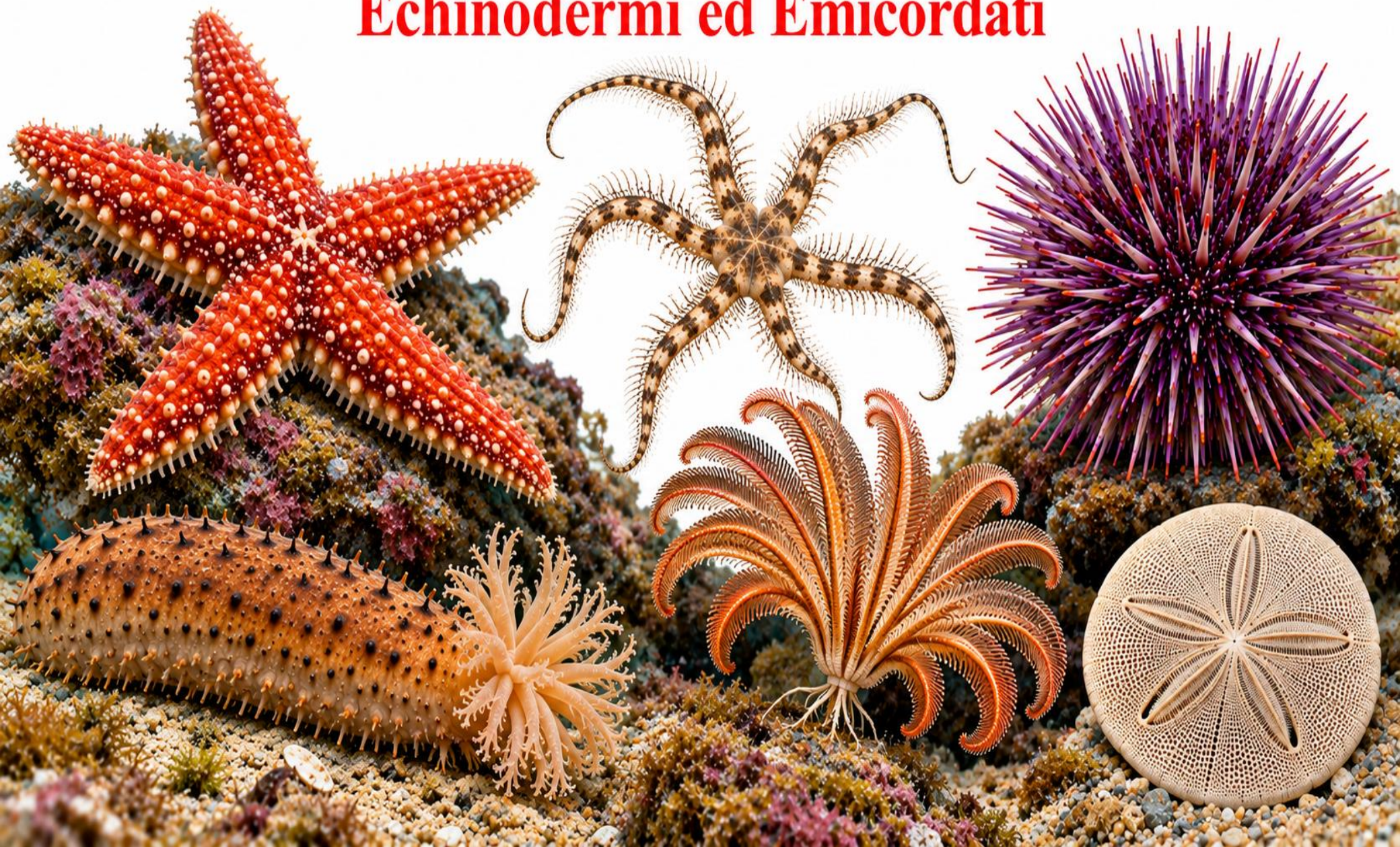
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Echinodermi ed Emicordati



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Echinodermi ed Emicordati

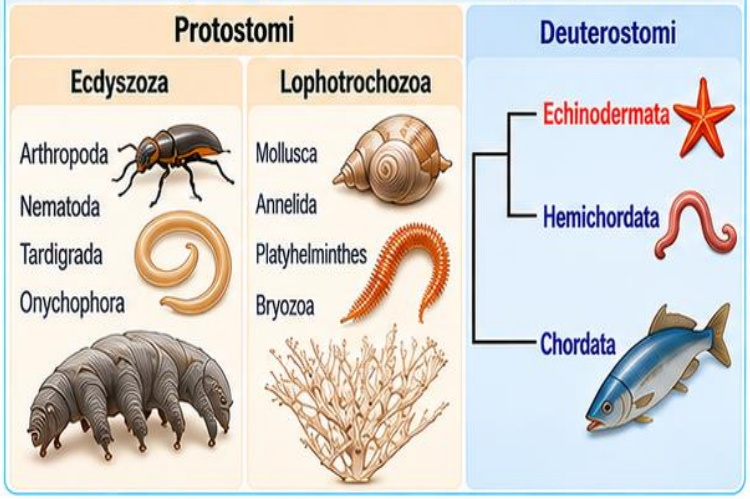
1. Posizione filogenetica e caratteristiche generali

Gli echinodermi appartengono alla linea evolutiva dei **deuterostomi**. Sono caratterizzati da:

- **Simmetria pentamera** (negli adulti)
- **Scheletro interno di carbonato di calcio** (ossicoli)
- **Sistema vascolare acquifero** (funzioni di alimentazione, locomozione, respirazione ed escrezione)



Confronto tra principali linee evolutive degli animali bilateri



2. Le 5 classi di Echinodermi viventi

Asteroidea (stelle di mare)	Ophiuroidea (stelle serpentine)	Echinoidea (ricci di mare)	Holoturoidea (cetrioli di mare)	Crinoidea (gigli di mare)
				
				
Esempio: *Echinaster sepositus*	Esempio: *Ophiothrix fragilis*	Esempio: *Paracentrotus lividus*	Esempio: *Holothuria tubulosa*	Esempio: *Antedon mediterranea*

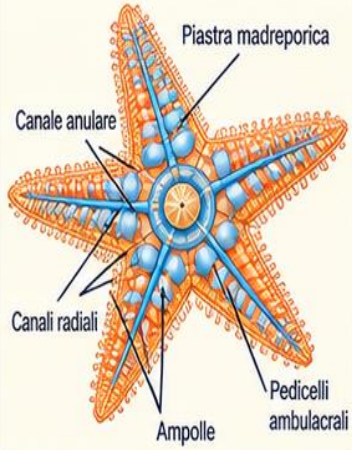
3. Simmetria pentamera e origine del sistema vascolare acquifero

La **simmetria pentamera** degli echinodermi probabilmente si sviluppò come adattamento alla vita sedentaria, in cui essi usavano il sistema vascolare acquifero per l'alimentazione sospensivora.

In seguito alcuni gruppi di echinodermi svilupparono migliori capacità motorie e il sistema acquifero venne usato prevalentemente per la locomozione.

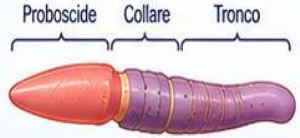


Sistema vascolare acquifero
(vista orale di una stella di mare)



4. Gli Emicordati (Hemichordata)

Il phylum degli **Hemichordata** comprende le classi Enteropneusta e Pterobranchia. Gli emicordati vivono su substrati marini e si cibano di sedimenti e materia organica in sospensione.

Enteropneusta (vermi ghiandolari)	Pterobranchia (emicordati coloniali)
	
	
Esempio: *Balanoglossus* sp.	Esempio: *Rhabdopleura* sp.

Caratteristiche degli echinodermi

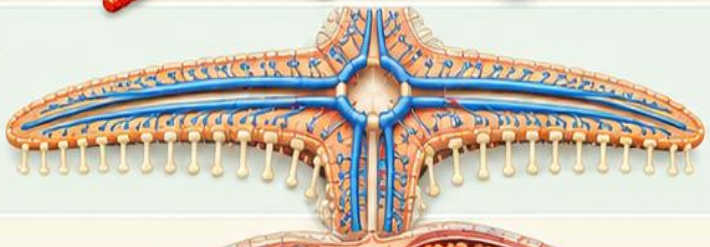
- **Endoscheletro calcareo** sotto forma di ossiculi che si originano dal mesoderma



- Adulti con **simmetria pentamera** e larve a **simmetria bilaterale**



- **Sistema vascolare acquifero** composto da canali pieni di acqua, usati per la locomozione, l'adesione adl substrato o la nutrizione



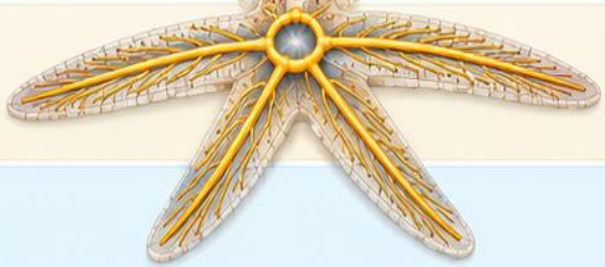
- **Apparato digerente** completo o in alcuni casi ridotto secondariamente



- **Sistema emale** di derivazione celomatica

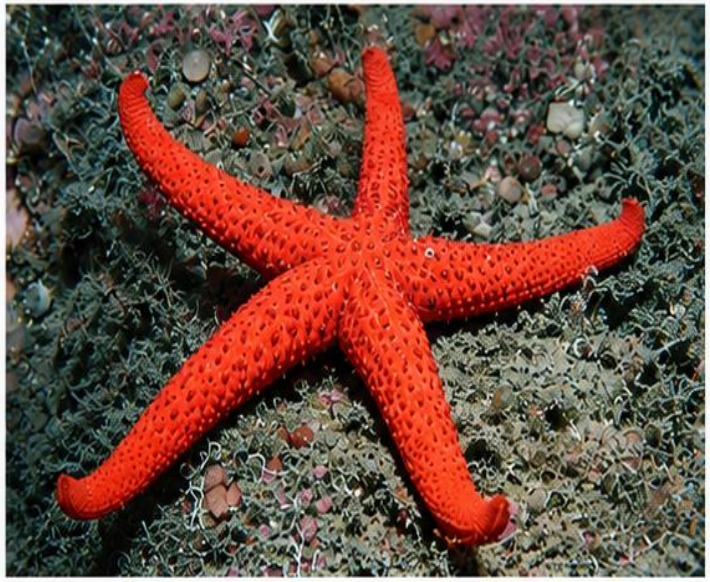


- **Sistema nervoso** costituito da una rete nervosa, un anello nervoso e da nervi radiali



- Circa **7000 specie**. Esclusivamente **marine**

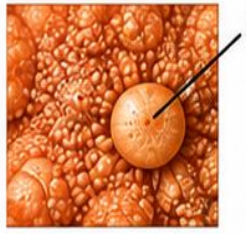




Il sistema vascolare acquifero

- Il **canale anulare** circonda la bocca.
- Dal canale anulare si diparte in direzione oro aborale il **canale petroso** che si apre all'esterno tramite un **madreporite**.
- Al canale anulare sono associati i **corpi di Tiedemann** che producono **celomociti**.

  I celomociti sono **cellule immunitarie ed effettrici** libere che si trovano nel fluido celomatico (il liquido che riempie la cavità corporea) e nel sistema acquifero degli echinodermi. Possono essere considerati gli equivalenti funzionali dei **globuli bianchi** dei vertebrati.
- Le **vescicole del Poli** accumulano liquido per il sistema vascolare acquifero.
- Dal canale anulare si dipartono 5 **canali radiali**.
- Da ciascun canale radiale si diparte una doppia serie di **canali laterali** che terminano nei **pedicelli ambulacrali**.





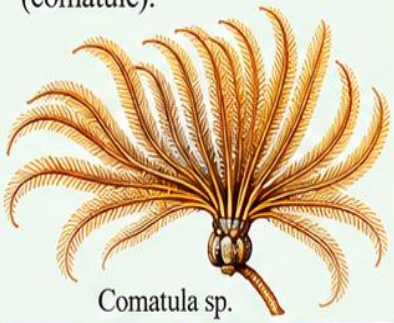
Classificazione del phylum Echinodermata

Phylum Echinodermata

Animali triblastici, celomati, i cui membri, allo stato adulto, presentano simmetria raggiata pentamera e possiedono un sistema vascolare acquifero e un endoscheletro coperto da epitelio.

Classe Crinoidea

Mobili o fissi al substrato tramite un peduncolo aborale di ossiculi; ricchi di specie nell'era Paleozoica, circa 230 specie attualmente viventi. Gigli di mare, stelle piumose (comatule).



Comatula sp.



Classe Asteroidea

Braccia non nettamente distinte dal disco centrale, provviste di solchi ambulacrali; pedicelli provvisti di ventosa e ampolla; presenza di pedicellarie. Circa 1500 specie. Stelle marine.

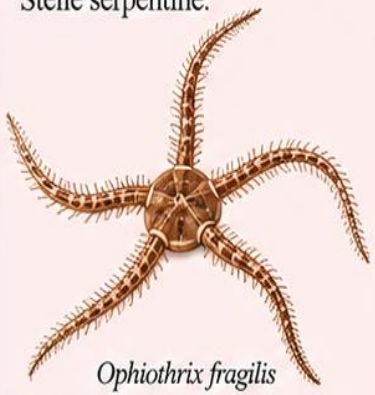


Echinaster sepositus



Classe Ophiuroidea

Braccia nettamente distinte dal disco centrale; pedicelli privi di ventosa e di ampolla. Circa 2000 specie. Stelle serpentine.



Ophiothrix fragilis



Classe Echinoidea

Corpo globoso o discoidale, privo di braccia; aculei mobili; scheletro (teca) costituito da piastre saldate fra loro. Circa 1000 specie. Ricci di mare, dollari della sabbia, ricci cuoriformi.



Paracentrotus lividus



Classe Holothuroidea

Corpo allungato lungo l'asse oro-aborale, privo di braccia; ossiculi microscopici immersi nella parete del corpo muscolosa; tentacoli attorno alla bocca. Circa 1500 specie. Cetrioli di mare.



