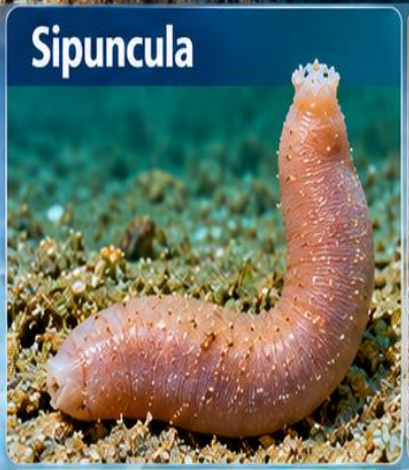
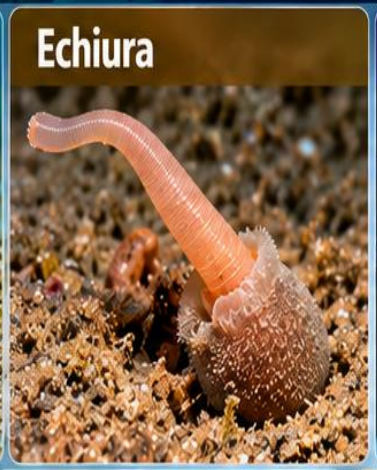
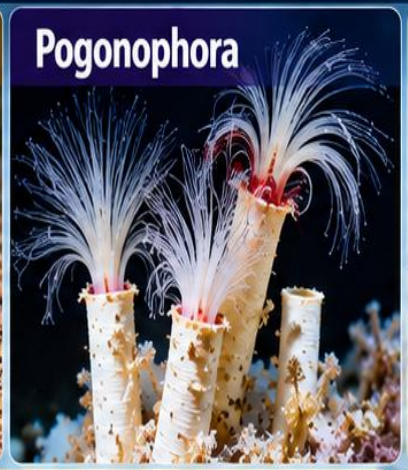
Protostomi minori:

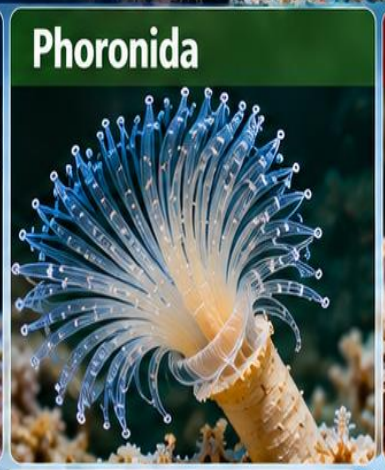
Phyla Sipuncula, Echiura, Pogonophora, Phoronida, Bryozoa, Brachiopoda, Pentastomida, Onicophora, Tardigrada, Chaetognata

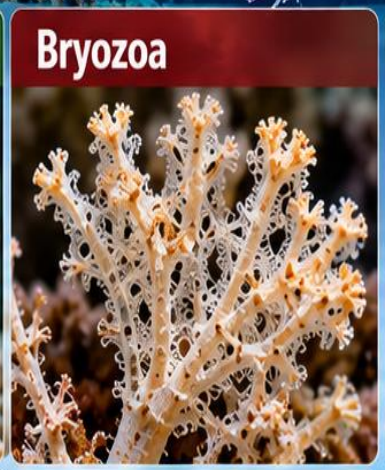


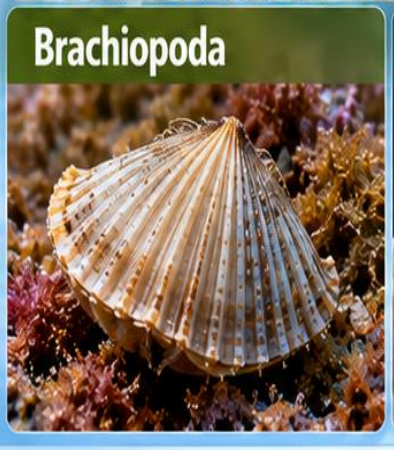




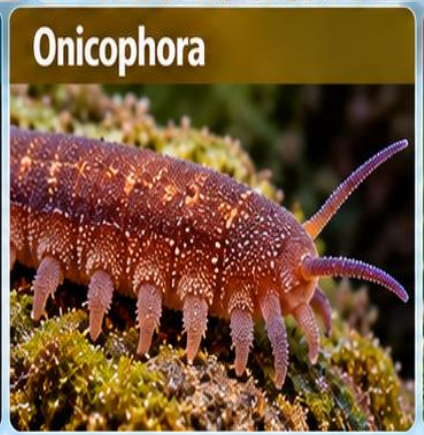
















UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica

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

Concetti

Phyla di celomati a posizione filogenetica controversa



Sipuncula | Echiura | Pogonophora | Phoronida | Bryozoa



Brachiopoda | Pentastomida | Onicophora | Tardigrada | Chaetognata

Bryozoa, Phoronida e Brachiopoda sono raggruppati dalla caratteristica comune del **lofoforo**



Bryozoa | Phoronida | Brachiopoda

Lofoforo

Sipuncula, Echiura e **Pogonophora** posseggono alcune caratteristiche tipiche degli anellidi e sono inseriti nel superphylum dei Lophotrochozoa



- **Lophotrochozoa**
  - Sipuncula
  - Echiura
  - Pogonophora
  - Anellida

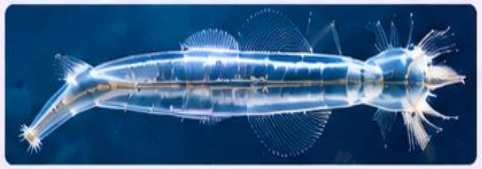
Pentastomida, Onicophora e **Tardigrada,** spesso indicati come **Pararthropoda** sono inseriti nel superphylum dei Ecdysozoa



Pentastomida | Onicophora | Tardigrada

- **Ecdysozoa**
  - Pentastomida
  - Onicophora
  - Tardigrada

Recenti analisi filogenetiche indicano affinità dei **Chetognati con** i **Nematodi**. I Chaetognata erano tradizionalmente inseriti tra i deuterostomi



- Nematoda
- Chaetognata

Sipuncula (sipunculus = piccolo sifone)



- Circa **300 specie**, tutti **marini**
- Vivono nel **fango** o nella **sabbia** o all'interno di **fessure della roccia**, tra i **coralli** o all'interno di **conchiglie di gasteropodi morti**
- **Non sono metamerici** e non **posseggono setole**
- Per lo più **detritivori**
- Larva di tipo **trocofora**

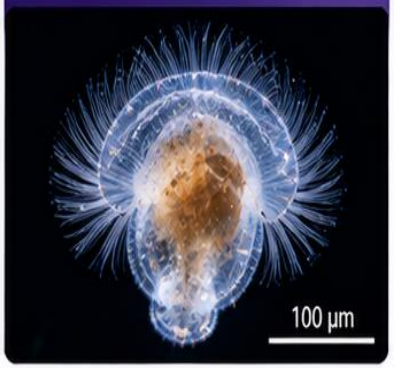
Habitat



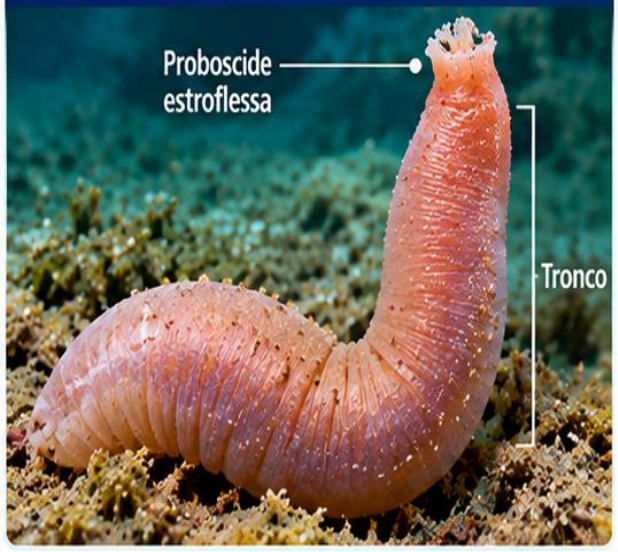




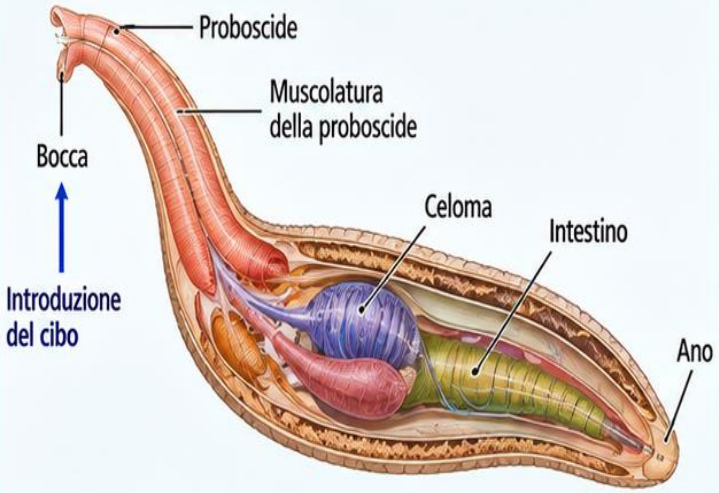
Larva trocofora



Morfologia generale



Sezione longitudinale (schema)

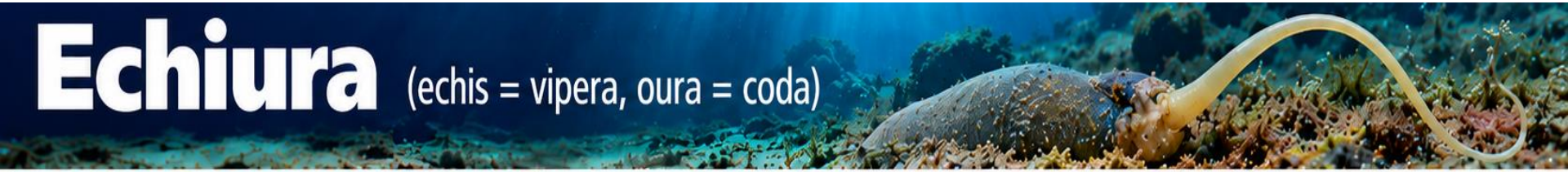


Alimentazione



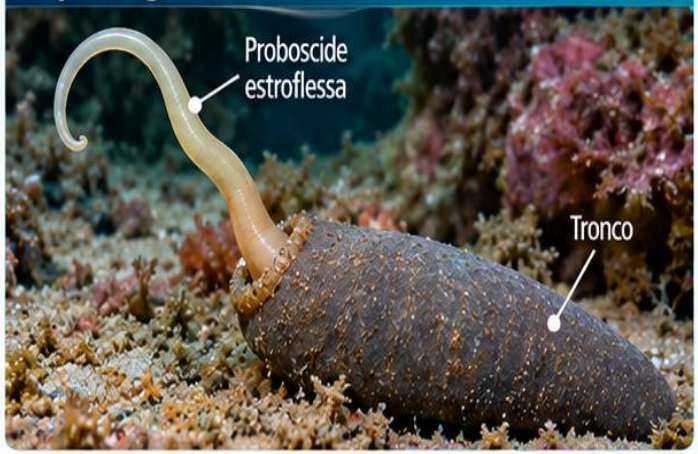
Per lo più **detritivori**

Echiura (echis = vipera, oura = coda)



