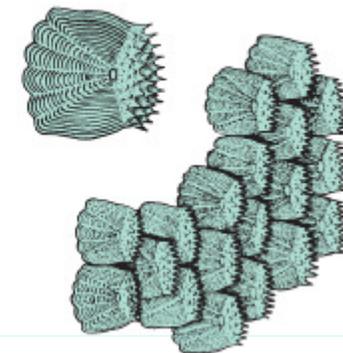
Scaglie placoidi
(pesci cartilaginei)



Scaglie ganoidi
(pesci ossei non teleostei)



Scaglie cicloidi
(teleostei)



Scaglie ctenoidi
(teleostei)

figura 16.15

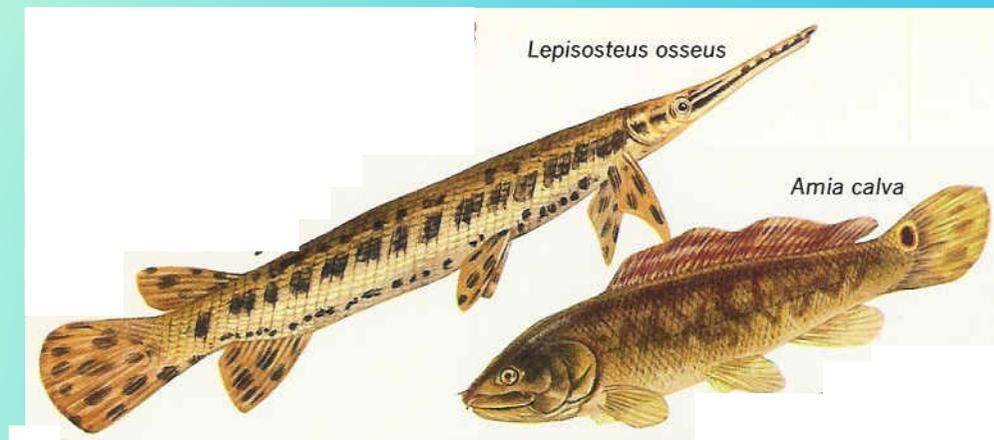
Tipi di scaglie dei pesci. Le scaglie placoidi sono piccole strutture coniche simili a denti, caratteristiche dei Chondrichthyes. Le scaglie ganoidi, a forma romboidale, sono presenti nei lepisosteidi e sono considerate primitive per i pesci ossei; sono composte da uno strato di smalto (ganoina) sulla superficie superiore e di osso su quella inferiore. Altri pesci ossei hanno scaglie sia cicloidi sia ctenoidi. Queste scaglie sono sottili e flessibili e disposte in file sovrapposte.

Sottoclasse **ATTINOPTERIGI**

Caratterizzati da *pinne raggiate*

- Ordine **Condrostei** : scheletro parzialmente calcificato (Storione)

- Ordine **Olostei** : vescica natatoria come polmone accessorio.





A Storione atlantico



B Biscir



C Pescespatola

figura 16.16

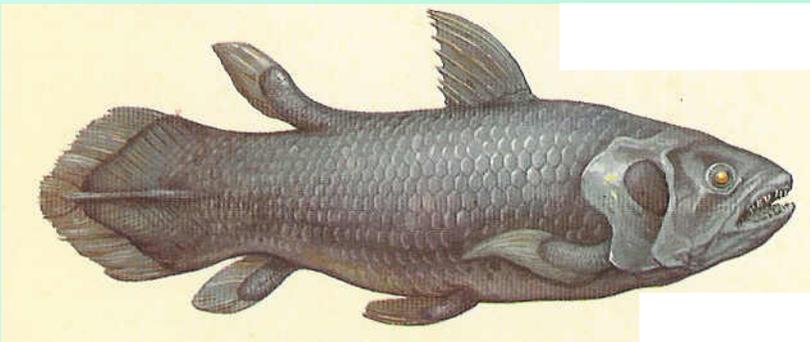
Pesci condrostei della classe Actinopterygii. **A**, storione dei fiumi della costa Atlantica, *Acipenser oxyrinchus* (oggi raro). **B**, *Polypterus bichir*, dell'Africa equatoriale occidentale. È un predatore notturno. **C**, il pesce spatola del Mississippi, *Polyodon spathula*, raggiunge una lunghezza di 2 m e un peso di 90 kg.