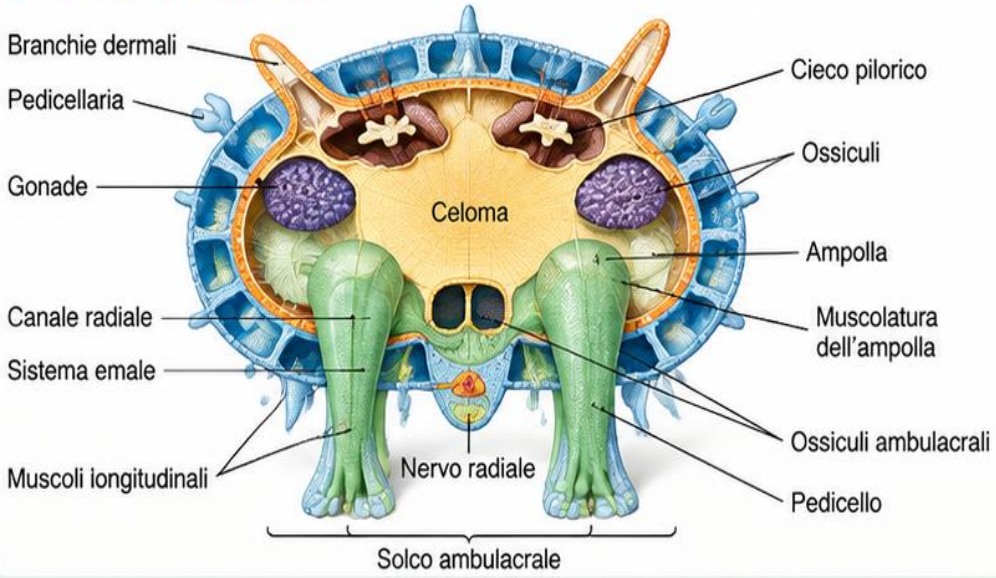
Holothuria tubulosa



Classe Asteroidea



Sezione trasversale di un braccio



Vista aborale e vista orale



Il sistema vascolare acquifero degli Echinodermi

A Funzionamento generale

1 Ingresso dell'acqua
L'acqua marina entra attraverso il **madreporite** (apertura esterna nelle forme che lo possiedono).

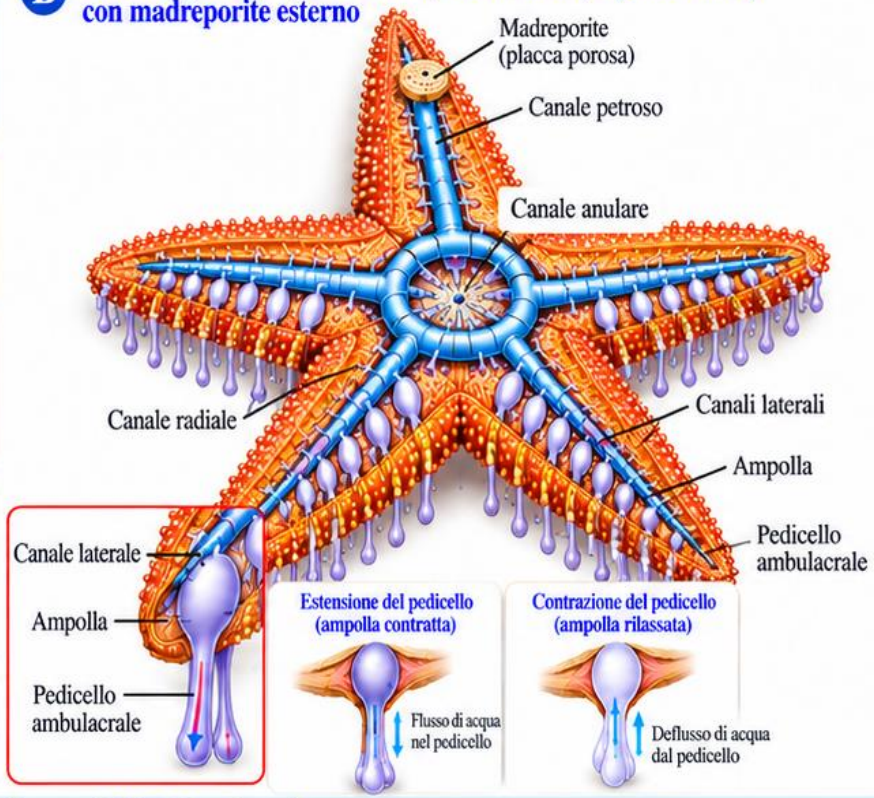
2 Canale petroso e canale anulare
Dal madreporite l'acqua passa nel **canale petroso** e raggiunge il **canale anulare**, che circonda l'esofago.

3 Canali radiali e laterali
Dal canale anulare si dipartono **canali radiali** lungo ciascun braccio e da questi una doppia serie di **canali laterali.**

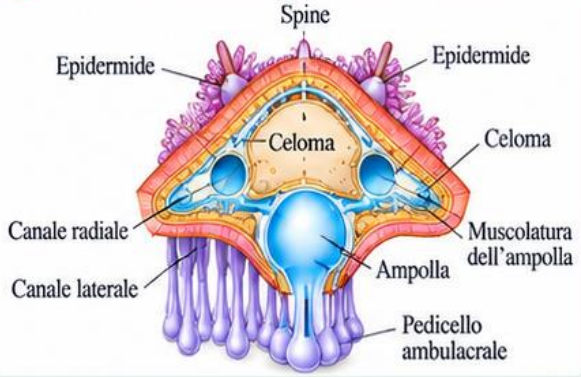
4 Ampolle e pedicelli ambulacrali
Ogni canale laterale è collegato a un'**ampolla**, che regola la pressione dell'acqua e permette l'estensione e la contrazione dei pedicelli ambulacrali.

5 Funzioni
Permette la locomozione, la respirazione, l'assunzione del cibo e l'escrezione.

B Schema generale (Asteroidea, Echinoidea, Ophiuroidea) con madreporite esterno



C Sezione trasversale di un braccio (area ambulacrale)



D Vista aborale e sezione centrale



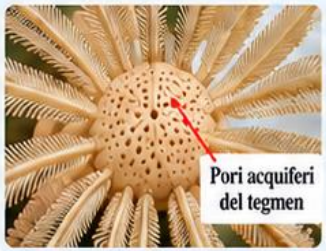
E Varianti del sistema acquifero nei diversi gruppi di Echinodermi

Asteroidea, Echinoidea, Ophiuroidea
Madreporite esterno



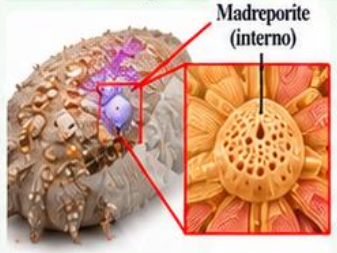
- Il madreporite è una placca porosa sul lato aborale.
- Comunica direttamente con l'esterno e consente l'ingresso di acqua marina.
- Il sistema acquifero è in continuità con l'ambiente esterno.

Crinoidea
Assenza di madreporite – ingresso tramite pori del tegmen



- Non possiedono un madreporite.
- L'acqua marina entra attraverso numerosi pori acquiferi (hydropores) nel tegmen (superficie orale).
- I pori comunicano con le cavità celomatiche, da cui l'acqua passa ai canali petrosi (generalmente multipli), al canale anulare, ai canali radiali e ai pedicelli.
- Il sistema acquifero utilizza il liquido celomatico ed è in comunicazione con l'esterno tramite i pori del tegmen.

Holothuroidea
Madreporite interno – comunicazione con il celoma



- Il madreporite non è assente, ma si trova all'interno della cavità celomatica.
- Non comunica direttamente con l'esterno (nella maggior parte delle specie).
- Il sistema acquifero utilizza il liquido celomatico, che entra nel madreporite interno e prosegue nei canali petrosi, nel canale anulare, nei canali radiali e nei pedicelli.
- In alcune specie può esistere un canale petroso che comunica con l'esterno.

L'alimentazione negli Asteroidea

Gli asteroidei sono predatori principalmente di molluschi bivalvi.

La preda viene localizzata con stimoli chimici e meccanici. Lo stomaco cardiaco viene protruso all'esterno attraverso la bocca, introdotto tra le valve e secerne enzimi digestivi che liquefanno i tessuti.
La digestione avviene esternamente e il materiale liquefatto viene poi riassorbito.

1 Localizzazione e apertura



I pedicelli ambulacrali, grazie alla loro azione di ventosa, aderiscono alla conchiglia e applicano una forza che apre leggermente le valve.

2 Estroflessione dello stomaco



Lo stomaco cardiaco viene rovesciato all'esterno attraverso labocca e introdetto nella cavità palliale del bivalve.

3 Digestione esterna



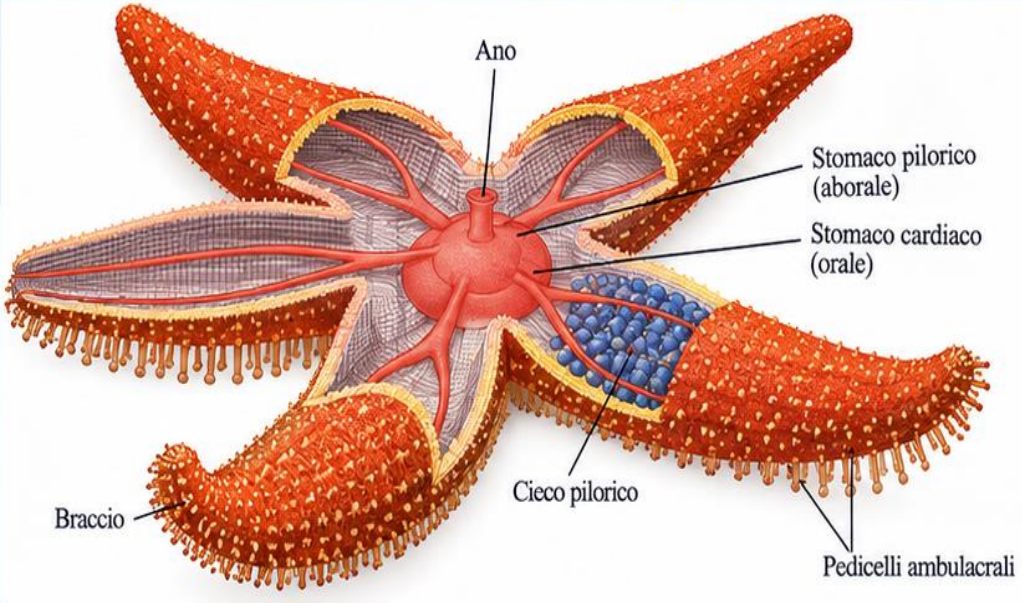
Lo stomaco secerne enzimi digestivi che liquefanno i tessuti della preda. La digestione avviene all'esterno del corpo.

4 Riassorbimento

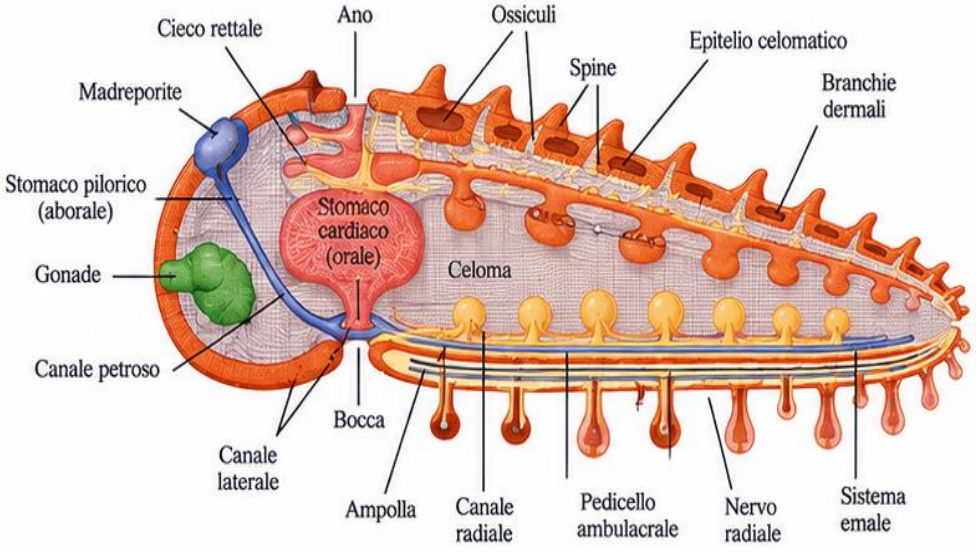


Il materiale liquefatto viene poi riassorbito nello stomaco, che si ritrae all'interno del corpo.

Anatomia del sistema digerente negli Asteroidea



Sezione longitudinale di un braccio



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

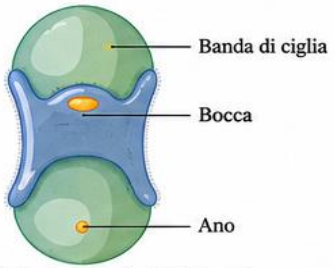
Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Rigenerazione, riproduzione e sviluppo negli Asteroidea

A Rigenerazione e riproduzione asessuata (fissione)

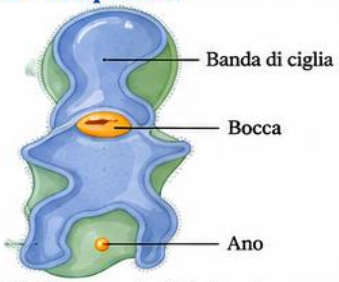
Molte stelle marine sono in grado di rigenerare braccia e porzioni del disco centrale. In alcune specie la fissione delle braccia può portare alla formazione di nuovi individui.

1 Stadio iniziale di bipinnaria



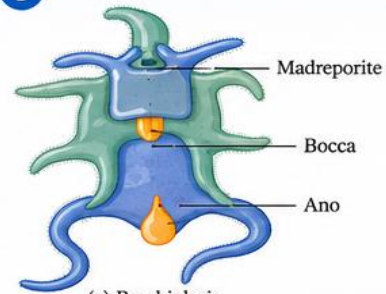
(a) Stadio iniziale di bipinnaria

2 Stadio avanzato di bipinnaria



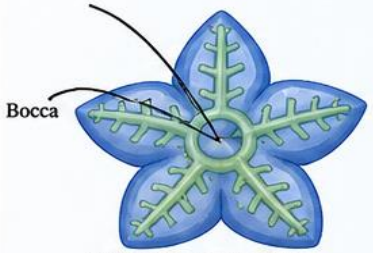
(b) Stadio avanzato di bipinnaria

3 Brachiolaria



(c) Brachiolaria

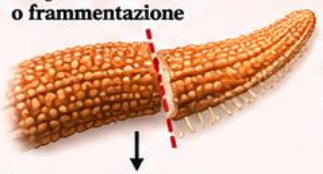
4 Giovane stella marina



(d) Giovane stella marina

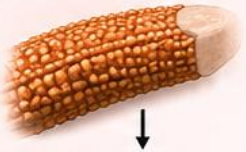
B Processo di rigenerazione da un braccio

1 Amputazione naturale o frammentazione



Un braccio può essere perso per predazione o frammentazione naturale.