- **Marini, endofauna,** da pochi mm a 40-50 cm
- Presentano una **proboscide** che può essere estroflessa alla ricerca del cibo
- Il **solco ciliato** trasporta le particelle alimentari alla bocca
- **Sistema circolatorio chiuso** con un vaso contrattile
- **Segmentazione spirale** e larva **trocofora**
- Sviluppo con fase larvale libera e **determinazione fenotipica del sesso**

Aspetto generale



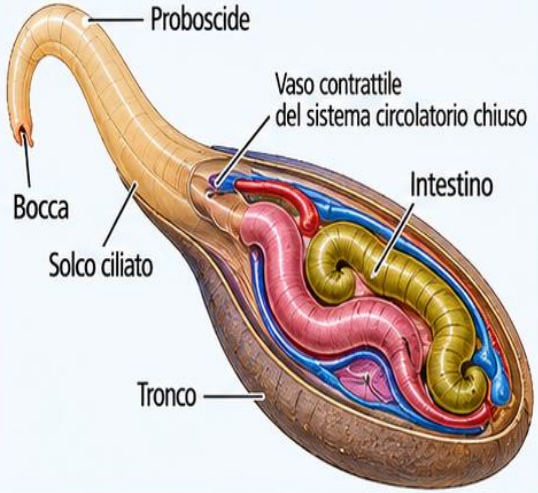
Habitat



Alimentazione



Organizzazione interna (schema)



Larva trocofora



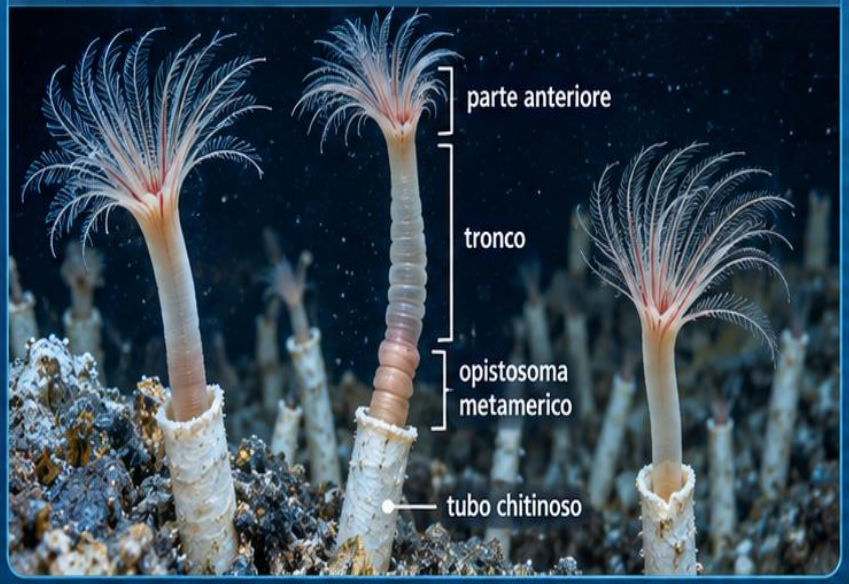
Determinazione fenotipica del sesso in *Bonellia viridis*



Pogonophora *(pogon = barba, phero = portare)*

- Phylum descritto nel 1900. Circa 80 specie
- Sessili all'interno di **tubi chitinosi** da essi secreti
- Corpo costituito da una corta **parte anteriore**, un lungo **tronco** e un **opistosoma metamerico**
- **Bocca assente.** Assunzione del cibo prevalentemente tramite **associazione mutualistica con solfobatteri**
- Sistema circolatorio chiuso
- A sessi separati

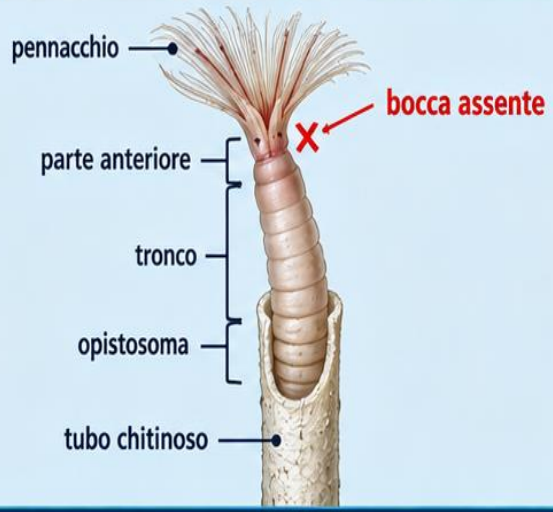
Aspetto generale



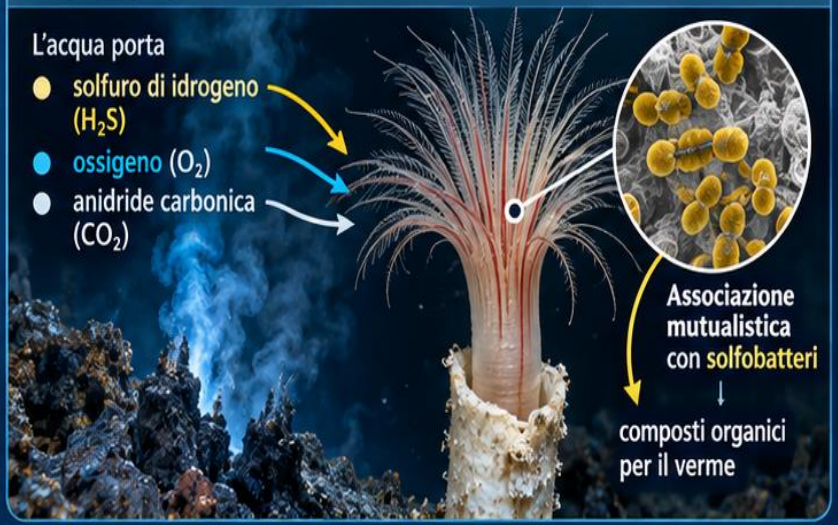
Vita nel tubo



Organizzazione generale (schema)



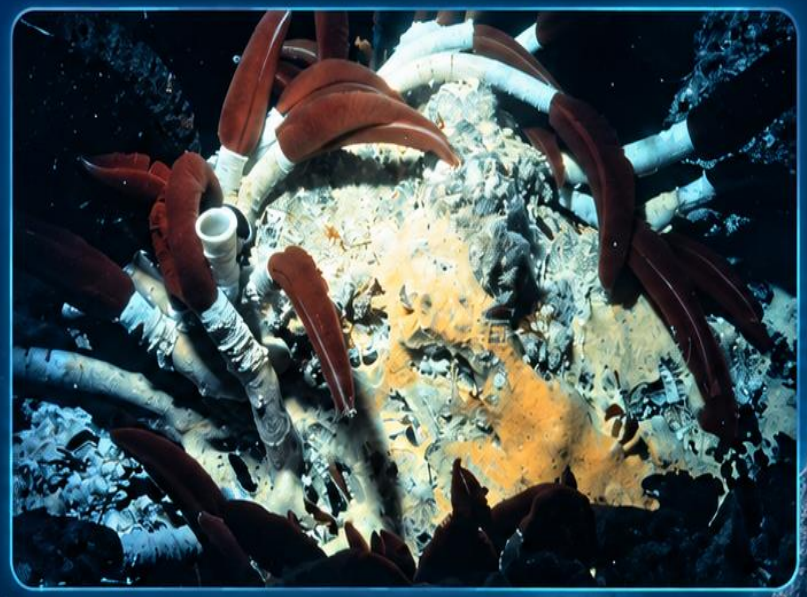
Nutrizione



La posizione sistematica dei pogonofori è stata oggetto di dibattito per lungo tempo.

Inizialmente considerati un phylum separato le moderne analisi genetiche e morfologiche collocano i pogonofori come un taxon all'interno del phylum degli **Anellidi**, strettamente imparentati con i **policheti**.

Sono organismi che dimostrano l'adattabilità della vita in ambienti estremi, basando la loro sopravvivenza su un meccanismo, la **chemiosintesi**, alternativo alla fotosintesi solare





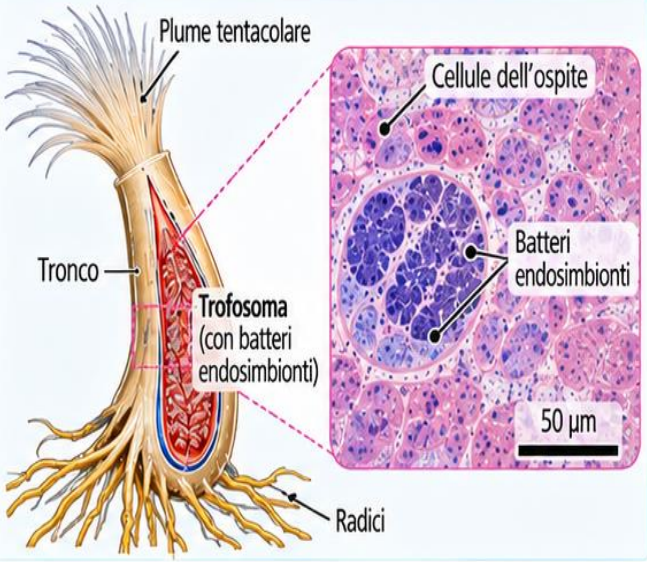
Pogonofori

Simbiosi trofica e trasferimento dei prodotti organici

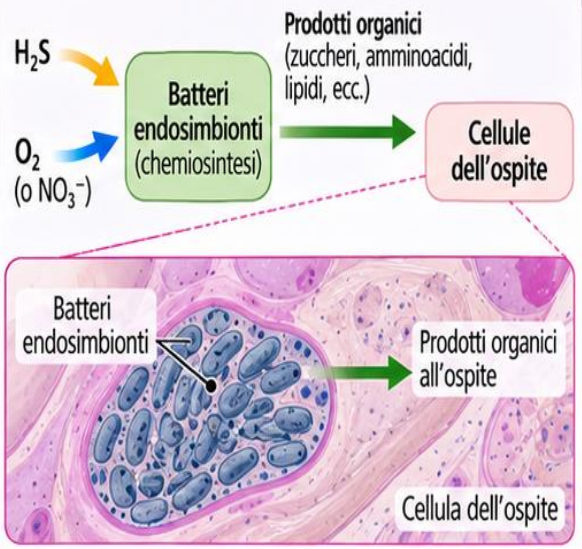
Simbiosi trofica

- Nei pogonofori i batteri solfuro-ossidanti vivono nel trofosoma, in stretta associazione con le cellule dell'ospite
- I batteri utilizzano H_2S (e altri composti ridotti) come donatore di elettroni e O_2 (o NO_3^-) come accettore, producendo composti organici per chemiosintesi
- I prodotti organici (zuccheri, amminoacidi, lipidi) vengono trasferiti all'ospite
- L'ospite fornisce ai batteri H_2S, O_2/NO_3^- e nutrienti inorganici, attraverso il circolo interno e la superficie del trofosoma