Sottoclasse **SARCOPTERIGI**

Molto primitivi, caratterizzati da:

- *pinne pari carnose*, con scheletro appendicolare e muscolatura;
- narici connesse alla cavità boccale;
- polmoni accessori.

Ordine Crossopterigi



Ordine Dipnoi

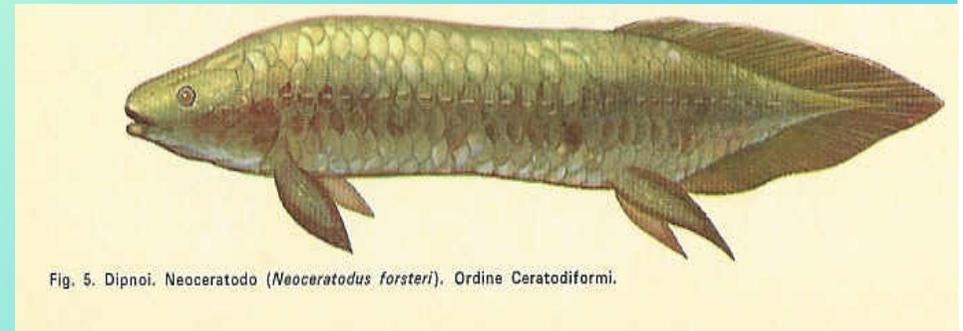


Fig. 5. Dipnoi. Neoceratodo (*Neoceratodus forsteri*), Ordine Ceratodiformi.



Celacanto
(*Latimeria chalumnae*)

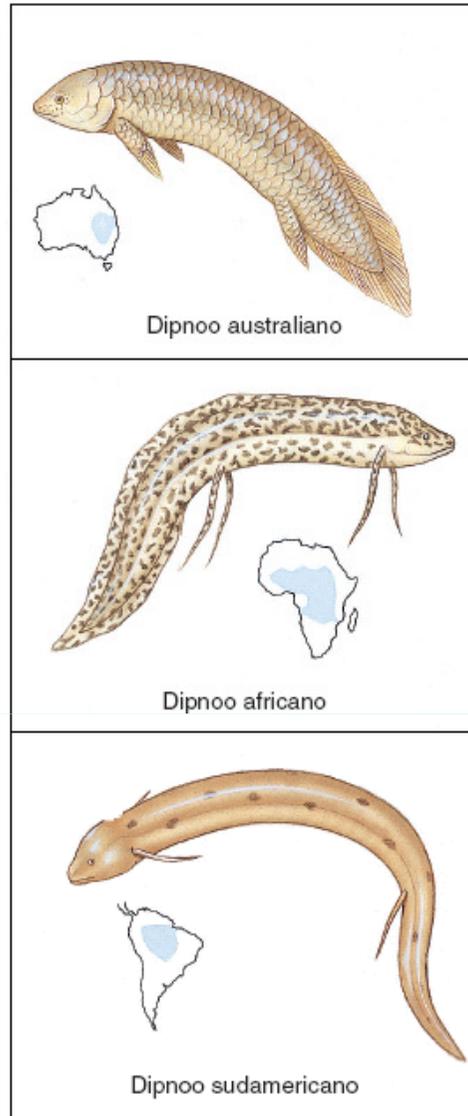


figura 16.18

I dipnoi sono pesci a pinne lobate appartenenti ai Sarcopterigi. Il dipnoo africano, *Protopterus*, è quello meglio adattato fra i tre per rimanere dormiente in un bozzolo rivestito di muco, respirando aria, durante prolungati periodi di siccità.

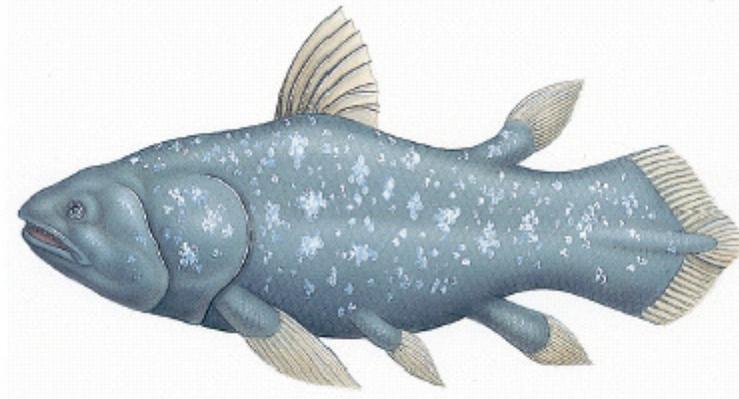


figura 16.19

Il celacanto, *Latimeria chalumnae*, è una specie marina relitta di un gruppo di sarcopterigi che fu molto fiorente circa 350 milioni di anni fa.