2 Chiusura della ferita e dedifferenziazione



I tessuti si riorganizzano e le cellule si dedifferenziano formando un blastema rigenerativo.

3 Crescita del blastema



Il blastema prolifera e inizia la ricostruzione delle strutture scheletriche, muscolari e del sistema vascolare acquifero.

4 Braccio rigenerato



Si forma un braccio funzionale con ossiculi, pedicelli ambulacrali e canali del sistema acquifero.

C Esempio di rigenerazione in natura



Stella marina con braccia rigenerate.

Dopo la perdita di uno o più bracci, le stelle marine sono in grado di rigenerare completamente le porzioni mancanti, incluso il disco centrale in alcune specie.

D Riproduzione sessuata e sviluppo larvale

1 Emissione dei gameti



I sessi sono separati. I gameti (uova o spermatozoi) vengono rilasciati in acqua attraverso le gonadi, dove avviene la fecondazione esterna.

2 Zigote e prime divisioni



Dallo zigote si sviluppa una larva ciliata.

3 Larva bipinnaria (stadio iniziale)



Larva planctonica ciliata con banda di ciglia, bocca e ano.

4 Larva bipinnaria (stadio avanzato)



Aumento delle dimensioni e sviluppo della banda ciliata.

5 Larva brachiolaria



Comparsa di braccia larvali, madreporite, bocca e ano. Stadio competente alla metamorfosi.

6 Giovane stella marina



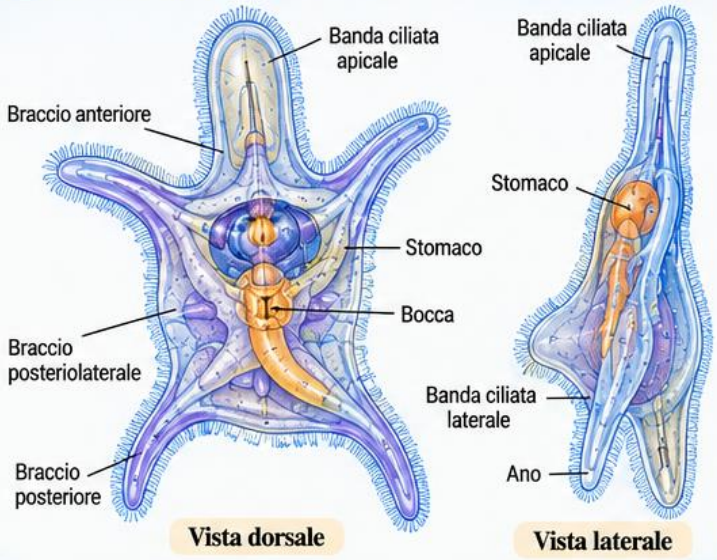
Metamorfosi e insediamento sul substrato. Si sviluppa il disco centrale e le cinque braccia.

La larva bipinnaria degli Asteroidea

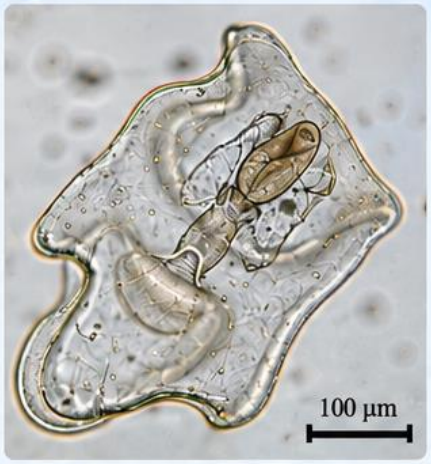
A Caratteristiche generali

- Stadio iniziale e planctonico dello sviluppo della maggior parte delle stelle marine.
- Forma radicalmente diversa dall'adulto.
- Si muove e si nutre grazie a bande di ciglia che ricoprono il corpo.
- Fa parte dello zooplancton.
- **È il primo stadio larvale.**
- Dopo la fase bipinnaria, di solito evolve in larva brachiolaria e poi metamorfosa in stella marina adulta; in alcune specie può passare direttamente alla forma adulta.
- Nelle specie che incubano le uova generalmente la fase bipinnaria non è presente: le uova si sviluppano direttamente in piccoli adulti.

B Morfologia e anatomia

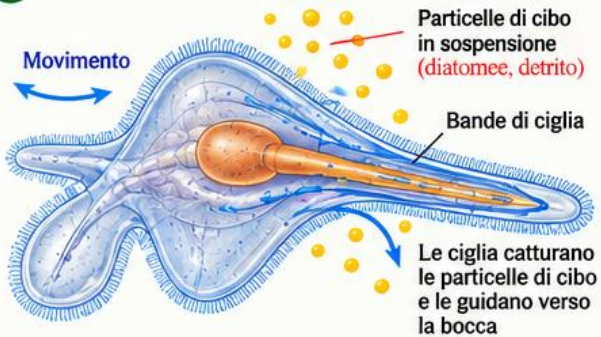


C Immagine al microscopio



Larva bipinnaria di stella marina (vista dorsale, microscopia ottica).

D Funzioni delle bande ciliari



E Evoluzione morfologica



Bipinnaria (stadio iniziale)

- Corpo ricoperto di ciglia
- Braccia larvali espanse
- Vita planctonica
- Nutrizione con particelle sospese

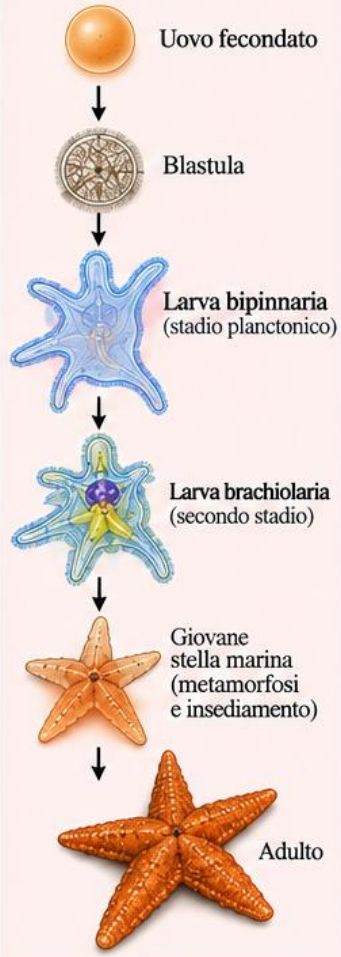
Brachiolaria (secondo stadio)

- Riduzione delle bande ciliari
- Comparsa di braccia più corte
- Inizio della simmetria pentaraggiata
- Transizione verso il substrato

Giovane stella marina (metamorfosi)

- Perdita delle strutture larvali
- Formazione del disco centrale e delle cinque braccia
- Insediamento sul substrato
- Vita bentonica

F Ciclo di sviluppo degli Asteroidea (tipico)



G Variabilità tra specie

In alcune specie che incubano le uova (ad es. in alcune Asteriidae), lo sviluppo è **diretto:** non è presente una fase bipinnaria e dall'uovo si sviluppano piccoli adulti.



L'assenza della fase bipinnaria è associata alla strategia di incubazione delle uova da parte dell'adulto.

Classe Ophiuroidea

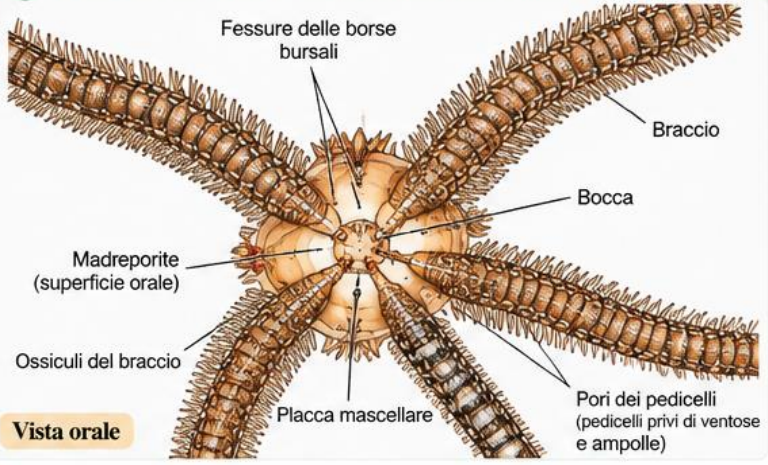
A Caratteri generali

- Il più diversificato tra gli echinodermi con circa **2000** specie note.
- **Braccia lunghe e distinte dal disco centrale.**
- Assenza di **pedicellarie e pedicelli privi** di ventose ed ampolle.
- Madreporite sulla superficie orale.
- Il **sistema vascolare acquifero non è usato per la locomozione.**
- Ossiculi contigui articolati tra loro e, grazie a muscoli ben sviluppati, determinano il movimento serpentino delle braccia.

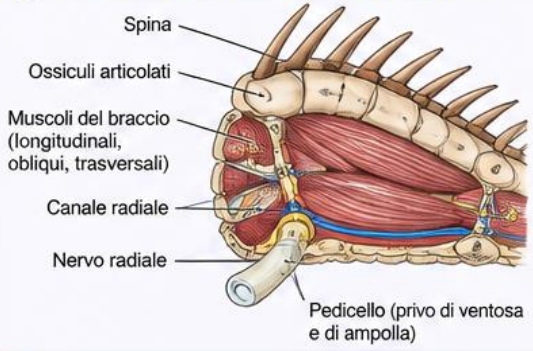
B Morfologia esterna



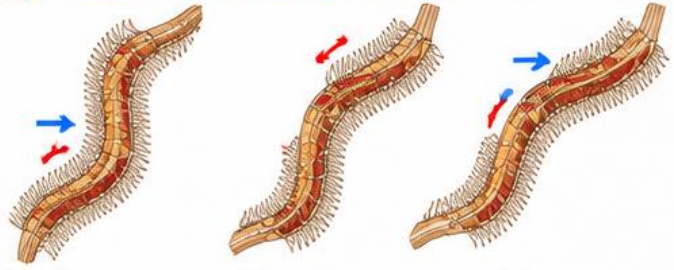
C Vista orale e dettaglio del disco centrale



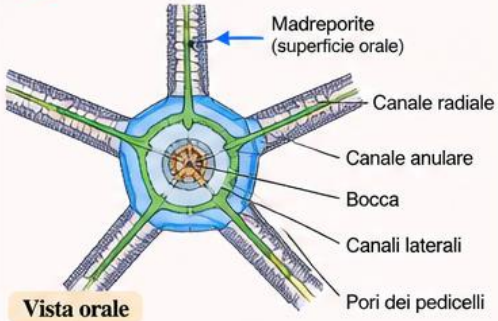
D Sezione trasversale di un braccio



E Movimento serpentino delle braccia



F Sistema vascolare acquifero



- Madreporite sulla superficie orale.
- Il sistema vascolare acquifero non è utilizzato per la locomozione.
- I pedicelli sono privi di ventose ed ampolle e svolgono soprattutto funzioni sensoriali e alimentari.

G Confronto con Asteroidea ed Echinoidea

Carattere	Ophiuroidea	Asteroidea	Echinoidea
Numero di braccia	Lunghe e distinte	5 (generalmente tozze)	Assenti (corpo sferico)
Pedicellarie	**Assenti**	Presenti	Presenti
Pedicelli con ventose e ampolle	**Assenti (privi di ventose e ampolle)**	Presenti	Presenti
Madreporite	Superficie orale	Superficie aborale	Superficie aborale
Sistema vascolare (locomozione)	Non utilizzato per la locomozione	Utilizzato	Utilizzato (spine e pedicelli)
Locomozione	Movimento serpentino delle braccia (ossiculi articolati e muscoli)	Mediante pedicelli ambulacrali	Mediante pedicelli e spine

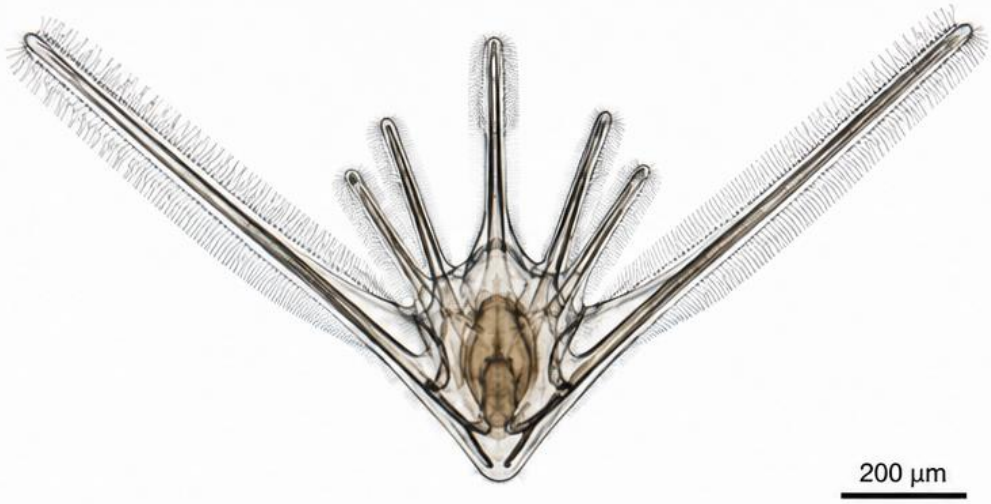
H Esempio di ofiuro



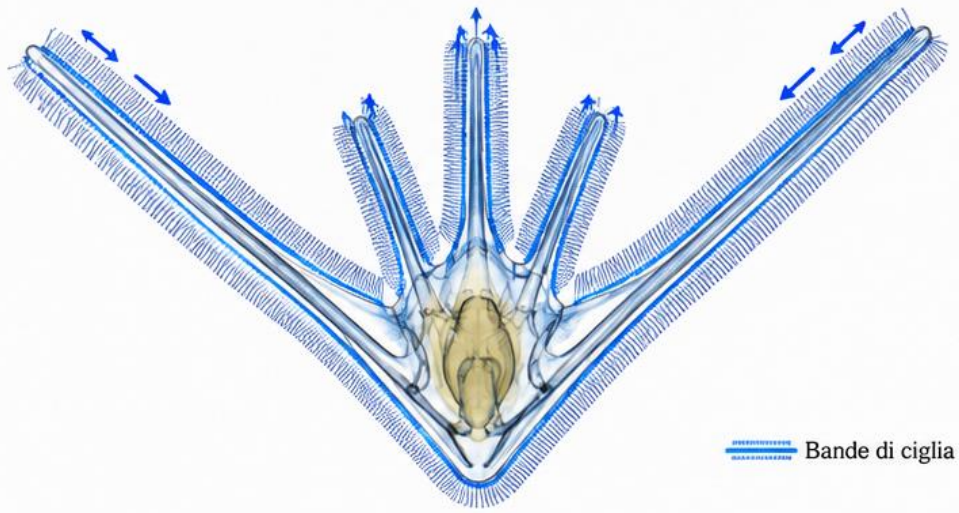
C Ophiopluteo

L'ofiopluteo (larva degli Ophiuroidea)