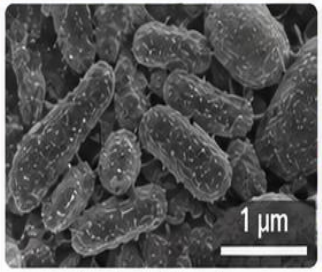
Organizzazione della simbiosi



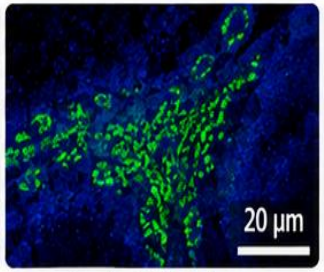
Trasferimento dei prodotti organici all'ospite



Evidenze della simbiosi

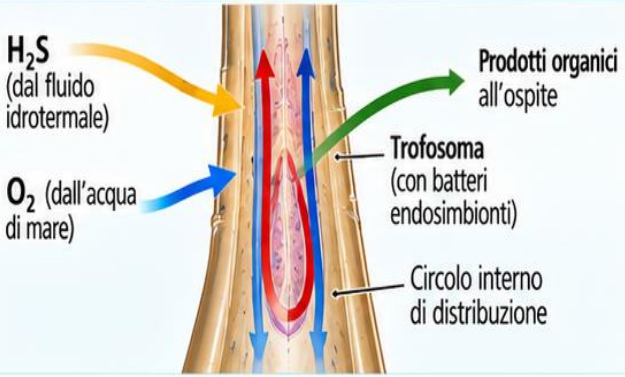


Batteri endosimbionti nel trofosoma (TEM)



Batteri endosimbionti (*in situ hybridization*, FISH)

Scambio di gas e substrati



Vantaggi per entrambi i simbionti

Batteri endosimbionti

- Ambiente stabile e protetto
- Accesso continuo a H_2S, O_2/NO_3^- e nutrienti
- Rimozione dei prodotti di scarto

Ospite (pogonoforo)

- Apporto continuo di composti organici (energia e carbonio)
- Sopravvivenza in ambienti privi di risorse alimentari particellari

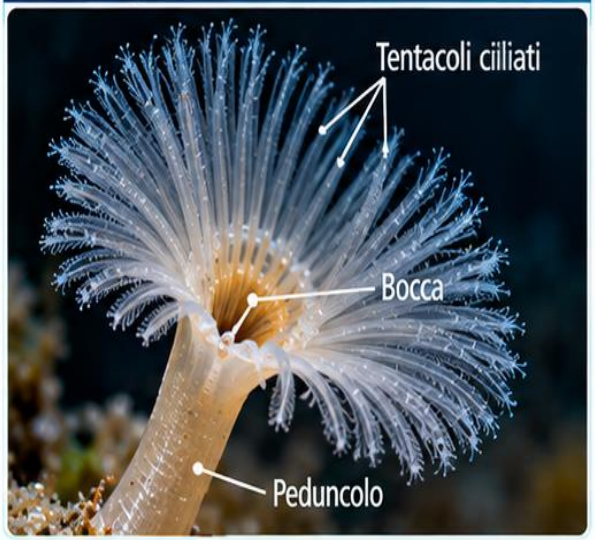
Lofoforati

Il lofoforo e la nutrizione per filtrazione

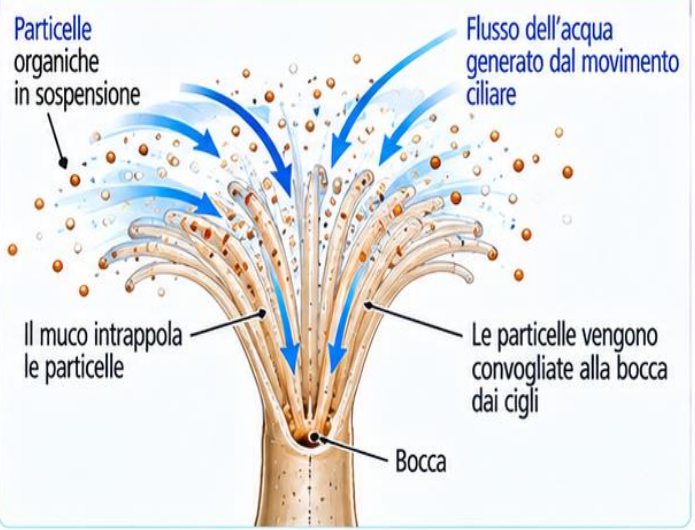


- Animali marini principalmente sessili (alcuni coloniali)
- Caratterizzati dalla presenza di un **lofoforo**, corona di tentacoli ciliati che circonda la bocca
- **Alimentazione per filtrazione** di particelle organiche sospese
- Il muco prodotto dai tentacoli intrappola le particelle, che vengono convogliate alla bocca da un movimento ciliare
- Posizione sistematica: inclusi nel clade **Lophotrochozoa**

Morfologia del lofoforo



Cattura e convogliamento del cibo



Habitat e forme di vita



Principali gruppi di Lofoforati

Briozoi (Bryozoa)



Colonie di zooidi con lofofori

Brachiopodi (Brachiopoda)



Lofoforo all'interno delle valve

Foronidi (Phoronida)



Individuo tubicolo con lofoforo estroflesso

Phoronida

Vermi marini lofoforati (Lophotrochozoa)

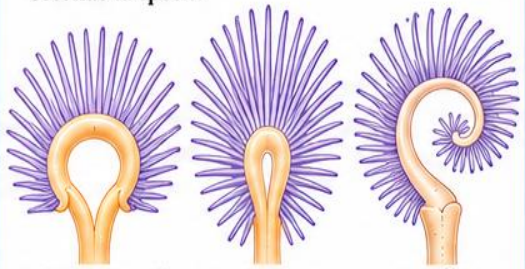
Caratteri generali

- Phylum di invertebrati marini lofoforati, appartenente ai **Lophotrochozoa**.
- Circa 13–14 specie descritte.
- Vermi tubicoli, sessili o semisessili, bentonici.
- Lofoforo tentacolare circostante la bocca (a ferro di cavallo, ovale o spiralato, secondo la specie).
- Sistema circolatorio chiuso, privo di cuore.

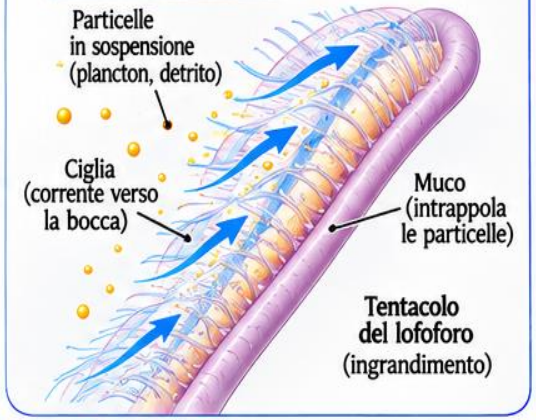


Morfologia del lofoforo

Lofoforo tentacolare con diversa conformazione secondo la specie.



Cattura e trasporto del cibo

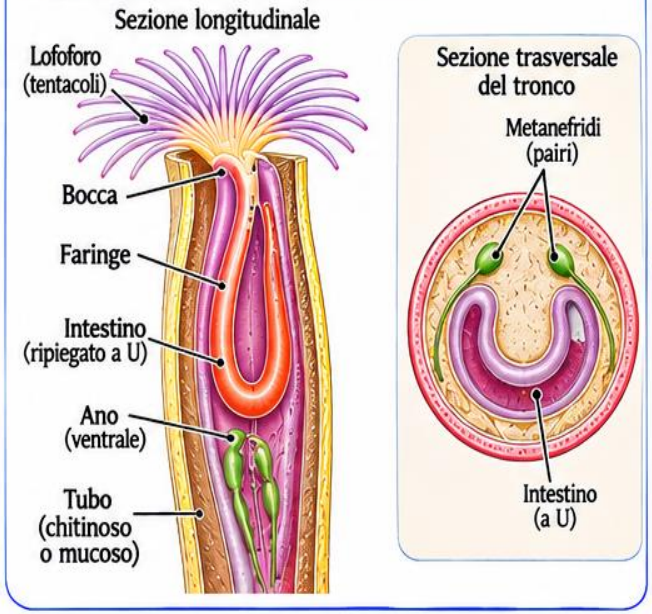


Habitat e forma di vita



- Vivono in fondali marini sabbiosi o fangosi, in genere in acque temperate e fredde.
- Abitano tubi permanenti (chitinosi e/o mucosi) infissi nel sedimento.
- Spesso formano popolazioni localmente dense.

Organizzazione interna



Altri aspetti biologici

- Apparato digerente completo, con intestino ripiegato a U.
- Metanefridi pari, con funzione escretoria e coinvolti anche nella emissione dei gameti.
- Sessi separati (specie dioiche) o, in alcune specie, monoiche.
- Sviluppo indiretto, con larva planctonica (attinotroca) ciliata.