- Ordine Teleostei :

la maggior parte delle circa 30.000 specie di mare e di acque interne.

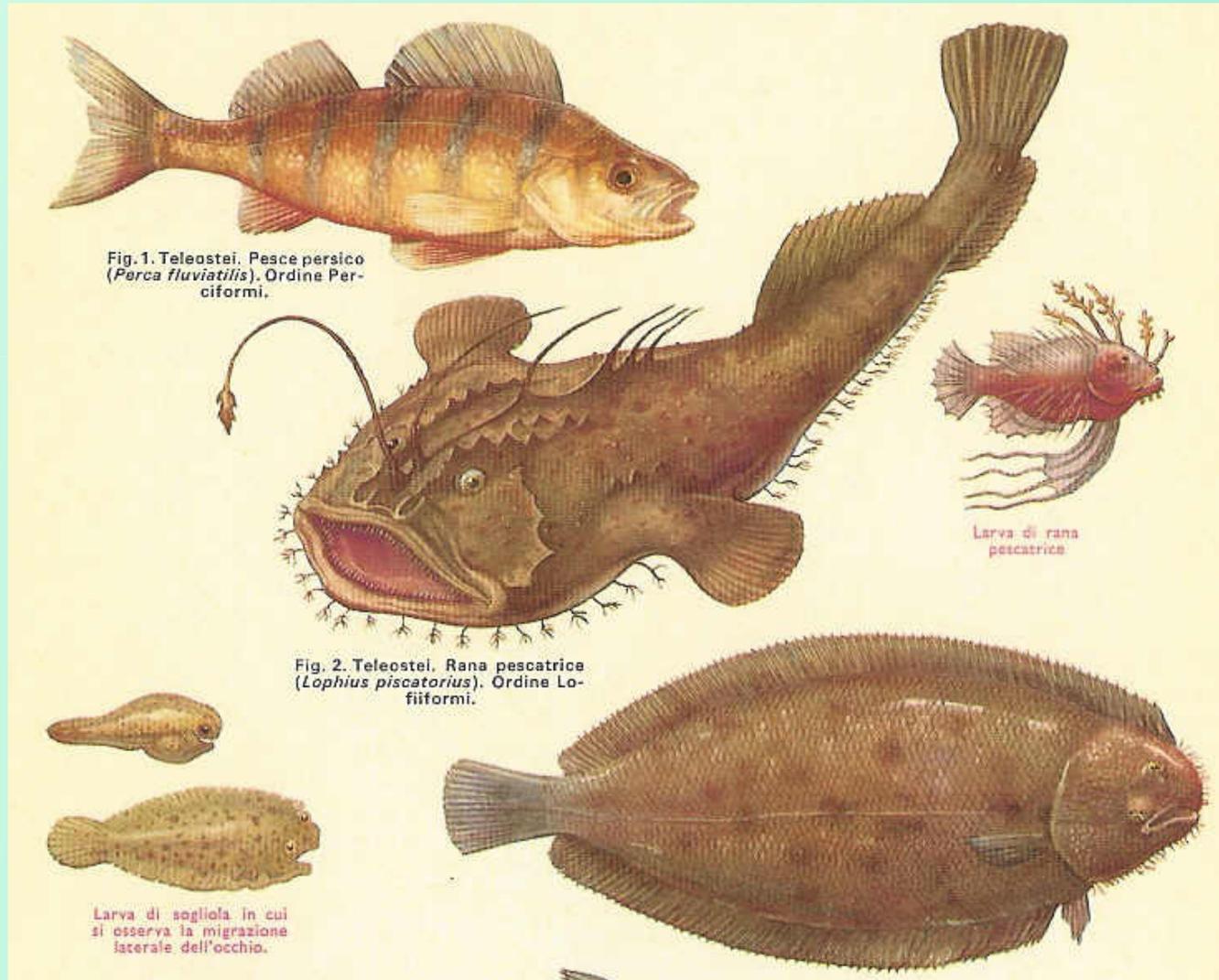
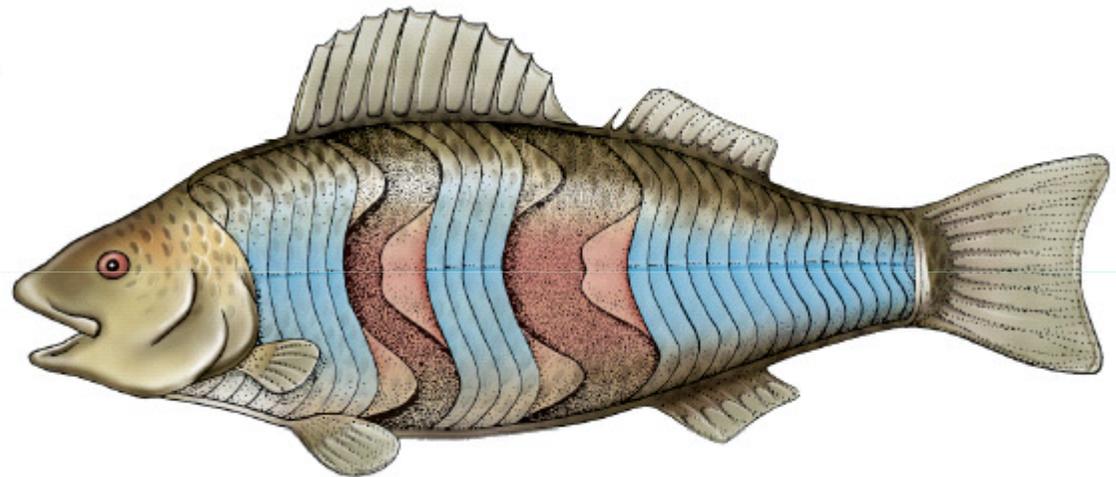


