UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica

Pseudocelomati: Phyla **Rotifera**, **Kinorhynca**, Nematoda, Nematomorfa, Acanthocephala, **Priapulida**, **Loricifera**



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

Aschelminti: un gruppo di comodo

Animali con corpo vermiforme e cavità pseudocelomatica: una volta denominati collettivamente **ASCHELMINTI** (vermi con cavità) per distinguerli dai Platelminti e dai Nemertini

piccole dimensioni

cuticola protettiva

canale digerente semplice

sistema nervoso **ventrale** a scala

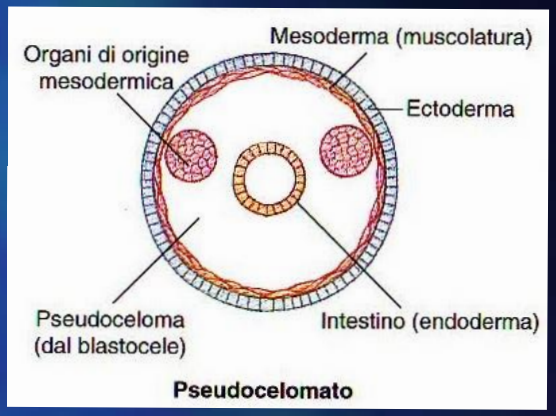
sessi separati

ganglio periesofageo

assenza di apparati respiratorio e circolatorio

E' un gruppo fittizio, filogeneticamente privo di fondamento

Caratteristiche generali

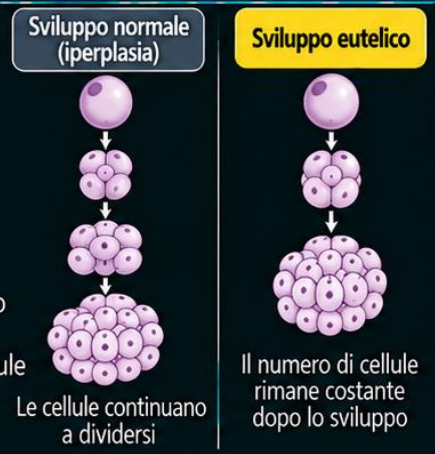


- Diversi phyla che hanno uno pseudoceloma (falso celoma)
- Sistema digerente completo (ad eccezione di acantocefali e nematomorfi)
- Eutelia (n costante di cellule)
- Corpo coperto da cuticola che viene sostituita periodicamente (ecdisi)
- A vita libera o parassiti (colonie per rotiferi)

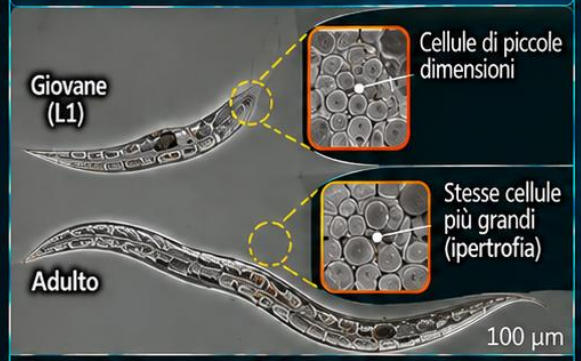
Eutelia: sviluppo con numero fisso di cellule

Che cos'è l'eutelia

- Negli organismi eutelici le cellule smettono di dividersi al termine dello sviluppo embrionale.
- Il **numero di cellule rimane fisso** per tutta la vita.
- È una eccezione rispetto alla maggior parte dei viventi, in cui le cellule continuano a dividersi (iperplasia).



Come avviene la crescita



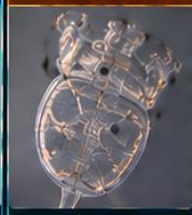
- Poiché il numero di cellule è fisso, la crescita avviene solo attraverso **l'aumento di volume delle singole cellule (ipertrofia)**.
- Il numero di cellule non aumenta.

Il caso di *Caenorhabditis elegans*



- Nematode cilindrico, organismo eutelico modello.
- Maschio adulto: esattamente **1.031** cellule.
- Ermafrodita adulto: esattamente **959** cellule.
- Organismo completamente sviluppato con numero di cellule fisso.

Altri esempi di organismi eutelici

Nematodi	Rotiferi	Tardigradi	Acantocefali
			
Caenorhabditis elegans (sp.)	*Brachionus* (sp.)	Tardigrada (sp.)	Acanthocephala (sp.)

Vantaggi evolutivi

Basso costo energetico
Minore dispendio per la manutenzione cellulare.

Sviluppo molto rapido
Ideale per organismi microscopici o a vita breve.

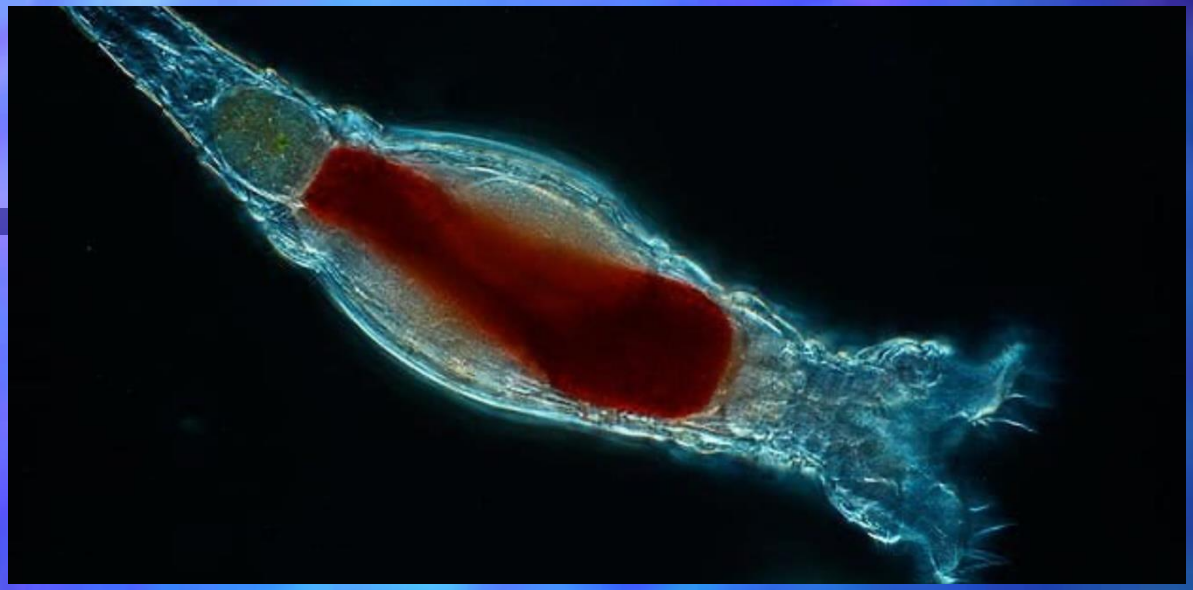
Adattamento efficace
Vantaggioso in ambienti instabili e con cicli di vita rapidi.

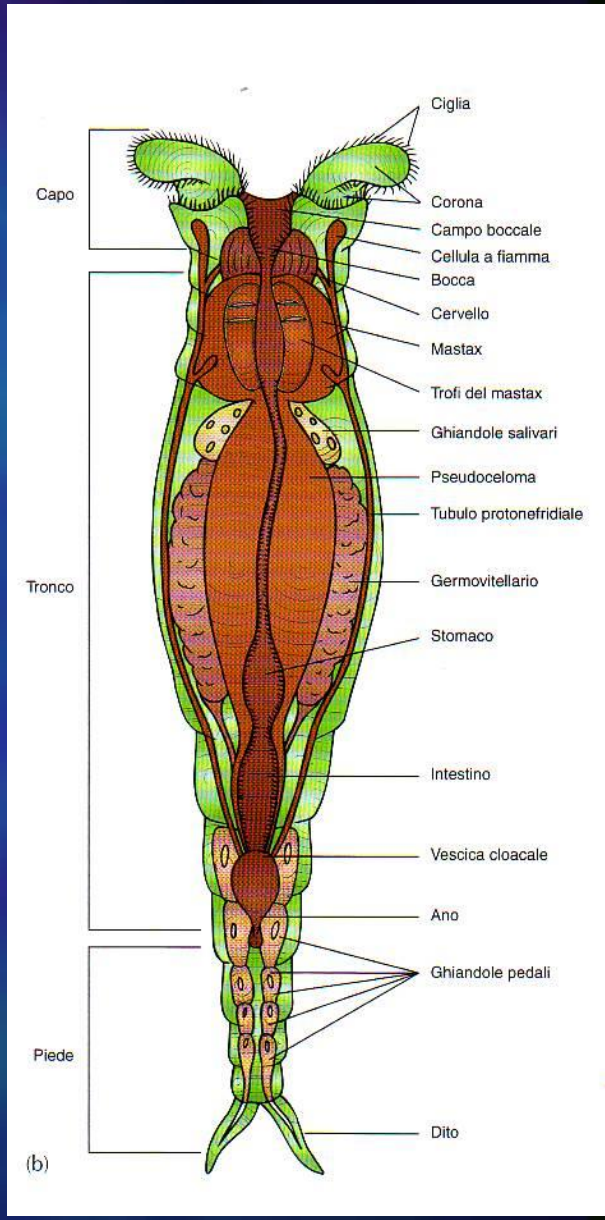
Limiti dell'eutelia

Scarsa capacità di rigenerazione
Non potendo produrre nuove cellule, la rigenerazione dei tessuti in caso di danni è molto limitata o assente.