Larva attinotroca

Esempi di specie

Phoronis hippocrepia



Phoronis muelleri

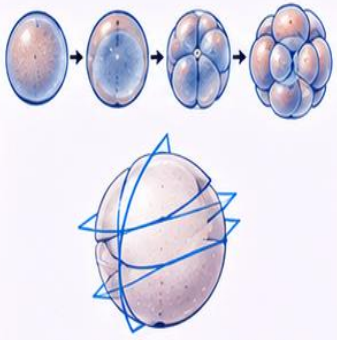


Phoronida

Segmentazione embrionale e affinità filogenetiche

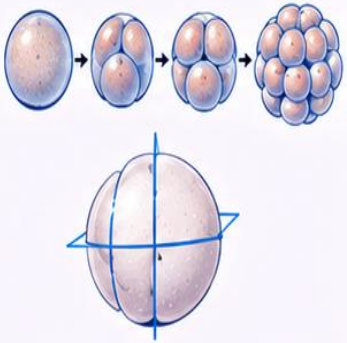
Modelli di segmentazione nei Metazoi

Segmentazione spirale
(tipica dei **protostomi**)



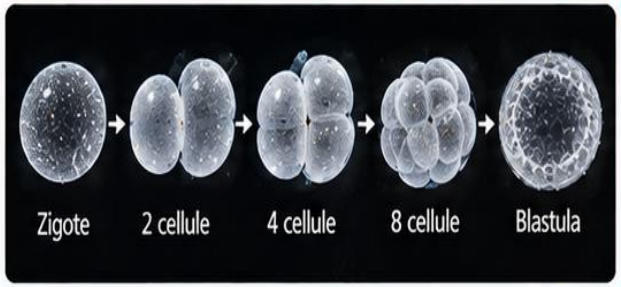
Piani di divisione obliqui e alternati

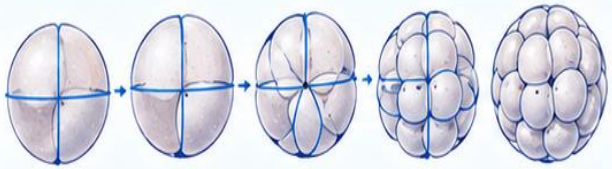
Segmentazione radiale
(tipica dei deuterostomi)



Piani di divisione paralleli all'asse animale-vegetativo

Segmentazione embrionale nei Phoronida



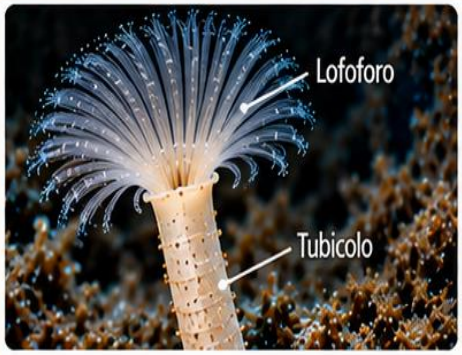


Segmentazione prevalentemente **radiale o modificata**

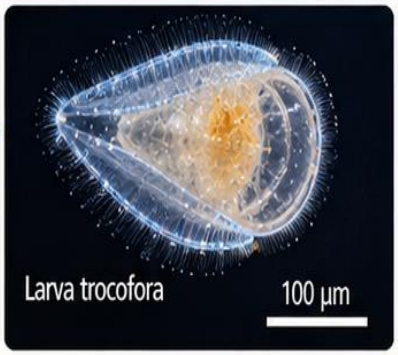
Significato

- I Phoronida mostrano una segmentazione embrionale prevalentemente radiale o modificata.
- Questo modello è atipico rispetto alla segmentazione spirale che caratterizza generalmente i protostomi (Spiralia).
- Per questo motivo, il loro modello di segmentazione è stato considerato a lungo **"dubbio"** o **peculiare**.
- Le evidenze molecolari attuali li collocano tuttavia tra gli **Spiralia** (**Lophotrochozoa**), mostrando che il modello di segmentazione embrionale non è, da solo, un carattere sufficiente per ricostruire le relazioni filogenetiche tra i metazoi.

Phoronida adulto e sviluppo



Sviluppo embrionale



Conclusioni

- Nei Phoronida il modello di segmentazione embrionale è prevalentemente radiale o modificato, nonostante la loro appartenenza agli Spiralia.
- Questo evidenzia che i caratteri dello sviluppo embrionale devono essere integrati con dati molecolari e altri caratteri morfologici per una corretta interpretazione filogenetica.

Briozoi

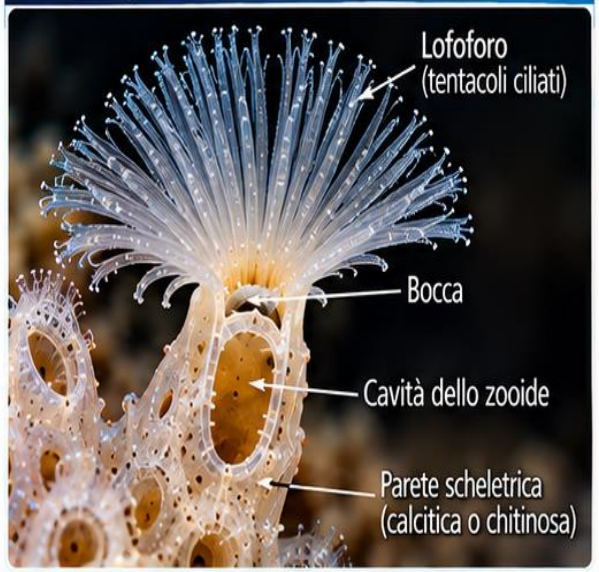
Coloniali filtratori con lofoforo



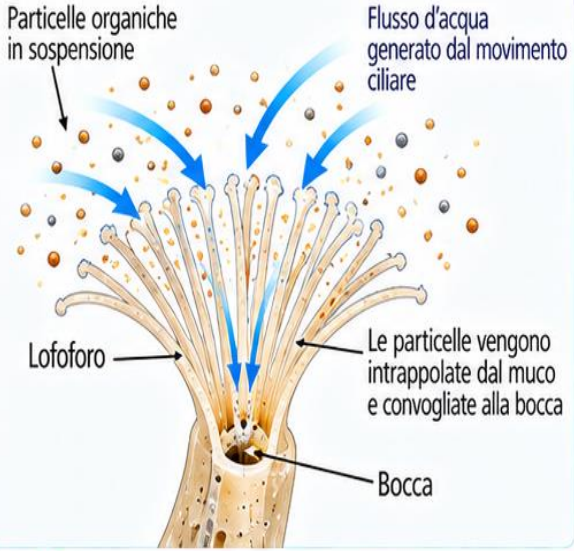
Caratteri generali

- Metazoi marini principalmente bentonici (su substrati duri o molli)
- Forma colonie costituite da numerosi zooidi geneticamente identici
- Ogni zooide possiede un lofoforo per la cattura delle particelle alimentari
- Alimentazione per filtrazione di particelle organiche sospese
- Auxilia (avicularie e vibracularie) frequentemente presenti con funzioni di difesa, pulizia e sensoria
- Scheletro esterno monomineralico (per lo più calcitico, talvolta chitinosa)

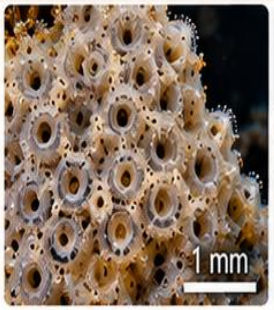
Morfologia dello zooide



Cattura e convogliamento del cibo



Colonie e forme di crescita



Colonia incrostante

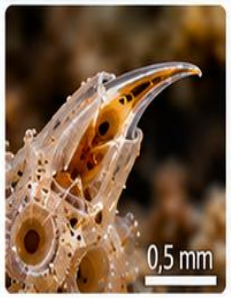


Colonia ramificata



Colonia eretta

Auxilia

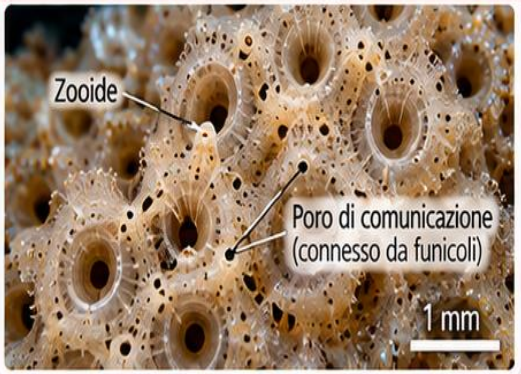


Avicularia
(funzione difensiva)



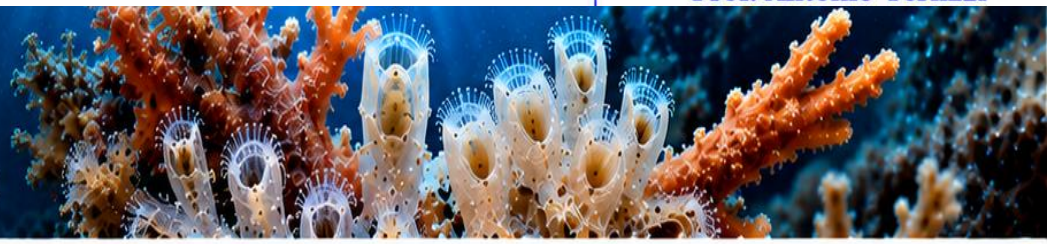
Vibracularia
(funzione sensoria e di pulizia)

Organizzazione della colonia



Briozoi

Riproduzione e sviluppo della colonia



Riproduzione sessuale e sviluppo



- Larva lecitotrofa (cifonata)
- Provvista di bande cigliate per il nuoto
- Vita planctonica da ore a giorni

Ancestrula

- Si fissa al substrato
- Metamorfosi
- Forma il primo zooide

La colonia cresce per gemmazione asessuale degli zooidi

Strategie riproduttive



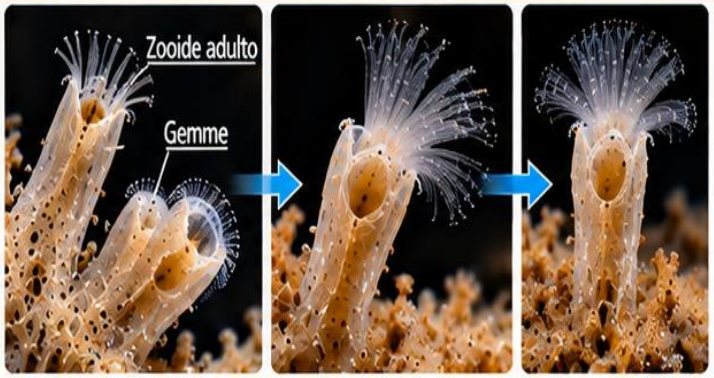
Specie dioiche

- Zooidi maschili e femminili su colonie diverse
- Più frequente

Specie monoiche

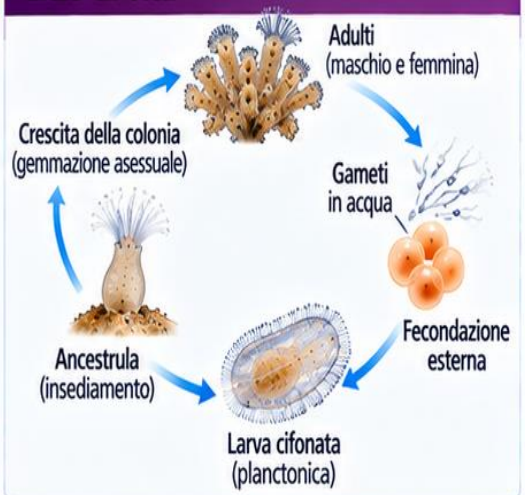
- Zooidi maschili e femminili nella stessa colonia
- Più rara

Riproduzione asessuale (gemmazione)



Nuovi zooidi si formano per gemmazione da zooidi preesistenti, portando alla crescita della colonia.