figura 16.20

Muscolatura del tronco di un pesce osseo, parzialmente dissezionato per mostrare la disposizione interna delle bande di muscoli (miomeri). I miomeri sono ripiegati e collegati l'uno all'altro in un arrangiamento complesso, disposizione che favorisce maggiore potenza e controllo nel nuoto.



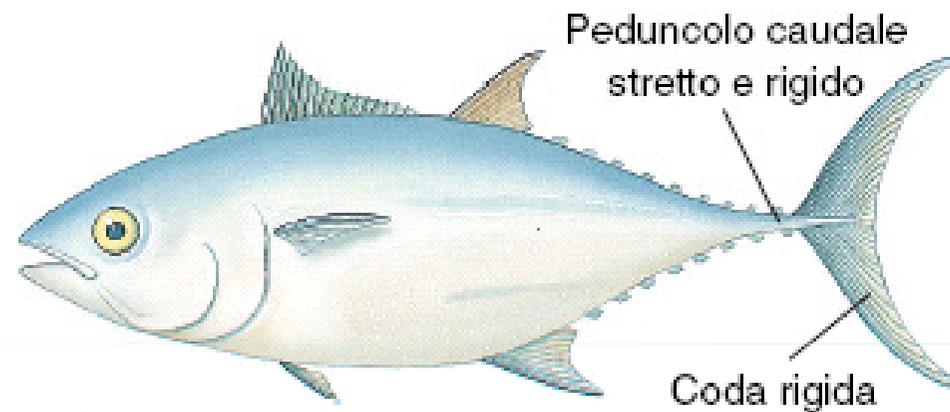


figura 16.22

Tonno a pinne blu, con evidenti adattamenti al nuoto veloce. I potenti muscoli del tronco spingono sul sottile peduncolo caudale. Dal momento che il corpo non si piega, tutta la spinta deriva dai battiti della rigida coda falciforme.

