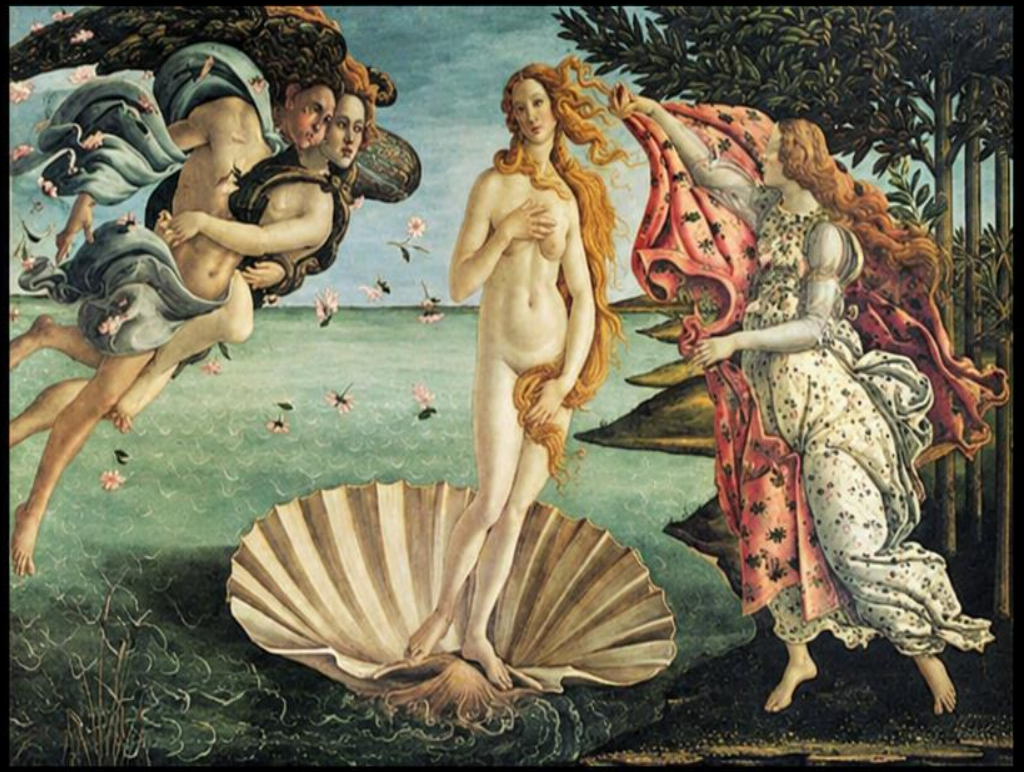
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie
per l'Ambiente e la Natura
Zoologia Sistematica

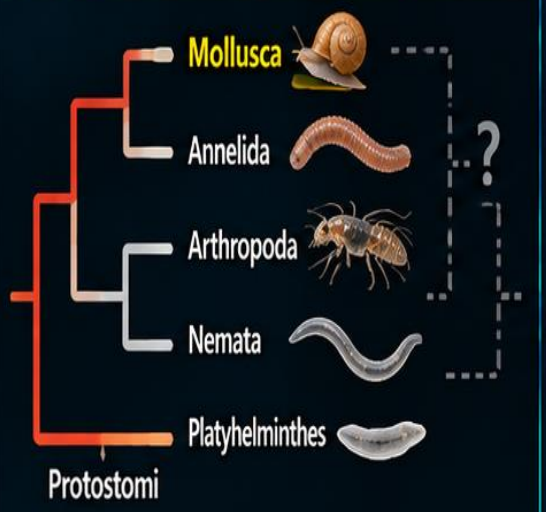
I Molluschi



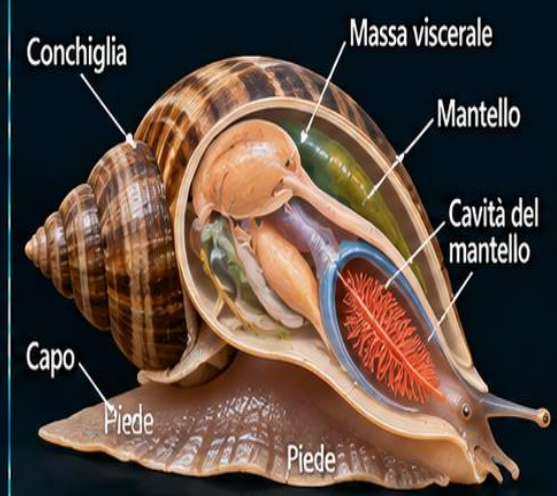
Antonio Terlizzi
Laboratorio di Zoologia e Biologia Marina
aterlizzi@units.it

I Molluschi: principali caratteristiche e diversità

1. Protostomi: rapporti evolutivi incerti



2. Organizzazione generale e radula





3. Gasteropodi: uniche forme terrestri





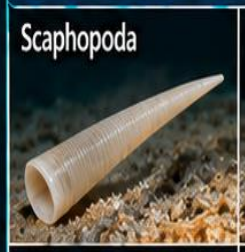
4. Bivalvi: seconda classe per ricchezza



5. Cefalopodi: la classe più complessa

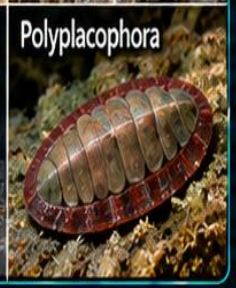


6. Altre classi (tutte marine)







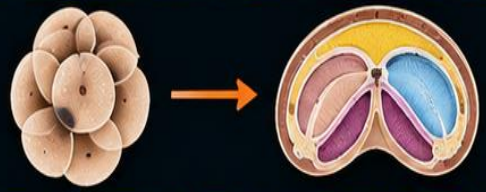


7. Specializzazioni e rapporti incerti



I Molluschi

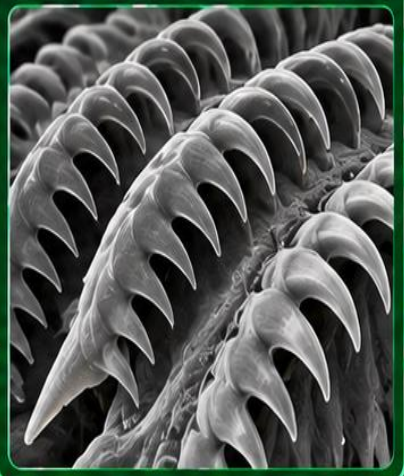
Protostomi



Conchiglia tipicamente presente



Radula
(organo per l'alimentazione)



Mantello e piede



In tutti gli ambienti







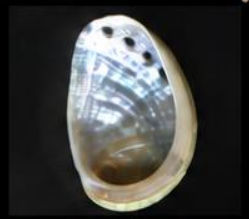


I Mollusca: la radiazione adattativa













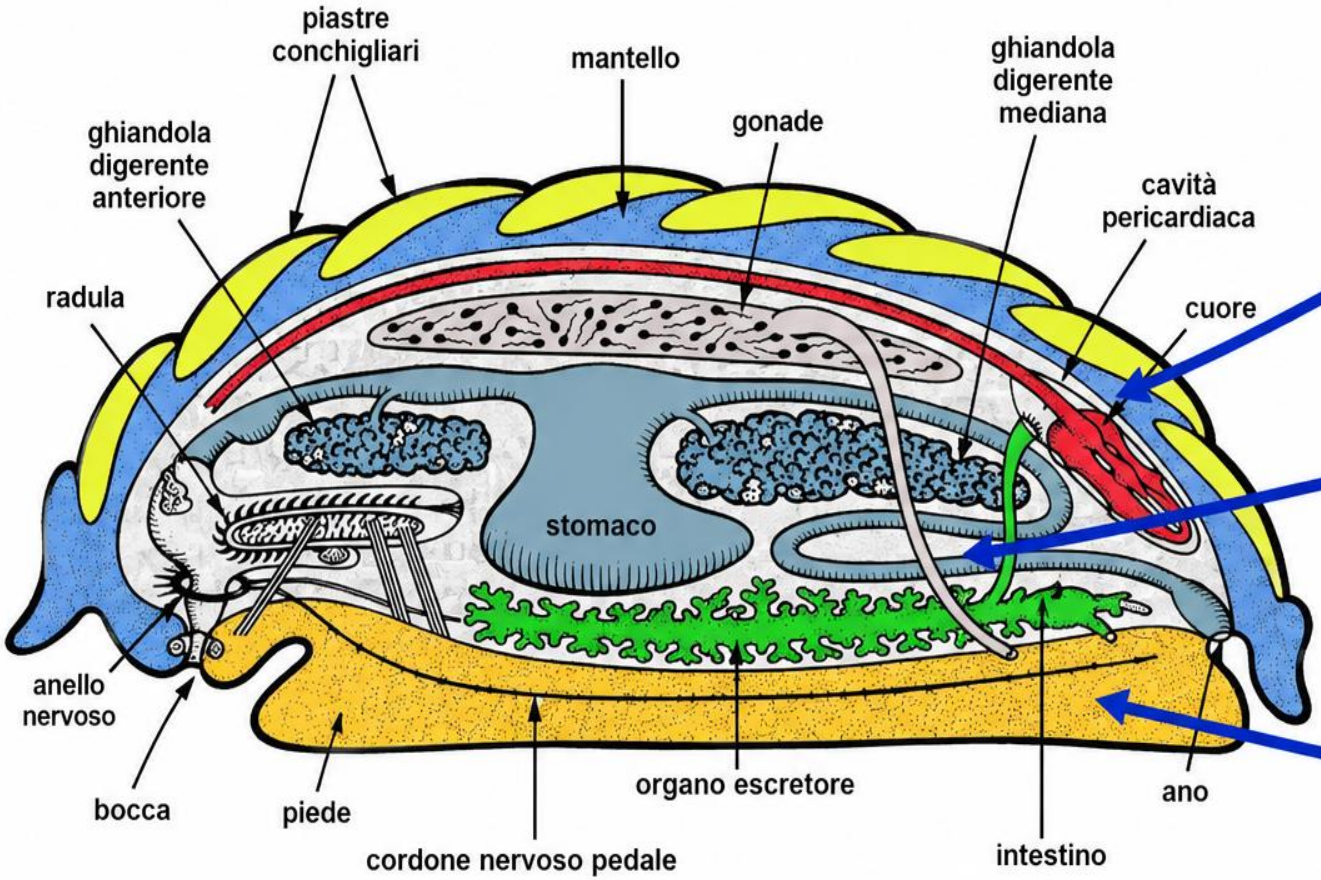




Molluschi (corpo molle)

Oltre 100.000 specie

Tre componenti fondamentali:
PIEDE, MANTELLO, MASSA VISCERALE



MANTELLO

MASSA VISCERALE

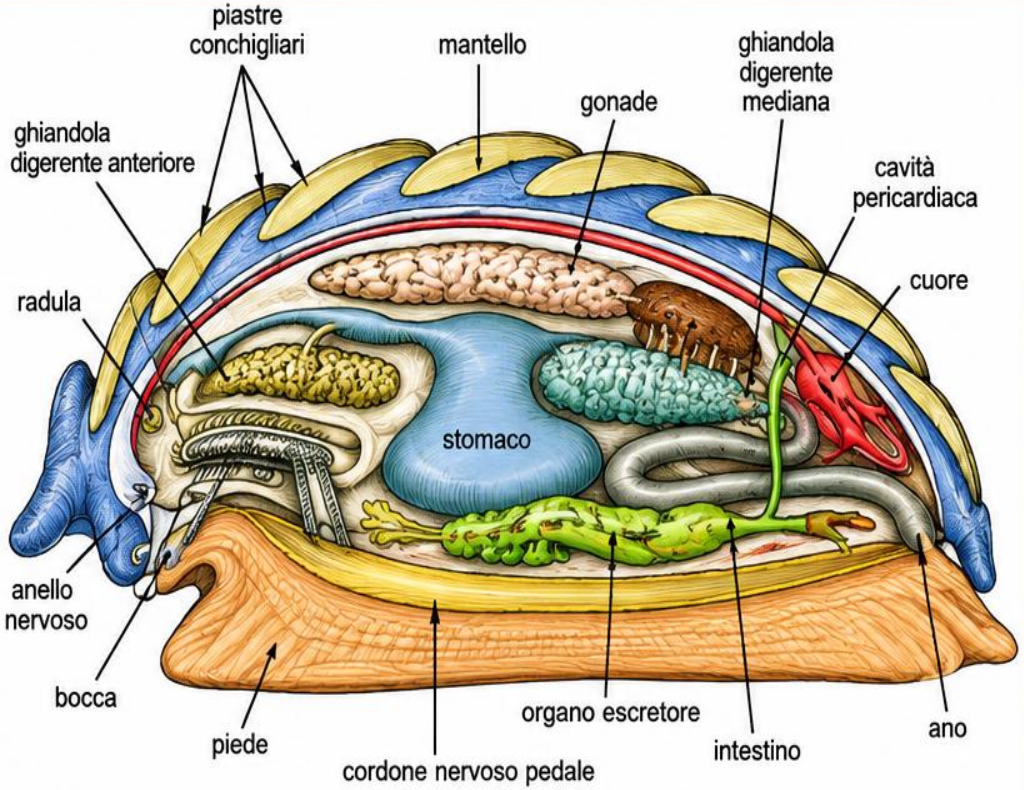
PIEDE

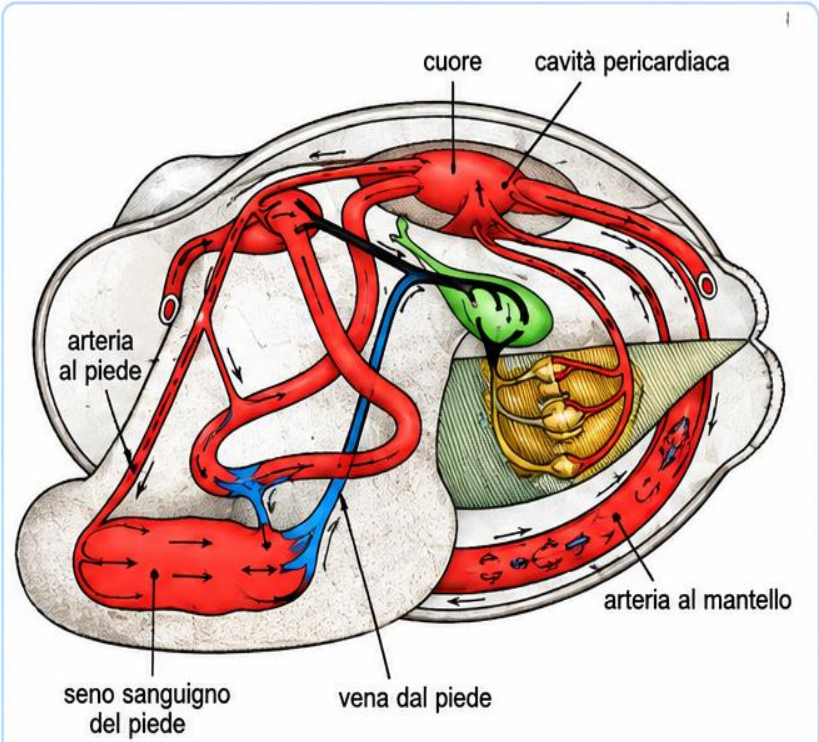
La massa viscerale

Gli **organi interni** sono poggiati sul **piede** e dorsalmente sono coperti dal **mantello**.

Celoma ridotto (cavità pericardica)

Apparato circolatorio aperto (cuore, pochi vasi)

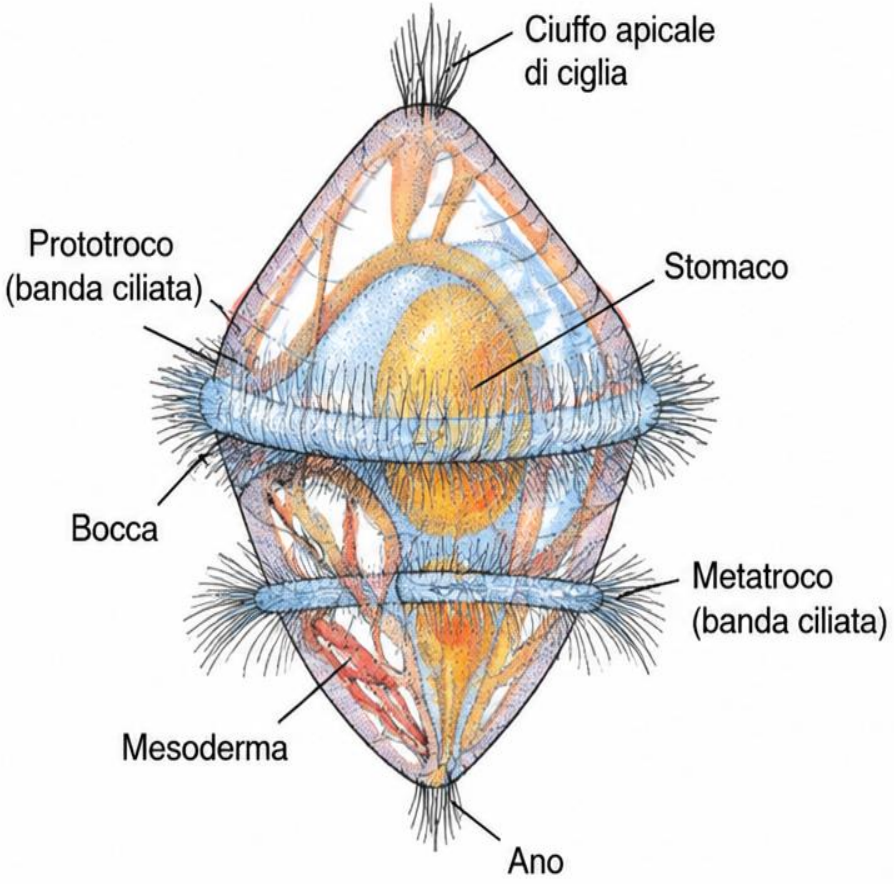


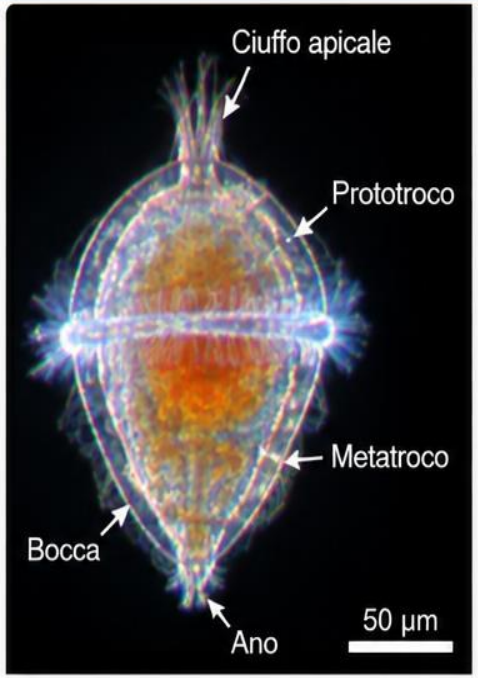


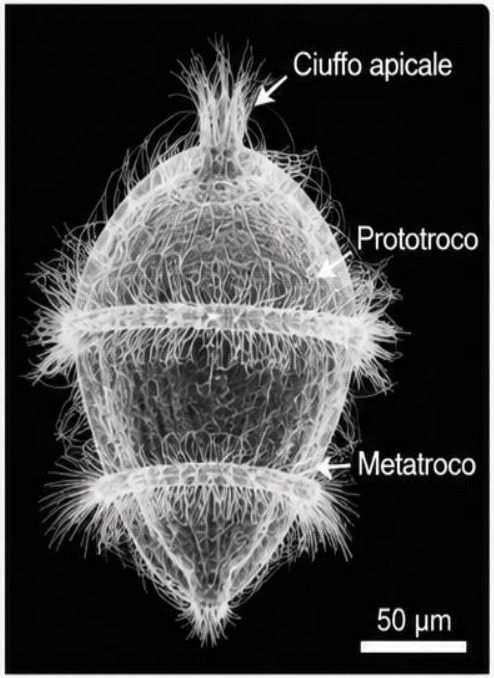
Gli **spazi emali** sono cavità prive di rivestimento epiteliale.