Ciclo di vita

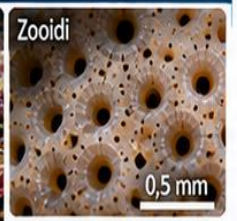


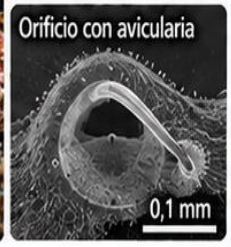
Briozoi del Mediterraneo

Principali specie e forme di colonia

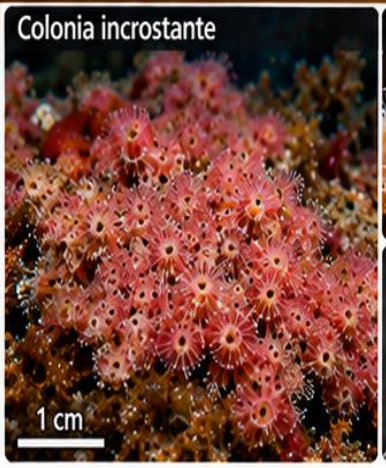
Schizoporella errata



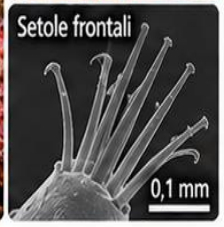




Electra pilosa







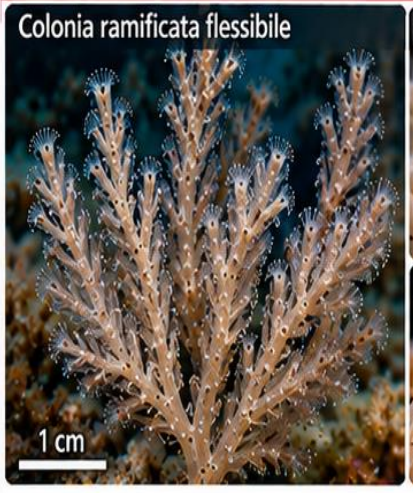
Bugula neritina

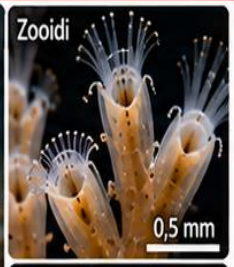






Bugula plumosa



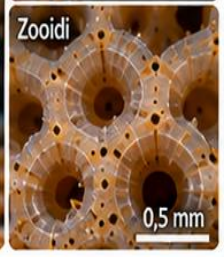




Myriapora truncata

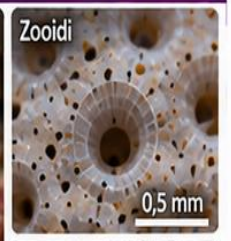


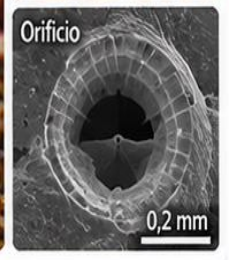




Cellepora pumicosa







La "branca" nei briozoi

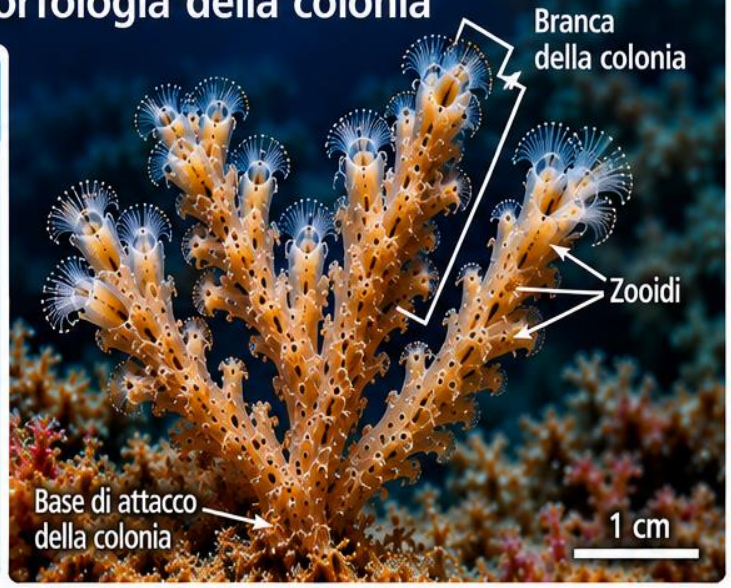
Definizione e ruolo nella morfologia della colonia

Che cos'è una branca?

La **branca** è un ramo della colonia, formato da una successione di zooidi uniti tra loro da un tessuto scheletrico (calcareo o chitinoso).

È un'unità morfologica della colonia e non un singolo zooide.

Le branche possono essere cilindriche, appiatite o reticolate a seconda della specie.

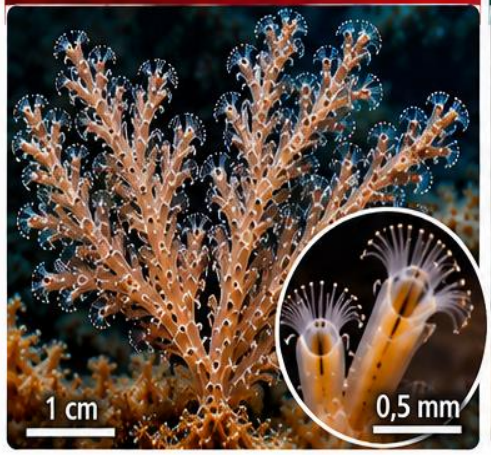


Struttura di una branca



Esempi di forme di branca e colonie in specie mediterranee

Bugula neritina
Branche cilindriche flessibili



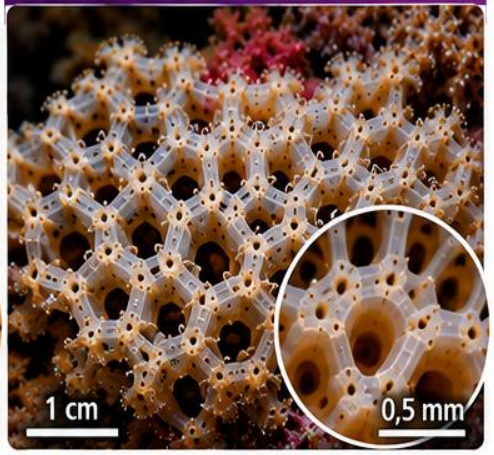
Bugula plumosa
Branche appiattite



Mvriapora truncata
Branche robuste e cilindriche



Cellepora pumicosa
Branche reticolate



Brachiopodi

(gr. *brachion* = braccio, *podos* = piede)





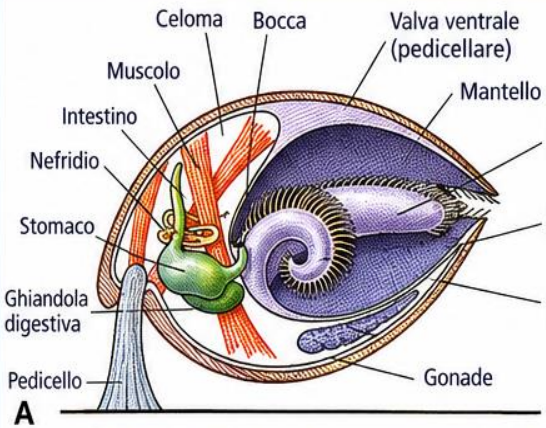




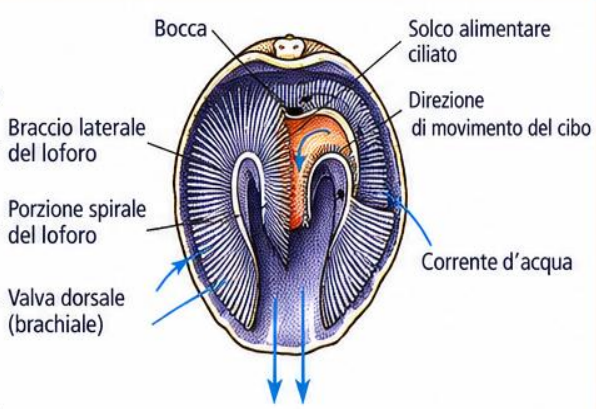
Caratteristiche generali

- Circa 300 specie di dimensioni variabili tra i 5 e i 80 mm.
- Tutti marini.
- Confusi con i bivalvi fino al secolo scorso.
- Le valve sono dorsali e ventrali e si attaccano al substrato tramite un peduncolo.
- Sistema circolatorio aperto con cuore contrattile.
- Sessi separati, fecondazione esterna. Gameti emessi attraverso i nefridi.
- Si dividono in due classi: Inarticulata e Articulata.

Anatomia generale (schema)



A Sezione laterale (valve parzialmente aperte)

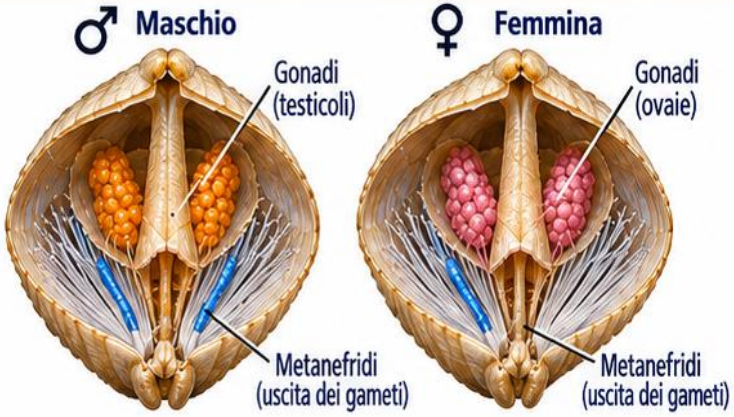


B Vista anteriore interna

Come si distinguono dai bivalvi?

Brachiopodi	Bivalvi
Valve dorsale e ventrale (spesso diseguali) 	Due valve laterali destra e sinistra 
Peduncolo di fissaggio (presente almeno in alcune specie)	Senza peduncolo (mai presente)
Loforo con tentacoli ciliati (per la cattura delle particelle)	Senza loforo (alimentazione per filtrazione con ctenidi)
Sistema circolatorio aperto con cuore contrattile	Sistema circolatorio aperto con cuore poco sviluppato (senza cuore contrattile)
Sessi separati, fecondazione esterna. Gameti emessi attraverso i nefridi.	Sessi separati o ermafroditi, gameti emessi in acqua attraverso gonodotti.

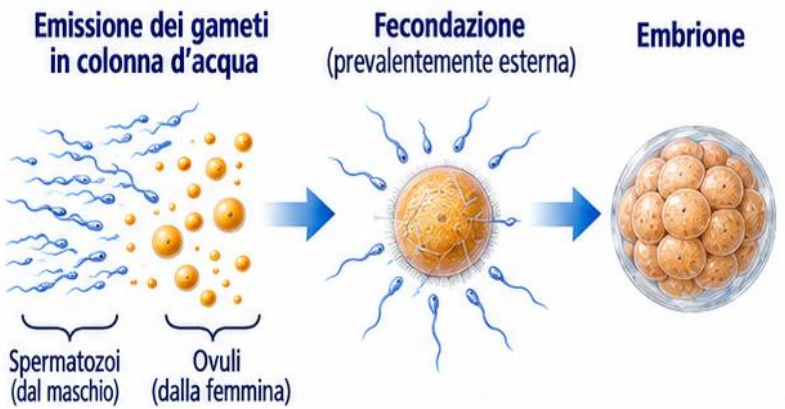
Riproduzione e sviluppo nei Brachiopodi



Sessi generalmente separati (rare eccezioni ermafrodite).