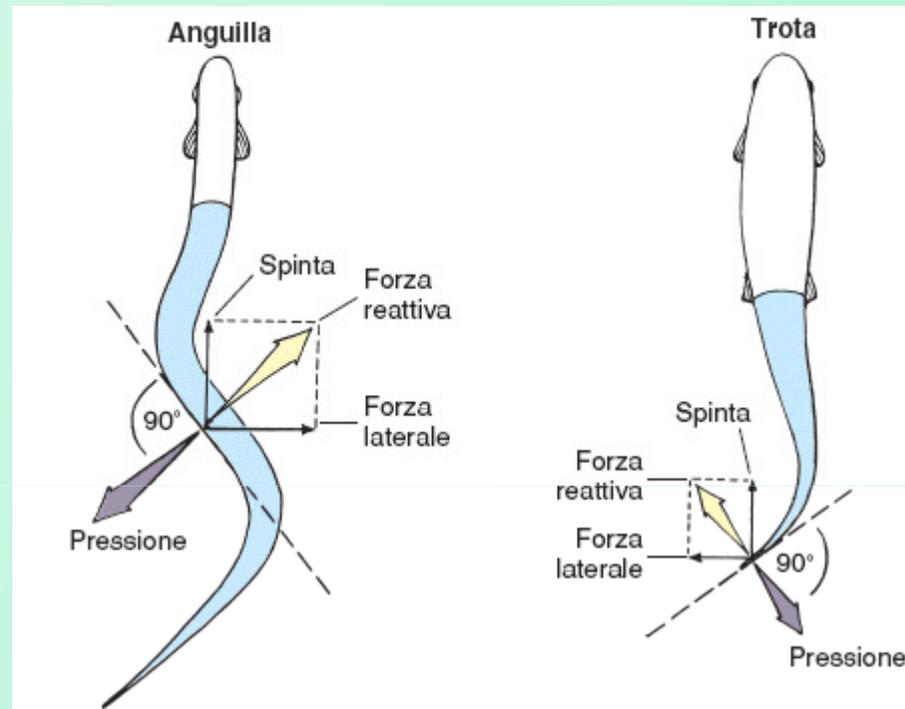


figura 16.21

Movimenti di un pesce durante il nuoto. Sono evidenziate le forze sviluppate da un pesce anguilliforme e da un pesce fusiforme.

Fonte: *Vertebrate of Life*, 4/e by Pough, et al., 1999. Riproduzione autorizzata dalla Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.

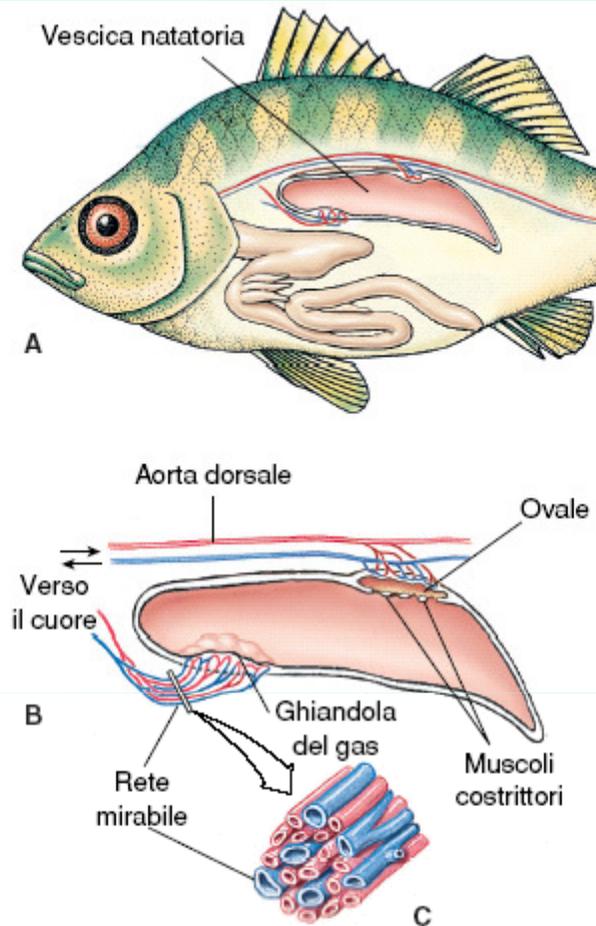


figura 16.23

A, vescica natatoria di un teleosteo. La vescica giace nel celoma, appena al di sotto della colonna vertebrale. **B**, il gas viene secreto nella vescica natatoria dalla ghiandola del gas. Il gas passa dal sangue alla ghiandola attraverso la rete mirabile, un complesso insieme di capillari strettamente addossati, che agiscono come un moltiplicatore in contro-corrente per aumentare la concentrazione di ossigeno. In **C** è mostrata la disposizione dei capillari arteriosi e venosi della rete. Per rilasciare gas durante la risalita si apre una valvola muscolare, che permette al gas di entrare nell'ovale, da cui viene poi rimosso dal circolo sanguigno.