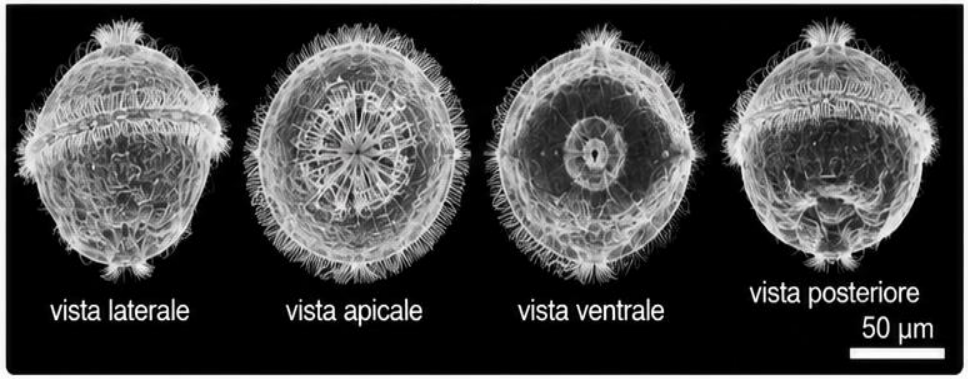
Trocofora generalizzata

Larva trocofora tipica dei molluschi e di altri lophotrocozoi.
Corpo ciliato con **bande ciliate (prototroco** e **metatroco)**, bocca anteriore e ano posteriore.





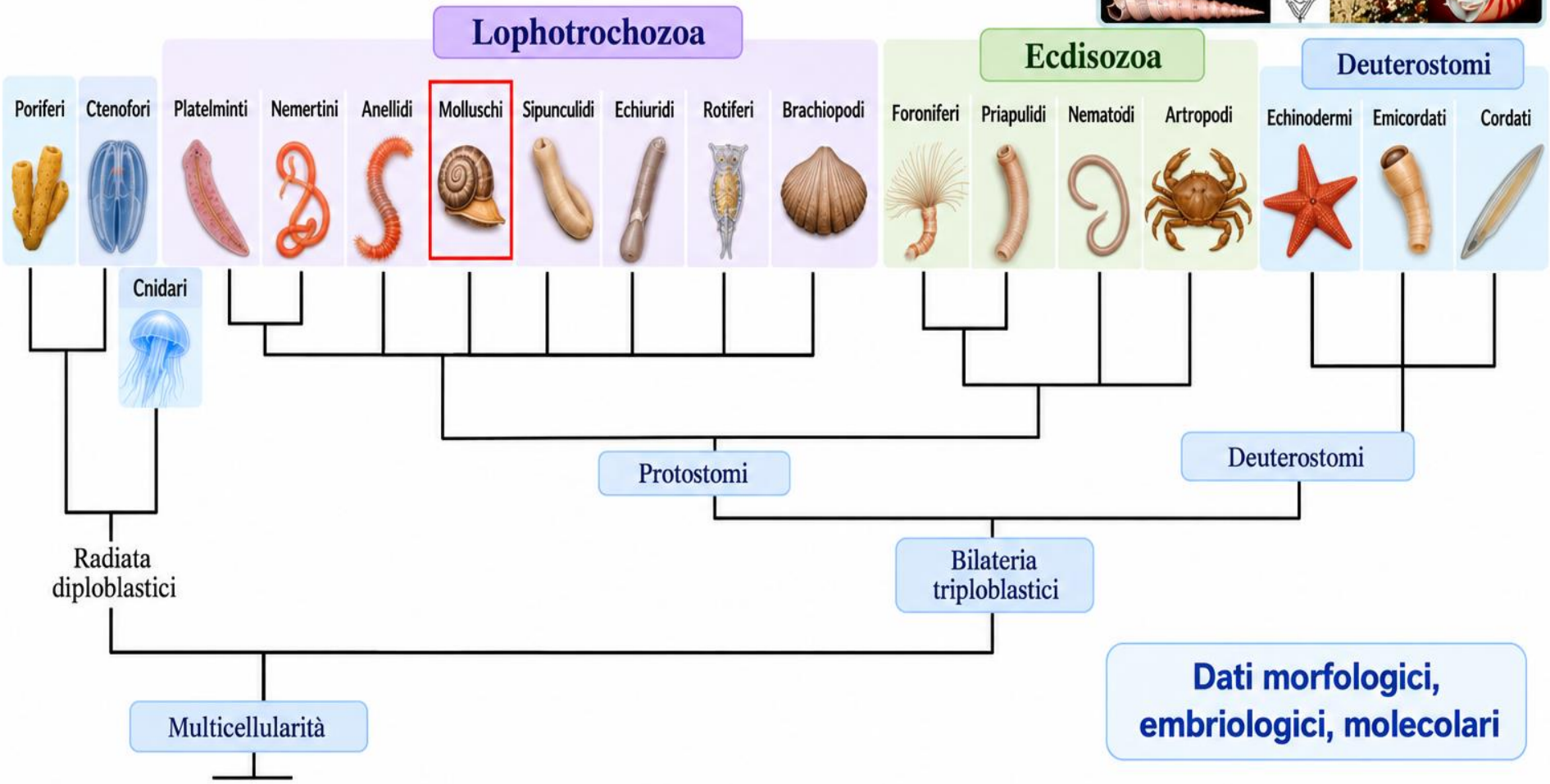




Filogenesi dei Molluschi

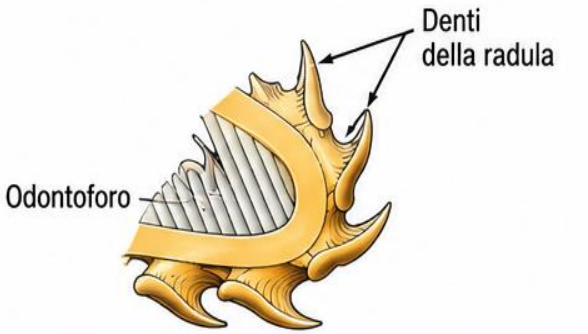


Relazioni filogenetiche principali dei Molluschi basate su dati morfologici, **embriologici** e **molecolari**. Sono evidenziati i principali cladi: **Lophotrochozoa ed Ecdisozoa**.

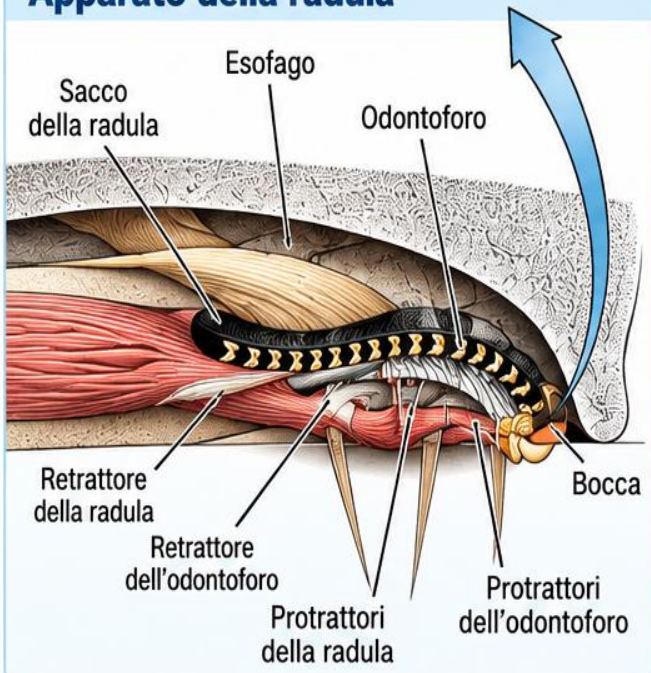


La radula

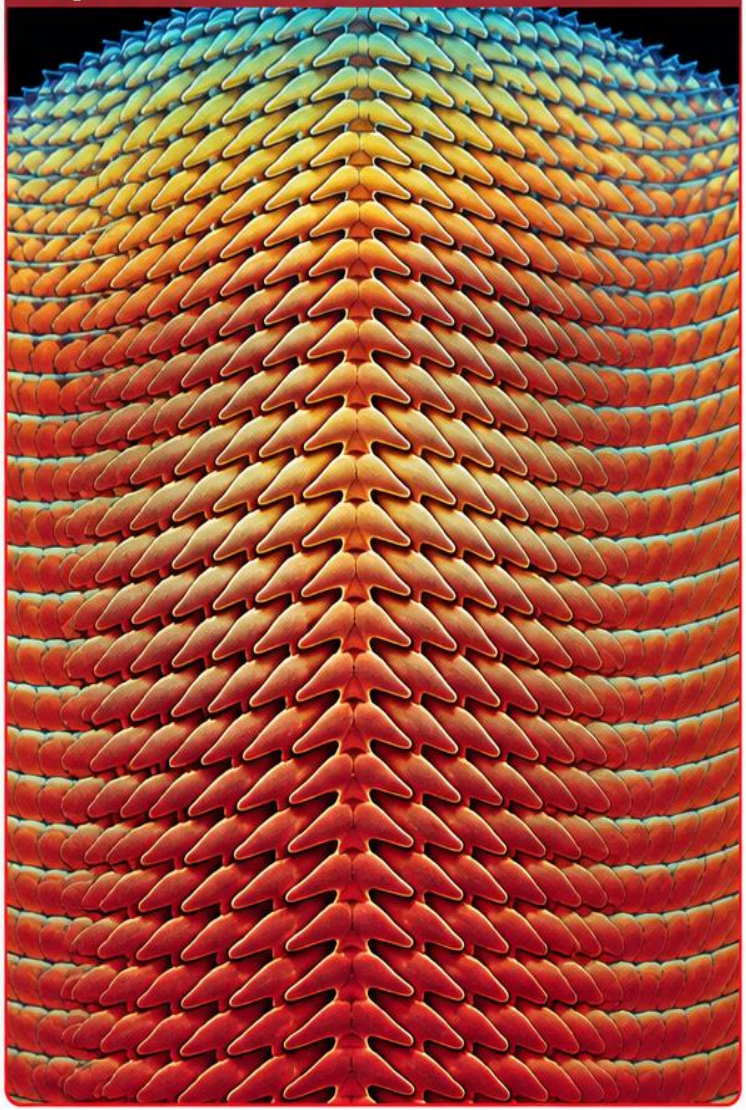
Dente della radula



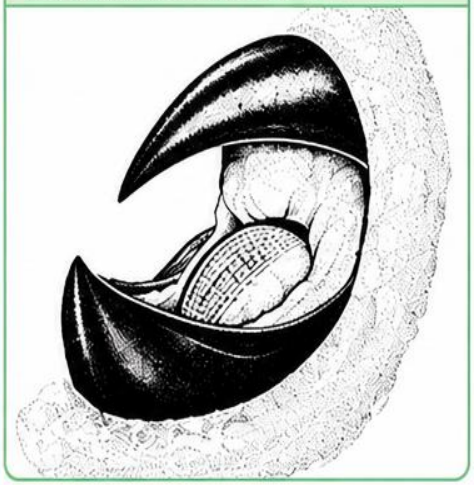
Apparato della radula



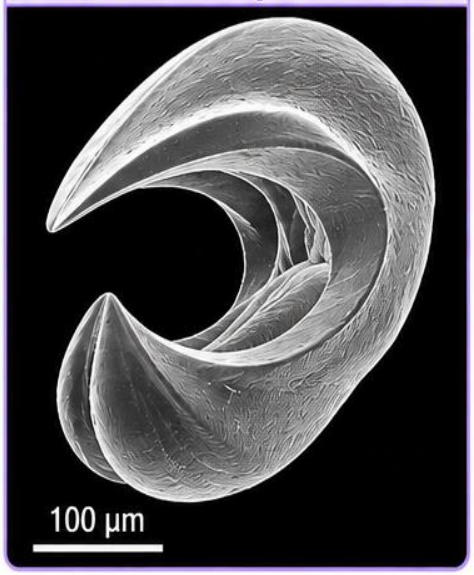
Superficie della radula



Radula nella bocca



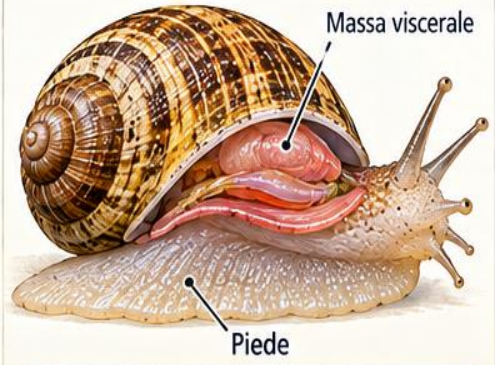
Dente al microscopio elettronico

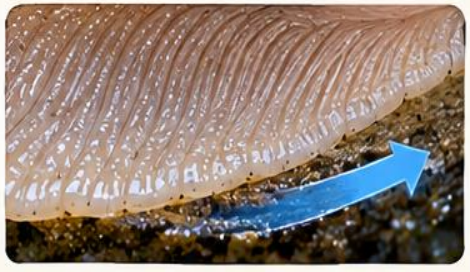


Il **piede** è una struttura muscolare per la locomozione e di supporto per gli organi interni.
Nei Cefalopodi ha dato origine all'**imbuto**, in bivalvi e scafopodi è uno strumento per l'infossamento e lo scavo.
La massa viscerale poggia sul piede.

Gasteropoda

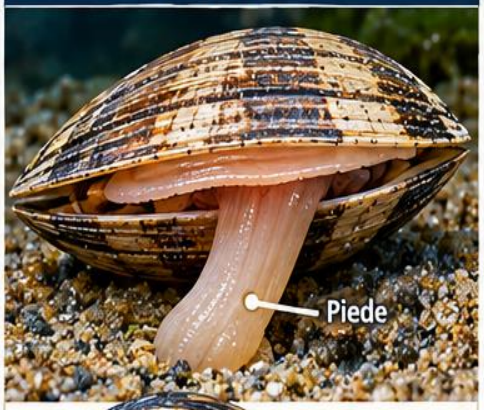






Piede ampio e muscolare
per la locomozione strisciante.

Bivalvia



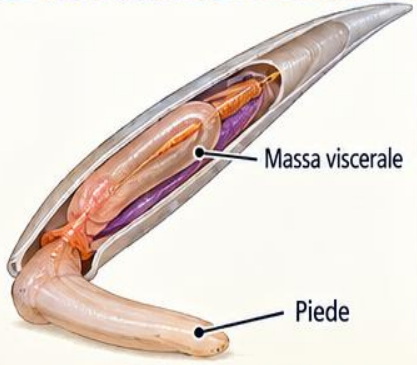




Piede allungato e muscolare
per l'infossamento e lo scavo.

Scaphopoda



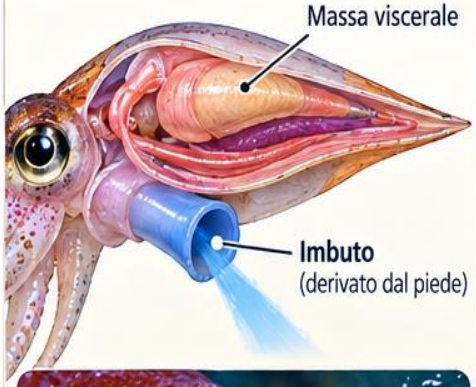


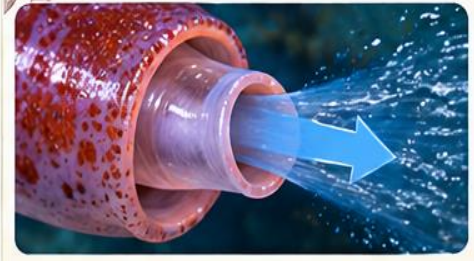


Piede cilindrico e muscolare
per l'infossamento e lo scavo.