Rotifera (*rota* = ruota + *ferre* = portare)





- Condizione triblastica, simmetria bilaterale, assenza di segmentazione, pseudoceloma
- Sistema digerente completo, specializzato in regioni. Faringe muscoloso con mandibole (mastax)
- Estremità anteriore provvista di un organo ciliato, la corona
- Estremità posteriore con dita e ghiandole adesive
- Cuticola ben sviluppata
- Protonefridi con cellule a fiamma
- Maschi generalmente ridotti come numero o assenti. Partenogenesi comune

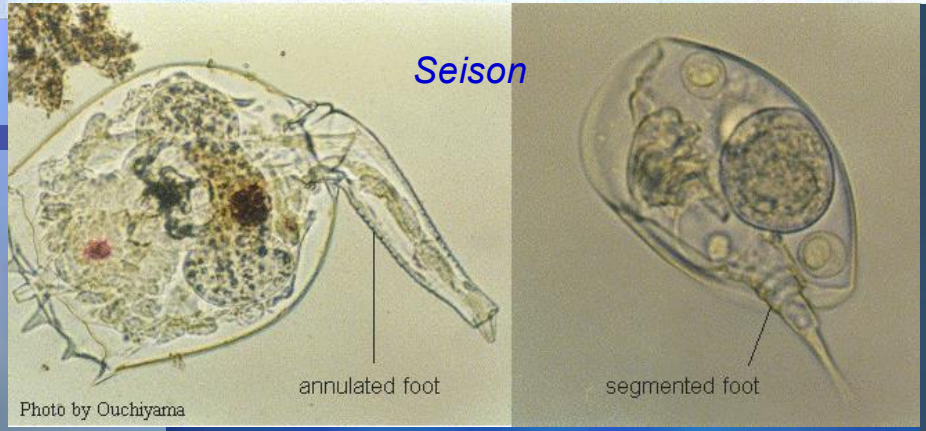
CLASSIFICAZIONE DEI PROTIFERA

Phylum Rotifera
Corona ciliata che circonda la bocca; faringe muscolare (mastax) con strutture interne cunicolari; cuticola non chitinosa; partenogenesi comune; dulciacquicoli e marini. Circa 2.000 specie.

Classe Seisonidea
Un solo genere di rotiferi marini, commensali di crostacei; corpo grande ed allungato, con corona ridotta. *Seison.* Soltanto 2 specie.

Classe Bdelloidea
Estremità anteriore retrattile, con due dischi trocali; mastax adattato alla triturazione; ovari pari; corpo cilindrico; maschi assenti. *Adineta, Philodina, Rotaria.* Circa 590 specie.

Classe Monogononta
Rotiferi con un solo ovario; mastax non adattato alla triturazione; producono uova mittiche e amittiche, i maschi appaiono solo sporadicamente. *Conochilus, Collotheca, Notommata.* Circa 1.400 specie.



M=F, produzione di uova aploide che devono essere fecondate per potersi sviluppare



Tutte le femmine sono partogenetiche. Produzione di uova diploidi che schiudono femmine diploidi



Produzione di due diversi tipi di uova: Mittiche o Amittiche

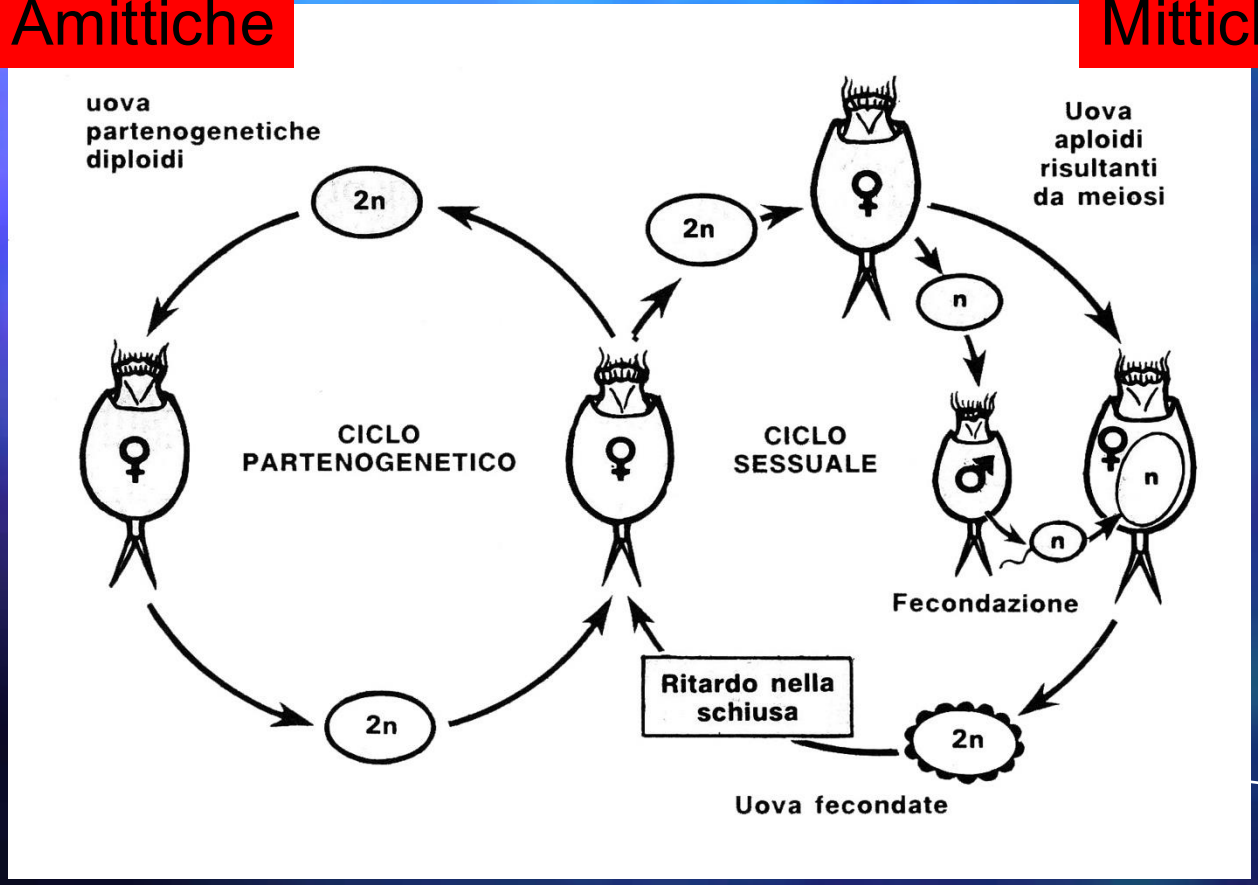
Partenogenesi e criptobiosi

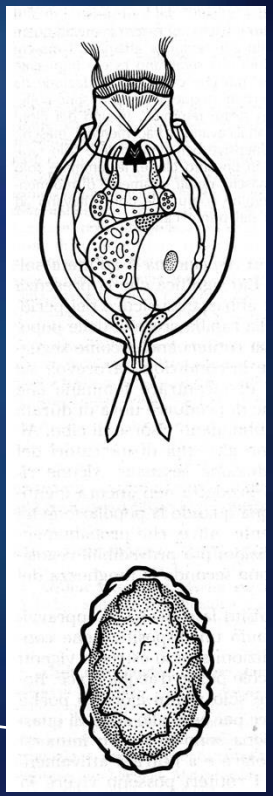


Partenogenesi: vengono prodotte uova diploidi che si sviluppano senza fecondazione

Amittiche

Mittiche





Stadio di resistenza

Rotiferi bdelloidei: lo «scandalo evolutivo»

Oltre 400 specie, decine di milioni di anni senza maschi né riproduzione sessuale osservata

01 DNA dall'ambiente (HGT)

- Geni acquisiti da batteri, funghi e altri eucarioti
- Una quota rilevante dei geni è di origine esterna (≈10%, secondo le stime)
- Alcuni geni contribuiscono alla difesa contro patogeni fungini

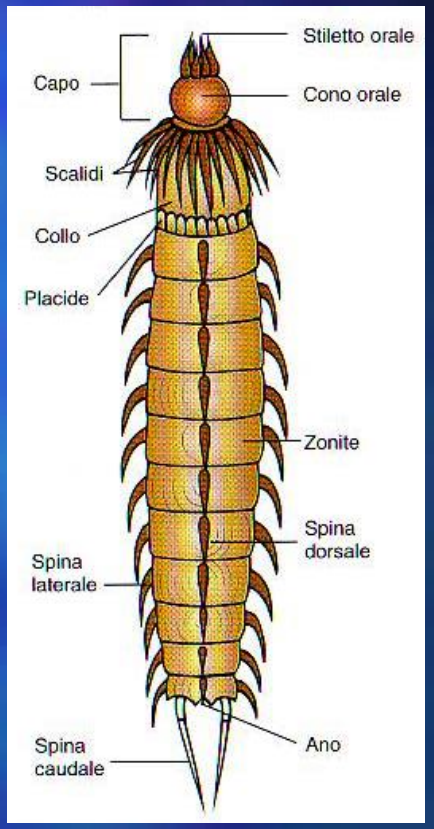
02 Essiccamento e riparazione

- Anidrobiosi in muschi e habitat temporanei
- Danni al DNA e potenti meccanismi di riparazione
- L'ingresso e l'integrazione di DNA esterno sono ipotesi collegate a questi processi

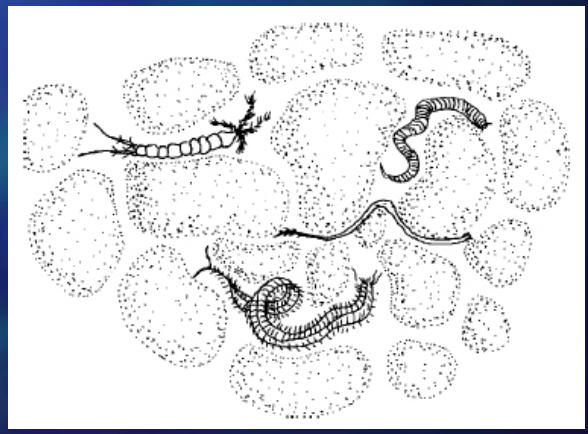
Il cricchetto di Muller (premio Nobel per la Medicina nel 1946)
descrive l'accumulo irreversibile, per deriva genetica, di mutazioni deleterie nelle popolazioni asessuate. I rotiferi bdelloidei rappresentano un caso particolarmente interessante per compredere come questo processo possa essere contrastato.