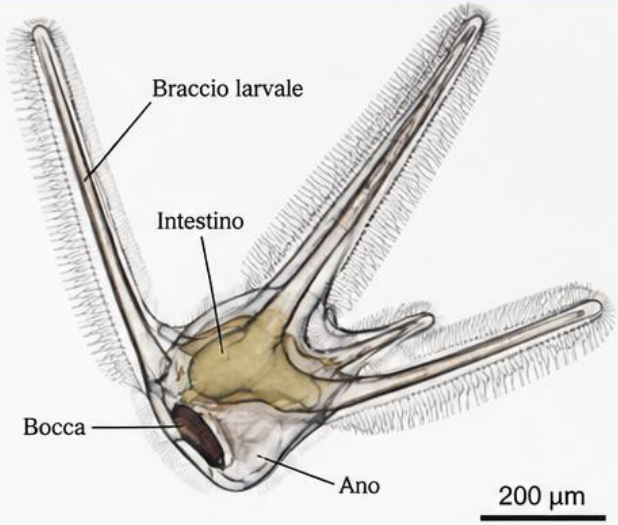
A Vista anteriore (stadio larvale)



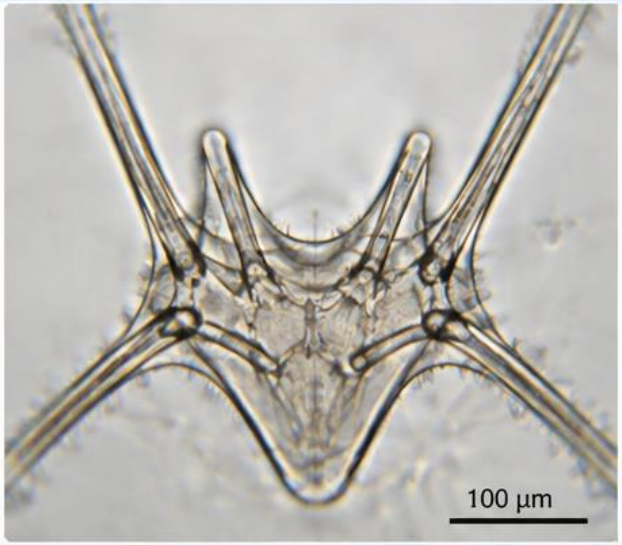
B Organizzazione delle bande di ciglia



C Morfologia interna (vista laterale)



D Dettaglio dello scheletro larvale



E Variabilità morfologica

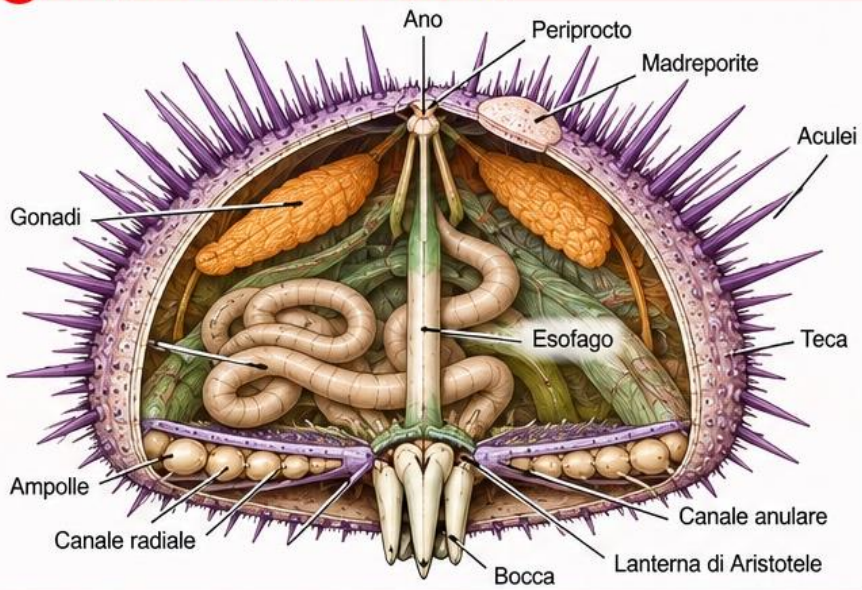


Classe Echinoidea

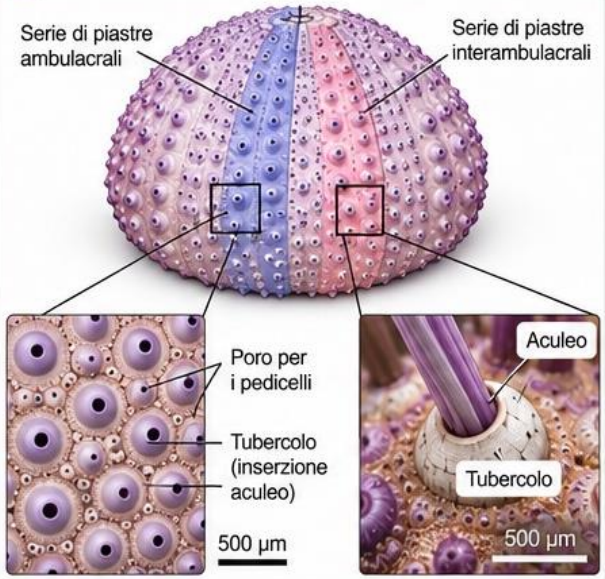
A Aspetto esterno



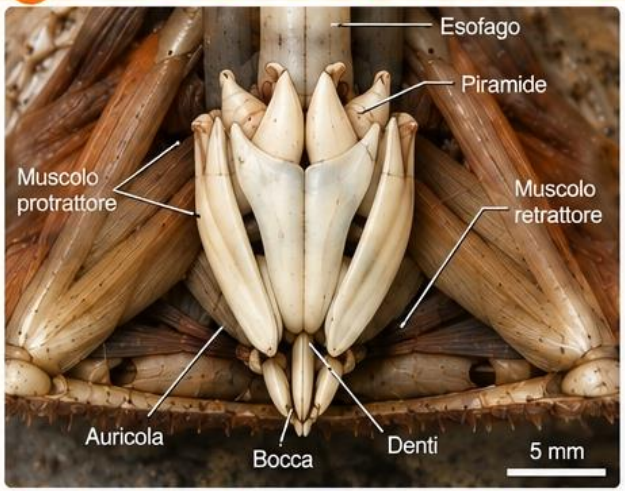
B Organizzazione generale (sezione)



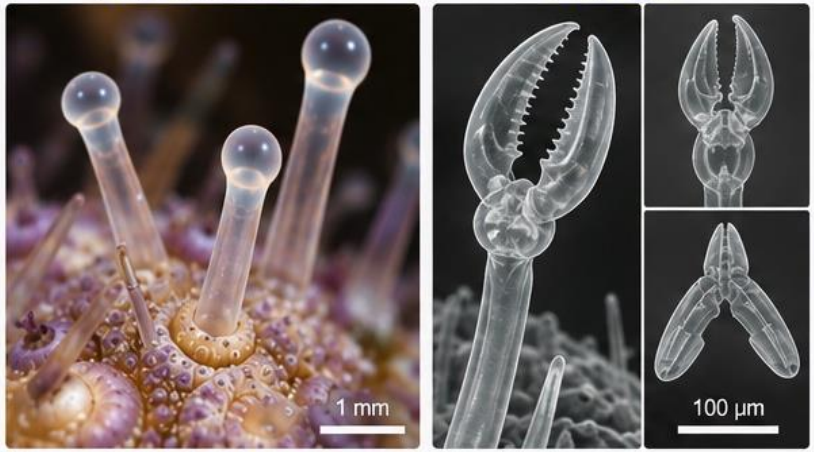
C Teca e disposizione delle piastre



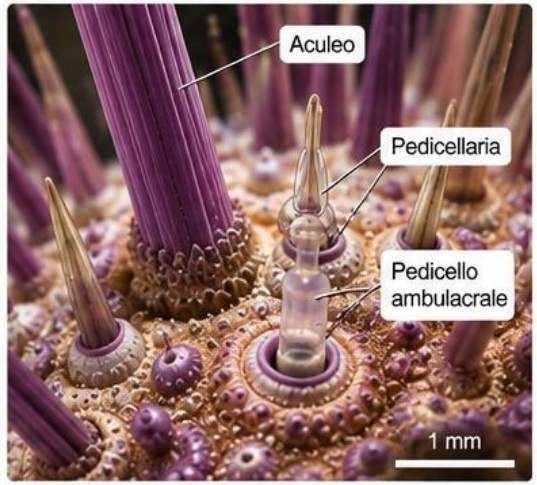
D Lanterna di Aristotele (apparato masticatore)



E Pedicelli e pedicellarie

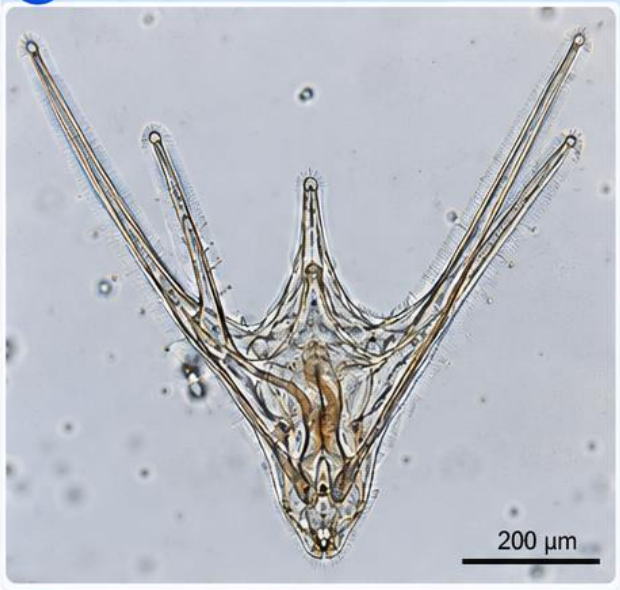


F Dettaglio della superficie

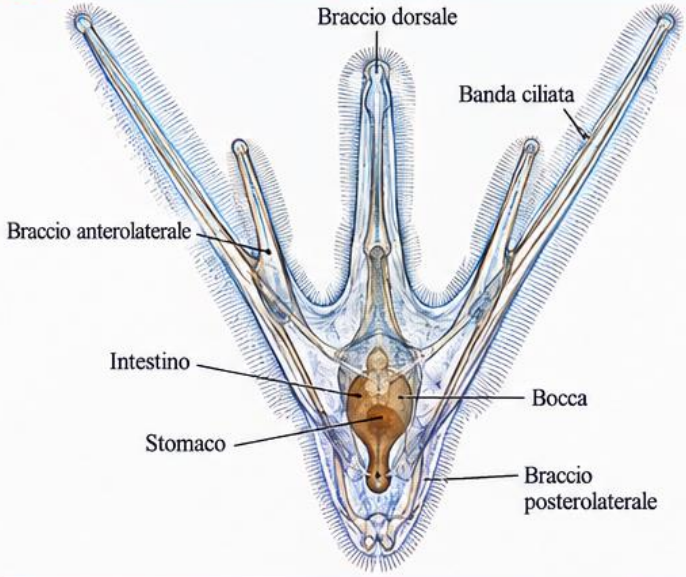


L'echinopluteo (larva degli Echinoidea)

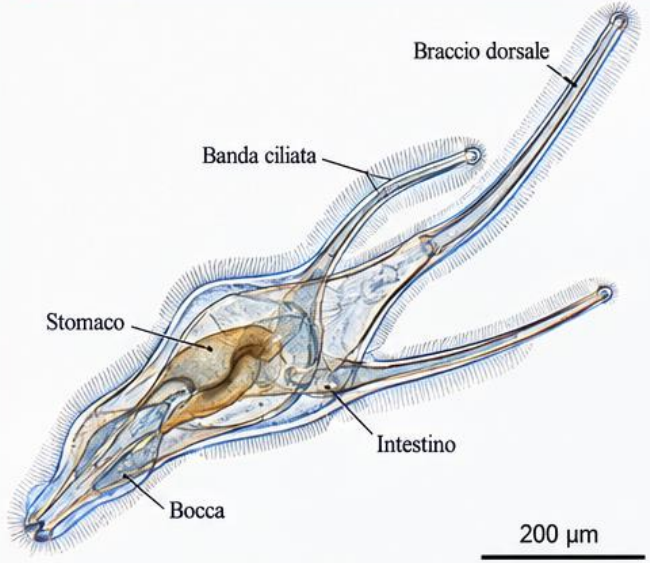
A Vista generale



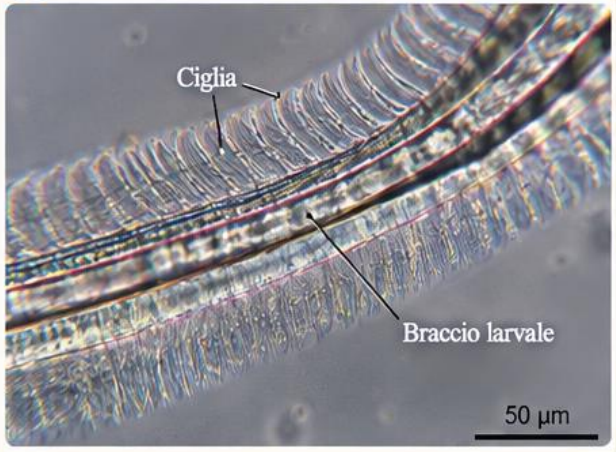
B Morfologia e principali strutture (vista dorsale)