Cephalopoda



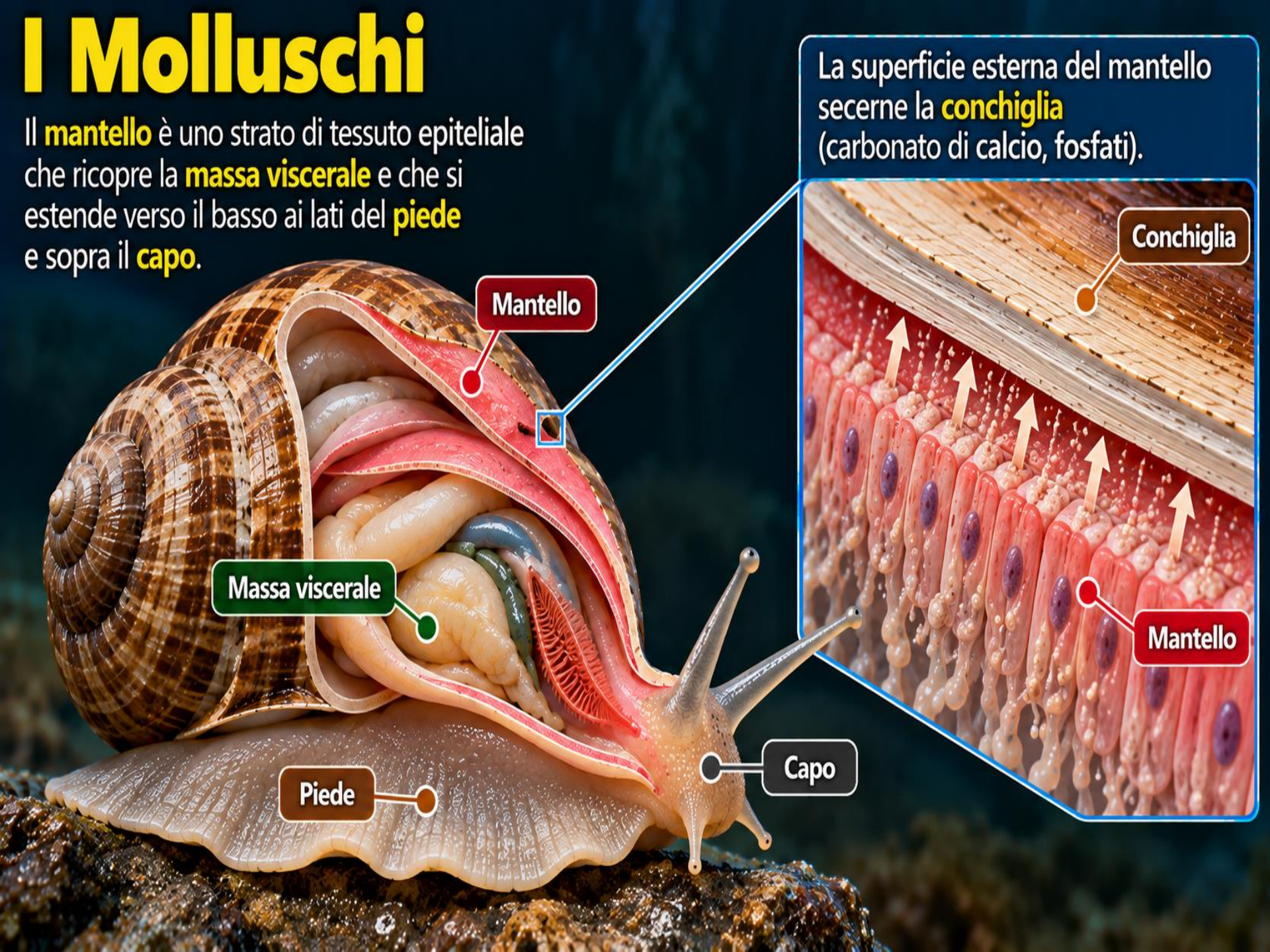




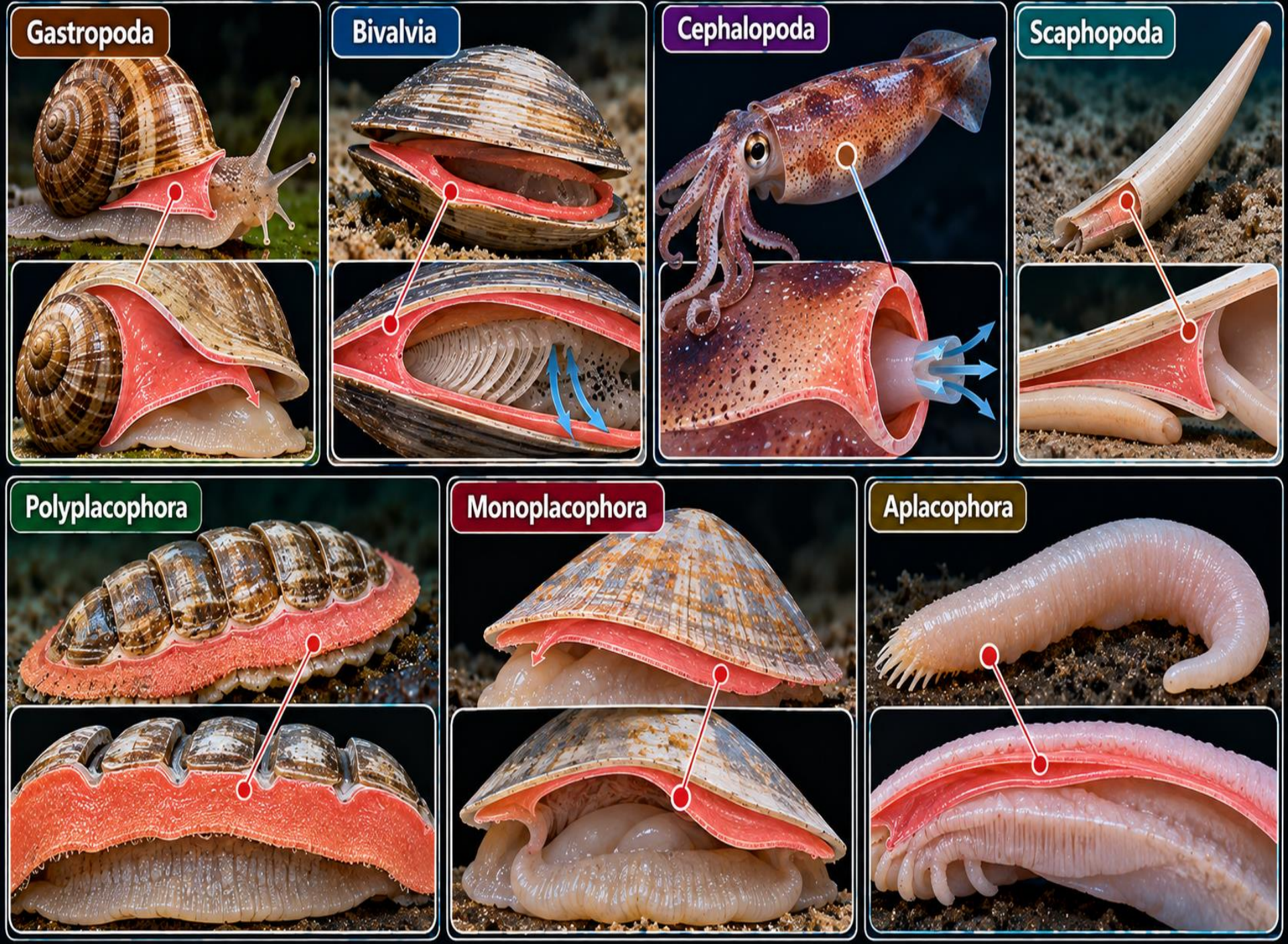
Il piede è modificato in **imbuto**
per l'espulsione dell'acqua e la locomozione
a reazione.

I Molluschi

Il **mantello** è uno strato di tessuto epiteliale che ricopre la **massa viscerale** e che si estende verso il basso ai lati del **piede** e sopra il **capo**.

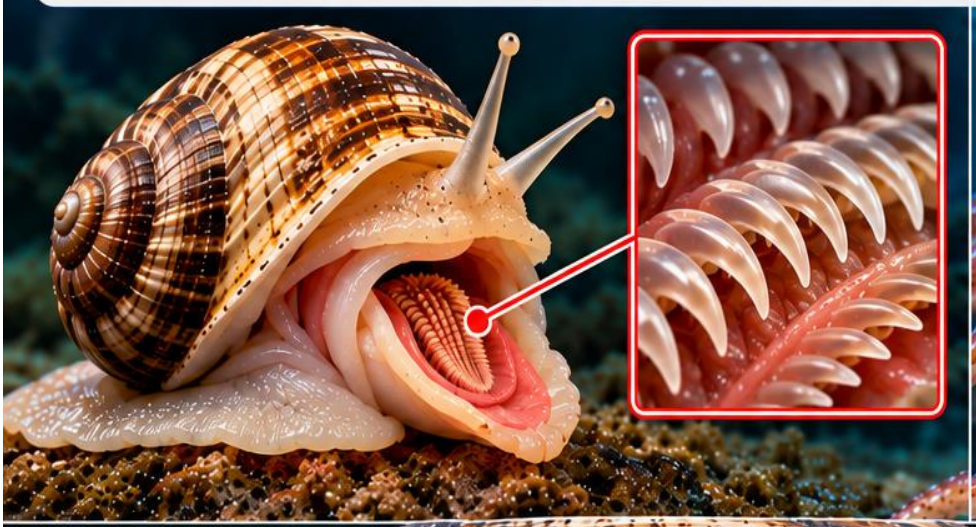


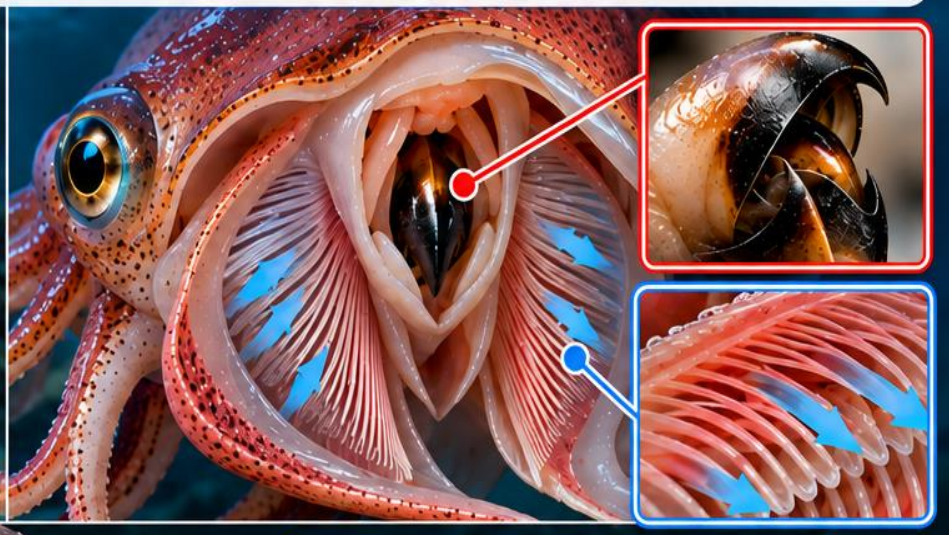
La superficie esterna del mantello secerne la **conchiglia** (carbonato di calcio, fosfati).

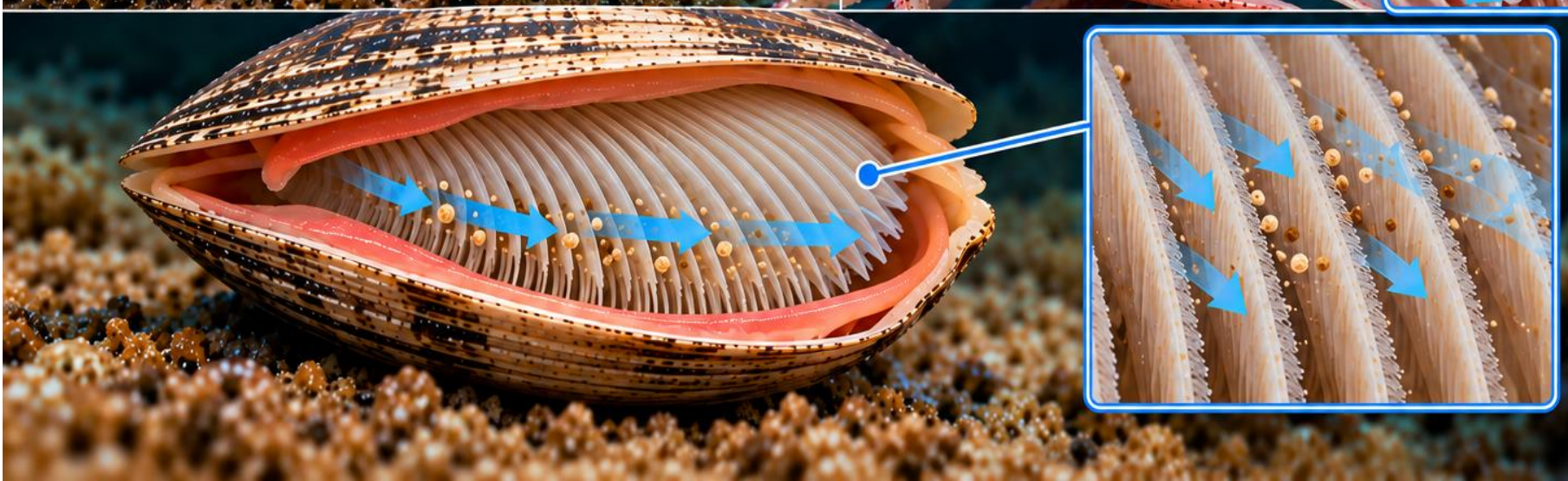

Gastropoda
Bivalvia
Cephalopoda
Scaphopoda
Polyplacophora
Monoplacophora
Aplacophora

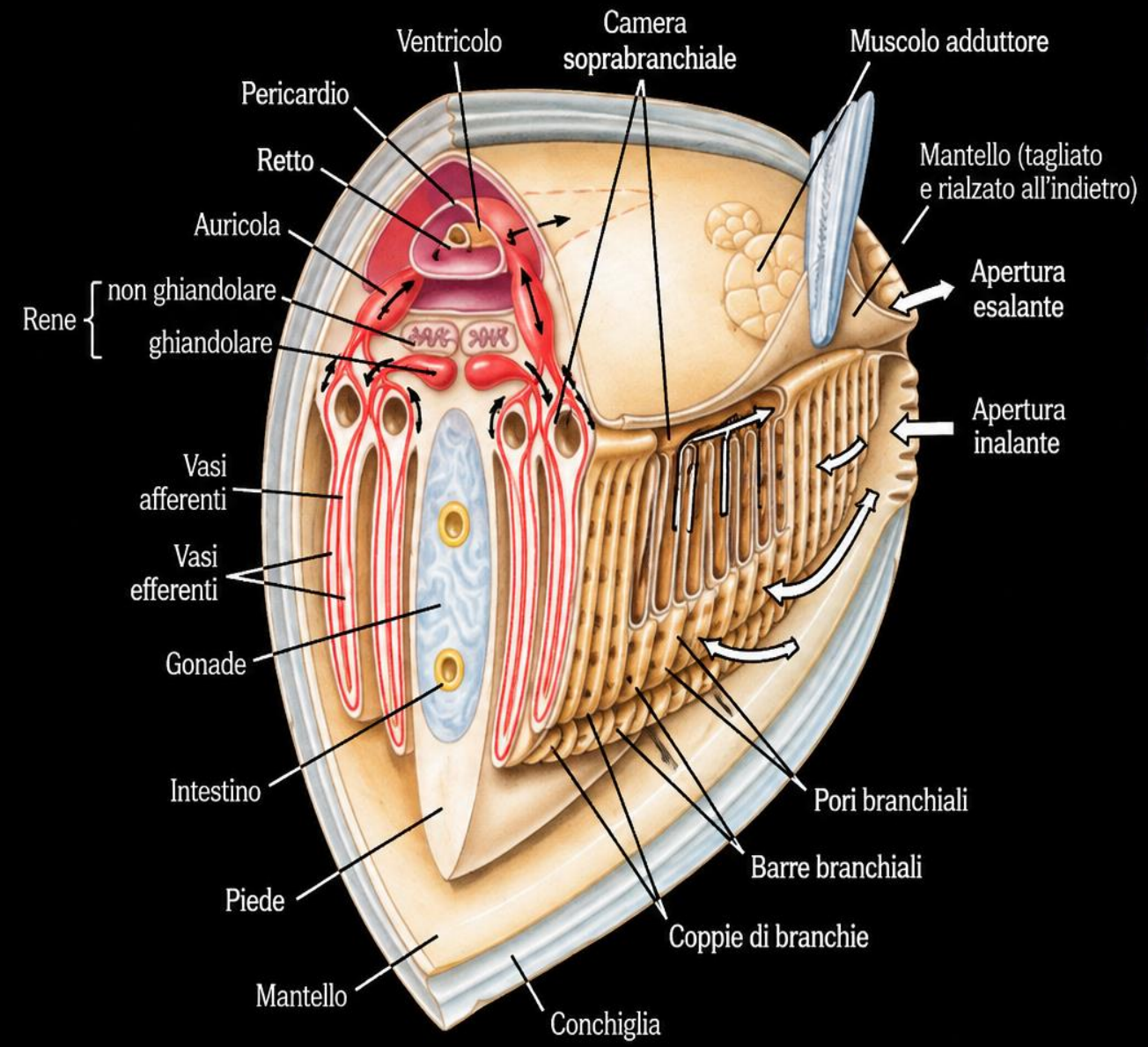
Branchie e respirazione

Le branchie dei molluschi **(ctenidi)** sono generalmente a forma di pettine o lanceolata. I bivalvi **non hanno la radula** e si alimentano per **filtrazione muco-ciliare** utilizzando **branchie lamellari** differenti dagli ctenidi.








Ventricolo
Camera soprabranchiale
Muscolo adduttore
Pericardio
Retto
Mantello (tagliato e rialzato all'indietro)
Auricola
Apertura esalante
Rene
non ghiandolare
ghiandolare
Apertura inalante
Vasi afferenti
Vasi efferenti
Gonade
Intestino
Pori branchiali
Barre branchiali
Piede
Coppie di branchie
Mantello
Conchiglia



Gasteropodi polmonati



Classificazione dei Molluschi

Phylum Mollusca

Phylum di animali celomati i cui membri posseggono un capo-piede, una massa viscerale, un mantello e una cavità del mantello.
La maggior parte dei molluschi posseggono inoltre una radula e una conchiglia calcarea. Quasi 100.000 specie.



Classe Aplacophora

Molluschi fossori, vermiformi, privi di conchiglia, mantello e piede; capo poco sviluppato. Marini. Circa 250 specie. *Neomenia.*



Classe Monoplacophora

Molluschi con una conchiglia a scudo conico; piede largo e piatto; alcune strutture ripetute serialmente. Marini. *Neopilina.*



Classe Polyplacophora

Corpo allungato, appiattito dorso-ventralmente; capo di piccole dimensioni; conchiglia costituita da 8 piastre dorsali. Marini, viventi su substrati rocciosi intertidali. *Chiton.*



Classe Scaphopoda

Corpo racchiuso in una conchiglia tubulare aperta a entrambe le estremità; tentacoli usati per l'alimentazione detritivora; assenza di capo. Marini. Oltre 300 specie. *Dentalium.*



Classe Bivalvia

Corpo racchiuso in una conchiglia costituita da due valve, articolate dorsalmente; assenza di capo e di radula; piede a forma di scure. Marini e d'acqua dolce. Circa 30.000 specie. *Mytilus, Venus.*



Classe Gastropoda

Conchiglia, se presente, generalmente avvolta a spirale; simmetria del corpo alterata dalla torsione; alcune specie sono ermafrodite. Marini, d'acqua dolce e terrestri.
Oltre 35.000 specie. *Cypraea, Murex, Helix.*



Classe Cephalopoda

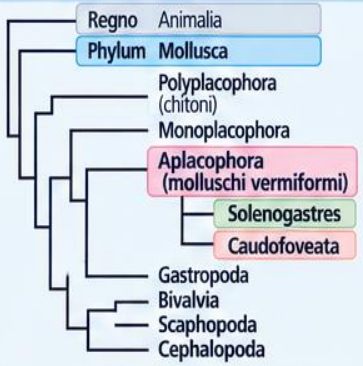
Piede modificato in una corona di tentacoli e in un imbuto; conchiglia concamerata, ridotta o assente; capo allineato con la massa viscerale allungata. Marini. *Nautilus, Loligo, Sepia, Octopus.*



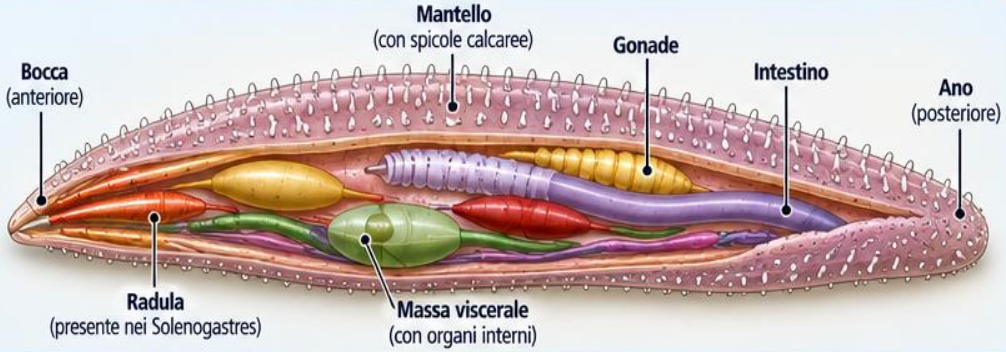
Gli Aplacophora (Molluschi vermiformi)

Gli Aplacophora sono un clade di molluschi marini privi di guscio, con il corpo rivestito da una cuticola di spicole calcaree, che comprende due principali gruppi: Solenogastres e Caudofoveata. Vivono nei sedimenti marini, dalla zona costiera alle grandi profondità, e si nutrono principalmente di cnidari (Solenogastres) o di materia organica del sedimento (Caudofoveata).