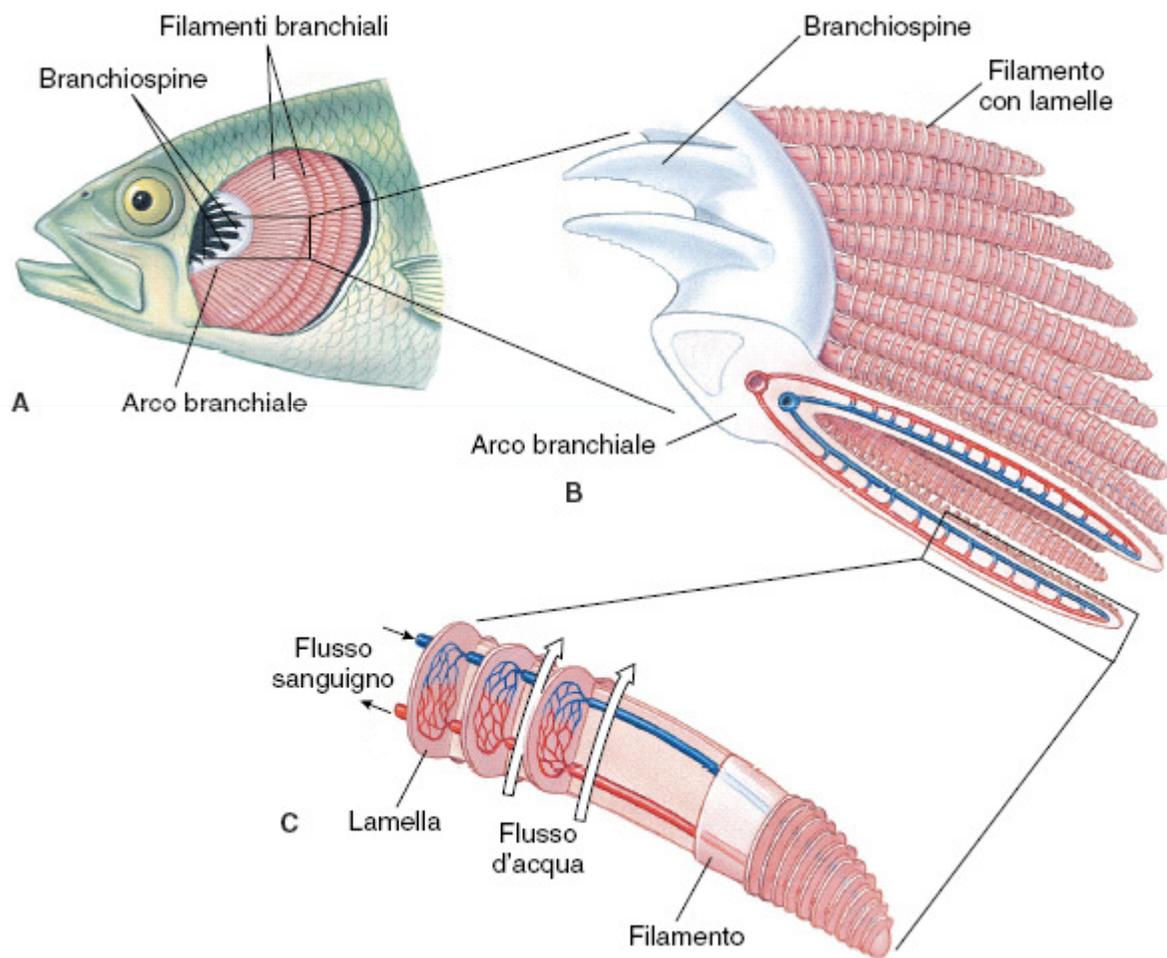


figura 16.24

Branchie di un pesce osseo. L'opercolo, falda ossea protettiva che ricopre le branchie, è stato rimosso, **A**, per scoprire la camera branchiale che alloggia le branchie. Vi sono quattro archi branchiali su ogni lato, ciascuno connesso a numerosi filamenti. **B**, una porzione di arco branchiale, mostra le branchiospine che si proiettano in avanti per trattenere cibo e detrito e i filamenti branchiali che si proiettano indietro. **C**, un singolo filamento branchiale dissezionato per mostrare i capillari sanguigni all'interno delle lamelle appiattite. La direzione del flusso d'acqua (*frecche grandi*) è opposta a quella del flusso sanguigno.