Kinorhynca (*kinein* = movimento + *rhynchos* = portare)

- Vermiformi, max 1mm di lunghezza, a simmetria bilaterale
- Fauna interstiziale (esclusivamente marini)
- 150 specie descritte
- Superfice del corpo priva di ciglia e composta da 13-14 unità (zoniti)
- Il primo zonite porta la bocca e un cono orale
- Il secondo zonite porta spine chiamate scalidi e piastre chiamate placidi
- Il sistema digerente è completo
- Si nutrono di diatomee, alghe e detrito organico
- A sessi separati
- Dopo la 1° metamorfosi non avvengono più mute







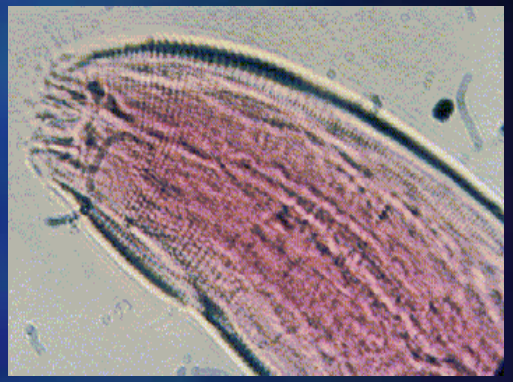
Il gruppo più numeroso tra i pseudocelomati

Nematodi (gr *nematos* = *filo*)









Presenti in tutti gli habitat umidi, nei sedimenti, in mare, e come parassiti di piante, invertebrati e vertebrati

"….se fosse rimossa tutta la materia dell'universo a eccezione dei nematodi, il nostro mondo sarebbe ancora vagamente riconoscibile e, se come spirito senza corpo, potessimo visitarlo, potremmo trovare le sue montagne, colline, valli, fiumi, laghi e oceani rappresentati da una sottile pellicola di nematodi. La posizione delle città sarebbe individuabile perché per ogni ammasso di uomini ci sarebbe un corrispettivo ammasso di nematodi. Gli alberi sarebbero ancora eretti in file fantasma lungo le strade e le autostrade. La posizione di piante e animali sarebbe ancora intuibile e, se avessimo sufficiente conoscenza, potremmo determinare le diverse specie esaminandone i nematodi parassiti."

N.A. Cobb. 1914.





NATHAN AUGUSTUS COBB



I nematodi: gli animali che dominano numericamente la Terra

Si stima che nei soli suoli superficiali del pianeta vivano circa $4{,}4 \times 10^{20}$ nematodi, equivalenti a circa 57 miliardi di individui per ogni essere umano (stima basata sulla popolazione umana del 2019).

Una biomassa complessiva di circa 0,3 gigatonnellate di carbonio, paragonabile a quella dell'intera umanità.

Nematodi: caratteristiche e suddivisione tassonomica

CLASSIFICAZIONE DEI NEMATODI*

Phylum Nematoda
Nematodi o vermi cilindrici: ne sono state sinora descritte circa 16.000 specie.

Classe Secernentea (Phasmidea)
Una coppia di strutture ghiandolari o sensoriali, chiamate fasmidi, nella regione caudale; una coppia di strutture simili (anfidi), poco sviluppate, nella regione anteriore; sistema escretore presente; specie sia libere che parassite. *Ascaris, Enterobius, Rhabditis, Turbatrix, Necator, Wuchereria.* Circa 5.000 specie descritte.

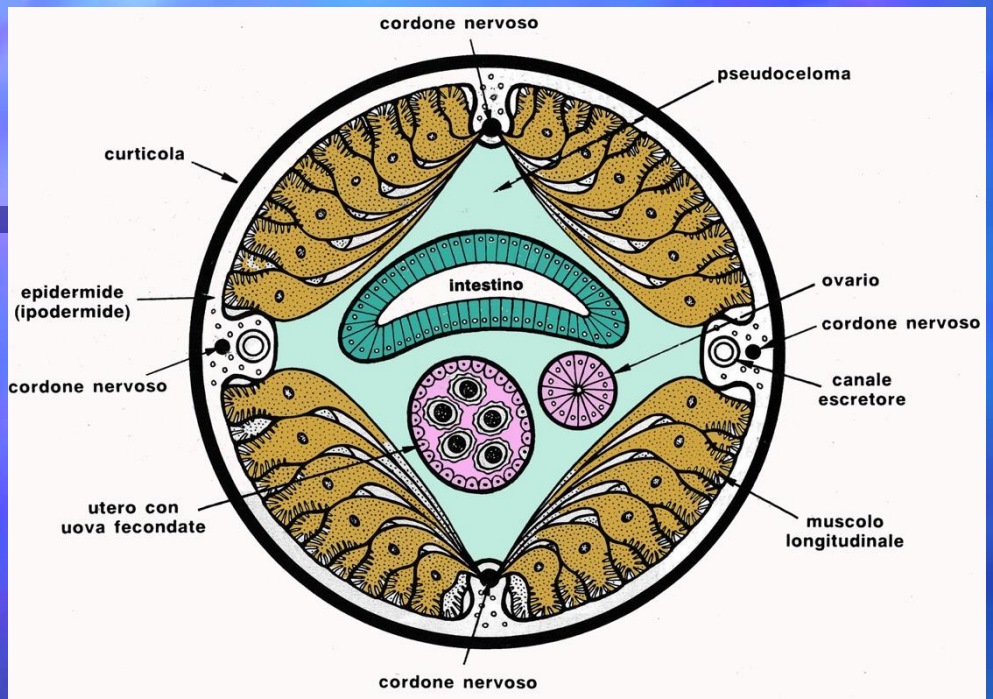
Classe Adenophorea (Aphasmidia)
Fasmidi assenti; per lo più a vita libera, ma alcune specie sono parassite. *Dioctophyme, Trichinella, Trichuris.* Circa 3.000 specie.

* Una recente analisi cladistica, sulla base di dati molecolari, suggerisce che molte somiglianze morfologiche tra gruppi diversi di nematodi siano evolute per convergenza, e che una delle due classi di nematodi (i Secernentea) potrebbero essere derivati dall'altra classe (gli Adenophorea). Se queste ipotesi fossero confermate, lo schema di classificazione generalmente accettato e presentato in questa tabella e nel testo andrà incontro a revisione nel corso dei prossimi anni.

- Condizione triblastica, simmetria bilaterale, corpo vermiforme e non segmentato, pseudoceloma
- Corpo circolare in sezione trasversale e rivestito di una cuticola elastica stratificata. Mute generalmente presenti durante la crescita
- Sistema digerente completo; bocca generalmente circondata da labbra con organi sensoriali
- In maggioranzo con un sistema escretore peculiare, formato da una o due cellule renette o da una serie di tubuli drenanti
- Parete del corpo con muscolatura esclusivamente longitudinale



Scheletro idrostatico a pressione

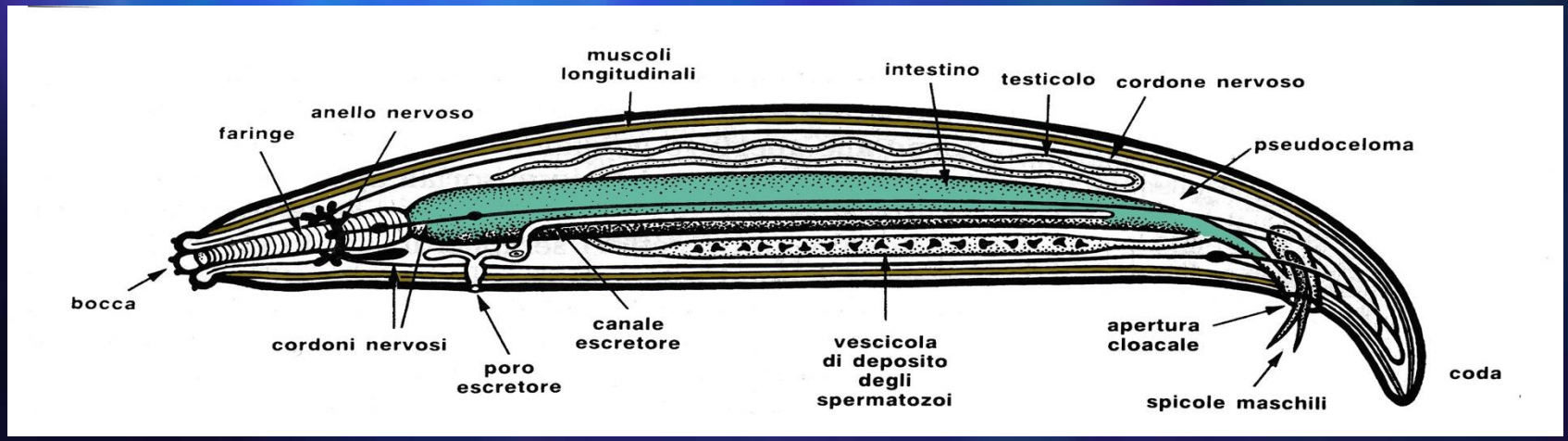


Sezione trasversale di un nematode, una femmina matura.