Posizione tassonomica

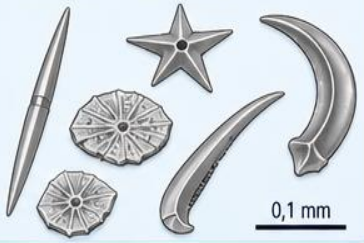


Morfologia generale di un aplacoforo



Spicole della cuticola

La cuticola del corpo è rinforzata da spicole calcaree (di carbonato di calcio) di varie forme, prodotte dal mantello. Le spicole proteggono l'animale e ne conferiscono rigidità.



Solenogastres



Esempio di Solenogastres
(*Heterosolen sp.*)

- Corpo cilindrico, allungato, senza piega caudale.
- Vivono sul fondo marino, spesso associati a cnidari (coralli, gorgonie, anemoni), di cui si nutrono.
- Possiedono una radula, utilizzata per perforare i tessuti delle prede.
- Cuticola con spicole calcaree di forme diverse (aghi, stelle, scaglie, placche).
- Si muovono strisciando con un sottile piede ventrale.
- Dimensioni: pochi millimetri a diversi centimetri (fino a 10–15 cm).
- Generi rappresentativi: *Neomenia, Paramenia, Solenogaster, Heterosolen.*

Dettagli



Bocca con radula
(vista anteriore)



Spicole calcaree di varie forme

0,1 mm

Caudofoveata



Esempio di Caudofoveata
(*Chaetoderma sp.*)

- Corpo cilindrico, con una piega caudale posteriore evidente (lobo caudale o "coda"), spesso rivolta dorsalmente durante il movimento.
- Tipicamente fossori, vivono infossati nei sedimenti marini, talvolta a grandi profondità.
- Privi di radula; si nutrono di microorganismi e materia organica del sedimento.
- Cuticola con spicole calcaree prevalentemente a forma di uncini.
- Si muovono strisciando, senza un vero piede locomotore evidente.
- Dimensioni: pochi millimetri a alcuni centimetri (generalmente < 5 cm).
- Generi rappresentativi: *Chaetoderma, Falcidens, Prochaetoderma.*

Dettagli



Estremità posteriore con lobo caudale



Spicole calcaree prevalentemente a uncino

0,1 mm

Confronto tra Solenogastres e Caudofoveata

Carattere	Solenogastres	Caudofoveata
Posizione tassonomica	Classe Solenogastres, all'interno dia Aplacophora (Phylum Mollusca)	Classe Caudofoveata, all'interno dia Aplacophora (Phylum Mollusca)
Forma del corpo	Cilindrico, allungato, senza piega caudale	Cilindrico, con piega caudale posteriore (lobo caudale)
Radula	Presente	Assente
Alimentazione	Principalmente cnidari (coralli, gorgonie, anemoni)	Microorganismi e materia organica del sedimento
Habitat	Su fondi marini, spesso associati a cnidari; talvolta profondi	Infossati nei sedimenti marini, spesso a grandi profondità
Piede	Sottile piede ventrale per la locomozione	Non evidente; movimento per contrazioni del corpo
Spicole della cuticola	Varie forme: aghi, stelle, scaglie, placche	Prevalentemente a forma di uncini
Dimensioni	Pochi mm – fino a 10–15 cm	Pochi mm – generalmente < 5 cm
Esempi di generi	*Neomenia, Paramenia, Solenogaster, Heterosolen*	*Chaetoderma, Falcidens, Prochaetoderma*

Monoplacophora

Molluschi marini con una sola conchiglia

I Monoplacophora sono un piccolo gruppo di molluschi marini con una sla conchiglia, a forma di cappuccio o cono basso, che vivono sui fondi marini, generalmente a grandi profondità. Rappresentano una linea evolutiva antica e distinta all'interno del phylum Mollusca.

Aspetto generale



Neopilina galatheae (Atlantico nord-orientale, ~1000 m)

Conchiglia unica





Dettaglio della scultura della conchiglia (Microscopia elettronica)

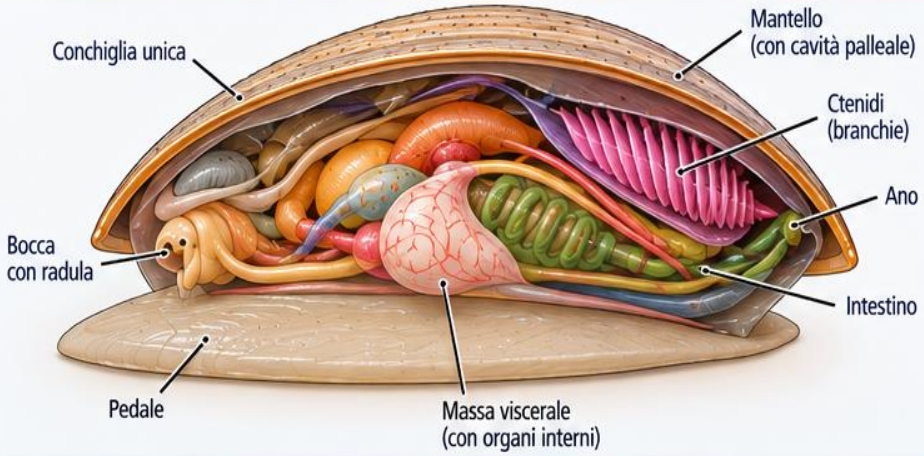
- Conchiglia unica, a forma di cappuccio o cono basso.
- Composta principalmente da carbonato di calcio (aragonite) con uno strato organico esterno (periostraco).
- Presenta linee di accrescimento concentriche.
- Non è avvolta a spirale come nei gasteropodi, ma simmetrica e non coiled.

Distribuzione geografica



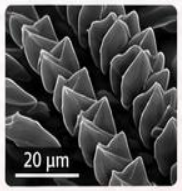
- Distribuzione cosmopolita, ma con segnalazioni discontinue.
- Vivono sui fondi marini, generalmente tra 200 e oltre 6000 m di profondità (più frequenti tra 500 e 4000 m).
- Sono rari e difficili da campionare.

Organizzazione generale



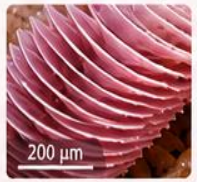
Dettagli anatomici

Radula



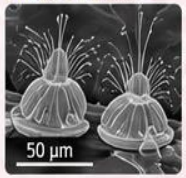
- Radula con denti piccoli e numerosi.
- Adatta alla raschiatura del sedimento (alimentazione detritivora o su biofilm microbici).

Branchia (ctenidio)



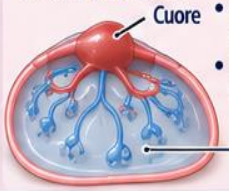
- Due ctenidi nel lato destro della cavità del mantello.
- Lamelle disposte in serie per lo scambio gassoso.

Organi di senso



- Cigli sensoriali sul margine del mantello.
- Statocisti per l'equilibrio.
- Ocelli semplici, quando presenti.

Sistema circolatorio



- Cuore con 1 ventricolo e 2–4 atri (variabile tra i generi).
- Circolazione aperta (emolinfa in seni emocoelici).

Alimentazione ed ecologia



- Si nutrono principalmente di materia organica del sedimento (detrito, biofilm microbici, microalghe, foraminiferi e altri microrganismi).
- Usano la radula per raschiare e ingerire il sedimento.
- Vivono sui fondi marini, spesso parzialmente infossati.
- Crescita lenta e bassa densità di popolazione.

Generi principali (esempi)



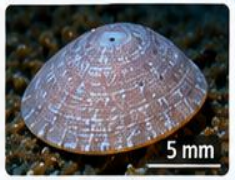
Neopilina



Veleropilina



Micropilina



Tryblidium

Polyplacophora (Chitoni)

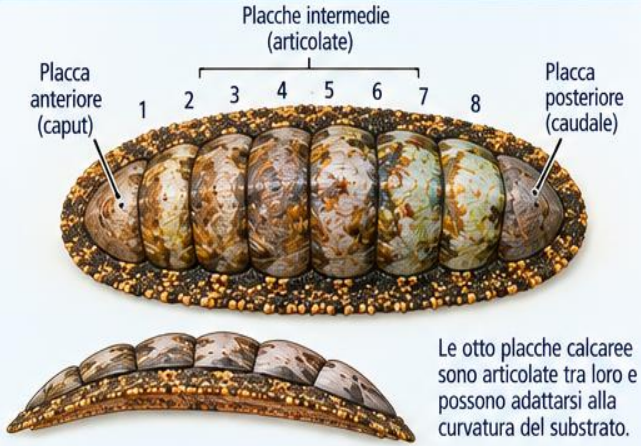
I poliplacofori (o chitoni) sono molluschi marini con un corpo appiattito protetto da uno scudo dorsale composto da otto placche calcaree articolate. Vivono soprattutto su fondi duri (scogli, rocce) nelle zone costiere e si nutrono raschiando alghe e bioifilm con una radula.

Aspetto generale



Chiton olivaceus

Scudo dorsale



Le otto placche calcaree sono articolate tra loro e possono adattarsi alla curvatura del substrato.

Distribuzione geografica



Presenti in tutti i mari del mondo:

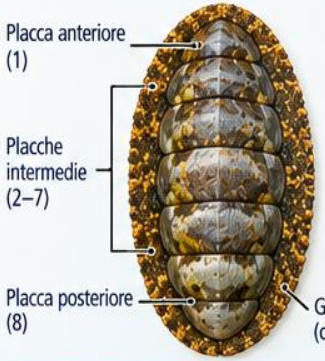
- zone costiere rocciose
- fascia intertidale e sublitorale
- dalla zona temperata a quella tropicale
- poche specie a grandi profondità



Chiton olivaceus — *Acanthochitona crinita* — *Cryptochiton stelleri*

Organizzazione generale (vista dorsale e ventrale)

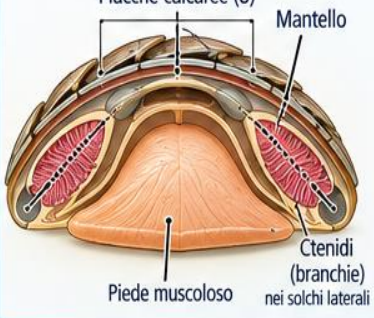
Vista dorsale



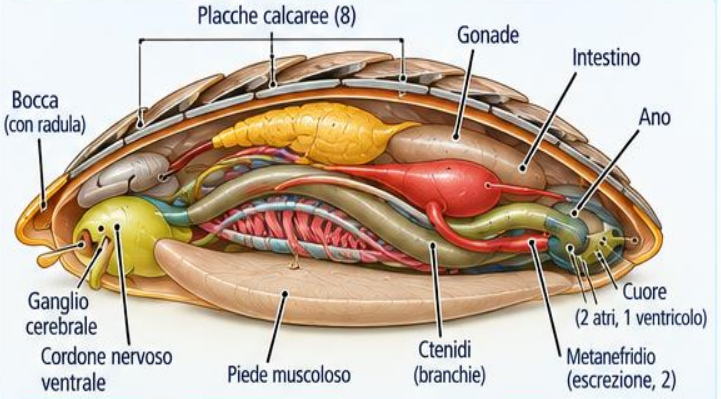
Vista ventrale



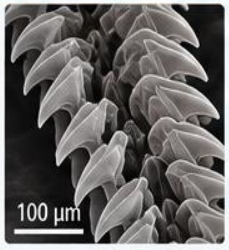
Sezione trasversale (schema)



Anatomia interna (vista laterale, schema)



Radula e alimentazione

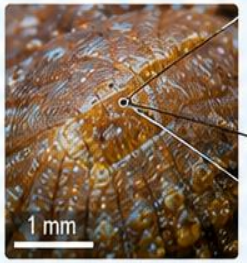


- Radula con denti robusti e mineralizzati, di forma cuspidata.
- Usata per raschiare alghe, diatomee e biofilm dalle superfici rocciose.
- Alimentazione prevalentemente erbivora.

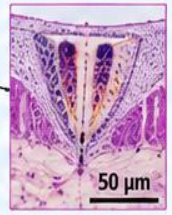


Chitone in alimentazione su alghe epilitiche

Organi di senso: esteti



Estete (sezione)

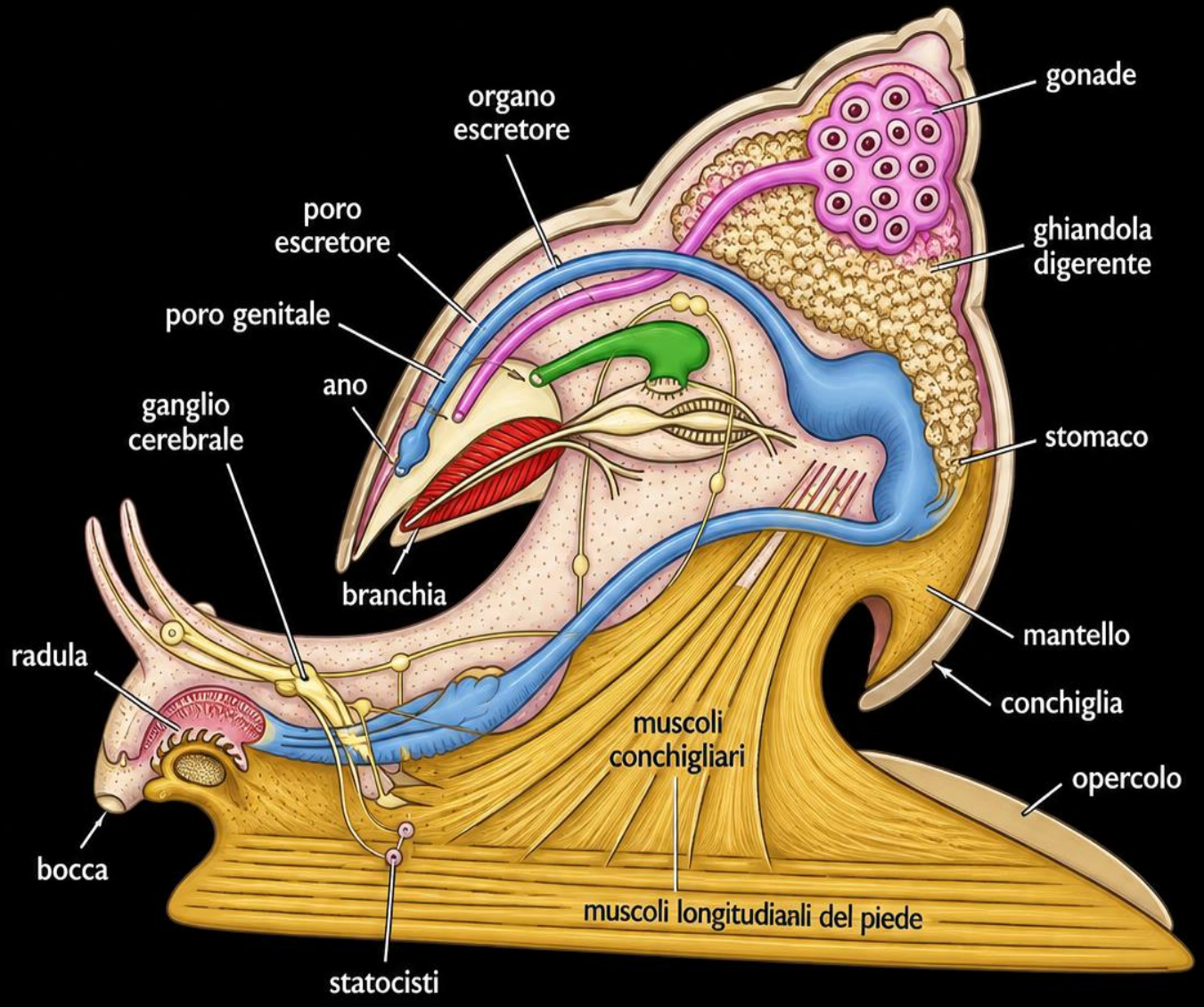


- Sulle placche sono presenti numerosi esteti (organi di senso), costituiti da una piccola fossa contenente cellule sensoriali (ciliari e chemiosensoriali).
- Funzioni: percezione di luce, movimenti, sostanze chimiche e vibrazioni nell'ambiente circostante.

Caratteri principali

- Corpo appiattito dorsoventralmente.
- Scudo dorsale di otto placche calcaree articolate.
- Ampio piede muscoloso per l'adesione al substrato.
- Mantello con cintura (girdle) che circonda le placche.
- Numerose branchie (ctenidi) nei solchi laterali.
- Radula raspa per l'alimentazione su alghe.
- Sistema nervoso cordale.
- Cuore con due atri e un ventricolo.
- Due metanefridi per l'escrezione.
- Vita bentonica su fondi duri, dalle zone intertidali a grandi profondità.