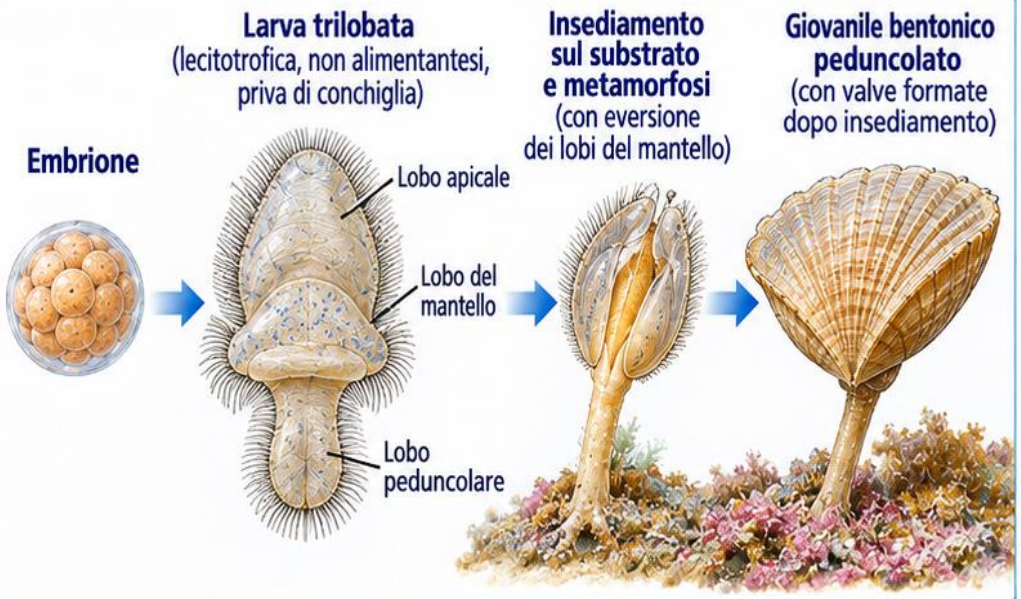
Gameti liberati attraverso i metanefridi.

Fecondazione prevalentemente esterna; in alcune specie fecondazione interna e incubazione degli embrioni.



RHYNCHONELLIFORMEA (articolati)

Sviluppo indiretto con larva lecitotrofica, non alimentantesi



LINGULIFORMEA (inarticolati)

Sviluppo indiretto con giovanile planctonico planctotrofico alimentantesi



Nei Discinida può precedere una larva lecitotrofica priva di conchiglia.

Craniiformea: larva lecitotrofica bilobata.

Pentastomida

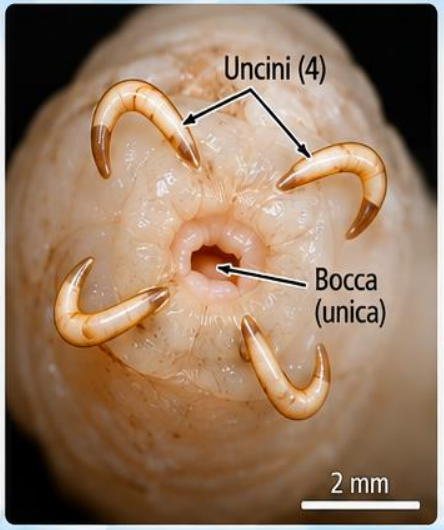
Morfologia e principali caratteristiche

Caratteristiche generali

- Circa 80–100 specie, di dimensioni variabili da pochi millimetri a 15 cm.
- Tutti parassiti (endoparassiti).
- Recentemente riclassificati come una sottoclasse all'interno dei crostacei (Arthropoda, Crustacea).
- Corpo molle, non segmentato, spesso anulato, rivestito da una cuticola chitinosa.
- Il nome "pentastomida" deriva dalla presenza di quattro uncini e di un'unica apertura boccale, che nel complesso possono far sembrare che l'animale abbia cinque aperture (da *penta* e *stoma*, cinque bocche).
- Mancano di distinti sistemi circolatorio, escretore e respiratorio.

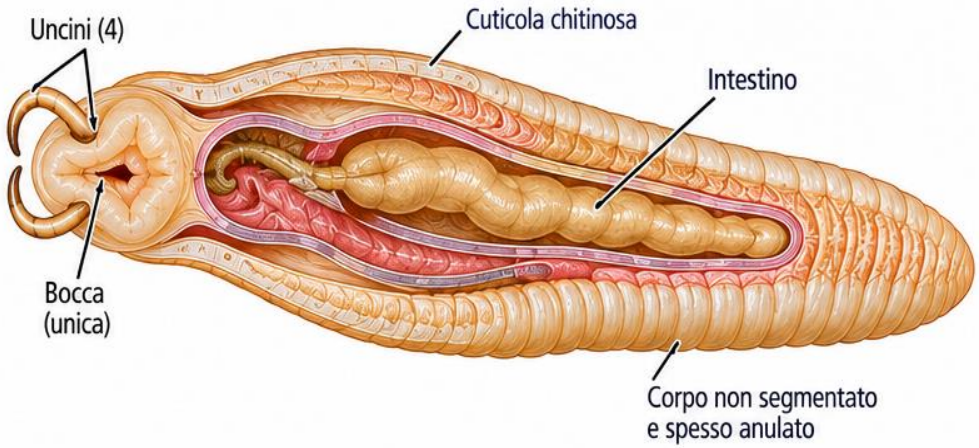
Aspetto generale



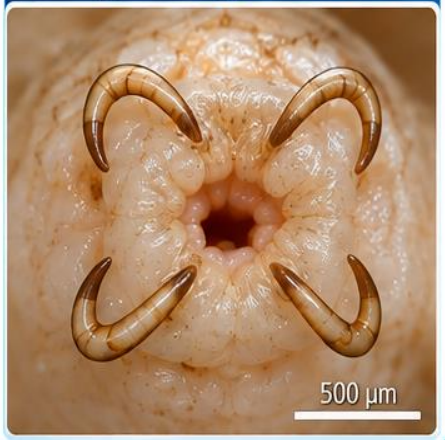




Anatomia generale (sezione longitudinale)



Dettaglio dell'apparato boccale



Posizione sistematica

Regno	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Crustacea
Classe	Multicrustacea
Sottoclasse	**Pentastomida**

(= Linguatulida)

Pentastomida – Ciclo vitale e localizzazione negli ospiti

Ciclo vitale (schema generale)

1 Uova
Le uova vengono emesse con le secrezioni respiratorie dell'ospite definitivo e raggiungono l'ambiente esterno.



2 Infezione dell'ospite intermedio
Le uova vengono ingerite da artropodi (es. acari, zecche, insetti) nei quali si sviluppano le larve infettanti.



Larva infettante nell'ospite intermedio

3 Trasmissione all'ospite definitivo
L'ospite definitivo si infetta ingerendo l'ospite intermedio contenente le larve infettanti, durante la predazione.



Ospite definitivo (rettili, anche mammiferi e uccelli)

4 Sviluppo e migrazione
Le larve attraversano la parete intestinale, migrano nei tessuti e raggiungono le vie respiratorie, dove maturano in adulti.

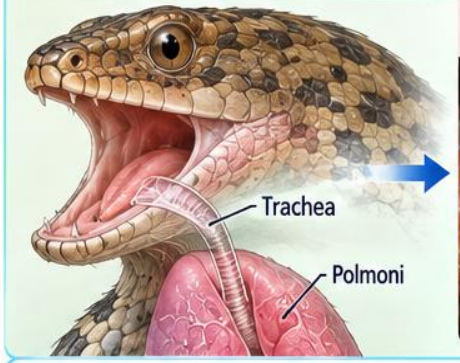
5 Produzione di uova
Gli adulti si localizzano nelle vie respiratorie e producono uova che vengono eliminate con le secrezioni respiratorie, completando il ciclo.



Adulto nelle vie respiratorie

Localizzazione negli ospiti e conseguenze

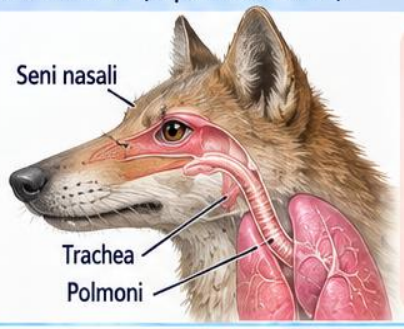
Rettili (ospiti principali)



Adulti nelle vie respiratorie (trachea, bronchi, polmoni)



Mammiferi (ospiti occasionali)



Localizzazione e manifestazioni
- Riniti, sinusiti croniche
- Tosse, difficoltà respiratorie
- Bronchiti, polmoniti
- Possibile riduzione della capacità respiratoria

Uccelli (ospiti occasionali)



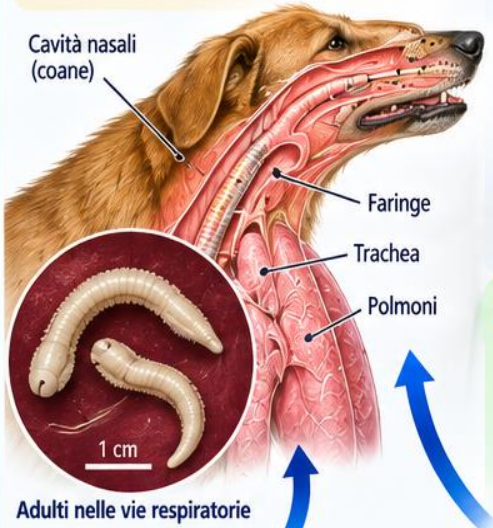
Localizzazione e manifestazioni
- Riniti e sinusiti
- Tosse, dispnea
- Lesioni tracheali e polmonari
- Nei casi gravi: compromissione dello stato generale

Linguatula serrata (Pentastomida)

Ciclo vitale e localizzazione negli ospiti

Ciclo vitale (schema generale)

1 Adulti nell'ospite definitivo
Gli adulti si localizzano nelle vie respiratorie (polmoni, seni nasali, trachea) e producono uova embrionate.



Adulti nelle vie respiratorie

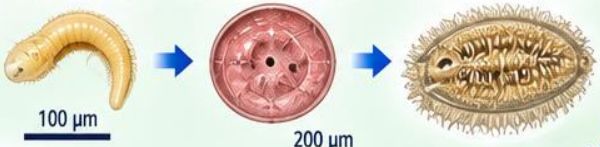
2 Uova embrionate eliminate con le feci
Le uova, contenenti la larva, vengono emesse all'esterno dall'ospite definitivo tramite l'apparato digerente.

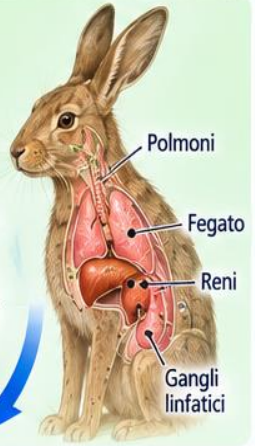


3 Ingestione da parte dell'ospite intermedio
Le uova vengono ingerite da un ospite intermedio (lepre o coniglio) mentre mangia erba contaminata.