Un tubo dentro un tubo
separati da liquido

Il liquido all'interno del pseudoceloma è ad **alta pressione**

Il faringe muscoloso **spinge il cibo** all'interno dell'intestino

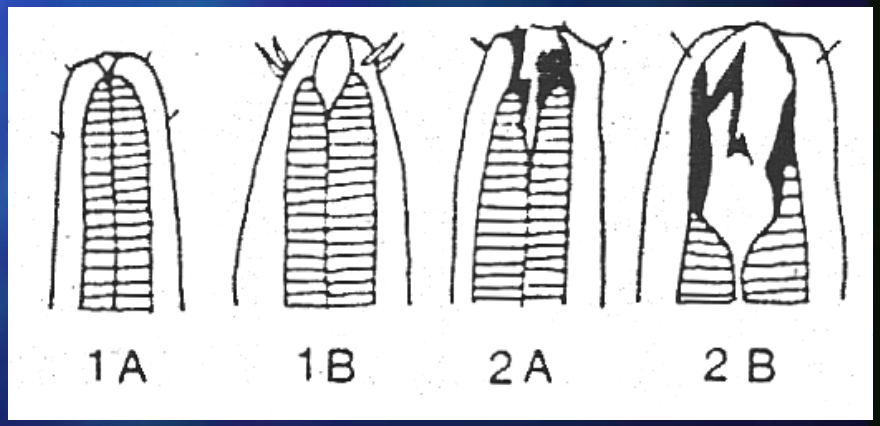


Nematodi: Gruppi Trofici

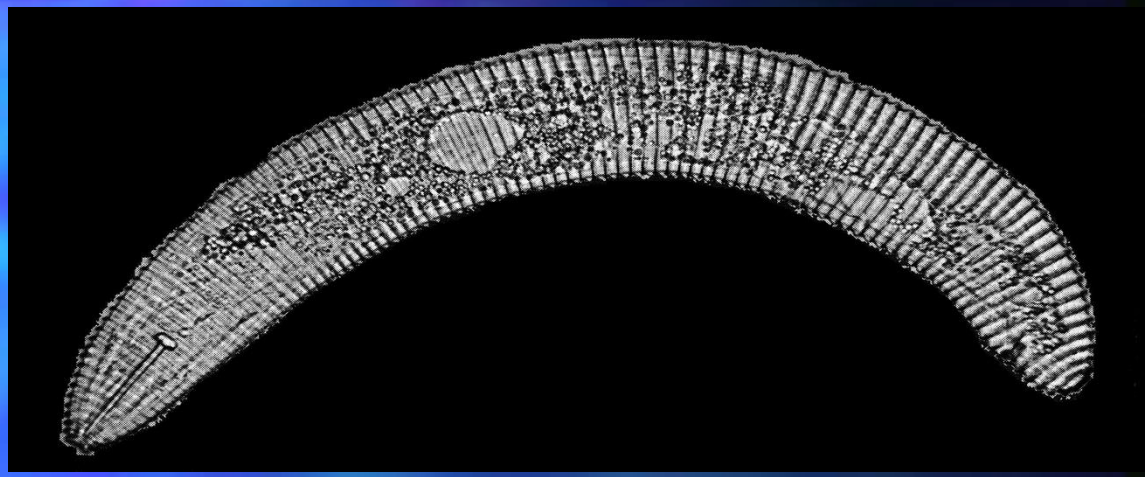
Difficoltà nell'identificazione



1A: deposivoro selettivo
1B: deposivoro non selettivo
2A: epistratum feeders
2B: predatore/onnivoro



La cuticola dei nematodi



Le rugosità favoriscono il movimento

Secreta dall'epidermide (prevalenza fibre di collagene)

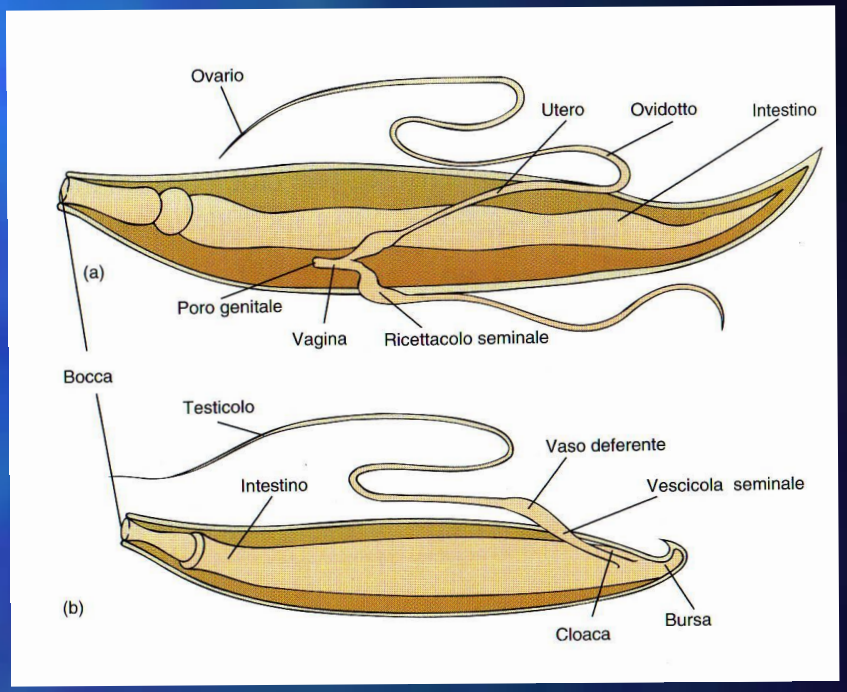
Ricopre anche il primo tratto di bocca e ano formando strutture per l'alimentazione (denti, stiletti) o per la riproduzione

4 mute durante la vita 4 stadi larvali+adulto

Le mute regolano gli stadi del ciclo vitale ma non la crescita

Riproduzione e sviluppo nei nematodi

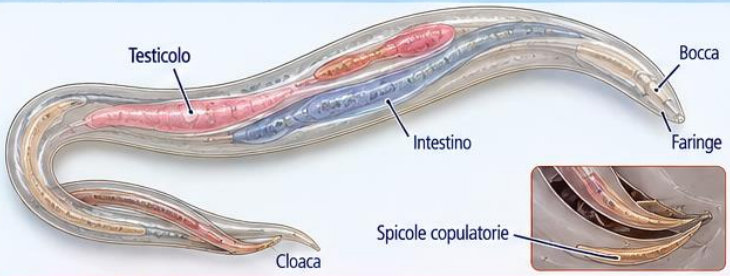
- Generalmente a sessi separati e dimorfici
- Le gonadi giacciono libere nello pseudocele
- Nelle femmine coppia di ovari che si continuano con un ovidotto la cui porzione prossimale a dilatata a formare un ricettacolo seminale
- Fecondazione interna. Alcune specie ovovivipare
- La larva va incontro a quattro mute (le prime due all'interno dell'uovo in qualche caso)



Riproduzione e sviluppo nei Nematodi

Caratteristiche generali e ciclo di sviluppo larvale

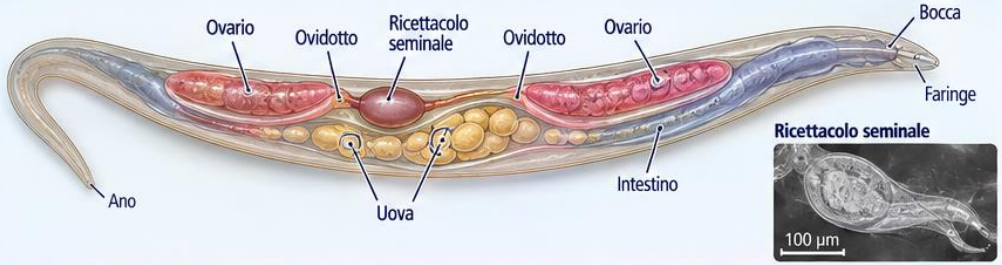
Maschio (sezione laterale)



Caratteri principali

- Generalmente a sessi separati e dimorfici.
- Testicolo singolo, spesso ripiegato.
- Le spicole copulatorie vengono estroflesse durante la copula.
- Presente spesso una borsa caudale (in molte specie) con papille sensoriali.

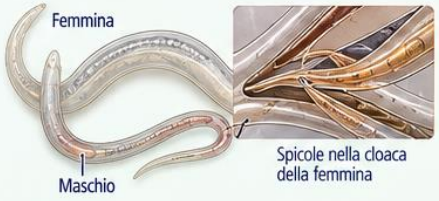
Femmina (sezione laterale)



Caratteri principali

- Coppia di ovari che si continuano con un ovidotto.
- La porzione prossimale dell'ovidotto è dilatata a formare un ricettacolo seminale, dove sono conservati gli spermatozoi.
- Utero che contiene le uova (o le larve nelle specie ovovivipare).
- Fecondazione interna.
- Alcune specie ovovivipare, con sviluppo delle larve all'interno della femmina.