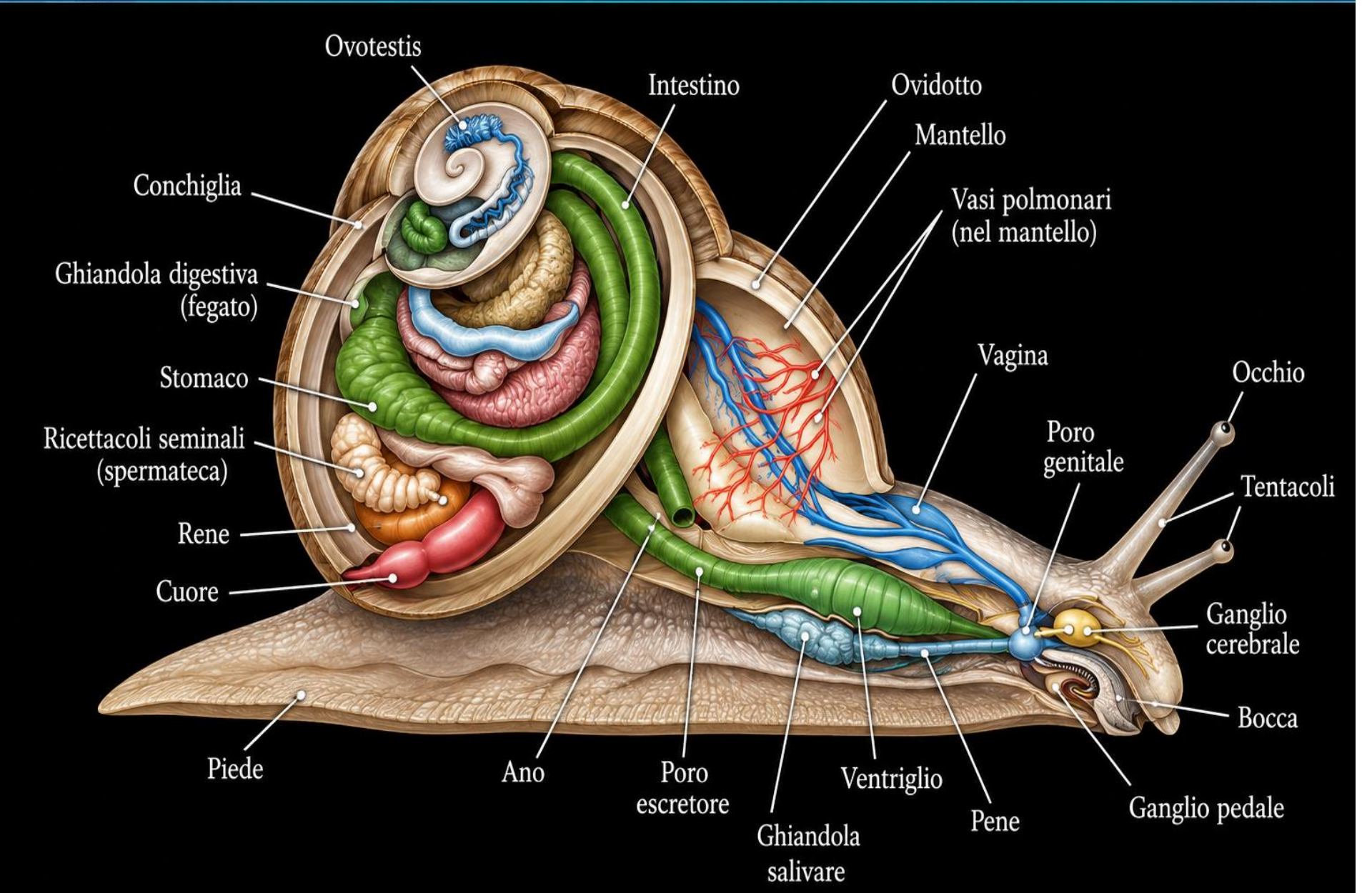
Gasteropodi (piede ventrale)



Due caratteristiche

Torsione del sacco dei visceri e **spiralizzazione** della conchiglia

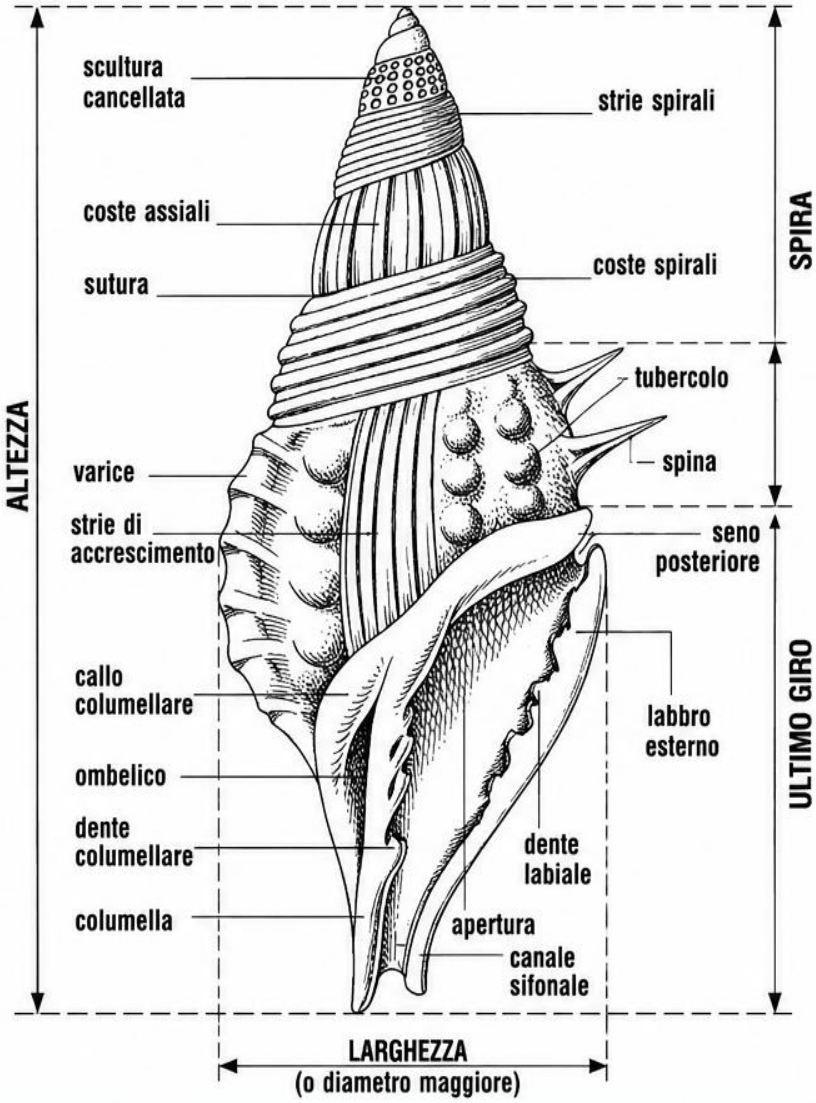
La cavità palleale si trova **sopra il capo**


Ovotestis
Intestino
Ovidotto
Mantello
Conchiglia
Vasi polmonari
(nel mantello)
Ghiandola digestiva
(fegato)
Vagina
Occhio
Stomaco
Poro
genitale
Ricettacoli seminali
(spermateca)
Tentacoli
Rene
Cuore
Ganglio
cerebrale
Bocca
Piede
Ano
Poro
escretore
Ghiandola
salivare
Ventriglio
Pene
Ganglio pedale

Descrizione delle componenti della conchiglia dei gasteropodi



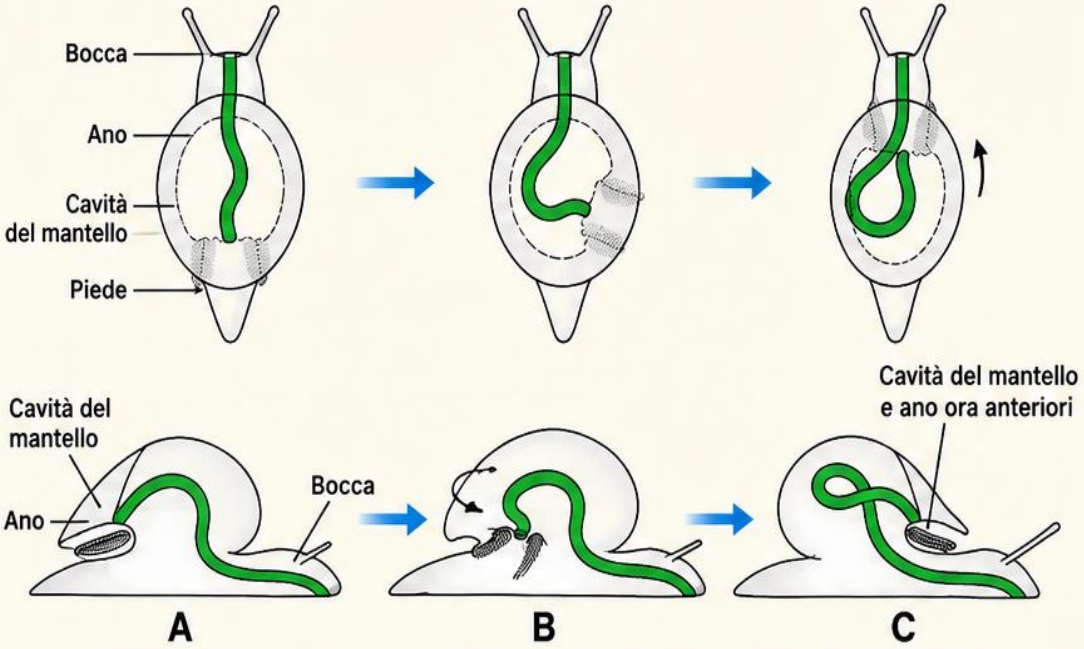




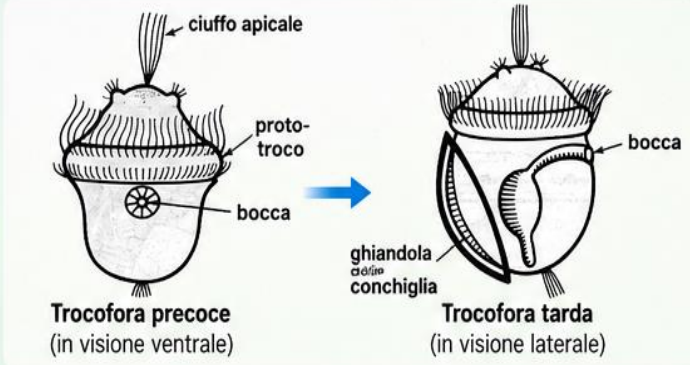
La torsione nei gasteropodi

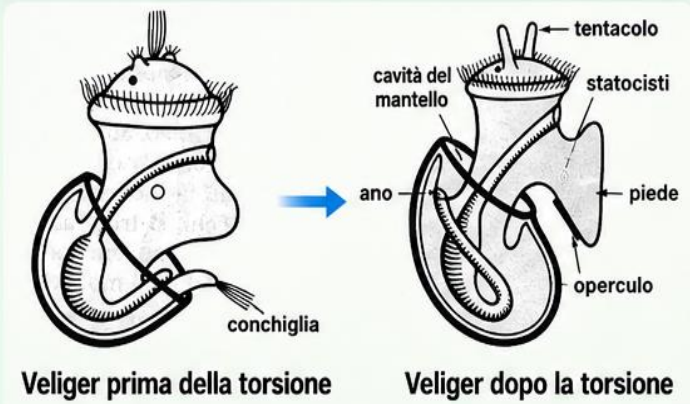
La torsione nei gasteropodi è un processo di rotazione di 180 gradi della massa viscerale durante lo stadio larvale che sposta l'ano e la cavità del mantello dalla parte posteriore a quella anteriore, sopra la testa. Questo adattamento evolutivo, che porta a una compressione della massa viscerale, consente ai gasteropodi di ritirarsi più facilmente e completamente all'interno della conchiglia per protezione e controllo ambientale.

Fasi della torsione

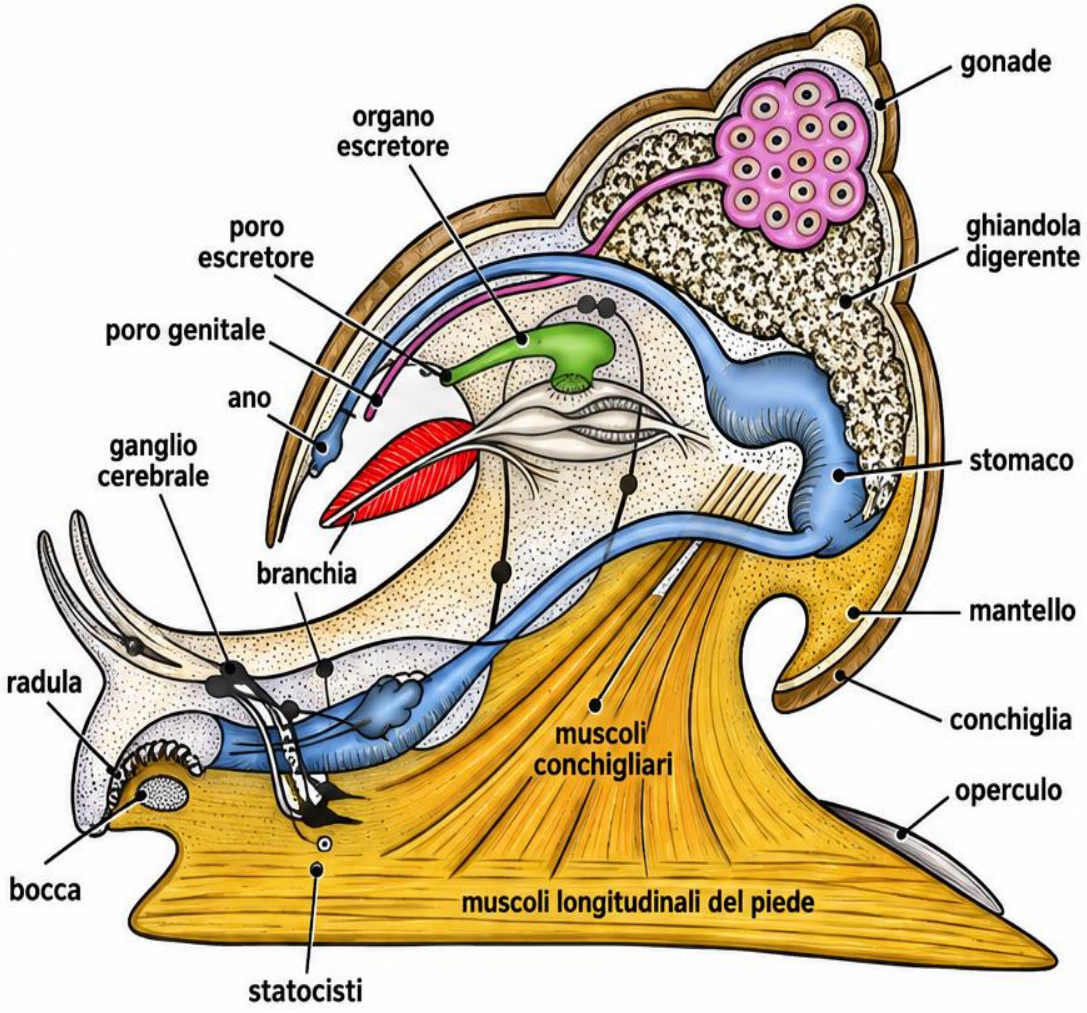


Evidenza anatomica nella conchiglia





Spiralizzazione



Spiralizzazione

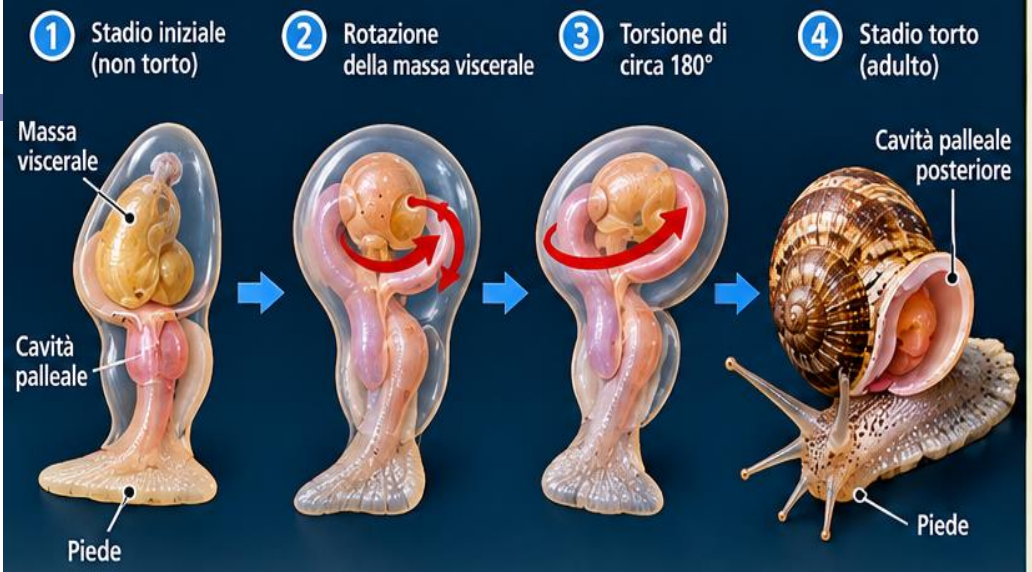
La spiralizzazione è un processo distinto dalla torsione. Permette la **compattazione del corpo**, ma richiede la **riduzione degli organi di un lato del corpo** (di solito il destro).

Conseguenze anatomiche

La presenza di **una sola branchia** nella cavità palleale lascia più spazio per una migliore circolazione dell'acqua.

Torsione

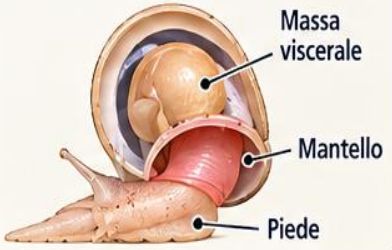
La **torsione** è una rotazione di circa 180° della massa viscerale, del mantello e della cavità palleale rispetto al piede e alla testa, durante lo sviluppo larvale.

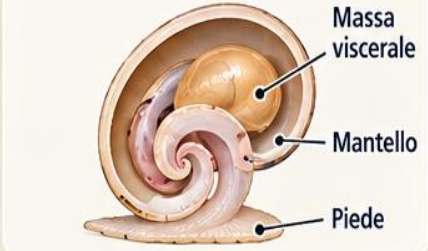


Spiralizzazione

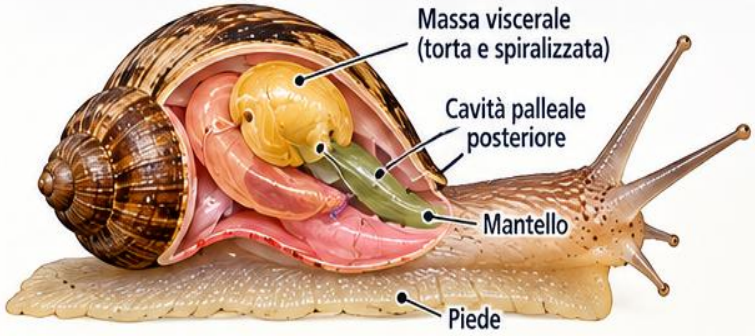
La **spiralizzazione** è l'avvolgimento a spirale della conchiglia attorno alla massa viscerale, dovuto alla crescita asimmetrica del mantello e alla deposizione della conchiglia.