4 Sviluppo e migrazione nell'ospite intermedio
Le larve, dopo la schiusa, attraversano la parete intestinale, raggiungono i vasi sanguigni o linfatici e migrano in diversi organi (polmoni, fegato, reni e gangli linfatici), dove si incistano e subiscono muta, diventando larve secondarie e poi larve terziarie (con cuticola spinosa).





5 Infezione dell'ospite definitivo
Il cane (o altro vertebrato) si infetta ingerendo l'ospite intermedio contenente le larve terziarie. Le larve passano dallo stomaco all'esofago, raggiungono la faringe e le coane nasali, dove compiono un'ulteriore muta per liberarsi della cuticola spinosa e diventano adulti.



6 Autoinfestazione (occasionale)
In alcuni casi, le larve possono raggiungere le vie respiratorie anche senza passare per un nuovo ospite intermedio, attraverso l'ingestione di uova o materiale infetto presente nell'ambiente o nel tratto digerente dell'ospite.

Ospiti e localizzazione degli adulti

Ospiti principali (più comuni)



Ospiti intermedi (più comuni)



Localizzazione negli ospiti definitivi (apparato respiratorio)



Conseguenze e patologie

- Riniti e sinusiti croniche
- Tosse, starnuti, difficoltà respiratorie
- Bronchiti e polmoniti (nei casi gravi)
- Lesioni della mucosa tracheale e nasale
- Riduzione della capacità respiratoria
- Nei casi gravi: compromissione dello stato generale e possibile mortalità (soprattutto in ospiti occasionali)

Onicofori (Onychophora)

Morfologia, habitat, anatomia e posizione sistematica

Caratteristiche generali

- Circa 70 specie, di dimensioni variabili da 1,4 a 15 cm.
- Vivono in ambienti di foresta tropicale e semitropicale, in ambienti umidi (sotto corteccia, lettiera, tronchi in decomposizione, rocce e grotte).
- Corpo ricoperto da cuticola chitinosa.
- Da 13 a 43 paia di appendici lobopodiali non articolate.
- Antenne cefaliche e occhi simili ad anellidi.
- Respirazione tramite sistema tracheale.
- Sistema circolatorio aperto e cavità corporea rappresentata da emocele.
- Nefridi disposti in maniera segmentale.
- Parete del corpo segmentata.

Habitat



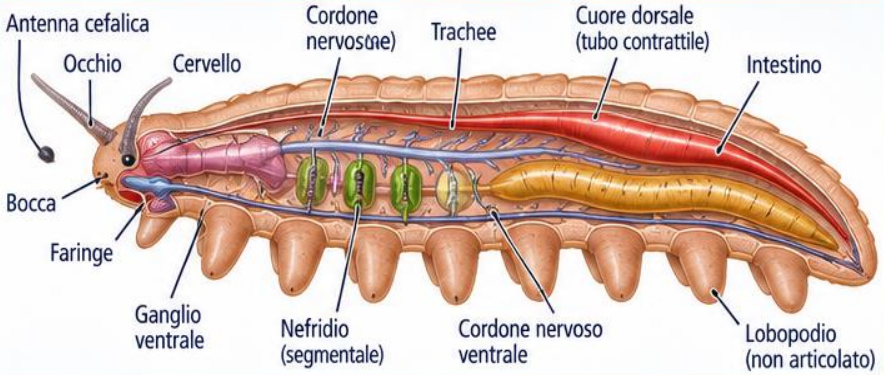
Aspetto generale



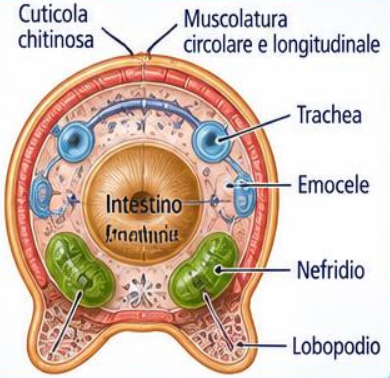
Dettaglio capo e appendici



Anatomia interna (sezione longitudinale, schema)



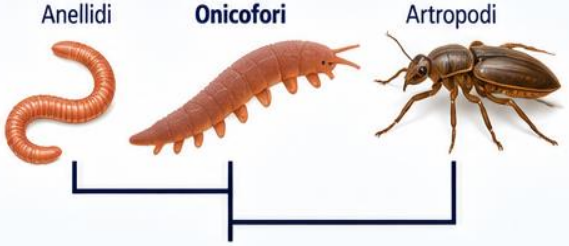
Sezione trasversale (schema)



Posizione sistematica

Regno	Animalia
Phylum	Onychophora
Classe	Onychophora
Ordini	Peripatopsidae, Peripatidae (principali)

Perché sono considerati una forma di transizione evolutiva?



- Condividono con gli Anellidi: corpo molle e segmentato, antenne simili e nefridi segmentali.
- Condividono con gli Artropodi: cuticola chitinosa, sistema tracheale, sistema circolatorio aperto e lobopodi (appendici).
- I lobopodi non sono articolati, ma rappresentano un possibile precursore delle appendici articolate degli artropodi.
- Le analisi molecolari e morfologiche li collocano come gruppo fratello degli Artropodi, rendendoli un importante anello di transizione nell'evoluzione degli Ecdysozoa.

Onicofori – Modalità di alimentazione

1 Individuazione della preda

Gli onicofori individuano piccoli insetti e altri invertebrati sul substrato (anche grazie a stimoli chimici e tattili).



2 Proiezione del muco adesivo

Da due papille orali (ghiandole mucose modificate) sparano rapidi getti di una sostanza mucosa e appiccicosa che immobilizza la preda.



3 Immobilizzazione della preda

Il muco adesivo ricopre rapidamente la preda, immobilizzandola.



4 Iniezione di enzimi digestivi

Dopo l'immobilizzazione, l'onicoforo inietta enzimi digestivi nella preda per liquefare i tessuti interni.



5 Liquefazione dei tessuti

Gli enzimi digestivi degradano i tessuti interni della preda, trasformandoli in un contenuto liquido.



6 Aspirazione del contenuto

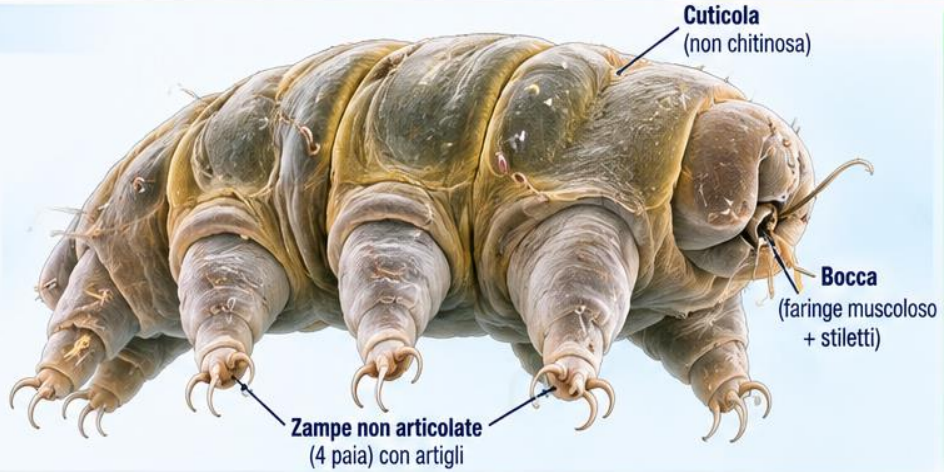
L'onicoforo aspira il contenuto liquido della preda, lasciando un involucro esterno vuoto.



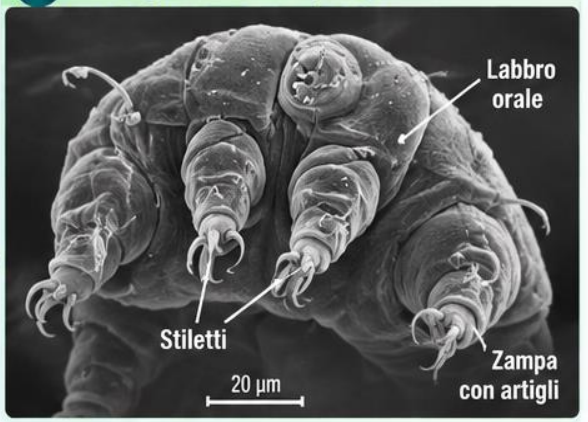
Tardigrada (lat. *tardus* = lento)

1 Aspetto generale

- Micrometazoi, di dimensioni in genere tra 0,1 e 1,5 mm (fino a circa 2 mm).
- Corpo tozzo, ricoperto da **cuticola non chitinosa**.
- 8 zampe non articolate (4 paia).
- Non sono in grado di nuotare.
- Prevalentemente erbivori (detriti, alghe, cellule vegetali), ma anche predatori di piccoli invertebrati.



2 Dettaglio anteriore (SEM)

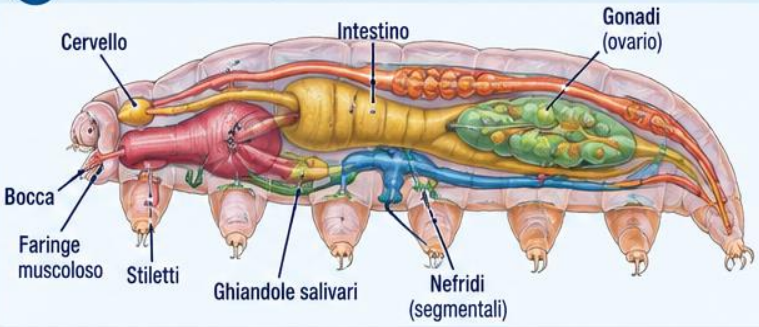


3 Apparato boccale

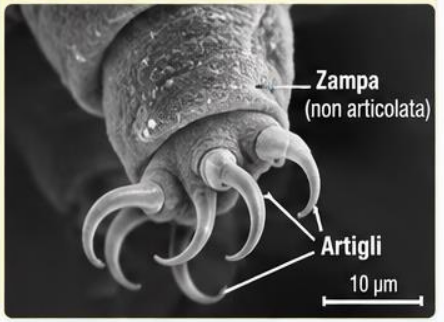
- Faringe muscoloso con tre stiletti chitinoidi all'interno di un tubo boccale.
- Gli stiletti perforano le cellule della preda e permettono la suzione del contenuto cellulare.



4 Sezione interna (schema)



5 Dettaglio della zampa



6 Habitat

- Specie cosmopolite: ambienti terrestri e d'acqua dolce.
- Vivono in muschi, licheni, suolo, lettiera, anche in ambienti estremi.
- Si nutrono principalmente di cellule vegetali, alghe e detriti, ma possono predare piccoli invertebrati (es. rotiferi, nematodi, microrganismi).