Copula e fecondazione interna



- Il maschio trasferisce gli spermatozoi nella femmina tramite le spicole.
- La fecondazione è interna.
- Gli spermatozoi sono conservati nel ricettacolo seminale.

Embriogenesi e deposizione delle uova



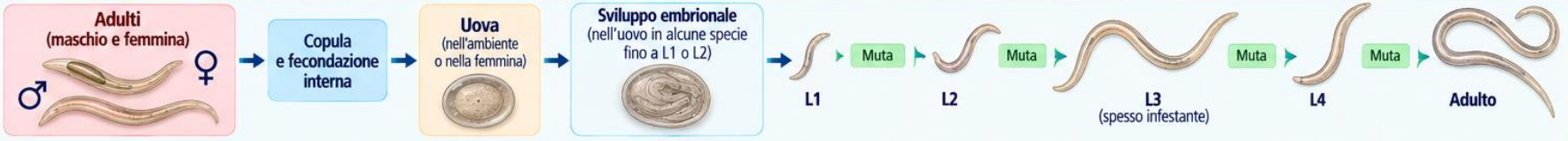
- In molte specie la prima e la seconda muta avvengono all'interno dell'uovo.
- Le uova vengono deposte nell'ambiente (specie ovipare) oppure si sviluppano all'interno della femmina (specie ovovivipare).

Sviluppo larvale e mute (schema)



- La larva va incontro a quattro mute (da L1 a L4).
- Le prime due mute avvengono all'interno dell'uovo in alcune specie, oppure nell'ambiente esterno.
- Lo stadio L3 è spesso quello infestante (es. *Anisakis* e altri nematodi parassiti).
- Dopo la quarta muta si raggiunge lo stadio adulto sessualmente maturo.

Schema riassuntivo del ciclo riproduttivo e di sviluppo



Anisakis (Nematoda, *Anisakidae*)

Anisakis è un genere di nematodi marini della famiglia Anisakidae. Gli adulti vivono nello stomaco di mammiferi marini e le larve, in particolare lo stadio L3, infestano numerose specie di pesci e cefalopodi. L'uomo può infettarsi accidentalmente consumando pesce o cefalopodi crudi o poco cotti contenenti larve vitali.

Morfologia

Larva L3 (stadio infestante)

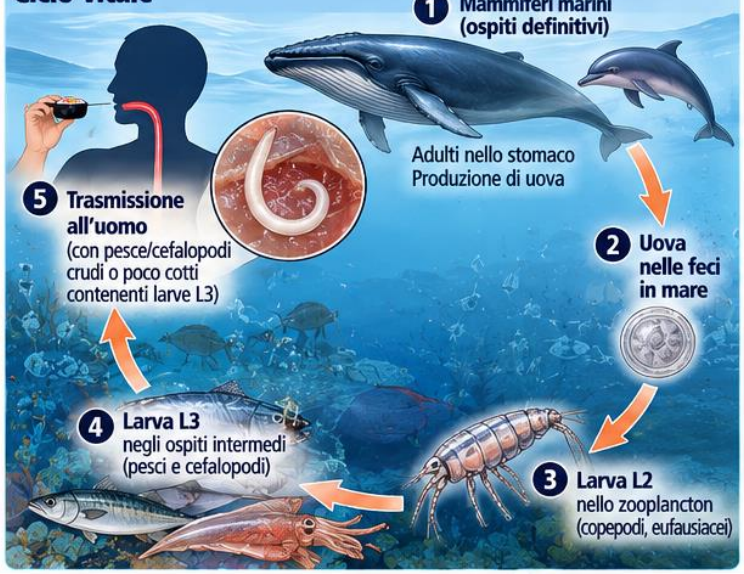




Estremità anteriore della larva L3 (microscopia elettronica)

- Lunghezza: 2–3 cm (larva L3)
- Corpo cilindrico, non segmentato, biancastro
- Cuticola con striature trasversali
- Bocca con tre labbra, spesso con un piccolo dente larvale
- Intestino semplice, cecale nello stadio larvale
- Le larve non si sviluppano fino allo stadio adulto nell'uomo

Ciclo vitale



Larve in pesci e cefalopodi

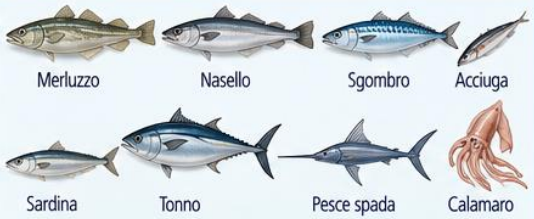


Larve L3 nel muscolo di pesce (es. merluzzo)



Larve L3 in cefalopode (es. calamaro)

Specie ittiche frequentemente infestate



Rischi per la salute umana

Anisakiasi gastrointestinale

Le larve L3, ingerite con pesce crudo o poco cotto, possono penetrare nella mucosa gastrica o intestinale, causando una reazione infiammatoria.



Penetrazione della larva nella mucosa gastrica o intestinale

Sintomi (ore-giorni dopo l'ingestione)

- Dolore addominale acuto
- Nausea e vomito
- Possibile sanguinamento
- Diarrea (se localizzazione intestinale)

Di solito autolimitante, ma può richiedere endoscopia per rimozione della larva.

Reazioni allergiche

Le proteine di *Anisakis* possono causare reazioni allergiche, anche in assenza di infezione attiva.



Quadri clinici

- Orticaria, angioedema
- Sintomi gastrointestinali
- Anafilassi (rara)
- Allergia professionale in lavoratori del settore ittico

Importante

Le reazioni allergiche possono manifestarsi anche con pesce cotto, poiché le proteine allergeniche possono rimanere stabili al calore.

Prevenzione

Congelamento
≤ –20 °C per almeno 24 ore (uccide le larve vitali)

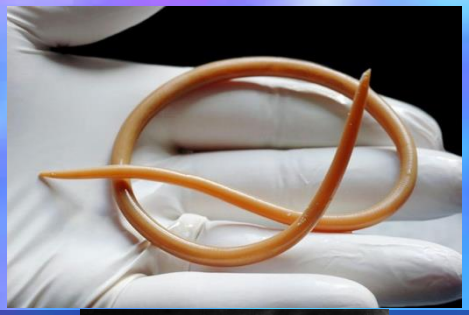
Cottura
≥ 60 °C per almeno 1 minuto (nel cuore del prodotto)

Attenzione al consumo crudo
Rischio presente in sushi, sashimi, carpacci, marinature non adeguate, pesce affumicato a freddo

Ispezione visiva
Rimuovere eventuali larve visibili nel pesce destinato al consumo crudo.

Buone pratiche di lavorazione
Eviscerare tempestivamente il pesce per evitare la migrazione delle larve dai visceri al muscolo.

Normativa
Regolamento (CE) 853/2004: obbligo di congelamento preventivo per prodotti ittici destinati al consumo crudo o poco cotti.



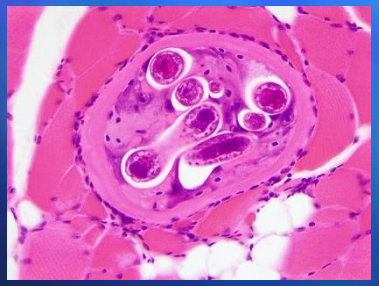
Ascaris lumbricoides — Ascaridiasi
Parassita intestinale che può raggiungere 35 cm di lunghezza. Le infezioni intense possono causare malnutrizione e occlusione intestinale, soprattutto nei bambini.
Trasmissione: ingestione di uova presenti in acqua, alimenti o suolo contaminati.



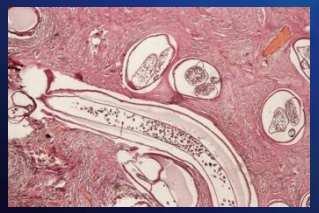
Ancylostoma duodenale — Anchilostomiasi
Si attacca alla mucosa intestinale e si nutre di sangue, causando perdita cronica di ferro e anemia.
Trasmissione: penetrazione delle larve attraverso la cute.



Wuchereria bancrofti — Filariosi linfatica
Parassita del sistema linfatico. Le infezioni croniche possono provocare linfedema ed elefantiasi.
Trasmissione: puntura di zanzare infette.



Trichinella spiralis — Trichinellosi
Le larve si localizzano nei muscoli striati, causando febbre, dolori muscolari e, nei casi gravi, complicazioni sistemiche.
Trasmissione: consumo di carne cruda o poco cotta contenente larve vitali.



Onchocerca volvulus — Oncocercosi
Conosciuta anche come cecità fluviale, può provocare lesioni cutanee e oculari fino alla perdita della vista.
Trasmissione: puntura di simulidi (mosche nere).

ELEFANTIASI:

1 Una zanzara infetta trasmette le larve.

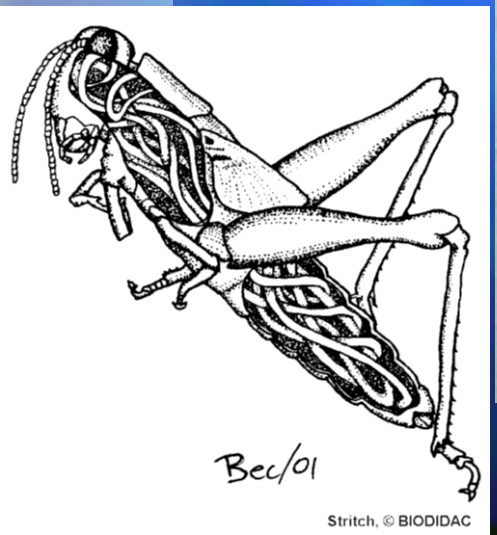
2 I vermi adulti colonizzano i vasi linfatici.