Effetto combinato di torsione e spirralizzazione nell'adulto



Vista laterale (parti molli)



Vista dorsale (apertura della cavità palleale)

Nei gasteropodi la torsione ruota la massa viscerale, il mantello e la cavità palleale di circa 180° rispetto al piede e alla testa.

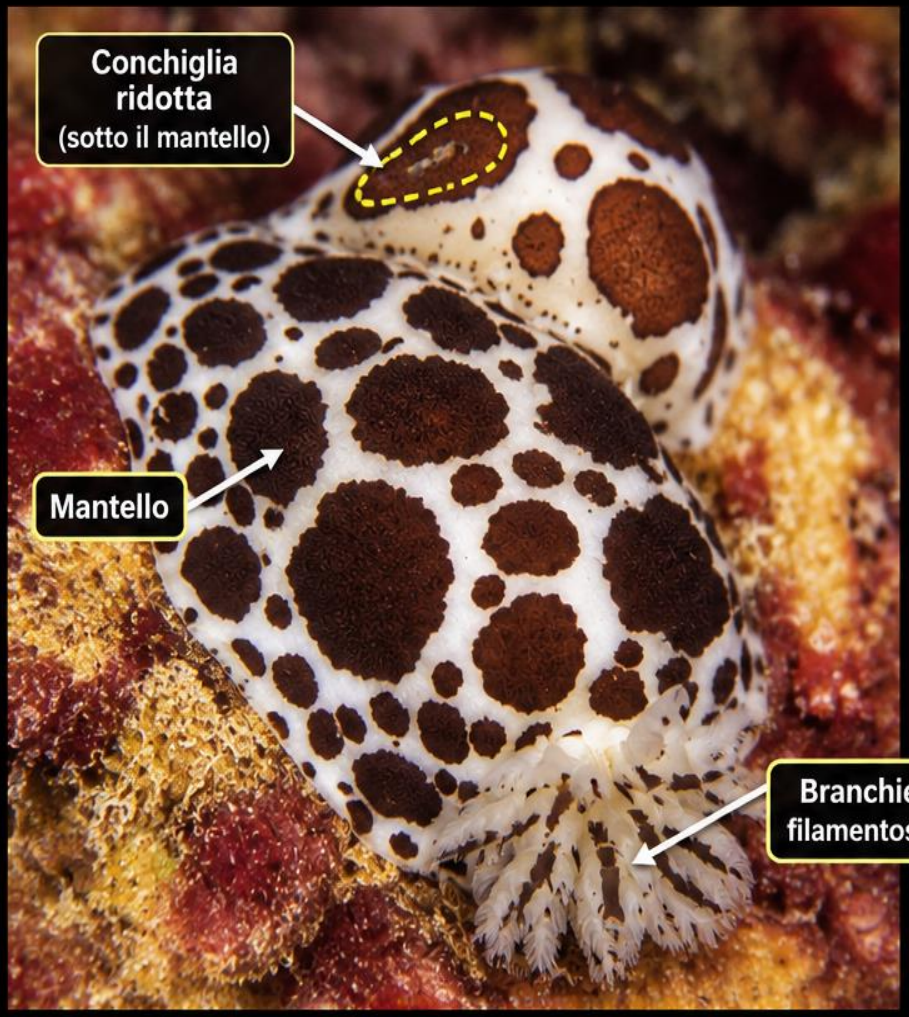
Successivamente, la crescita asimmetrica del mantello determina la spiralizzazione della conchiglia attorno alla massa viscerale.

Nell'adulto, la conchiglia avvolta e la cavità palleale si trovano posteriormente rispetto alla testa, mentre il piede rimane ventrale e anteriore.

Spiralizzazione destrorsa (crescita della conchiglia in senso orario)



Detorsione e riduzione della conchiglia



- **La Detorsione:** È il processo inverso, in cui gli organi subiscono una rotazione parziale o totale all'indietro (in senso orario), tornando verso una condizione di maggiore simmetria originaria.
- **Chi la presenta:** La detorsione si osserva soprattutto negli Heterobranchia, in particolare negli **Opisthobranchia** (come le lumache di mare e le lepri di mare) e in alcuni polmonati. Spesso si accompagna alla riduzione o alla perdita della conchiglia.

2. La Riduzione della Conchiglia

La conchiglia calcarea (prodotta dal mantello) non è uniforme in tutti i molluschi e, in molti gruppi, ha subito una regressione evolutiva legata a nuove esigenze di stile di vita, mobilità o nuoto:

- **Nei Gasteropodi (es. Opisthobranchia):** Con la detorsione, la conchiglia tende a ridursi progressivamente, a diventare interna (es. in alcune specie nascosta sotto il mantello) o a scomparire del tutto (nudibranchi), favorendo una maggiore flessibilità e agilità nel nuoto o nella strisciata.

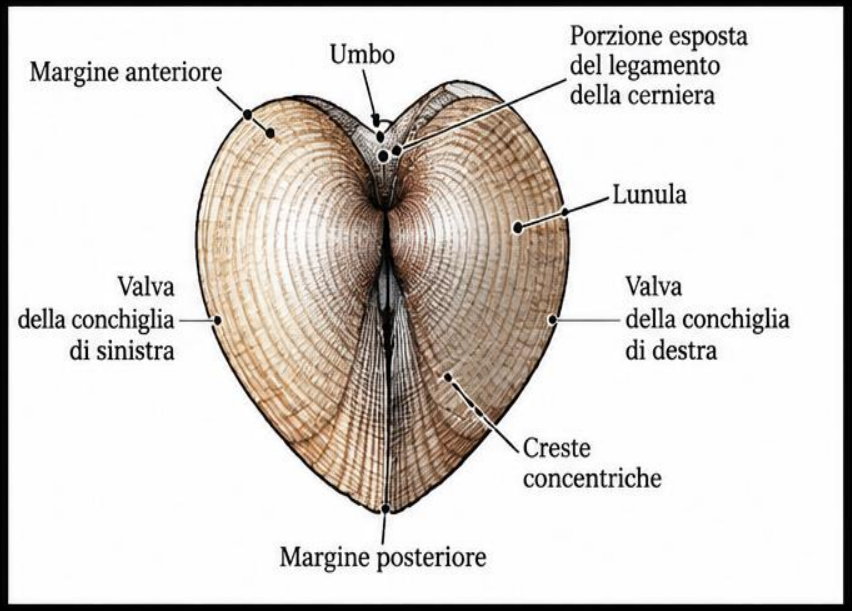
Opistobranchi (=branchie dietro)

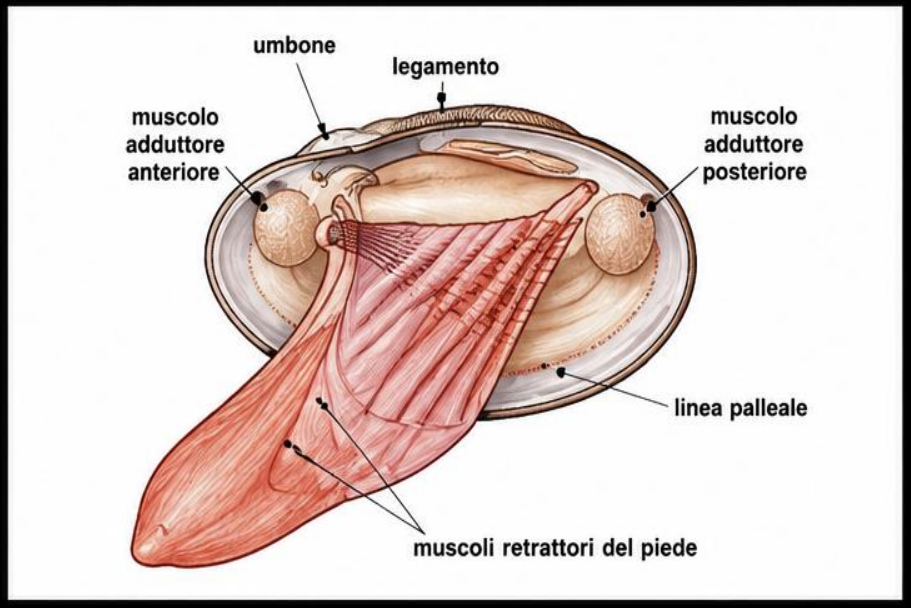


I Bivalvi

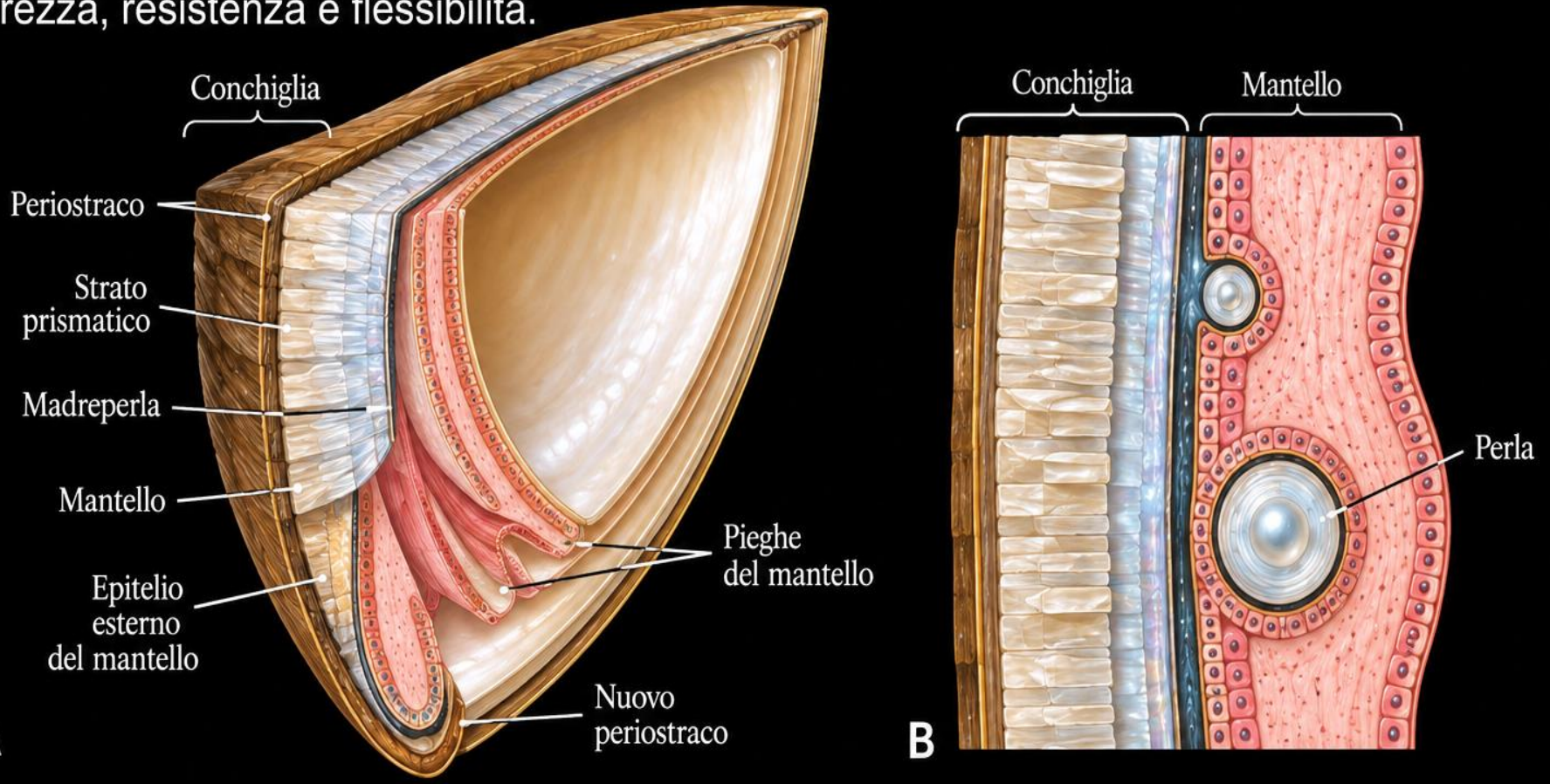


- **Conchiglia a due valve:** Il corpo è racchiuso da un guscio calcareo diviso in due parti speculari (chiamate *valve*), unite nella parte dorsale da una cerniera elastica e tenute chiuse da uno o due muscoli adduttori.
- **Assenza del capo:** Sono privi di un capo differenziato (per questo chiamati ***acefali***), privi di occhi complessi, tentacoli o radule.
- **Alimentazione per filtrazione:** Sono animali acquatici (prevalentemente marini, ma anche d'acqua dolce) e si nutrono filtrando l'acqua attraverso le branchie (ctenidi), trattenendo le particelle di cibo.
- **Mobilità ridotta:** Vivono per lo più sul fondale (***bentonici***), fissati alle rocce (tramite il bisso, come le cozze) o infossati nella sabbia grazie a un piede muscolare (come le vongole).





Una conchiglia è composta da tre strati:
il **periostraco** (esterno, proteico e ruvido), lo **strato prismatico** (intermedio, solido, formato da cristalli di calcite) e l'**ipostraco o strato madreperlaceo** (interno, liscio, cangiante, formato da lamelle di aragonite). La secrezione del guscio avviene tramite il mantello dell'animale, che deposita questi strati in modo da conferire alla conchiglia durezza, resistenza e flessibilità.



La formazione di una perla nei molluschi è un meccanismo di difesa che si innesca quando un corpo estraneo, come un granello di sabbia o un parassita, entra nel guscio dell'animale. In risposta, il mollusco secerne strati concentrici di madreperla (un materiale composto da carbonato di calcio e conchiolina) intorno all'intruso, creando la perla nel corso di anni.

Il processo di formazione

1 Entrata del corpo estraneo



Un corpo estraneo, come un parassita, un granello di sabbia o un pezzo di conchiglia, si infila all'interno del guscio del mollusco.

2 Reazione di difesa



L'animale, per proteggersi e isolare l'irritazione, secerne un rivestimento di madreperla attorno all'oggetto estraneo.

3 Stratificazione



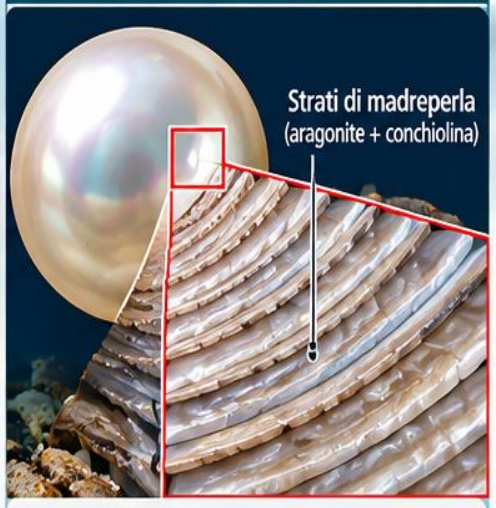
Il processo di secrezione continua, depositando strati successivi di madreperla, che si accumulano gradualmente e formano la perla. Questo processo può durare molti anni.

4 Perla formata



Si ottiene una perla formata da strati concentrici di madreperla.

Struttura della perla



La madreperla è un materiale organico composto principalmente da cristalli di aragonite (carbonato di calcio) e conchiolina, una proteina. La struttura stratificata conferisce alla perla la sua iridescenza e lucentezza.

Differenza tra perle naturali e di coltura

Perle naturali



Si formano spontaneamente in natura senza intervento umano. Sono rare e si formano solo in specifiche condizioni ambientali.

Perle di coltura

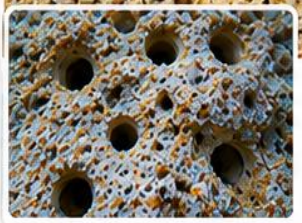


La loro formazione viene provocata dall'intervento umano, che inserisce deliberatamente un corpo estraneo (spesso un nucleo sferico e un pezzo di tessuto del mantello) nell'organismo del mollusco per avviare il processo. Il mollusco poi riveste il nucleo e lo trasforma in una perla di coltura.