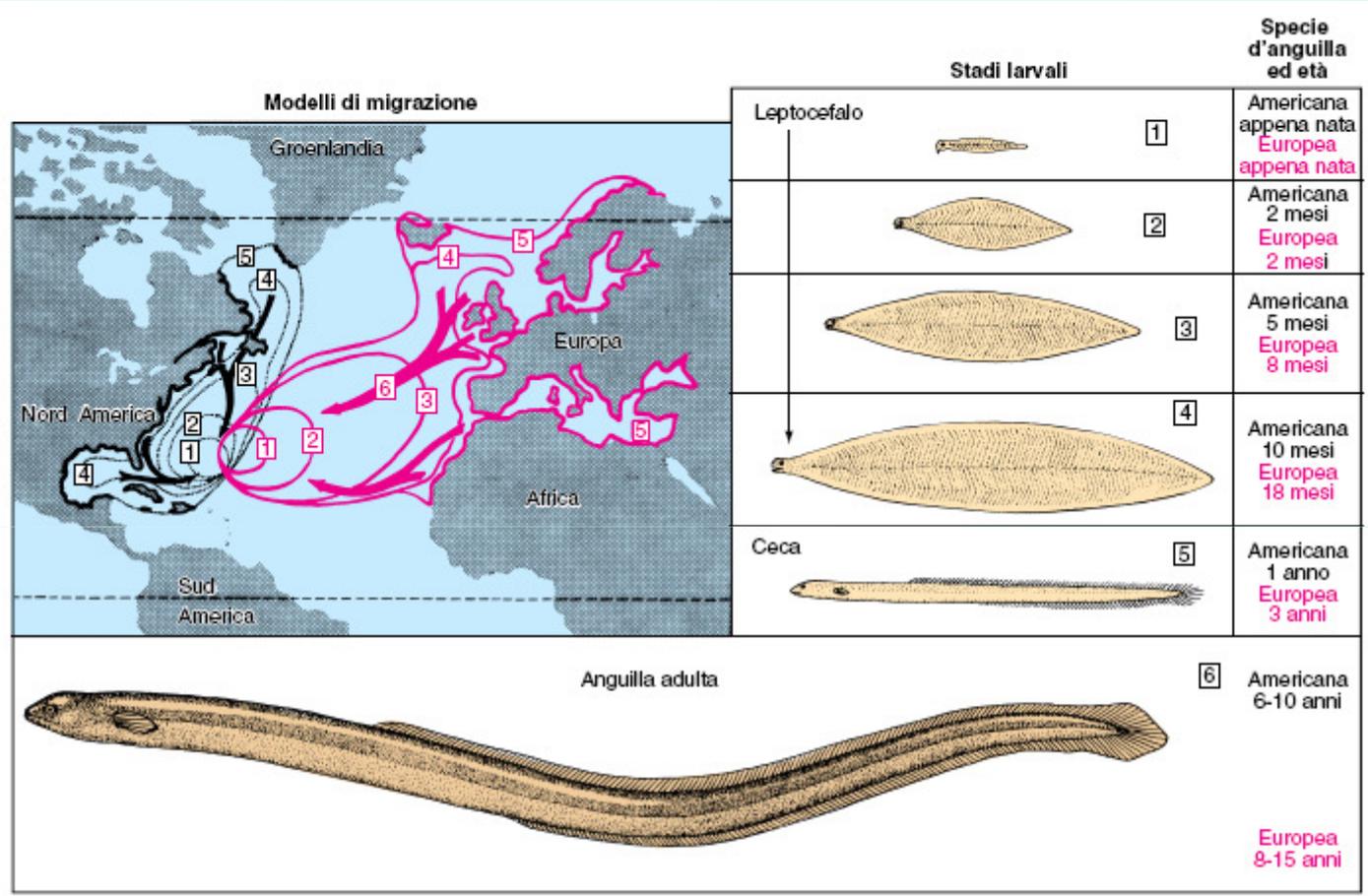


figura 16.25

Cicli vitali dell'anguilla europea *Anguilla anguilla* e dell'anguilla americana, *Anguilla rostrata*. In rosso. Schema di migrazione della specie europea. In nero. Schema di migrazione dell'anguilla americana. I numeri nei riquadri fanno riferimento agli stadi di sviluppo. Da notare che l'anguilla americana completa il suo sviluppo larvale e la migrazione in mare in un anno. Sono necessari circa tre anni per la specie di anguilla europea per portare a termine il suo viaggio, molto più lung