3 Il danno linfatico può provocare linfedema cronico, ispessimento cutaneo ed elefantiasi.



Nematomorfa (*nema* = filo + *morphe* = forma)

Circa 250 specie
Prevalentemente d'acqua dolce
A sessi separati. Fecondazione interna. Adulti liberi, fase larvale parassita di artropodi (coleotteri, ortotteri)





Vermi crine di cavallo o Gordiacei

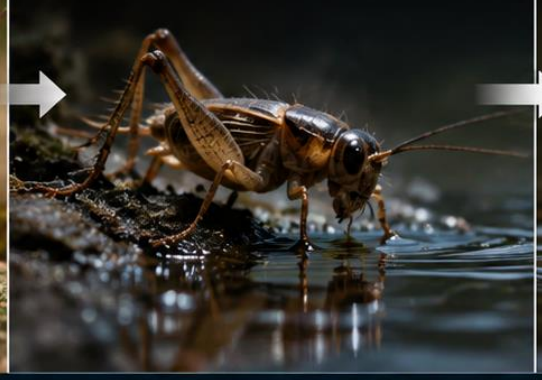


Nematomorfi:
i parassiti che trasformano gli insetti in “zombie”

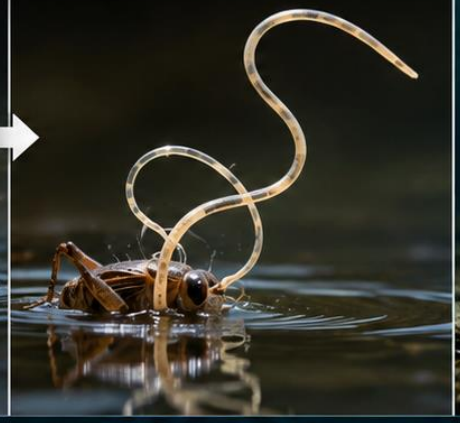
1 Le larve di nematomorfi parassitano insetti terrestri (es. grilli e cavallette)



2 Il parassita altera il comportamento dell’ospite, inducendolo a cercare l’acqua



3 Una volta in acqua, il verme emerge dall’ospite



Il nematomorfo **adulto** vive e si riproduce in ambiente acquatico



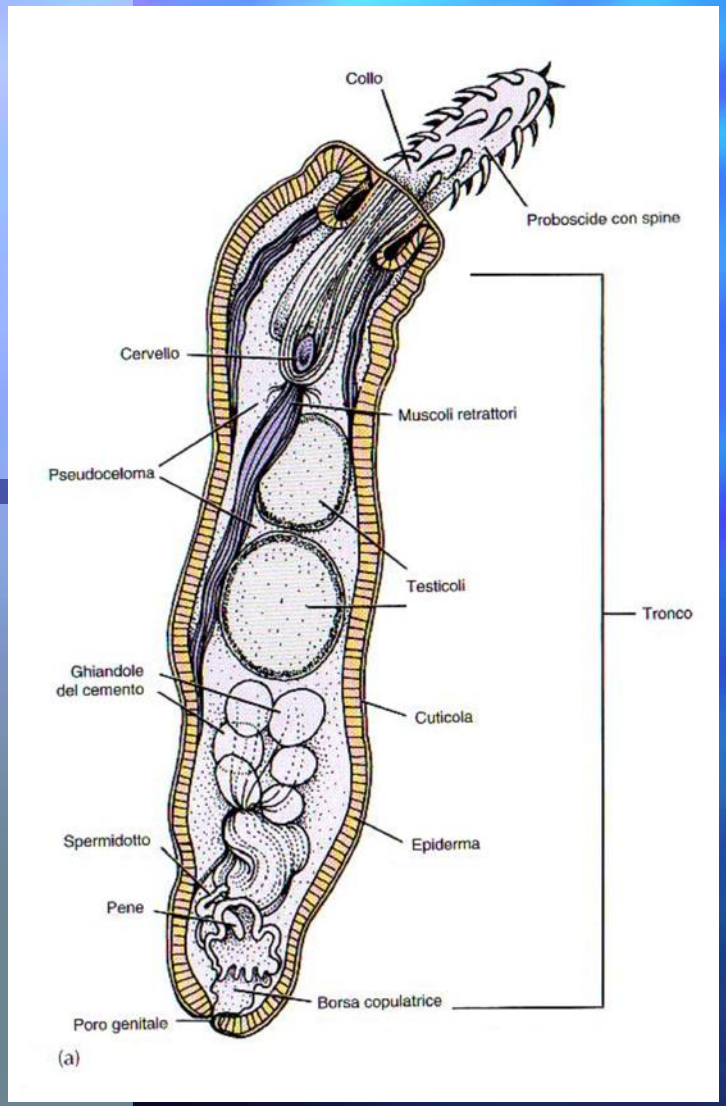
Conseguenza ecologica

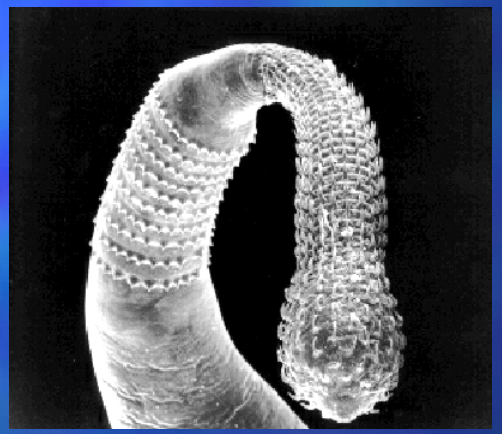
Gli insetti parassitati che entrano in acqua diventano una risorsa alimentare per i pesci, collegando gli ecosistemi terrestri e acquatici.

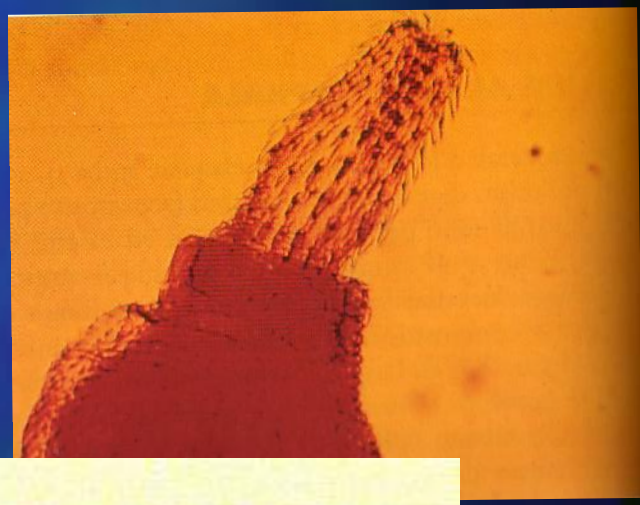


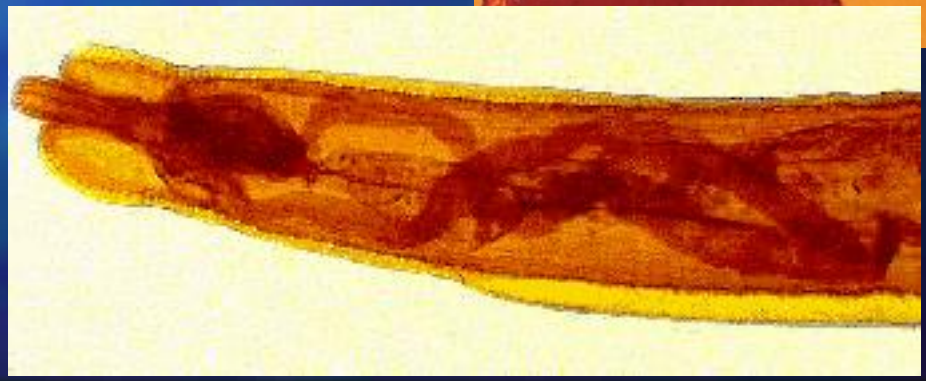
Acanthocephala (*akanta* = spina + *kephale* = capo)

- Endoparassiti del tratto digerente di vertebrati (soprattutto pesci) in fase adulta. Fase larvale parassita di crostacei
- Manca il sistema digerente. Assunzione cibo attraverso trasporto di membrana e/o pinocitosi
- Sessi separati. Fecondazione interna