Esempi di bivalvi Mediterranei

Lithophaga lithophaga





Habitat: rocce calcaree del piano infralitorale

Profondità: 0–20 m

Mytilus galloprovincialis





Habitat: coste rocciose, banchine, strutture artificiali

Profondità: 0–10 m

Chamelea gallina





Habitat: fondi sabbiosi e sabbioso-fangosi costieri

Profondità: 0–50 m

Ostrea edulis





Habitat: fondi rocciosi, praterie di Posidonia, lagune costiere

Profondità: 0–30 m

Venus verrucosa





Habitat: fondi sabbiosi e fangosi costieri

Profondità: 5–70 m

Callista chione





Habitat: fondi sabbiosi e sabbioso-fangosi

Profondità: 10–100 m

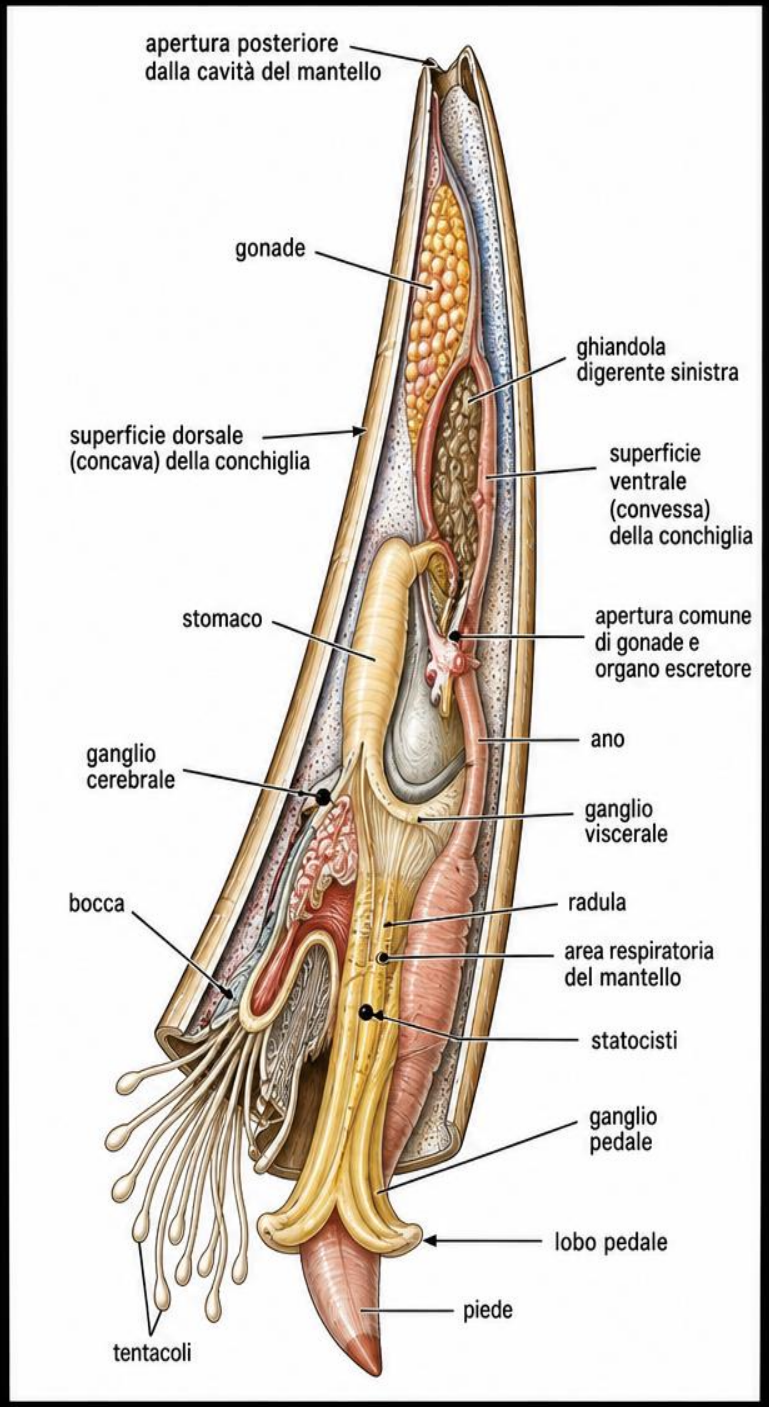
Scafopodi

Tutti marini: vivono col piede affondato nel fango e con l'apertura della conchiglia rivolta verso l'alto.
Si nutrono prevalentemente di Foraminiferi.
Gli Scafopodi hanno sessi separati; la gonade unica si unisce al rene destro e per mezzo di questo i gameti vengono versati nella cavità del mantello. La fecondazione è esterna



Scafopodi

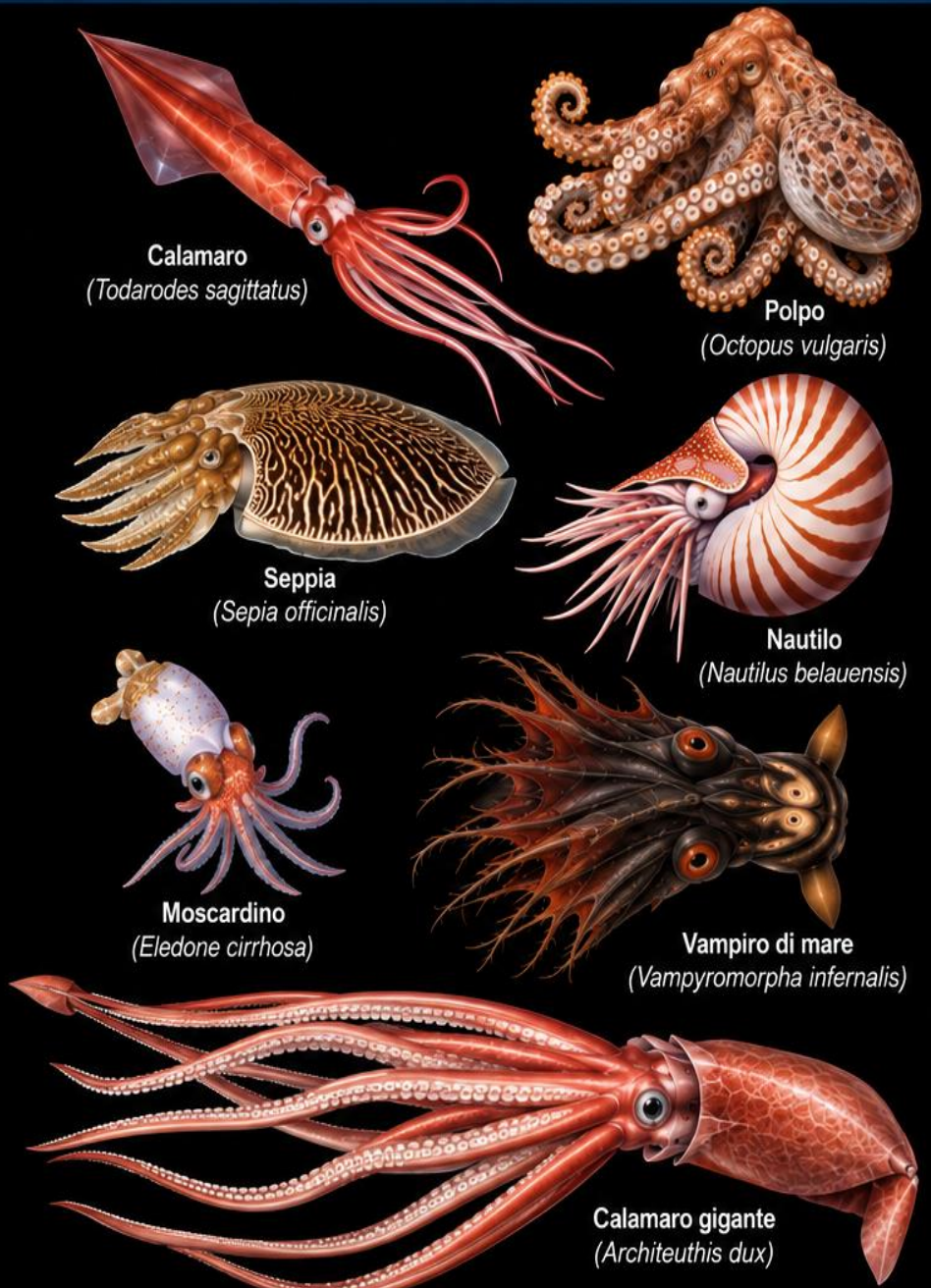
Gli scafopodi sono caratterizzati da un corpo simmetrico e il sacco dei visceri allungato, leggermente incurvato ma senza avvolgimento a spirale.
Il mantello e la conchiglia sono cilindrici o tubulari con l'apertura basale più ampia e quella terminale più piccola; il piede è allungato e cilindrico.
Dall'apertura basale della conchiglia, insieme al piede, sporge un ciuffo di cirri filiformi (*captacoli*) che terminano a clava; essi sono portati da due lobi cutanei e fungono da organi tattili o adesivi.
La bocca è munita di radula, di mascelle e ghiandole.
Il tubo digerente è distinto in un esofago, uno stomaco in cui sbocca l'epatopancreas e in un intestino che termina nella cavità del mantello.
Le branchie sono assenti e la respirazione è cutanea.
Il cuore è rudimentale, privo di atrio. Mancano vasi e la circolazione è puramente lacunare. Vi sono due reni privi di nefrostoma e non connessi con la cavità pericardica.
Il sistema nervoso comprende gangli cerebrali, boccali, plurali, pedali e viscerali. Mancano occhi e tentacoli, ma sono presenti statocisti e organi gustativi. I cirri portano cellule sensitive.



Cefalopodi

I **cefalopodi** (*Cephalopoda*, dal greco κεφαλή (*kephalé*) = testa e πούς (*poús*) = piede) sono esclusivamente marini. Alcuni hanno abitudini nectoniche, come i calamari e i nautili, altri hanno abitudini più bentoniche come i polpi e le seppie.

Sono caratterizzati dalla presenza di braccia e da, tranne i Nautiloida, una conchiglia ridotta internamente o del tutto assente.



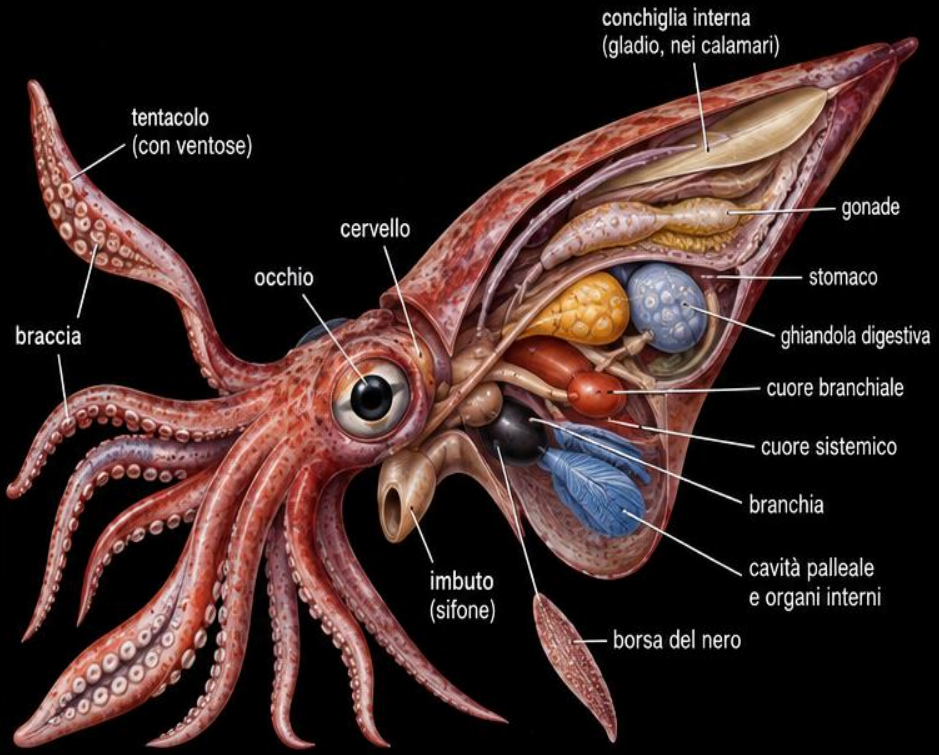
Cefalopodi

Anatomia generale

- **Capo e occhi:** Il capo è ben sviluppato e ospita un cervello complesso e occhi evoluti, strutturalmente simili a quelli dei vertebrati (pur avendo un'origine evolutiva diversa).
- **Braccia e tentacoli:** Il piede ancestrale si è trasformato in una corona di braccia o tentacoli provvisti di ventose (8 braccia nei polpi; 8 braccia più 2 tentacoli allungati nelle seppie e nei calamari).
- **Imbuto (o sifone):** Una struttura muscolare derivata dal piede che permette la propulsione a getto, espellendo l'acqua proveniente dall'ampia cavità palleale.
- **Conchiglia:** Può essere esterna e concamerata (come nel *Nautilus*), interna e calcarea (l'osso di seppia), interna e proteica/cartilaginea (il gladio dei calamari), oppure del tutto assente (nei polpi adulti).
- **Borsa del nero:** Una ghiandola che secerne un liquido scuro (melanina) espulso per creare una cortina fumogena e sfuggire ai predatori.

Biologia e fisiologia

- **Sistema circolatorio chiuso:** A differenza della maggior parte dei molluschi (che hanno un sistema aperto), i cefalopodi possiedono un sistema circolatorio chiuso ad alta efficienza. Usano l'emosianina (a base di rame, che rende il sangue blu) come pigmento respiratorio e dispongono di 3 **cuori** (un cuore sistemico principale e due cuori branchiali).
- **Sistema nervoso e intelligenza:** Hanno il sistema nervoso più sviluppato tra gli invertebrati, con un cervello centralizzato e gangli periferici lungo le braccia.
- **Mimetismo e cromatofori:** La loro pelle contiene cellule pigmentate chiamate cromatofori, controllate dal sistema nervoso, che permettono di cambiare colore e tessitura in una frazione di secondo per mimetizzarsi o comunicare.
- **Alimentazione e riproduzione:** Sono tutti predatori carnivori. I sessi sono separati e la riproduzione prevede spesso la fecondazione interna tramite un braccio modificato del maschio (ectocotilo).



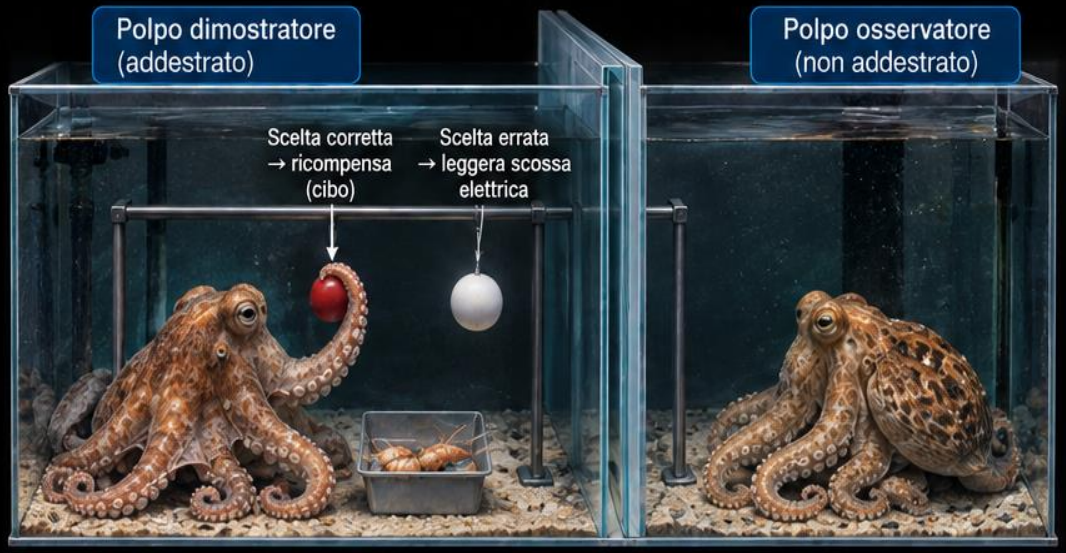
Esempi di cefalopodi



1. L'esperimento biologico: L'apprendimento per imitazione

(Fiorito e Scotto, 1992)

Il celebre studio biologico condotto dai ricercatori Graziano Fiorito e Pietro Scotto alla Stazione Zoologica di Napoli ha dimostrato per la prima volta che i polpi sono capaci di apprendimento sociale, ovvero possono imparare un compito semplicemente osservando i propri simili.



L'esperimento

Un gruppo di polpi ("dimostratori") è stato addestrato a scegliere tra due palline di colore diverso (una rossa e una bianca). Se sceglievano la pallina rossa ricevevano una ricompensa in cibo, se sceglievano quella bianca ricevevano una leggera scossa elettrica.

L'emulazione

Un secondo gruppo di polpi ("osservatori"), che non aveva mai fatto questo addestramento, è stato posizionato in una vasca adiacente, separato solo da una lastra di vetro trasparente. Dopo aver guardato i polpi addestrati compiere la scelta corretta per alcune sessioni, gli osservatori sono stati messi alla prova: hanno emulato immediatamente il comportamento dei dimostratori, scegliendo la pallina rossa senza commettere errori e senza bisogno di incentivi o punizioni preventive.



Perché è importante

Fino ad allora si pensava che l'apprendimento per imitazione fosse un'esclusiva dei mammiferi e degli uccelli superiori. I polpi sono animali solitari che non vivono in contesti sociali, il che rende questa innata capacità di emulazione visiva ancora più straordinaria. Esperimenti simili sono stati replicati con successo anche chiedendo ai polpi di svitare barattoli o aprire biberon per raggiungere il cibo.



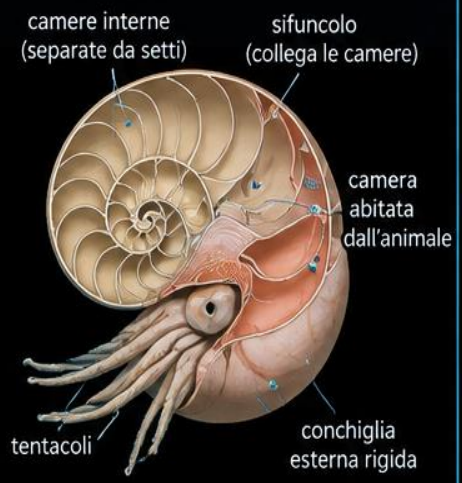
Nautilus e Argonauta: due "conchiglie" molto diverse

La differenza principale tra la conchiglia dell'argonauta e quella del nautilo riguarda la loro natura biologica, la struttura e la funzione.

Nautilus *(Nautilidae)*



Nautilus belauensis



- **Che cos'è:** è una vera e propria conchiglia esterna rigida, fatta di carbonato di calcio (aragonite).
- **Struttura interna:** è divisa in camere separate da setti. L'animale vive solo nella camera più esterna, mentre le camere interne sono collegate da un tubicino (sifuncolo) che regola la quantità d'acqua e di gas per controllare il galleggiamento.
- **Animale:** il nautilo è un cefalopode primitivo (ordine dei Nautilidi) con decine di tentacoli, e non può separarsi dalla sua conchiglia senza morire.

Argonauta *(Argonauta argo)*



Femmina di *Argonauta* con la sua ooteca



Ooteca vista lateralmente



Maschio (circa 2 cm)

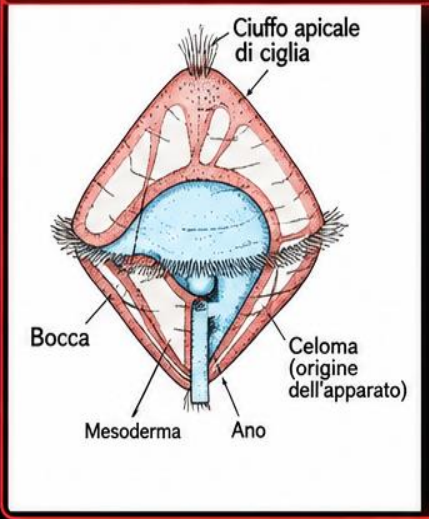
— 2 cm —

- **Che cos'è:** non è una vera conchiglia, ma una struttura membranosa e fragile (simile alla carta pergamena o a un velo) prodotta unicamente dalla femmina.
- **Funzione:** non serve al galleggiamento, ma agisce come un ooteca (un "nido" protettivo) in cui la femmina depone e custodisce le uova.
- **Animale:** l'argonauta è un polpo pelagico (ordine degli Octopodi) con otto braccia. La femmina tiene ferma questa struttura con due tentacoli modificati; il maschio è piccolissimo (circa 2 cm contro i 30 cm della femmina) ed è completamente privo di questa struttura.