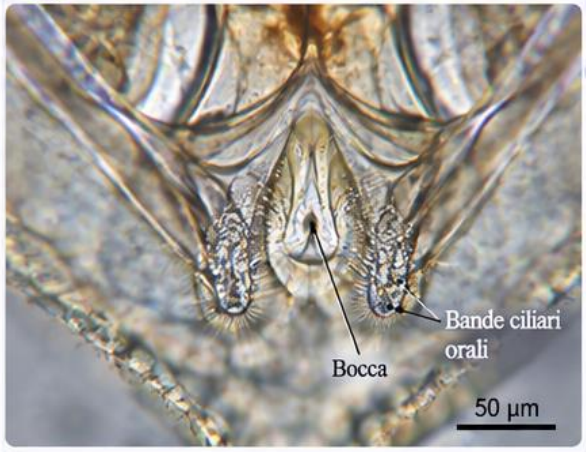
C Vista laterale



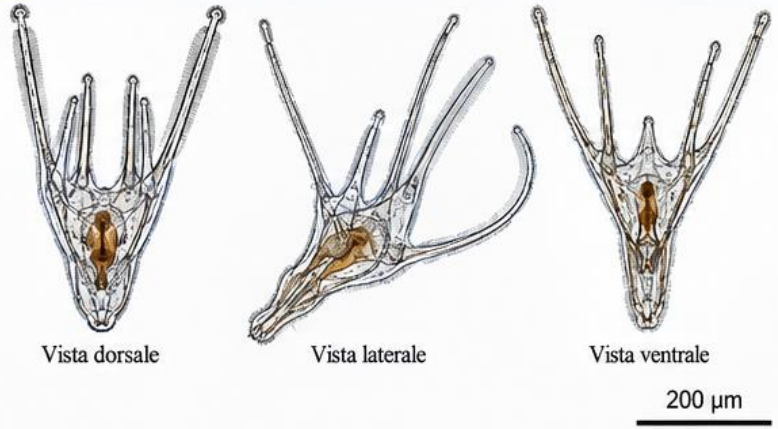
D Dettaglio delle bande ciliari



E Particolare della regione orale

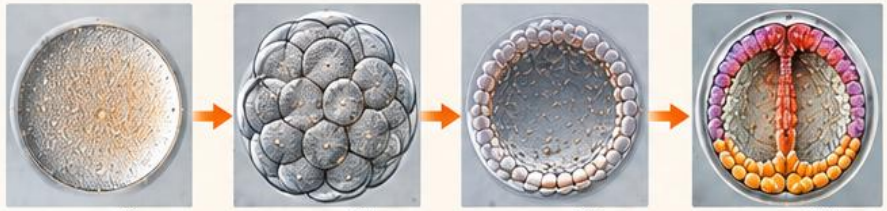


F Variabilità morfologica



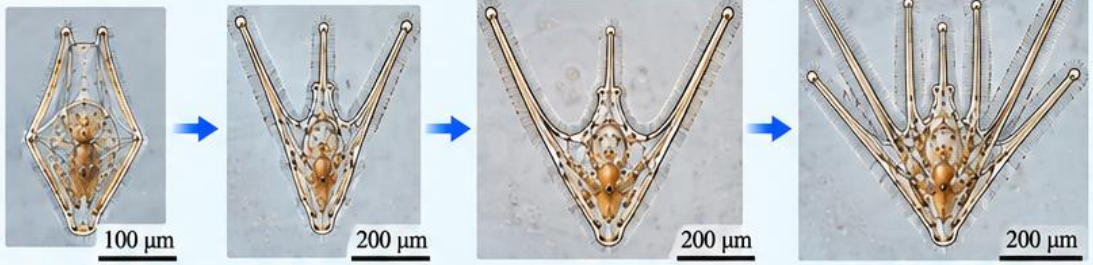
Sviluppo del riccio di mare (Echinoidea)

A Sviluppo intracapsulare
(all'interno dell'uovo fecondato)



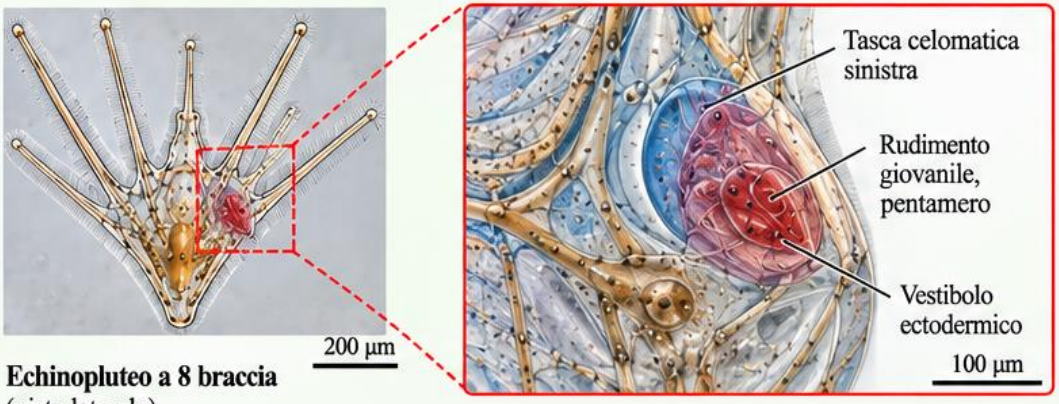
Uovo fecondato · Segmentazione · Blastula · Gastrula

B Larva planctonica libera natante (echinopluteo)
(sviluppo e crescita in colonna d'acqua)



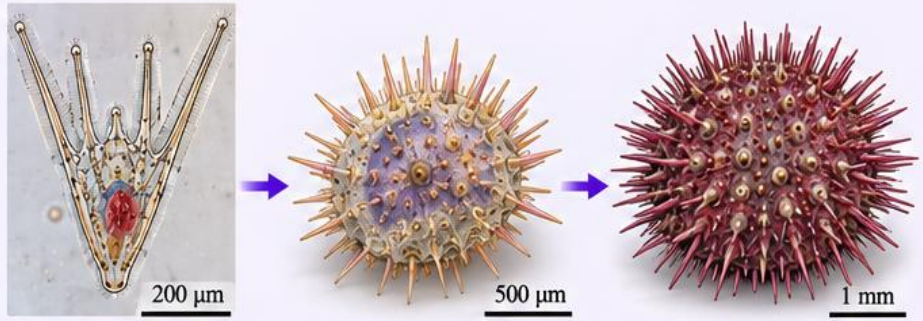
Stadio a prisma · Echinopluteo a 4 braccia · Echinopluteo a 6 braccia · Echinopluteo a 8 braccia

C Formazione del rudimento del giovane riccio
(nella larva planctonica, lato sinistro)



Echinopluteo a 8 braccia (vista laterale)

D Metamorfosi e insediamento bentonico
(trasformazione in giovane riccio pentaradiale)



Larva competente (pre-metamorfosi) · Metamorfosi e insediamento sul substrato · Giovane riccio di mare (pentaradiale)

Fasi intracapsulari (sviluppo embrionale nell'uovo) → **Fasi planctoniche libere natanti** (larva echinopluteo) → **Metamorfosi e insediamento**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

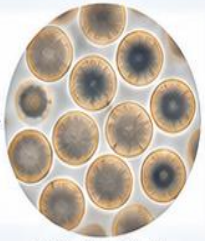
Larve di riccio di mare (Echinoidea) negli studi di ecotossicologia

Un modello biologico di riferimento per valutare gli effetti di contaminanti, micro- e nanoplastiche e altre pressioni ambientali sullo sviluppo embrio-larvale marino.

Il modello: il riccio di mare

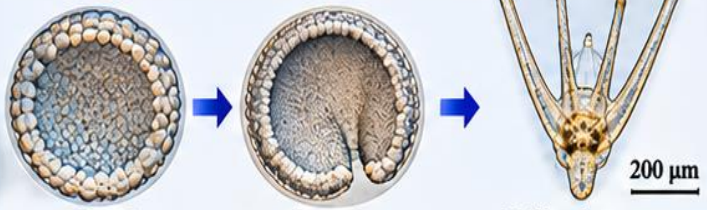


Paracentrotus lividus
(Echinoidea)



Uova fecondate
(≈ 80–100 µm)

Sviluppo embrio-larvale in laboratorio
(≈ 48–72 h)



Blastula
(≈ 8–10 h)

Gastrula
(≈ 18–24 h)

Echinopluteo
(≈ 48–72 h)

Perché le larve di riccio sono un ottimo organismo test?

- ✓ **Sviluppo rapido** e ben caratterizzato.
- ✓ **Elevata sensibilità** a numerosi contaminanti.
- ✓ Elevata **sincronizzazione** e **riproducibilità** degli esperimenti.
- ✓ Facili da allevare e ottenere in **grandi** quantità.
- ✓ Endpoint morfologici e **molecolari standardizzati.**
- ✓ **Rilevanza ecologica** (specie chiave degli ecosistemi costieri mediterranei).

Stressor comunemente testati

- **Metalli pesanti** (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn)
- **Inquinanti organici** (IPA, PCB, pesticidi)
- **Micro- e nanoplastiche** (PE, PS, PET)
- **Farmaci e prodotti di cura** (personal care)
- **Stress combinati** (temperatura, acidificazione)

Saggio di ecotossicologia(Embryo–Larval Development Assay)



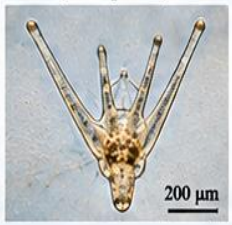
Uova/embrioni in diverse concentrazioni del contaminante

Incubazione (20–22 °C, 48–72 h)

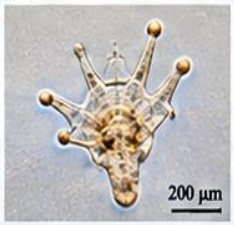
Analisi degli endpoints (morfologici, di sviluppo e biomolecolari)

Endpoint di risposta

Sviluppo normale
(larva pluteo)

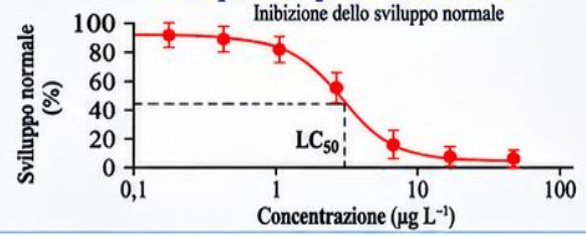


Sviluppo alterato
(esposizione a contaminante)



- Successo di sviluppo (% di larve normali)
- **Anomalie morfologiche** (armature, braccia, scheletro)
- **Ritardi o arresto dello sviluppo**
- **Biomarcatori di stress** (ADN damage, stress ossidativo, espressione genica)

Esempio di risposta dose–effetto





Rilevanza ecologica

- ✓ Indicatori precoci di impatto ambientale.
- ✓ Valutazione del rischio per la biodiversità marina.
- ✓ Supporto alla gestione e alla tutela degli ecosistemi costieri (es. Aree Marine Protette).

Conclusione: le larve di riccio di mare, in particolare *Paracentrotus lividus*, rappresentano un modello sperimentale robusto e ampiamente validato per studi di ecotossicologia marina.

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Maschi o femmine? Uova, Ovario, Sperma, Testicoli

Paracentrotus lividus
(riccio femmina)

Specie gonocorica (sessi separati)



- Specie: *Paracentrotus lividus*
- Volgarmente chiamato "riccio femmina"
- Specie gonocorica (con individui maschi e femmine separati)
- Le gonadi arancioni sono ovari contenenti oociti (uova)

I cosiddetti "ricci femmina" e "ricci maschio" non sono i due sessi della stessa specie, ma due specie diverse:

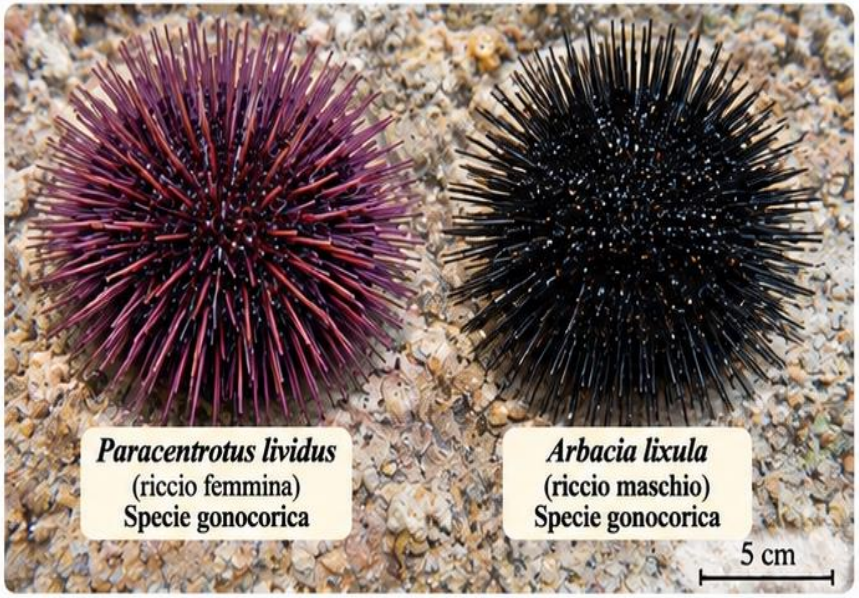
Paracentrotus lividus **e** ***Arbacia lixula*****, entrambe gonocoriche.**

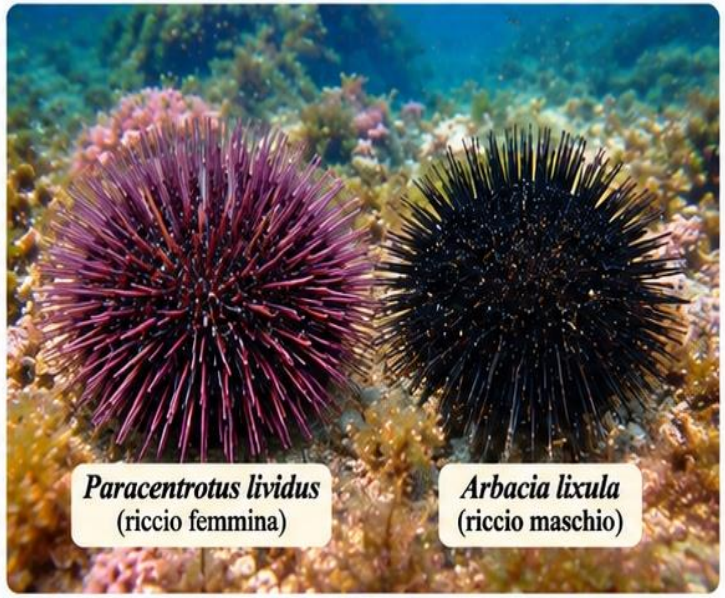
Arbacia lixula
(riccio maschio)

Specie gonocorica (sessi separati)



- Specie: *Arbacia lixula*
- Volgarmente chiamato "riccio maschio"
- Specie gonocorica (con individui maschi e femmine separati)
- Le gonadi biancastre sono testicoli contenenti sperma









UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Prof. Antonio Terlizzi

Il ruolo dei ricci di mare nelle cascate trofiche costiere

Predatori (saraghi) e ricci (*Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*) modulano la **struttura delle comunità bentoniche,** determinando la complessità e la produttività delle foreste algali, con effetti evidenti dentro e fuori le Aree Marine Protette (AMP).