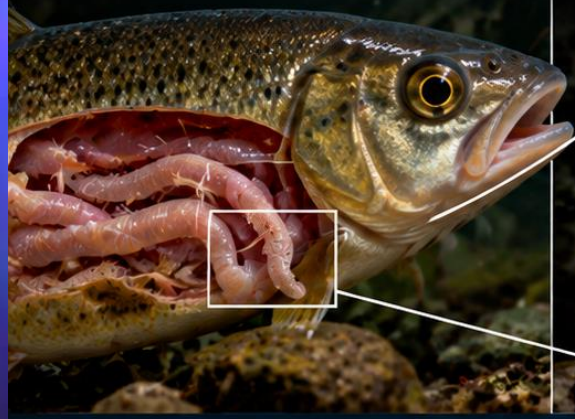






Acantocefali:
piccoli parassiti, grandi accumulatori di metalli

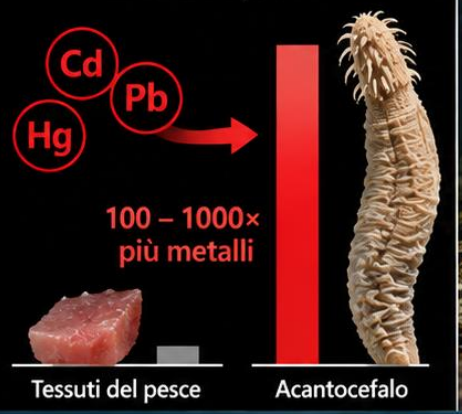
1 Vivono nell'intestino di molti pesci



2 Proboscide e uncini per ancorarsi alla parete intestinale



3 Accumula metalli pesanti a concentrazioni molto più elevate dell'ospite

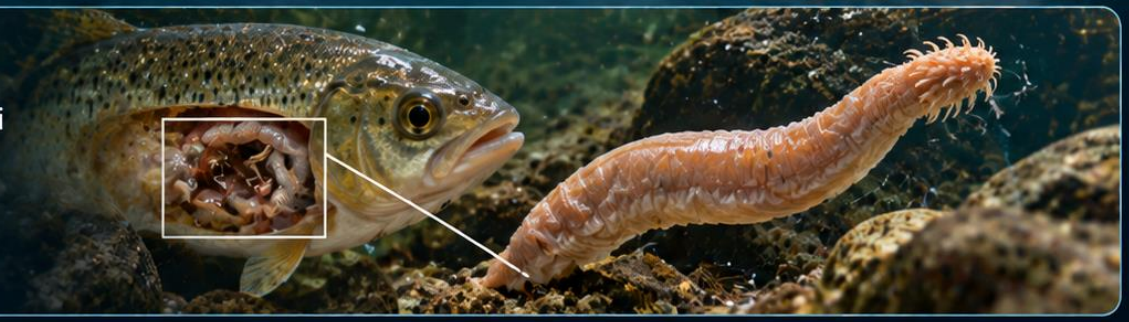


Bioindicatori della contaminazione negli ecosistemi acquatici



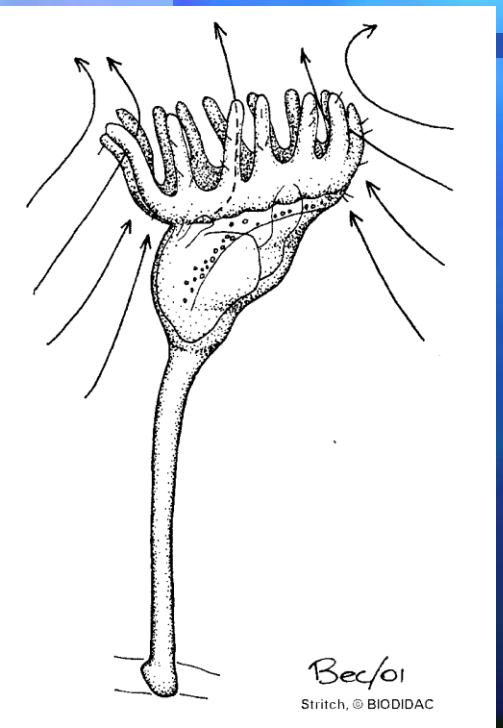
Importanza ambientale

Possono essere utilizzati come bioindicatori più sensibili dei loro ospiti per valutare l'inquinamento da metalli pesanti negli ambienti acquatici.

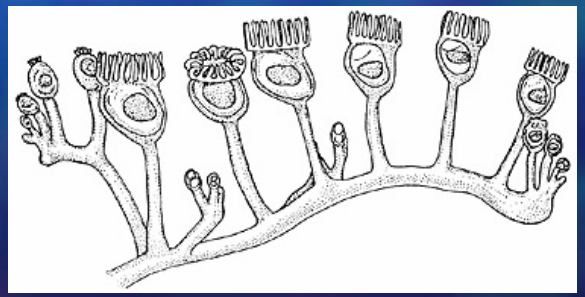


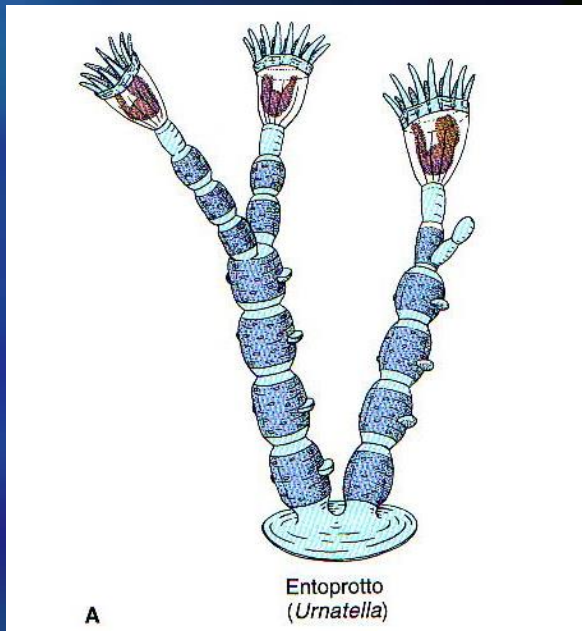
Entoprocta (*entos* = interno, *proktos* = ano

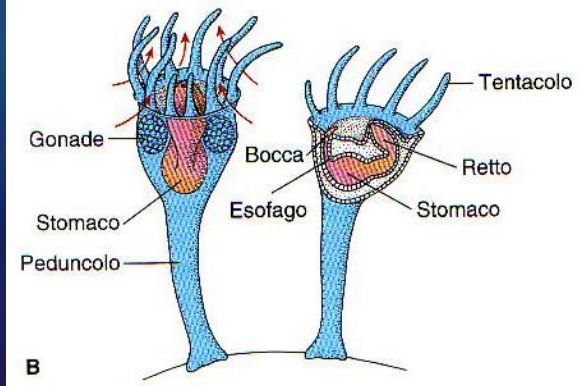
- Piccolo phylum di circa 100 specie, quasi esclusivamente marine
- Non superano i 5mm
- Corpo a forma di coppa con una corona di tentacoli ciliate
- Intestino ad U
- Fase larvale simile alla trocofora