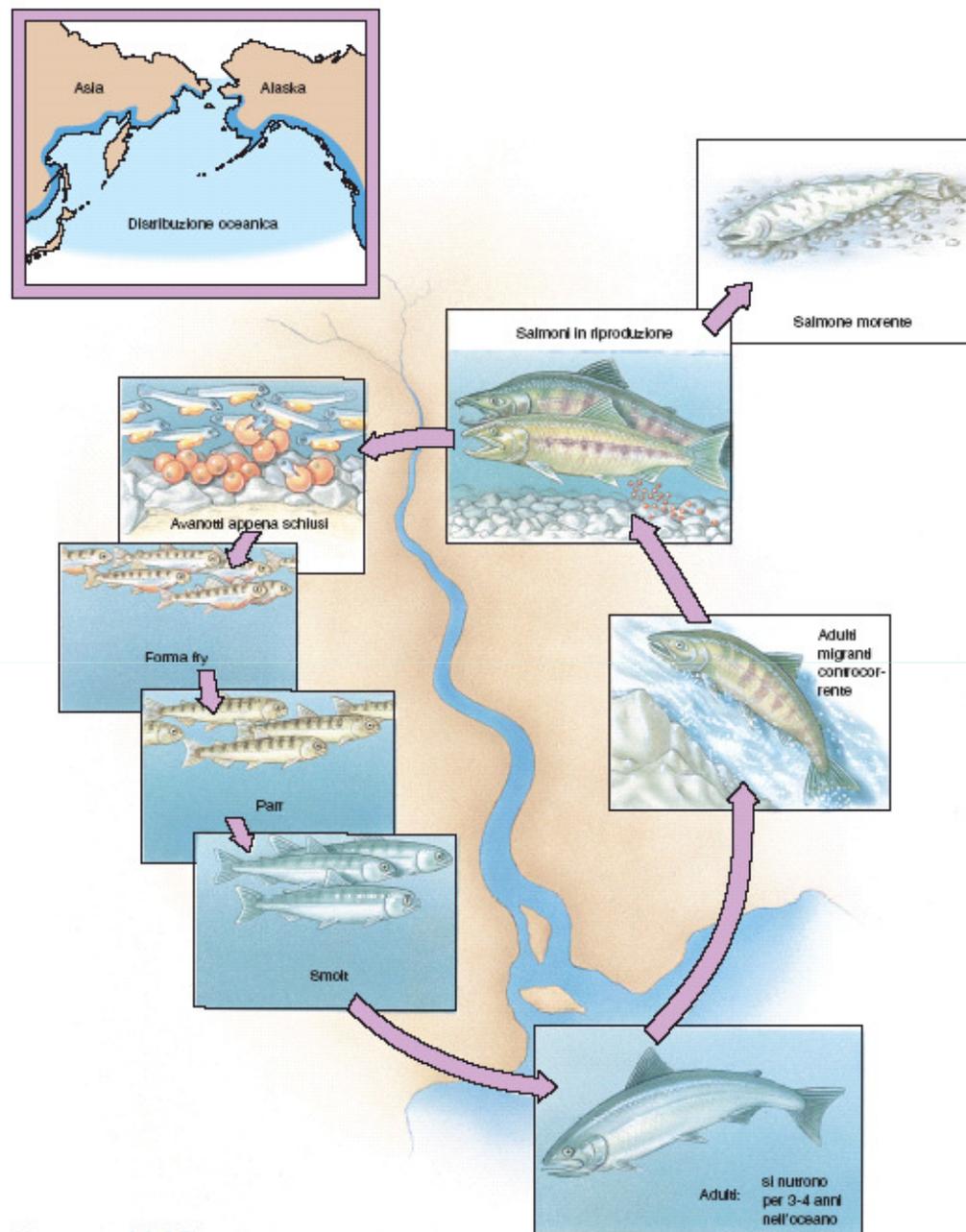


figura 16.27

Riproduzione del salmone del Pacifico e sviluppo di uova e giovani.

figura 16.30

Crescita delle scaglie. Le scaglie di un pesce rivelano i cambiamenti stagionali nel tasso di crescita. La crescita si interrompe in inverno, producendo dei marcatori annuali (annuli). Ciascun incremento annuo nella crescita delle scaglie è in rapporto alla crescita annuale della lunghezza del corpo. Anche gli otoliti (pietre dell'orecchio) e determinate ossa possono essere utilizzate in alcune specie per determinare l'età e il tasso di crescita.