Cascata trofica (top–down)



Saraghi
(Sparidae)
Predatori di ricci



Ricci di mare
(*Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*)
Erbivori



Macroalghe
(complessità strutturale, biodiversità, produttività)

→ Controllo (predazione)
⊣ Inibizione (pascolamento)

Dentro l'Area Marina Protetta (AMP)



- ✓ Maggiore abbondanza di saraghi
- ✓ Minore densità di ricci
- ✓ Maggiore copertura e complessità algale
- ✓ Habitat più eterogenei e ricchi di specie

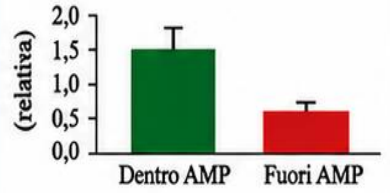
Fuori dall'AMP (aree pescate)



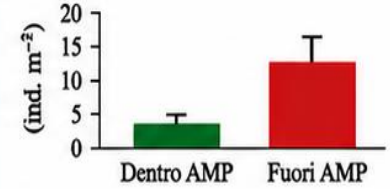
- ✓ Minore abbondanza di saraghi
- ✓ Maggiore densità di ricci
- ✓ Riduzione della copertura algale
- ✓ Fondali semplificati ("barren")

Risposta tipica lungo il gradiente di protezione

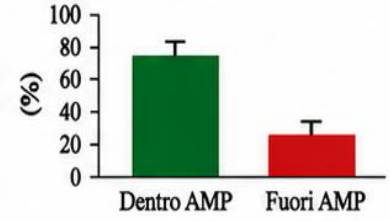
Biomassa/abbondanza di saraghi



Densità di ricci



Copertura algale



Conclusione | La protezione della fauna ittica (es. saraghi) nelle Aree Marine Protette riduce i ricci, favorisce lo sviluppo delle foreste algali e mantiene la complessità e il funzionamento degli ecosistemi costieri.

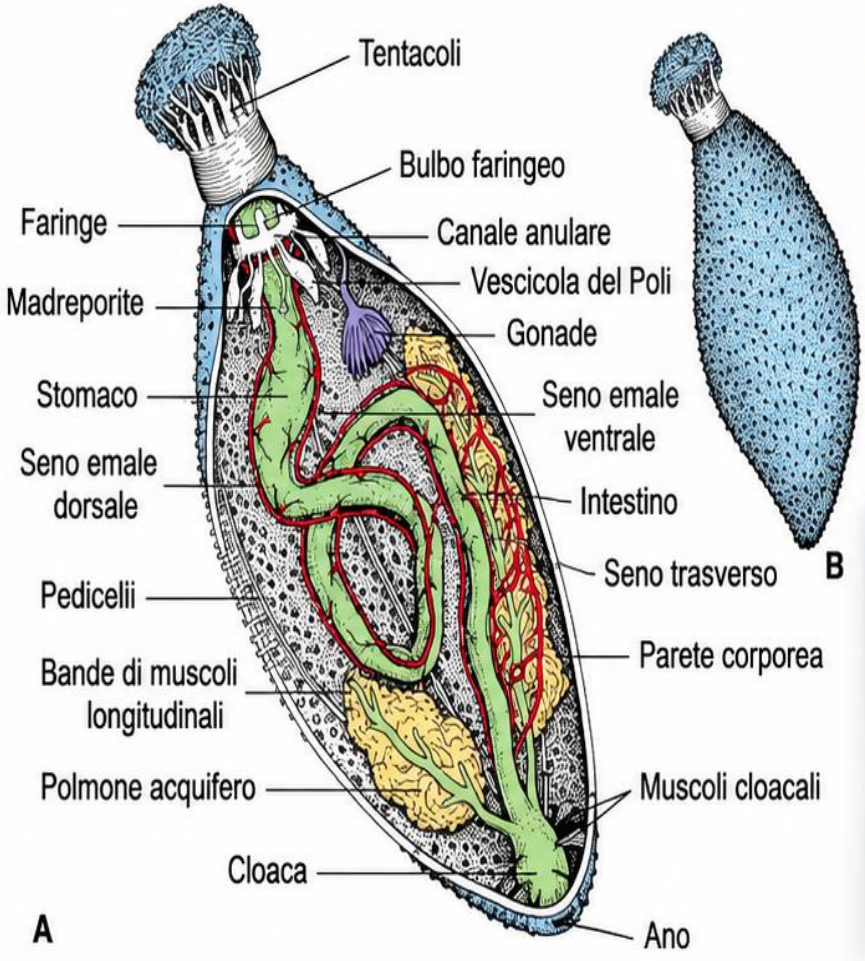
Classe Holothuroidea *(Echinodermata)*

Inquadramento sistematico

- **Phylum:** Echinodermata
- **Classe:** Holothuroidea
- ~ 1.700 specie descritte (> 2.000 stimate), soprattutto bentoniche marine.

Caratteri generali

- Corpo allungato, cilindrico o sacciforme, privo di braccia.
- Simmetria pentaraggiata secondaria con organizzazione interna radiale.
- Scheletro ridotto a ossicoli dermici (microscleriti) dispersi nel tegumento.
- Tegumento spesso, ricco di collagene ("catch connective tissue") che consente variazioni di consistenza.





Organizzazione e funzioni principali

- **Apparato digerente completo:** bocca con corona di tentacoli, intestino lungo e cloaca.
- **Sistema acquifero:** ridotto; madreporite interno.
- **Apparato emale:** sistema circolatorio aperto con seni.
- **Apparato respiratorio:** polmoni acquiferi (alberi respiratori) per gli scambi gassosi.
- **Locomozione:** tramite pedicelli lungo le bande muscolari e contracioni della parete corporea.

Ruolo ecologico

Importanti detritivori e bioturbatori dei fondali marini, partecipano al riciclo della materia organica, alla mineralizzazione dei sedimenti e al mantenimento del funzionamento degli ecosistemi bentonici.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura
Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Forme larvali e cicli vitali degli Oloturoidei (*Echinodermata*)

Sviluppo *indiretto* con metamorfosi e riorganizzazione del corpo pentaraggiato

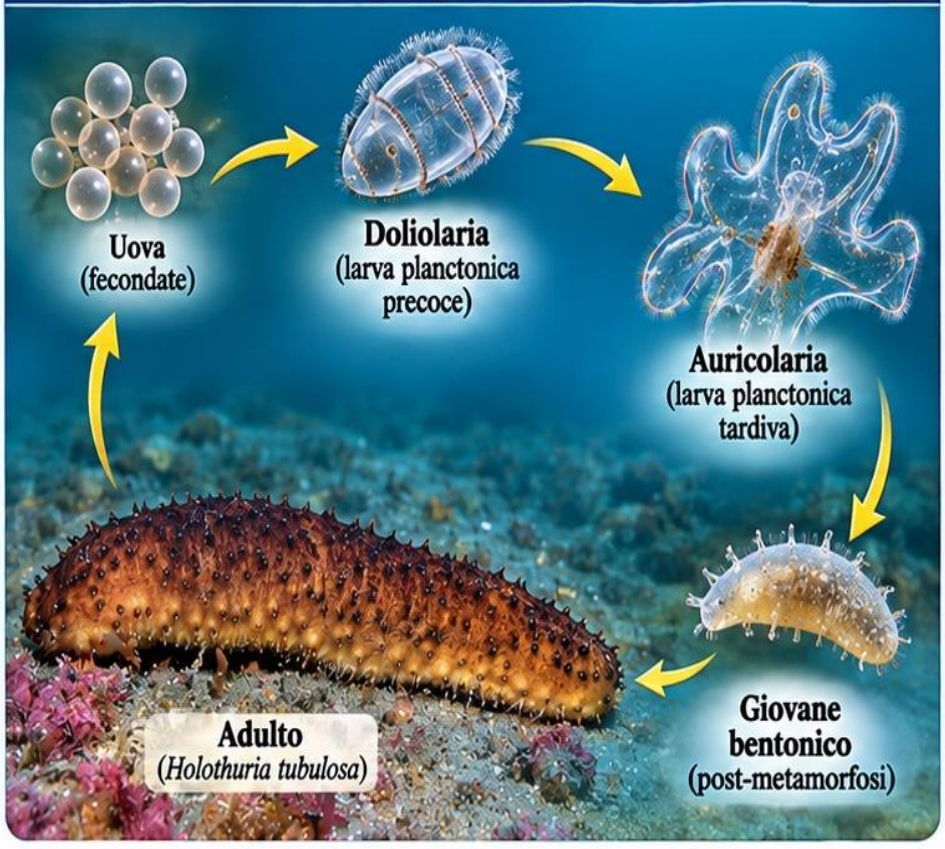
Caratteri generali

- **Oloturoidei (Holothuroidea):** Echinodermata bentonici marini (~ 1.700 specie).
- Sviluppo indiretto con fasi larvali planctoniche tipiche degli Echinodermi.
- Una o più forme larvali (doliolaria e/o auricolaria), seguite da metamorfosi in un giovane bentonico.

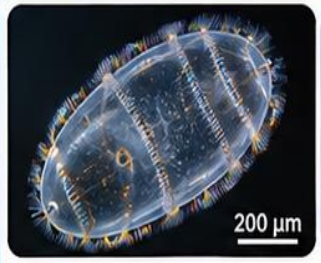
Variabilità

- La successione larvale può variare tra le specie:
  - solo doliolaria,
  - doliolaria seguita da auricolaria,
  - in alcune specie, auricolaria diretta (senza doliolaria).
- Durata dello sviluppo larvale da pochi giorni a diverse settimane (in base a specie e temperatura).

Ciclo vitale (schema generale)

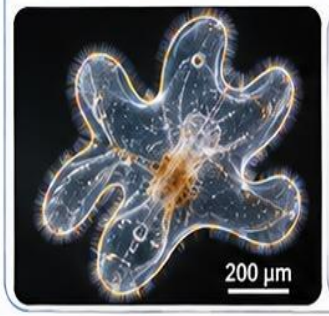


Principali forme larvali



Doliolaria

- Larva planctonica precoce.
- Corpo cilindrico con anelli ciliati.
- Nuoto attivo.



Auricolaria

- Larva planctonica tardiva.
- Corpo a lobi ciliati ("auricole").
- Accrescimento e sviluppo degli organi dell'adulto.

Metamorfosi

- Profonda riorganizzazione: regressione delle strutture larvali, formazione del corpo vermiforme e dell'organizzazione pentaraggiata.
- Insediamento sul fondo e transizione allo stadio bentonico.

Significato ecologico

Le fasi larvali planctoniche favoriscono la dispersione, la connettività tra popolazioni e la colonizzazione di nuovi habitat, contribuendo alla resilienza e alla distribuzione delle specie di Oloturoidei.

Meccanismi di difesa degli Oloturoidei: i dotti di Cuvier

Eviscerazione parziale con emissione di filamenti (dotti di Cuvier) a funzione meccanica e chimica



Meccanismo di difesa

1. Percezione della minaccia o dello stress.



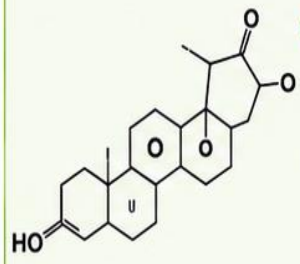
2. Rapida espulsione dall'ano di lunghi filamenti bianchi, appiccicosi ed elastici **(dotti di Cuvier).**



3. Espansione in acqua dei filamenti, formazione di un groviglio vischioso che si attacca al predatore e ne intralcia i movimenti.



Azione chimica



- In molte specie i filamenti contengono **saponine** (triterpeni glicosidici),
- composti con attività emolitica e irritante che possone scoraggiare o intossicare il predatore.

Eviscerazione parziale e rigenerazione



- L'emissione dei dotti di Cuvier è una forma di eviscerazione parziale.
- Non è fatale per l'animale.
- I filamenti vengono rigenerati in poche settimane o mesi.

Gli ossiculi negli Oloturoidei

Microscopici elementi calcarei dell'endoscheletro con elevato valore tassonomico



Caratteri principali

- Gli ossiculi sono elementi microscopici dell'**endoscheletro**, costituiti prevalentemente da **calcite magnesiaca**.
- Si trovano nel derma, nei pedicelli, **nelle papille** e nei tentacoli.
- Presentano una grande **diversità morfologica** (es. tavole, bottoni, bastoncelli, ancore, ruote).
- **Forma, dimensioni, ornamentazione** e **distribuzione** costituiscono importanti caratteri **tassonomici** per l'identificazione di generi e specie.
- La loro **morfologia** e abbondanza possono variare con l'**età** e con la regione corporea.