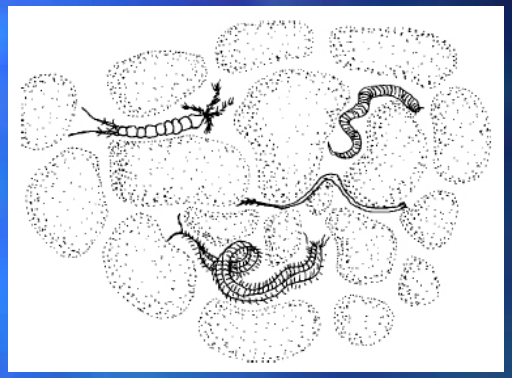


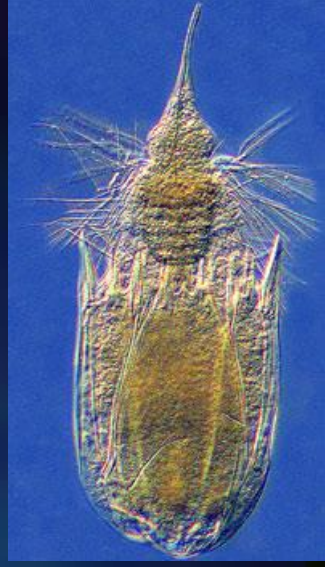


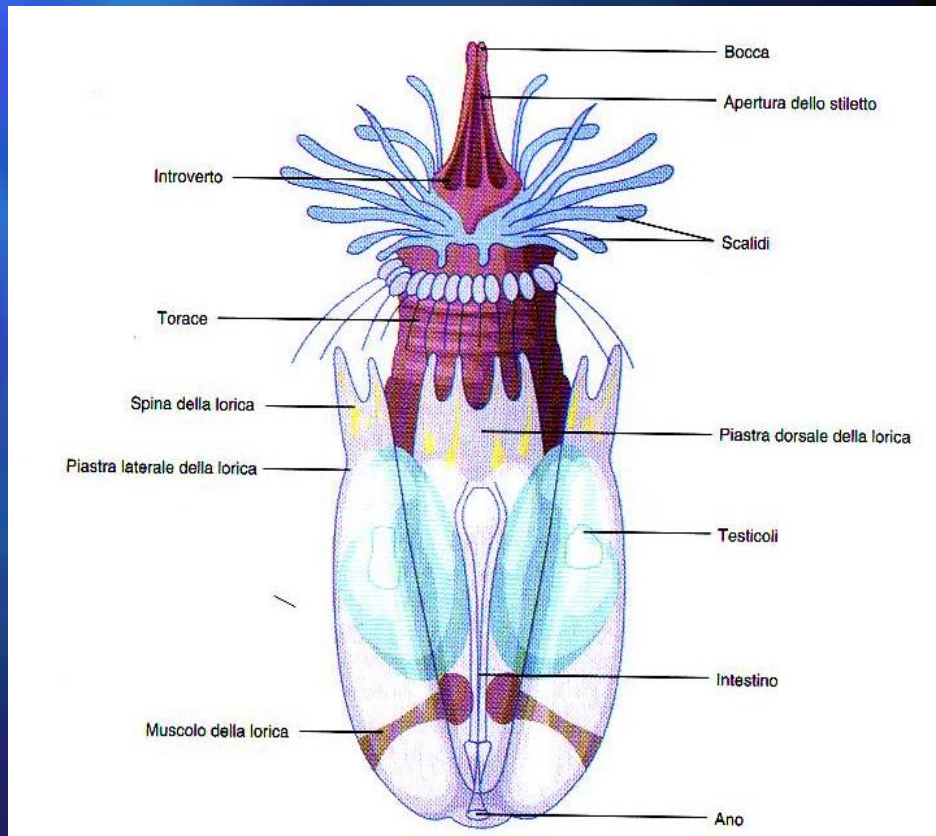


Loricifera (*lorica* = armatura + *fero* = portare

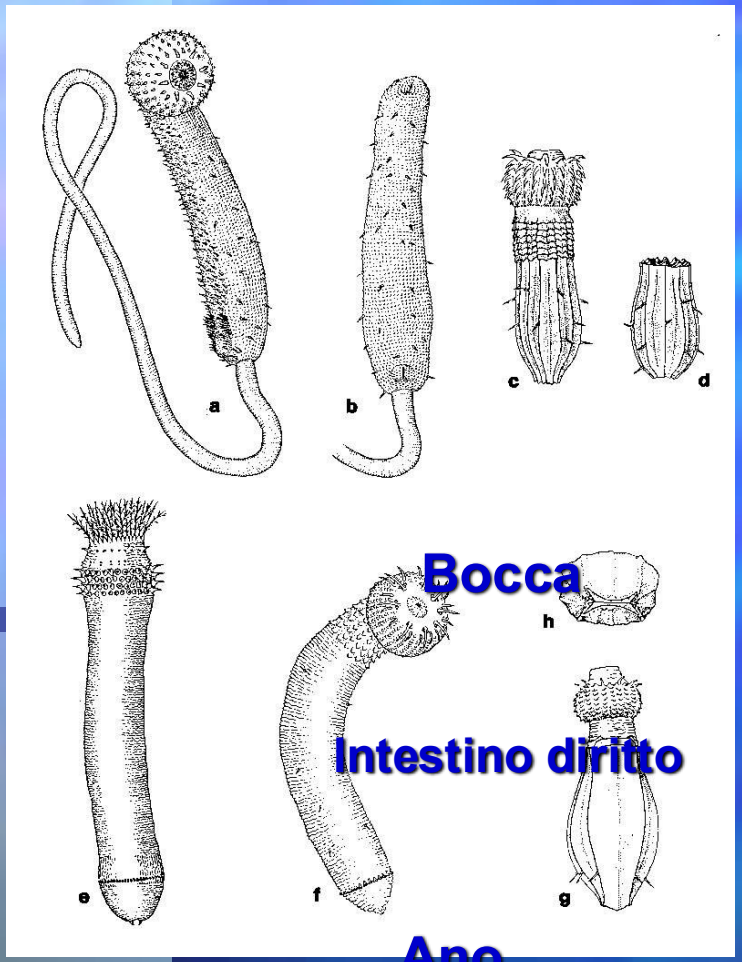
- Phylum descritto nel 1983 (14 specie, tutte marine)
- Fauna interstiziale (<0,4mm)
- A sessi separati con gonadi pari
- Pseudoceloma con sistema digerente, un cervello e diversi gangli







Priapulida (*priapos* = fallo)





Circa 12 specie

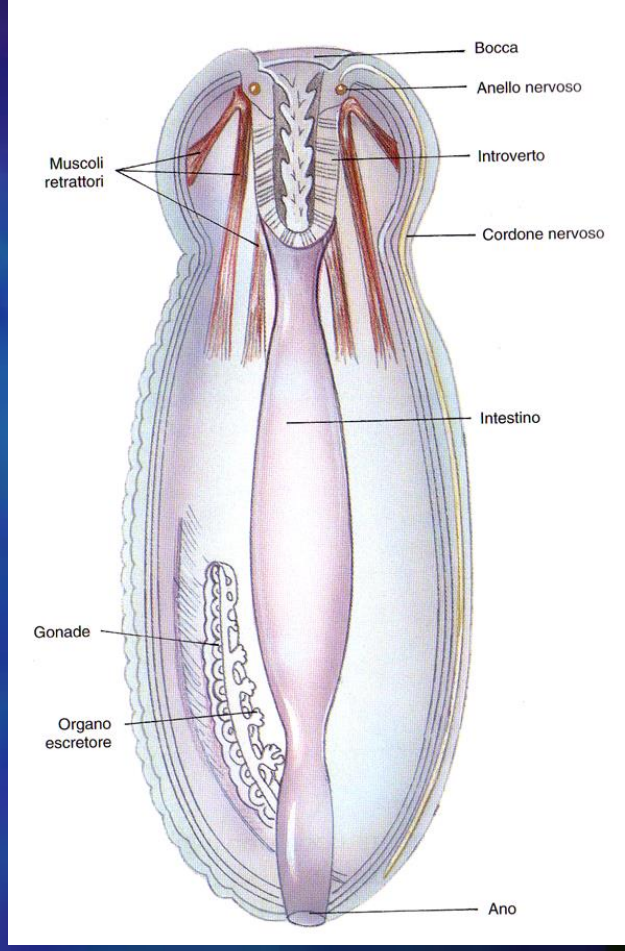
Dall'intertidale a notevoli profondità. Acque fredde

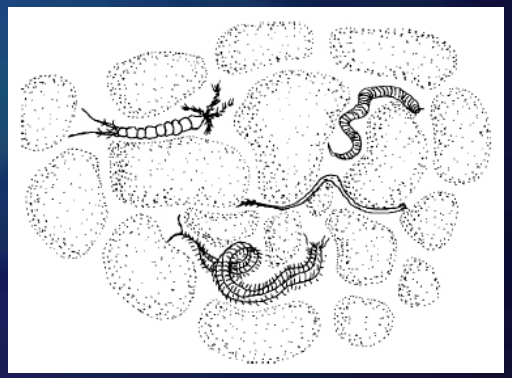
Parte anteriore: introverto

Carnivori (anellidi o altri priapulidi)

Faringe spinoso

Sessi separati ma non distinguibili. Fecondazione esterna



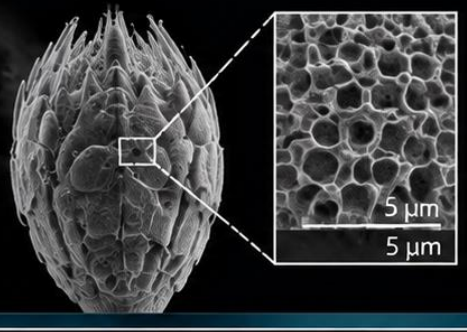


Loriciferi: i più piccoli animali marini con un'armatura

1 **Microscopici** (~0,1–1 mm), vivono tra i sedimenti marini profondi



2 Corpo protetto da una **lorica** rigida formata da placche



3 **Corona di spine orali** per catturare particelle di cibo



Comunemente presenti nei **sedimenti marini profondi**, ma ancora poco studiati



Priapulidi: vermi marini con una proboscide sorprendente

1 Vivono infossati nei sedimenti marini (da coste a grandi profondità)



2 Proboscide estroflettibile con file di spine per la cattura delle prede



3 Si nutrono di piccoli invertebrati del sedimento (es. anellidi, crostacei, molluschi)



Importanti componenti del benthos marino, presenti anche in ambienti profondi



In estrema sintesi:

Pseudocelomati: invertebrati con pseudoceloma

Che cosa sono i pseudocelomati

Sono invertebrati caratterizzati dalla presenza di un **pseudoceloma**, una cavità corporea parzialmente rivestita da mesoderma, che si interpone tra il tubo digerente e la parete corporea. Il pseudoceloma è pieno di fluido e funge da idroscheletro, facilitando il sostegno del corpo e il trasporto interno di sostanze.



Caratteristiche biologiche comuni

- **Triblastici** a simmetria bilaterale.
- **Pseudoceloma pieno di fluido**, con funzioni di sostegno, circolazione interna e accumulo di gameti o escreti.
- **Tubo digerente completo**, con bocca e ano distinti (nella maggior parte dei taxa).
- Sistema nervoso con gangli anteriori e cordoni nervosi longitudinali.
- **Assenza di sistema circolatorio e respiratorio specializzato**; gli scambi avvengono per diffusione.
- **Riproduzione sessuata predominante**, spesso con sessi separati e dimorfismo sessuale marcato; molte specie mostrano partenogenesi.
- Rivestimento esterno costituito da **cuticola**, frequentemente mutata (es. Nematodi).

Principali phyla rappresentativi

Nematoda



- Vermi cilindrici non segmentati.
- Cuticola spessa che viene mutata.
- Molte specie libere e parassite.

Rotifera



- Microscopici acquatici con corona ciliata.
- Pseudoceloma ben sviluppato.
- Spesso con riproduzione partenogenetica.

Acanthocephala



- Endoparassiti con proboscide spinescente.
- Pseudoceloma ampio.
- Assenza di tubo digerente (assorbimento attraverso il tegumento).

Kinorhyncha



- Microscopici marini del meiofauna.
- Corpo rivestito di placche cuticolari e spine.
- Pseudoceloma sviluppato.

Nematomorpha



- Vermi filiformi, spesso parassiti di insetti.
- Pseudoceloma ampio.
- Adulti liberi in ambiente acquatico.

Entoprocta



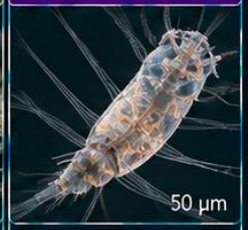
- Piccoli animali acquatici con lòfo tentacolare.
- Pseudoceloma presente.
- Tubo digerente a U, con bocca e ano distinti.

Priapulida



- Vermi marini con proboscide evertibile e denticoli.
- Pseudoceloma ampio.
- Tubo digerente completo.

Loricifera



- Microscopici marini.
- Corpo rivestito da lorica con spine.
- Pseudoceloma presente.
- Vita libera nel meiofauna.