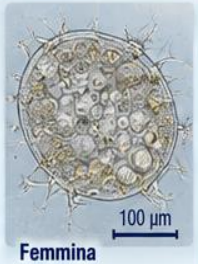
7 Riproduzione

- Specie per lo più separate dai sessi (gonocoriche), ma esistono anche ermafroditi (a volte sufficienti per autofecondazione).
- Sviluppo diretto per enterocelia (l'abbozzo della cavità corporea deriva dall'intestino).
- Uova deposte nella cuticola o nell'ambiente.

8 Stadi riproduttivi



Maschio (testis)



Femmina (con uova)

9 Criptobiosi

- In condizioni ambientali sfavorevoli (si disidratazione, temperature estreme, assenza di ossigeno, ecc.) entrano in uno stato di **criptobiosi**.
- Il corpo si contrae formando un "ton" con le zampe e la testa retratte.
- Possono sopravvivere per lunghi periodi a disidratazione, congelamento, alte dosi di radiazioni e vuoto spaziale.
- Alla ritorno di condizioni favorevoli, riprendono l'attività metabolica.



Tardigrada – La criptobiosi

1 Condizioni favorevoli (stato attivo)



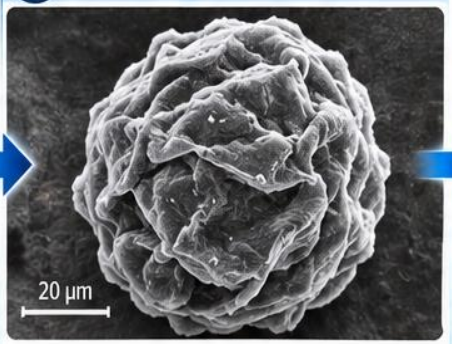
In presenza di acqua e condizioni ambientali favorevoli il tardigrado è metabolicamente attivo, si nutre e si muove.

2 Disidratazione e contrazione



Quando le condizioni ambientali diventano inospitali (ad esempio in assenza di acqua), il corpo si disidrata quasi completamente e si contrae formando un "ton".

3 Stato di criptobiosi (ton)



In questo stato di animazione sospesa le funzioni vitali sono fortemente rallentate o quasi completamente arrestate. Possono rimanere in questo stato per decenni.

4 Reidratazione e ritorno allo stato attivo



Quando le condizioni tornano favorevoli, il tardigrado si reidrata, riprende le funzioni vitali e ritorna allo stato attivo.

Resistenza a condizioni estreme

Grazie alla criptobiosi i tardigradi possono sopportare un'ampia gamma di condizioni ambientali estreme.

Temperature
da circa –272 °C
a oltre +150 °C



Disidratazione e assenza di acqua
possono sopravvivere per anni senza acqua o cibo.



Pressione
dagli abissi oceanici fino al vuoto spaziale.



Radiazioni
resistono a dosi fino a 1000 volte superiori a quelle letali per l'uomo.



Vuoto dello spazio
hanno dimostrato di poter resistere al vuoto e alle radiazioni cosmiche durante missioni spaziali.



Meccanismi di protezione (sintesi)

- Durante la disidratazione producono speciali proteine che proteggono e riparano il loro DNA.
- La struttura cellulare entra in uno stato vitreo (vetro biologico) che stabilizza le molecole cellulari.
- I processi metabolici sono fortemente rallentati o arrestati.

Importanza scientifica

La straordinaria capacità di sopravvivenza dei tardigradi li ha resi un modello di studio per la biologia spaziale e hanno portato gli scienziati a inviarli in missioni spaziali, dove hanno dimostrato di poter resistere al vuoto e alle radiazioni cosmiche.



Non immortali

Sebbene possano sopravvivere per lunghi periodi in condizioni estreme, non sono immortali. I loro tempi di vita, in condizioni favorevoli, sono comunque limitati.

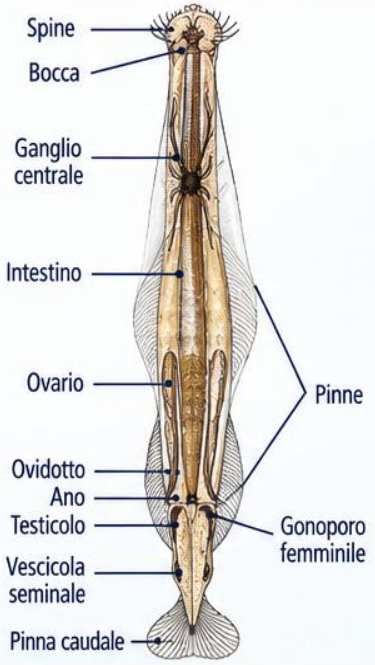
Chaetognata (gr. *chaite* = lungo capello, *gnathos* = mandibola)

1 Aspetto generale

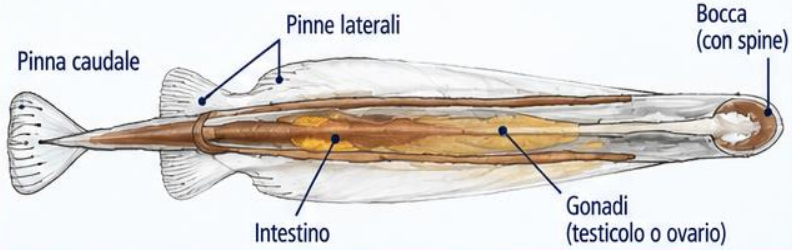
- Circa 60 specie.
- Dimensioni da 2 a 10 cm.
- Esclusivamente planctonici (marini).
- Corpo non segmentato, trasparente e allungato.
- Posizione sistematica dubbia tra Ecdysozoa (evidenze molecolari) e Deuterostomi (evidenze embriologiche, segmentazione radiale e celoma enterocelico).



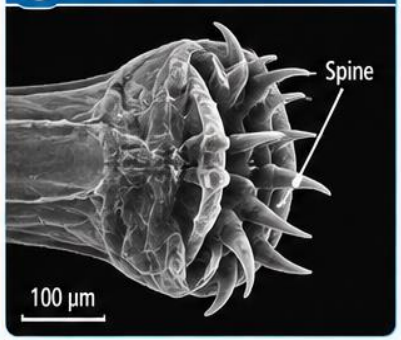
2 Anatomia (vista dorsale o ventrale)



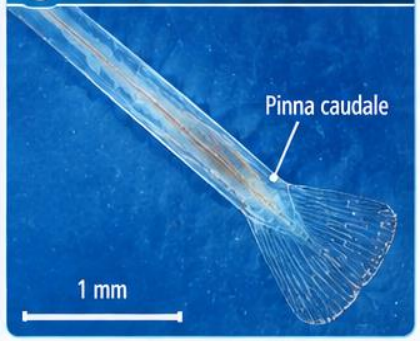
3 Sezione longitudinale (schema)



4 Dettaglio della bocca (SEM)



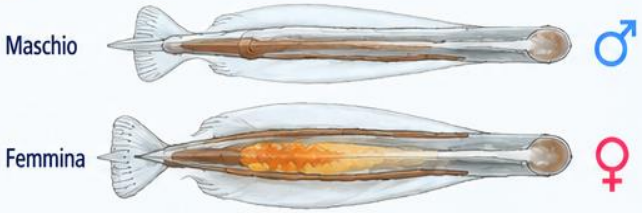
5 Dettaglio della parte posteriore



6 Predazione

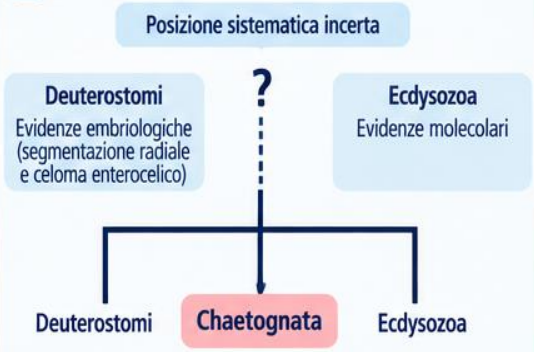


7 Ermafroditismo e sviluppo diretto



- Specie ermafrodite (gonadi maschili e femminili nello stesso individuo).
- Fecondazione interna.
- Sviluppo diretto (non passa attraverso larve).

8 Posizione sistematica



Chaetognata

Ruolo ecologico e valore come bioindicatori

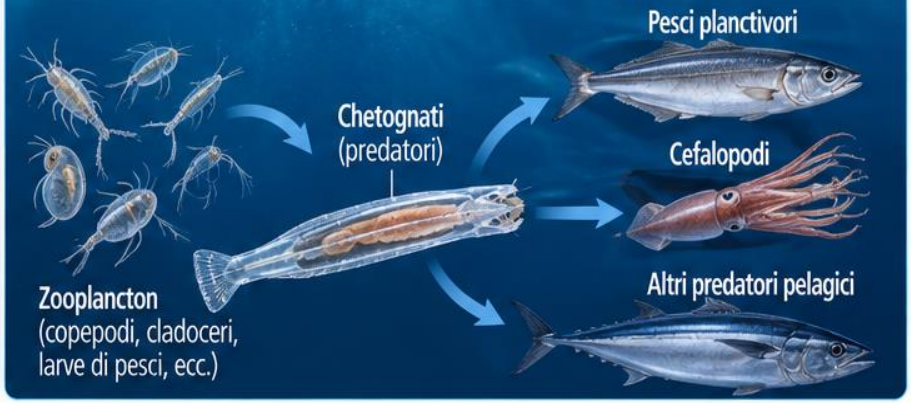
1 Predatori dello zooplancton

I chetognati sono predatori attivi dello zooplancton, come copepodi, larve di pesci, cladoceri e altri piccoli invertebrati planctonici, che catturano con le spine della bocca e trattengono con la mucosa adesiva.



2 Anello di collegamento nella rete trofica pelagica

I chetognati occupano una posizione intermedia nella rete trofica marina: si nutrono di zooplancton e sono a loro volta preda di pesci planctivori, larci pesci, cefalopodi e altri organismi.



3 Bioindicatori della qualità ambientale

I chetognati sono sensibili alle condizioni ambientali. La presenza, l'abbondanza e la distribuzione di determinate specie possono essere utilizzate come indicatori della qualità delle acque, della produttività e delle variazioni delle masse d'acqua, inclusi gli effetti dell'inquinamento e dei cambiamenti climatici.



Diversità di specie di chetognati in campioni di plancton

Parametri ambientali e risposte dei chetognati

Temperatura	• Variazioni nella composizione specifica • Spostamento della distribuzione verso acque più calde o fredde
Produttività e masse d'acqua	• Specie differenti associate a masse d'acqua diverse • Indicazione di fronti oceanici e aree di upwelling
Inquinamento	• Riduzione dell'abbondanza e della diversità in aree inquinate • Alcune specie più sensibili fungono da indicatori precoci
Cambiamenti climatici	• Variazioni nella distribuzione geografica delle specie • Modifiche nella fenologia e nelle comunità planctoniche