Principali morfotipi di ossiculi negli Oloturoidei

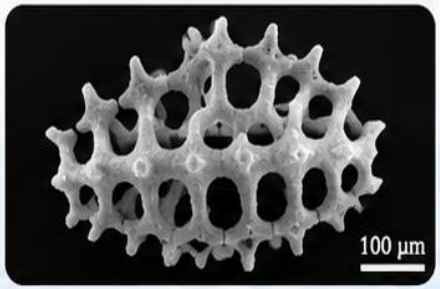
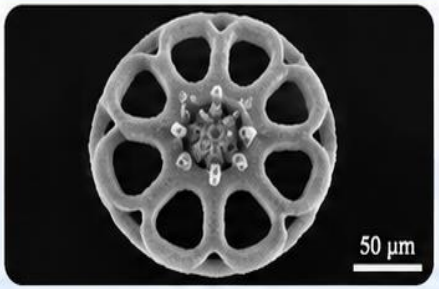
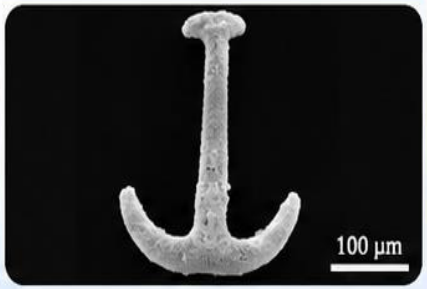


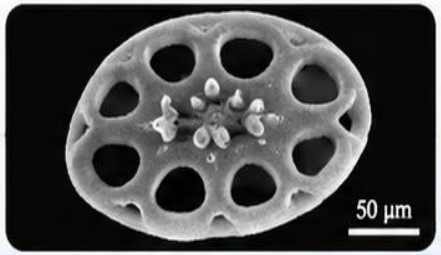
Tavola
Piastra perforata, spesso con margine dentato (es. *Holothuria*)



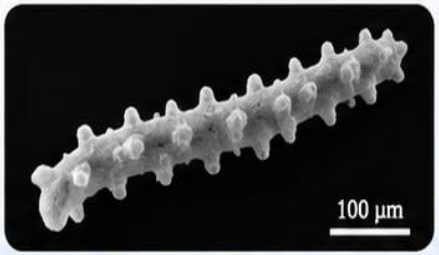
Ruota
Elemento discoidale con aperture radiali (es. famiglia Cucumariidae)



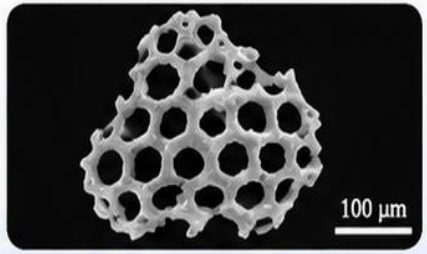
Ancora
Elemento con fusto e bracci ricurvi (es. *Holothuria*, *Stichopus*)



Bottone
Piastra ellittica o circolare con perforazioni multipla (es. *Holothuria*, *Cucumaria*)



Bastoncello (rodo)
Elemento allungato, spesso con protuberanze (es. *Holothuria*, *Labidodemas*)



Piastra reticolata
Piastra con ampia reticolatura (es. *Thelenota*, *Stichopus*)



Gli ossiculi rappresentano un carattere morfologico chiave nella **sistematica** delle oloturie, utile per la diagnosi dei taxa e per gli studi di filogenesi e diversità.

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Le *Oloturie* (cetrioli di mare): valore commerciale, mercato e impatto ecológico

Una risorsa marina ad alto valore, fortemente richiesta in Asia e oggi al centro di gravi problemi di conservazione


Holothuria tubulosa





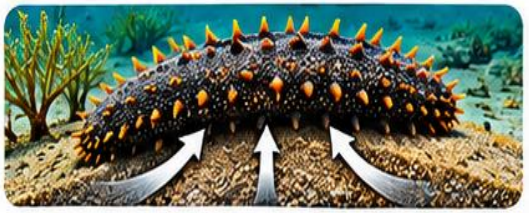
La pesca delle **oloturie** (o **cetrioli di mare**) è fortemente legata alla grande richiesta dei **mercati asiatici** (in particolare **Cina** e **Hong Kong**), dove sono considerate un **alimento di lusso**, un **ingrediente pregiato** (noto anche come ***trepang***) e un prodotto usato in **medicina tradizionale** e **cosmesi**.

Il mercato e il valore economico



- **Prezzi elevati:** il prodotto lavorato ed essiccato può raggiungere fino a **3.000 euro al chilo** per le varianti più pregiate.
- **Destinazione:** esportazione principalemente verso la **Cina, Hong Kong** e altri Paesi del Sud-Est asiatico, anche attraverso canali di **pesca di frodo** e **traffici illeciti**.

Impatto ecologico



- **Ruolo ecologico:** Le oloturie agiscono come "spazzini" del fondale marino, filtrando i sedimenti e mantenendo l'equilibrio degli ecosistemi costieri.
- La loro rimozione massiccia provoca gravi danni ambientali e la degradazione degli habitat.

Normativa in Italia



- A causa del sovrasfruttamento e della razzia dei fondali (segnalata con maxi-sequestri e arresti tra la Puglia e il resto del Mediterraneo), l'Italia ha **vietato totalmente la pesca delle oloturie** tramite decreti ministeriali specifici.

Le ***oloturie*** rappresentano una risorsa economica di grande interesse, ma il loro **intenso sfruttamento**, trainato dalla domanda asiatica, ha portato a **gravi impatti ambientali** e al **divieto di pesca in Italia**.

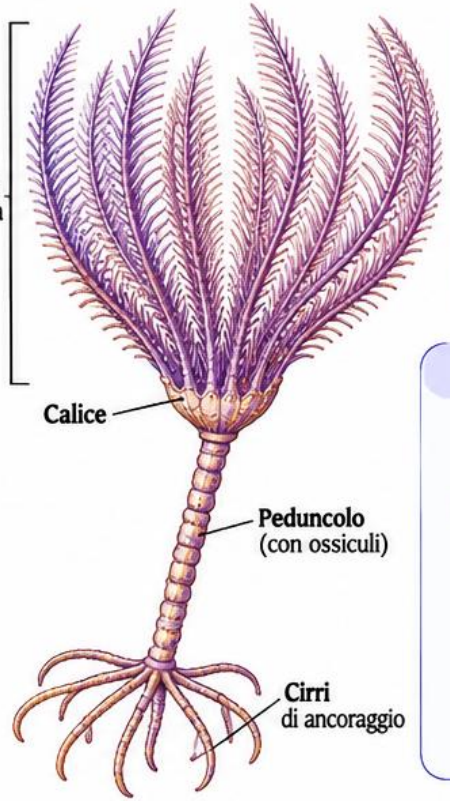
Classe Crinoidea

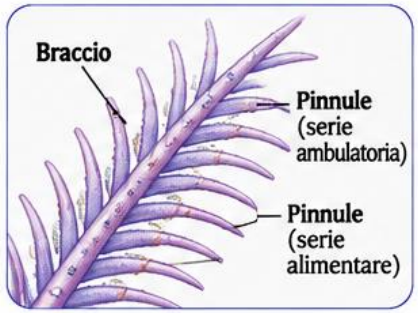
Echinodermi sospensivori, con circa 650 specie



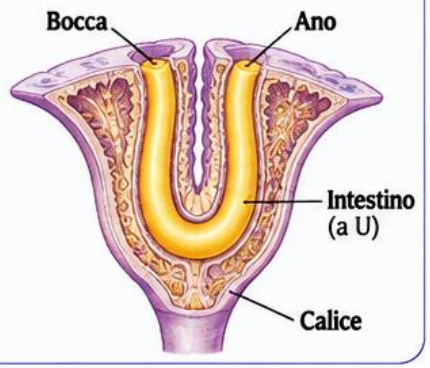


- Fissi al substrato tramite un **peduncolo** formato da **ossiculi** che termina con **cirri** di ancoraggio.
- Corona costituita da un **calice** da cui si dipartono **5 braccia**, ciascuna con una **doppia serie di pinnule** (laterali).
- **Apparato digerente ad U**, con bocca e ano posti sul lato orale (all'interno del calice).
- **Sospensivori**, si alimentano mediante **filtrazione** del particellato organico e del microplancton grazie al **sistema muco-ciliare** delle pinnule.

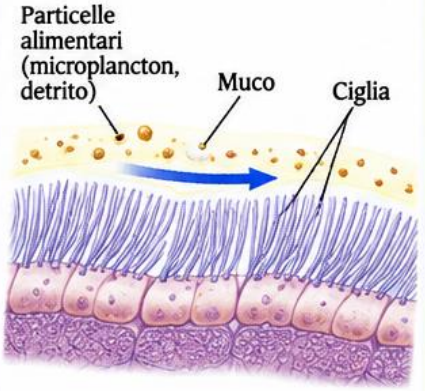




Apparato digerente ad U



Filtrazione muco-ciliare



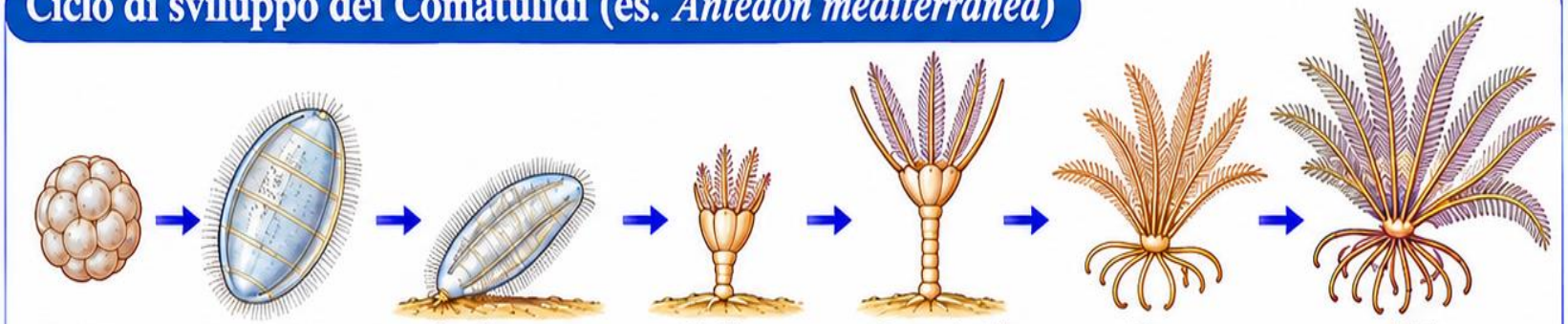
Le pinnule producono muco che intrappola le particelle alimentari, convogliate dai movimenti ciliari verso la bocca.

Crinoidea: forme larvali e cicli di sviluppo

Caratteri generali

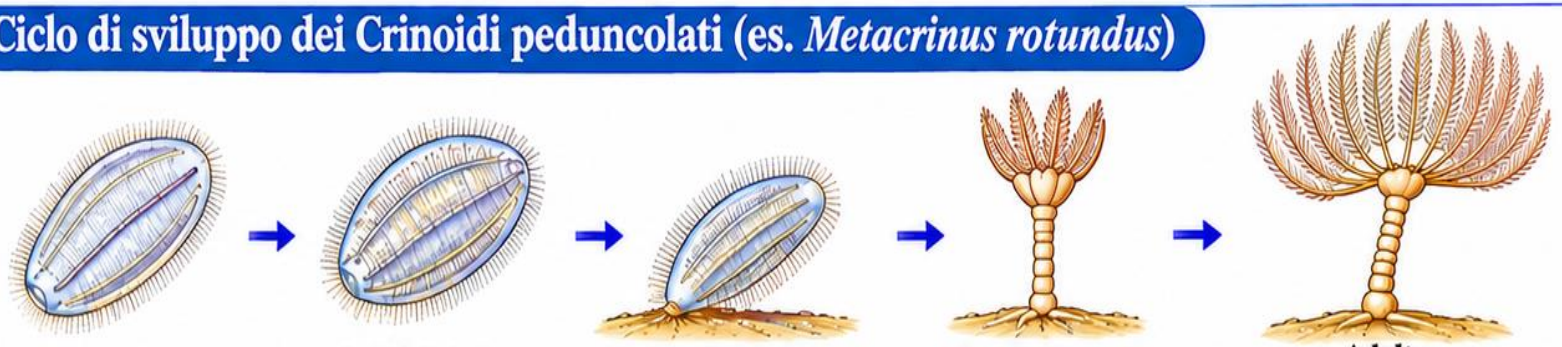
- Sviluppo indiretto con forme larvali caratteristiche, in particolare la **doliolaria**.
- Larva doliolaria: bilaterale, ciliata, **lecitotrofica** (non si alimenta nel plancton).
- Metamorfosi con insediamento sul substrato e formazione di uno stadio giovanile (cistidea o pentacrinoide).
- Due principali modelli di sviluppo: comatulidi (free-living) e crinoidi peduncolati (stalked).

Ciclo di sviluppo dei Comatulidi (es. *Antedon mediterranea*)



Embrione (segmentazione) → **Larva doliolaria** (bilaterale, ciliata, **lecitotrofica**) → **Insediamento** (al substrato con estremità anteriore) → **Cistidea** (sessile, non alimentante) → **Pentacrinoide** (peduncolato, con calice e braccia; **alimentazione sospensivora**) → **Giovane comatulide** (libero, con cirri aborali) → **Adulto comatulide** (libero, con cirri per l'ancoraggio)

Ciclo di sviluppo dei Crinoidi peduncolati (es. *Metacrinus rotundus*)



Larva precoce (dipleurula-simile) → **Semidoliolaria** (stadio intermedio di transizione) → **Insediamento e metamorfosi** (sul substrato) → **Stadio giovanile** (peduncolato) → **Adulto** (crinoide peduncolato, con peduncolo persistente)

Variabilità interspecifica: non tutti i Crinoidea seguono un ciclo identico; alcune specie incubano la prole (Haig 2008).