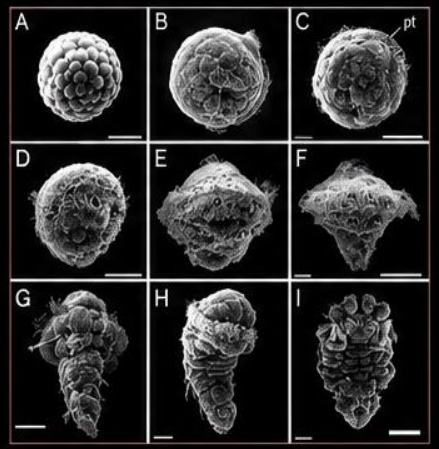
Caratteristica	Nautilus	Argonauta
Natura della struttura	Vera conchiglia calcarea (aragonite)	Ooteca membranosa e fragile (non calcarea)
Struttura interna	Camere separate da setti con sifuncolo	Cava, senza camere interne
Funzione	Galleggiamento (controllo della spinta di galleggiamento)	Protezione e custodia delle uova
Chi la possiede	Sempre presente, in entrambi i sessi	Solo la femmina
Animale	Cefalopode primitivo (Nautilidi), non può separarsene	Polpo pelagico (Octopodi), il maschio è privo di ooteca
Numero di braccia	Decine di tentacoli senza ventose	Otto braccia (con ventose), la femmina usa due tentacoli modificati

Riproduzione dei molluschi

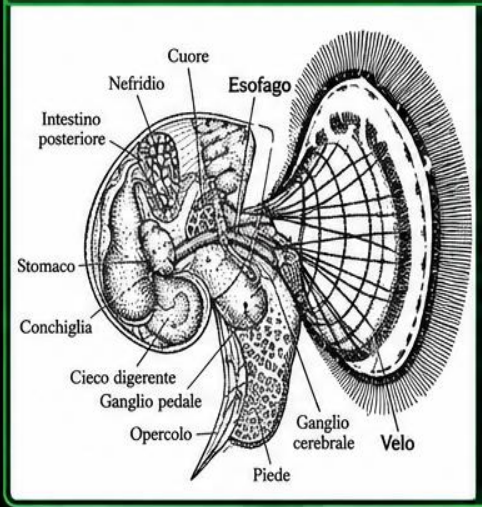
LARVE



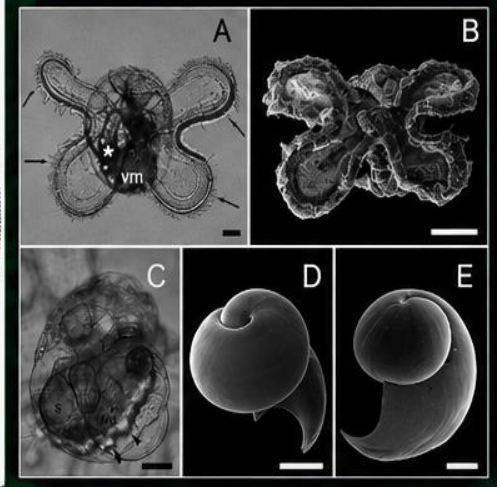
trocofora



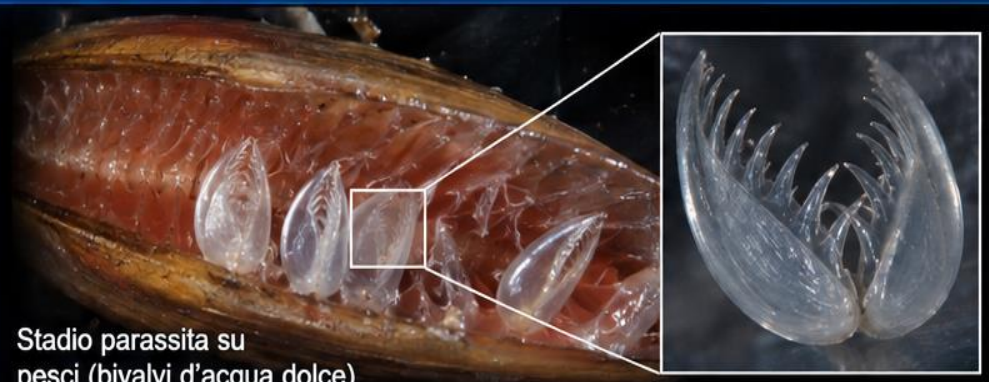
SVILUPPO INDIRETTO



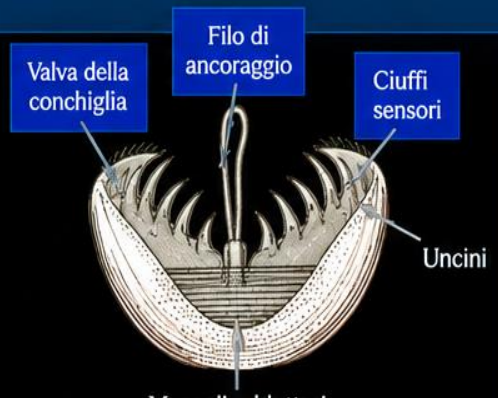
veliger



GLOCHIDIA



Stadio parassita su
pesci (bivalvi d'acqua dolce)





1 Adulti e sessi separati

La maggior parte dei bivalvi d'acqua dolce (Unionida) sono gonocorici, con maschi e femmine separati (esistono specie ermafrodite).



2 Rilascio degli spermatozoi

Il maschio rilascia gli spermatozoi nell'acqua, che vengono trasportati dalla corrente verso le femmine.



3 Ingresso passivo degli spermatozoi nella femmina

Gli spermatozoi entrano nella femmina attraverso il sifone inalante grazie al flusso passivo dell'acqua (non per aspirazione attiva) e raggiungono le branchie dove avviene la fecondazione.



4 Fecondazione interna e sviluppo embrionale

Gli spermatozoi fecondano le uova all'interno della femmina. Gli embrioni si sviluppano nelle branchie modificate (marsupi branchiali), fino allo stadio di glochidium.



5 Rilascio dei glochidi

I glochidi maturi vengono rilasciati nell'acqua nell'acqua attraverso il sifone esalante della femmina e vengono trasportati dalla corrente.

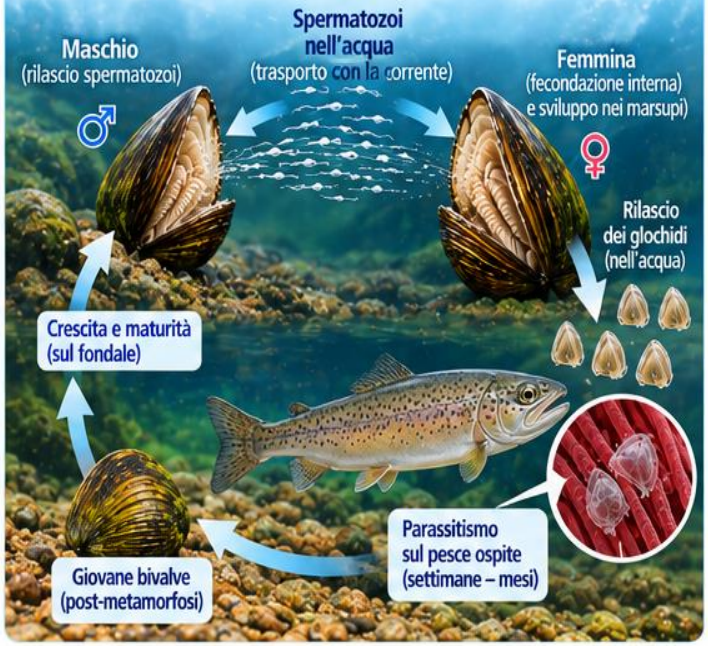


6 Fase parassitaria sul pesce ospite

I glochidi si attaccano alle branchie o alle pinne di un pesce ospite compatibile, grazie agli uncini delle valve.



Ciclo vitale dei bivalvi d'acqua dolce (Unionida) con larva glochidium



Take home message

- I bivalvi d'acqua dolce (Unionida) sono un gruppo con grande interesse ecologico e conservazionistico, caratterizzato da una notevole **diversità morfologica, ecologica e di habitat**.
- Le specie sono generalmente **gonocoriche** (maschi e femmine separati), con alcune eccezioni ermafrodite.
- La **fecondazione è interna:** gli spermatozoi rilasciati dal maschio nell'acqua entrano nella femmina attraverso **il sifone inalante** grazie al **flusso passivo della corrente**.
- Gli embrioni si sviluppano nelle **branchie** modificate (marsupi branchiali) della femmina fino allo stadio di glochidium, che vengono rilasciati nell'acqua attraverso il sifone esalante.
- I glochidi sono **parassiti temporanei di pesci ospiti,** dove completano la **metamorfosi** in una piccola forma giovanile.
- Questo ciclo vitale complesso rappresenta un adattamento fondamentale per la **dispersione e la sopravvivenza** delle specie in ambienti d'acqua dolce ed è strettamente legato alla **qualità degli habitat** e alla **conservazione** delle **comunità ittiche**.

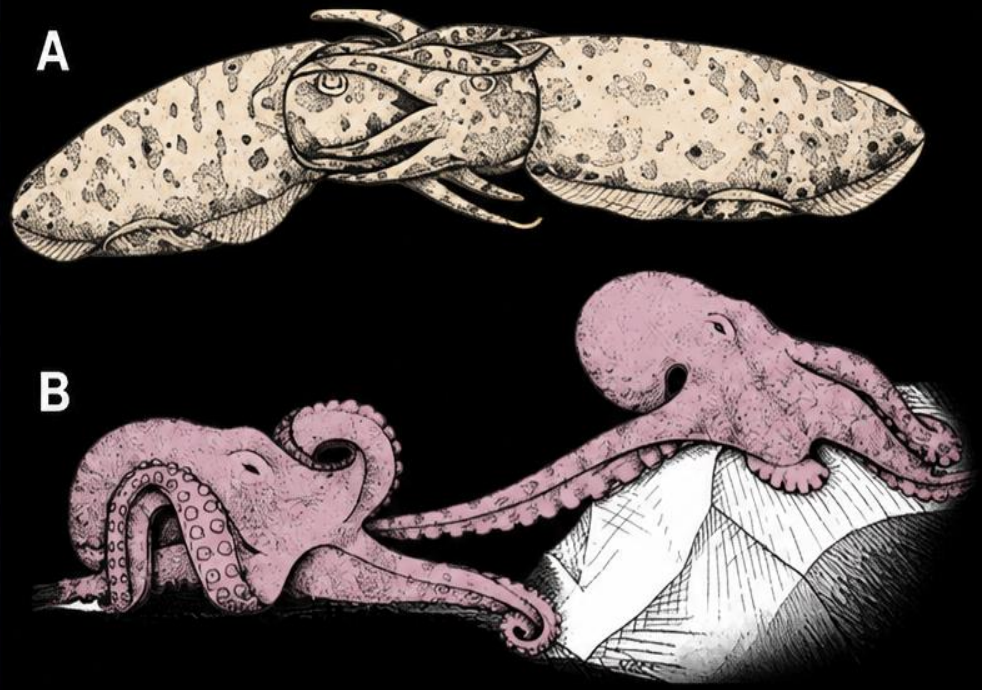
La riproduzione nei cefalopodi

Cicli a sviluppo diretto

Senza larve, con deposizione delle uova in involucri protettivi da cui schiuderanno individui giovanili con le sembianze degli adulti.



Fecondazione interna nei cefalopodi



A, coppia di seppie in accoppiamento.
B, il maschio del polpo usa un braccio modificato per depositare lo spermatofore nella cavità del mantello della femmina per fecondare le uova.
I polpi spesso si prendono cura delle uova durante il loro sviluppo.

La riproduzione nei cefalopodi

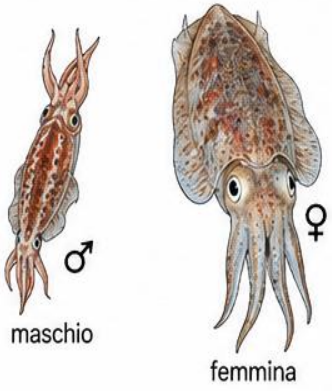
1. Corteggiamento e dimorfismo

Comportamenti visivi



Rituali di corteggiamento con variazioni di colore e posture del corpo (seppie).

Dimorfismo sessuale



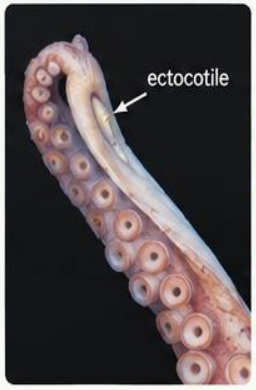
maschio — femmina

2. Gli spermatofore e l'ectocotile

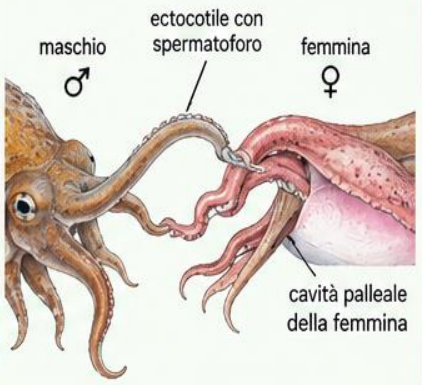
Spermatoforo



Ectocotile del maschio



Trasferimento alla femmina



3. Deposizione e cura delle uova

Deposizione delle uova



Femmina di polpo che depone le uova in capsule, ancorate al substrato.

Cura parentale



La femmina sorveglia, pulisce e ossigena le uova fino alla schiusa.

Sviluppo diretto



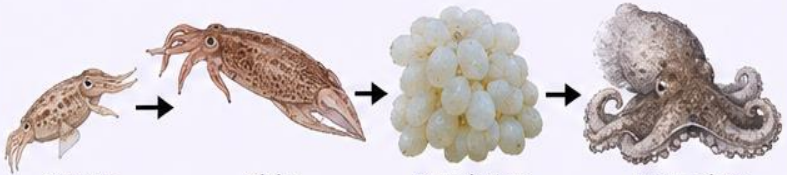
Uovo di seppia con embrione.



Giovane alla schiusa (morfologicamente simile all'adulto).

4. Semelparità (il ciclo vitale unico)

Cefalopodi coleoidi (polpi, seppie, calamari)



Nautili (Nautilida)



Animali longevi che si riproducono più volte nel corso degli anni.

La filogenesi dei Molluschi

Principali classi e caratteri distintivi

Aplacophora



- Corpo vermiforme
- Assenza di conchiglia
- Piede ridotto
- Vivono nei sedimenti marini profondi

Polyplacophora



- Conchiglia con 8 piastre
- Corpo appiattito
- Piede ampio e muscoloso
- Vivono su substrati duri (marini)

Monoplacophora



- Una sola piastra conchigliare
- Corpo a forma di cappello
- Piede muscoloso
- Rari, marini profondi

Gastropoda



- Conchiglia generalmente univalve (spirale)
- Torsione
- Testa con tentacoli e occhi
- Piede ventrale
- Prevalentemente marini, anche d'acqua dolce e terrestri

Cephalopoda



- Conchiglia assente o ridotta
- Braccia e tentacoli
- Sacco dell'inchiostro
- Sistema nervoso molto sviluppato
- Sistema circolatorio chiuso
- Prevalentemente marini

Bivalvia

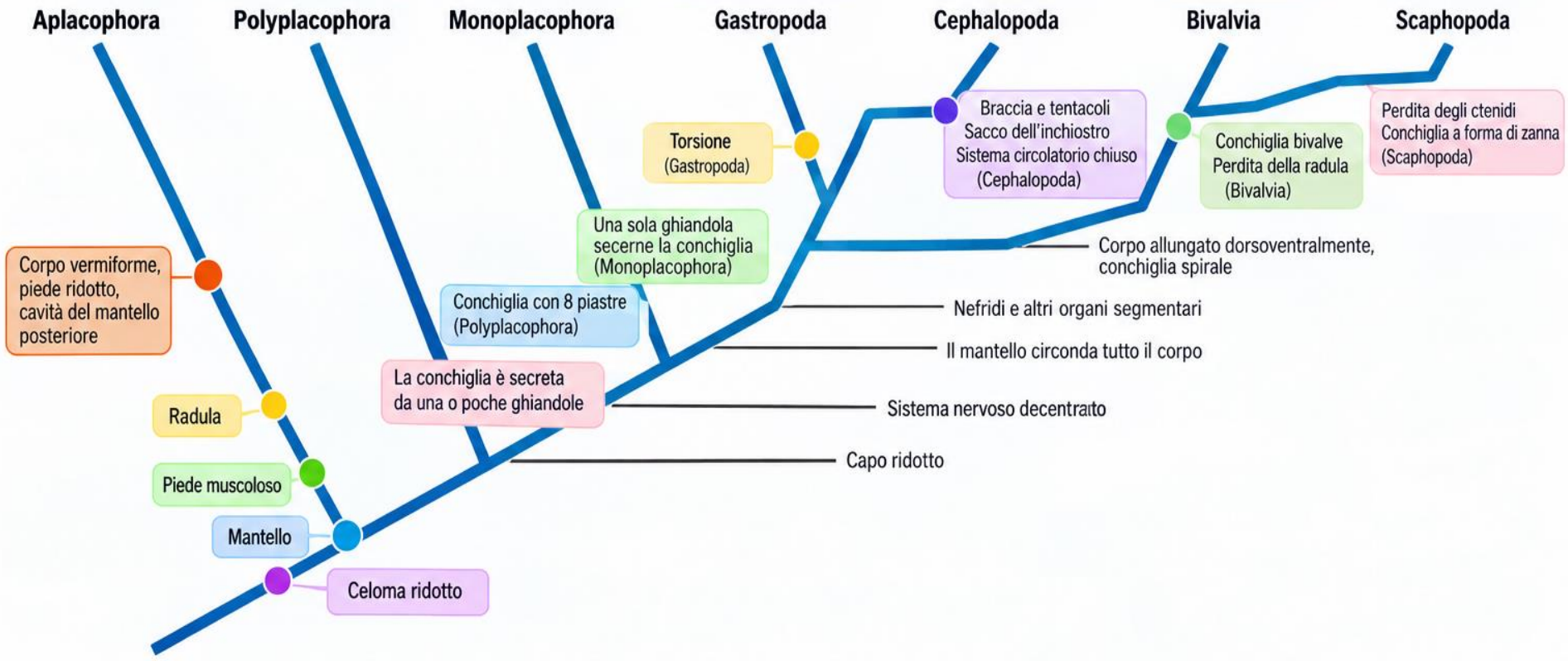


- Conchiglia bivalve
- Corpo compresso lateralmente
- Assenza di testa
- Radula assente
- Filtratori
- Prevalentemente marini, anche d'acqua dolce

Scaphopoda



- Conchiglia tubolare aperta alle estremità
- Piede vermiforme
- Vivono infossati nei sedimenti marini



TAKE HOME MESSAGE – Molluschi e Scienze Ambientali

Biodiversità

I molluschi occupano ambienti marini, dulciacquicoli e terrestri.



Funzionamento degli ecosistemi

Contribuiscono al funzionamento degli ecosistemi attraverso filtrazione, pascolo, predazione e trasferimento di energia nelle reti trofiche.



Biomonitoraggio

Mitili e ostriche accumulano **contaminanti** e sono utilizzati per monitorare l'inquinamento costiero
(ad es. NOAA Mussel Watch).



Cambiamento globale

L'acidificazione oceanica può ostacolare la calcificazione e il mantenimento delle conchiglie.



Conservazione e gestione

Conoscere distribuzione, ecologia e vulnerabilità delle specie aiuta a valutare e proteggere gli habitat.



Studiare i molluschi non significa soltamto conoscere un phylum: significa imparare a leggere gli ecosistemi.