Phylum Hemichordata

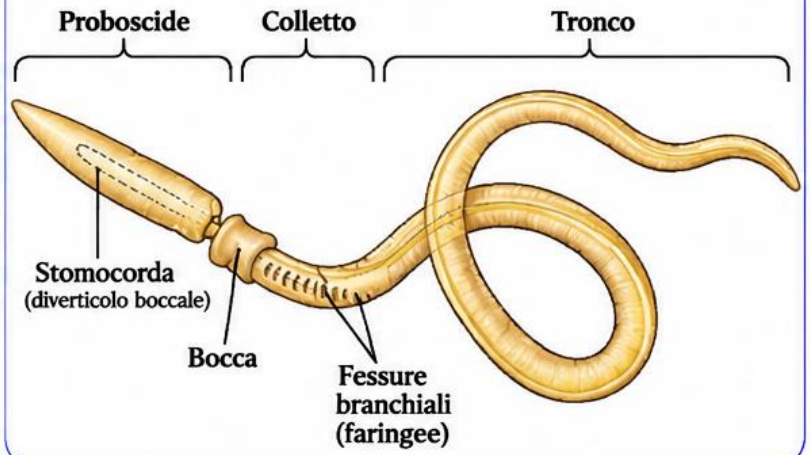
"Mezzi cordati": deuterostomi marini di rilevante interesse evolutivo

Inquadramento e significato evolutivo

- Piccolo phylum di invertebrati marini, a forma di verme (vermiformi) o coloniali.
- Considerati un **"anello di congiunzione"** filogenetico tra gli Echinodermi e i Cordati.
- Il nome (Hemichordata, "mezzi cordati") deriva dalla presenza di una **stomocorda**, un diverticolo boccale cavo e flessibile che supporta la proboscide (non una vera notocorda).


Balanoglossus sp. (Enteropneusta)

Organizzazione generale



Caratteristiche principali

- **Corpo tripartito:** proboscide, colletto e tronco.
- **Affinità con i Cordati:** fessure branchiali faringee per la respirazione e cordone nervoso dorsale.
- Simmetria bilaterale, triploblastici, con **vero celoma** suddiviso in tre comparti.
- Sistema digerente completo.
- Sistema circolatorio di tipo aperto.

I principali gruppi

- **Enteropneusta** (≈ 80 spp.)
  Vermi ghianda (acorn worms), liberi, generalmente bentonici scavatori nei sedimenti molli.



- **Pterobranchia** (≈ 40 spp.)
  Forme sessili coloniali, con braccia tentacolari ciliate per la filtrazione del particolato.

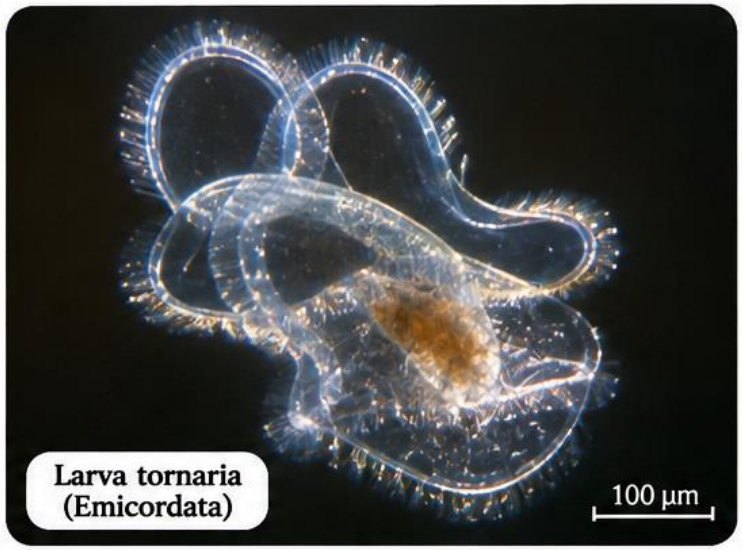


Phylum Hemichordata

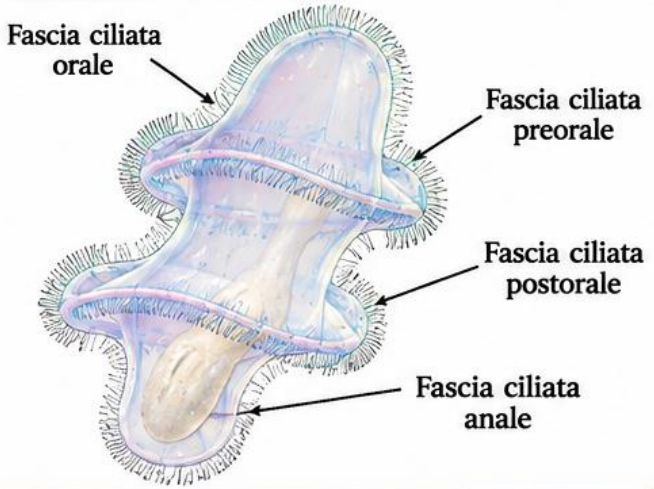
La larva tornaria

Caratteristiche

- Stadio larvale planctonico caratteristico degli Emicordati (phylum Hemichordata).
- Larva trasparente, con fasce ciliate complesse che le permettono di nuotare nel plancton.
- È presente anche negli Echinodermi e negli Urocordati, appartenenti al superphylum dei **Deuterostomi**.



Morfologia della tornaria



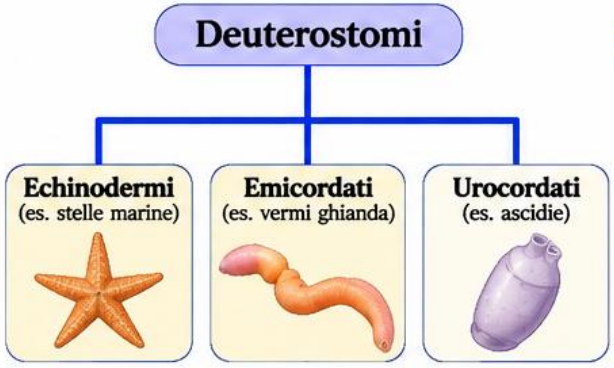
Affinità con la larva bipinnaria



Larva bipinnaria
(Asteroidea, Echinodermi)

- Mostra notevoli somiglianze con la larva bipinnaria delle stelle marine (Asteroidea).
- Questa somiglianza suggerisce una stretta parentela evolutiva tra Emicordati ed Echinodermi e costituisce una prova a favore di un **antenato comune**.

Significato evolutivo



- La larva tornaria è un elemento chiave per comprendere le relazioni evolutive tra i diversi phyla dei **Deuterostomi**.

Classe Enteropneusta

Phylum Hemichordata – *Vermi ghianda (acorn worms)*

Inquadramento e habitat

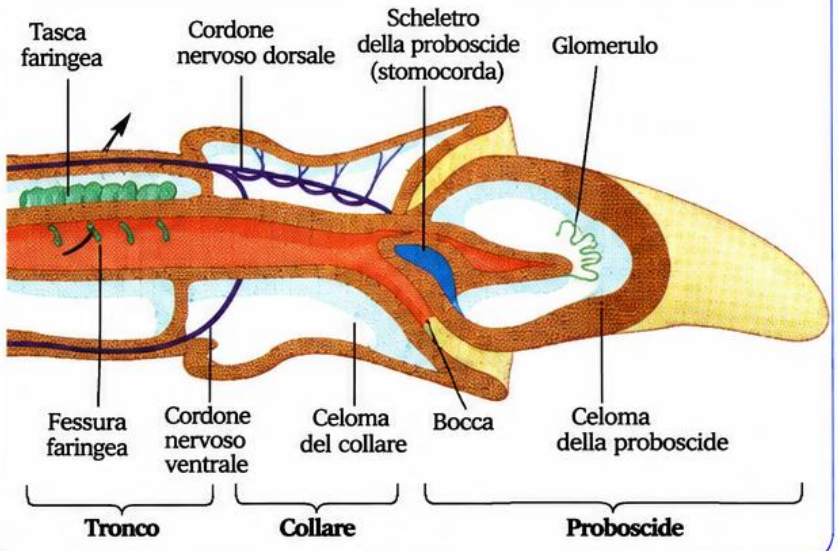
- Classe di animali celomati del phylum Emicordati.
- Divisa nelle famiglie **Pticoderidi**, **Spengelidi** e **Harrimanidi**.
- Marini, vivono nella sabbia, a poca profondità.







Anatomia interna (sezione longitudinale)



Organizzazione del corpo

- Simmetria bilaterale; corpo distinto in:
  - **proboscide** (protosoma),
  - **collare** (mesosoma),
  - **tronco** (metasoma), articolato in:
    - tratto branchiale,
    - tratto genitale,
    - tratto epatico,
    - regione addominale,
    - regione caudale.
- **Bocca** ventrale, nascosta nel collare.

Sistemi e apparati

- **Sistema nervoso**: plesso subepidermico, in alcuni punti concentrato in tronchi nervosi.
- **Sistema digerente**: tubo completo; anteriormente fessure branchiali con **sacchi branchiali che** sboccano all'esterno con pori dorsali; posteriormente sacchi epatici (diverticoli ciechi).
- **Sistema circolatorio**: vaso dorsale e vaso ventrale; quello dorsale, alla base della proboscide, comunica con una lacuna con vescicola (**pericardio o vescicola** cardiaca), che pulsa nella larva (funzione ignota nell'adulto).

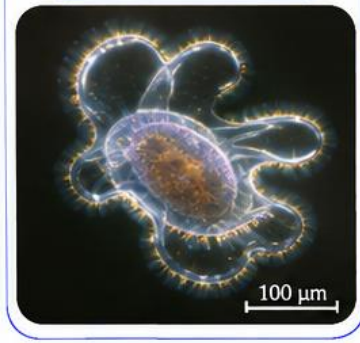
Strutture speciali

- Nella regione del collare, un diverticolo del canale digerente si prolunga nella proboscide, terminando a fondo cieco ("stomocorda"), considerato omologo alla corda dorsale dei Cordati.
- Sui lati e davanti la "corda" è situata la ghiandola della proboscide (glomerulo), probabilmente con funzione escretoria.

Riproduzione e sviluppo

- Sessi separati.
- **Gonadi**: serie di ghiandole pari, situate nella parte dorso-laterale del tratto genitale; ogni ghiandola sbocca separatamente con uno o più pori.
- Larva ciliata: **tornaria**.

Larva tornaria



Classe Pterobranchia

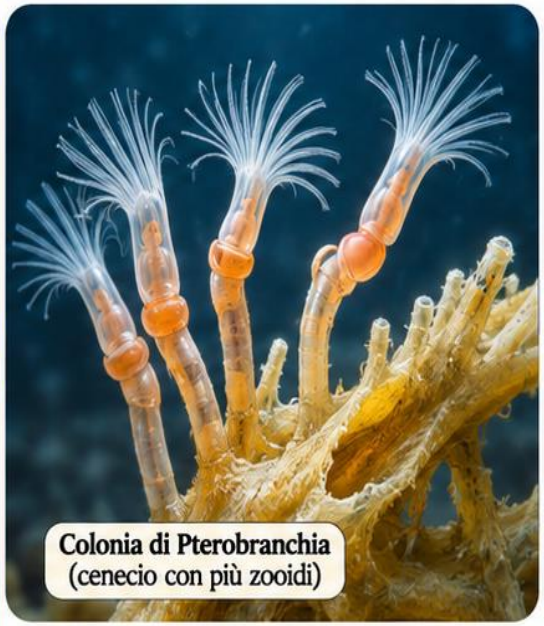
Phylum Hemichordata – Piccoli emicordati marini coloniali

Caratteri generali

- Classe del phylum Hemichordata.
- Forme esclusivamente marine, prevalentemente **coloniali**.
- Zooidi alloggiati in strutture tubulari organiche, i **ceneci**.
- Piccola taglia (pochi mm per zooide), comuni su substrati duri in acque marine, spesso fredde.

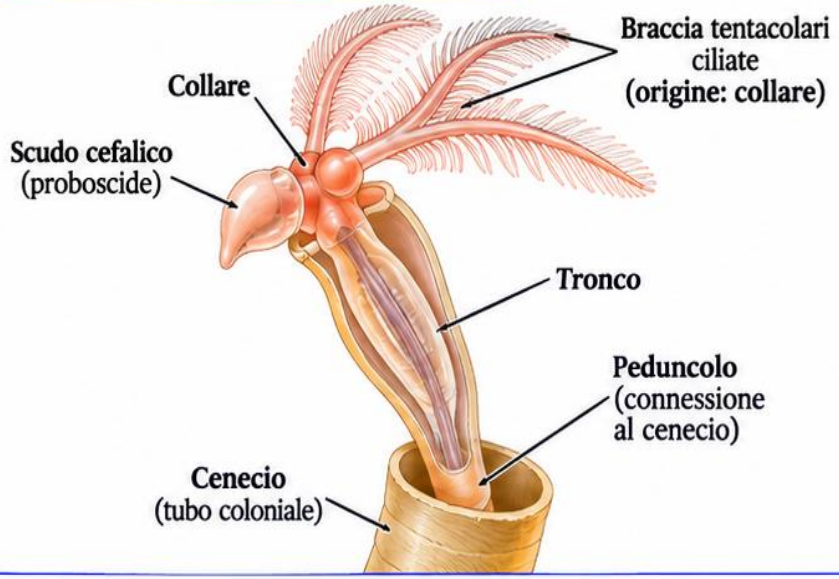
Organizzazione e alimentazione

- Corpo di ogni zooide suddiviso in: **scudo cefalico** (proboscide), **collare** e **tronco**, con **peduncolo** di connessione.
- Le braccia tentacolari ciliate originano esclusivamente dal **collare**.
- Alimentazione sospensivora: le correnti ciliari e il muco sulle **braccia** raccolgono le particelle in sospensione.
- La proboscide (a scudo) secerne il materiale per la costruzione e l'accrescimento del cenecio.



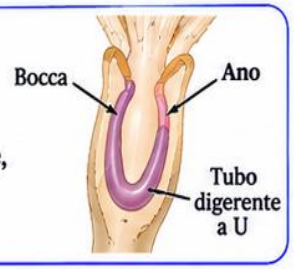
Colonia di Pterobranchia (cenecio con più zooidi)

Anatomia di uno zooide (schema)



Apparato digerente

- Tubo digerente a U, con bocca alla base del collare e ano in posizione anteriore, vicino al collare.



Riproduzione

- Sessuata, con gonadi nello tronco.
- Asessuata, per gemmazione (formazione di nuovi zooidi nella colonia).

I principali gruppi

Cephalodiscus



- Un paio di fessure branchiali faringee.
- Più paia di braccia tentacolari (≈ 8–20).

Rhabdopleura



- Fessure branchiali assenti.
- Un solo paio di braccia tentacolari.