UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

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

Zoologia Sistematica

I Vermi segmentati: Annelida



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

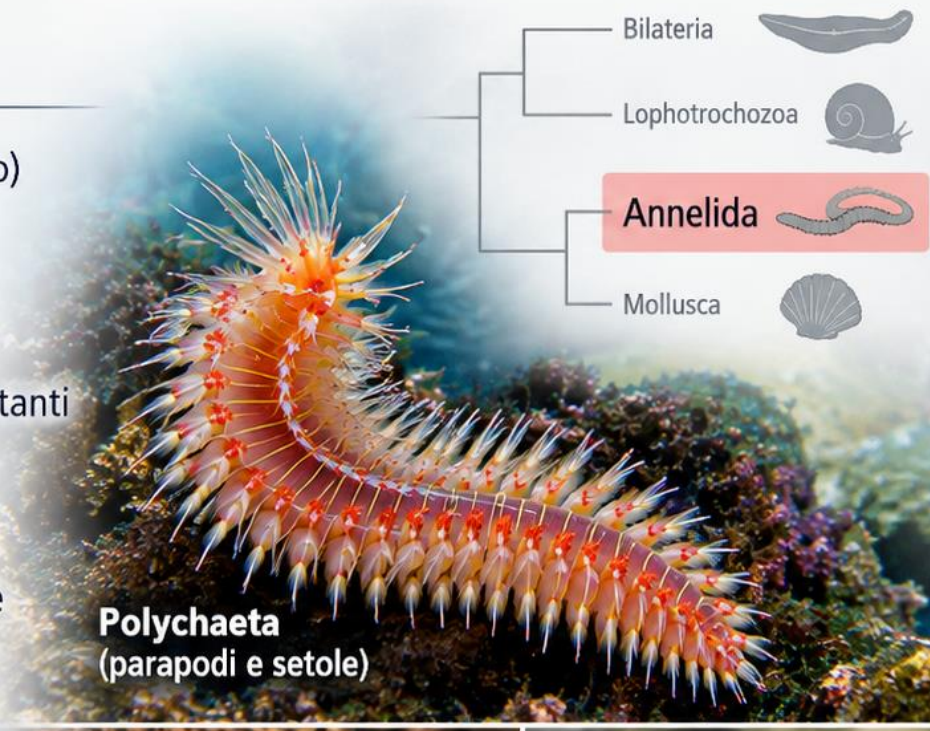
Concetti

1. I membri del phylum **Annelida** (lat *annulus* = anello) sono i **vermi segmentati**. Le relazioni filogenetiche fra gli anellidi e i più bassi animali triblastici sono oggetto di dibattito fra i zoologi.

2. La suddivisione in segmenti (**metameria**) ha importanti effetti su ogni aspetto della struttura e funzione degli anellidi.

3. I membri della classe **Polychaeta** sono anellidi che si sono adattati a diversi habitat marini. I policheti sono caratterizzati dai **parapodi** e dalle lunghe, numerose **setole**.

4. I membri della classe **Clitellata** comprendono i lombrichi (sottoclasse **Oligochaeta**, terrestri) e le sanguisughe (sottoclasse **Hyrudinea**, terrestri, d'acqua dolce e marini). La muscolatura della parete del corpo e il celoma delle sanguisughe sono modificati rispetto ai policheti. Queste differenze influenzano alcune funzioni delle sanguisughe, tra cui la locomozione.



Polychaeta
(parapodi e setole)



Oligochaeta
(lombrichi)



Hirudinea
(sanguisughe)

Relazioni filogenetiche e dibattito

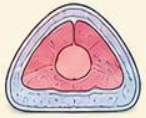
Le relazioni filogenetiche tra gli **Annelida** e i più bassi animali triblastici sono oggetto di dibattito tra glii zoologi, a causa dello storico scontro tra i **dati morfologici tradizionali** e i moderni dati della **filogenesi molecolare**.

1 Ipotesi classica (morfologica)

Tradizionalmente, la zoologia proponeva una progressione lineare basata sulla complessità corporea e sull'origine del celoma, collocando gli anellidi tra i celomati e in stretta relazione con gli artropodi (Articulata) grazie alla **metameria**.

Acelomati
(es. Platelminti)





Assenza di celoma

Pseudocelomati
(es. Nematodi)





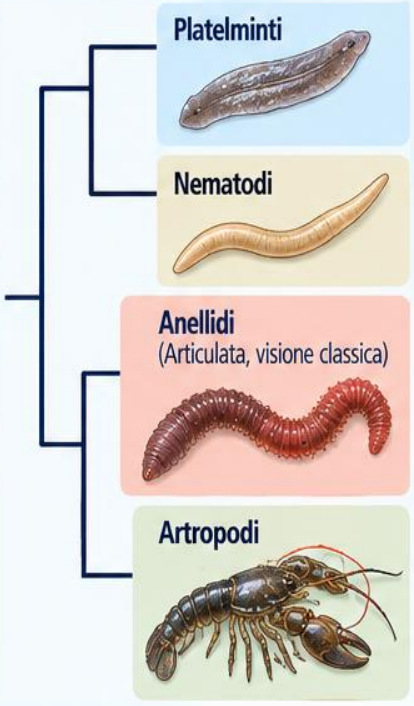
Pseudoceloma

Celomati
(es. Anellidi, Artropodi)



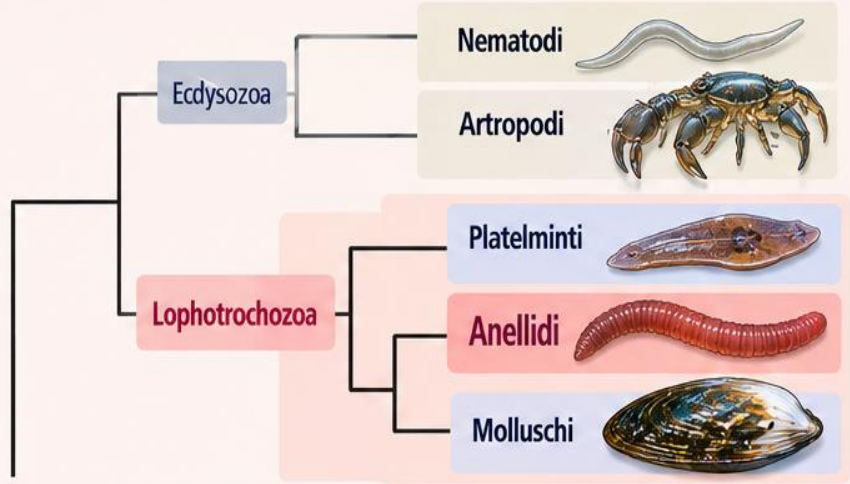


Celoma vero



2 La svolta molecolare (Lophotrochozoa)

Le analisi del DNA hanno scardinato la progressione lineare tradizionale. Gli anellidi sono inseriti nel superphylum dei **Lophotrochozoa**, risultando filogeneticamente più vicini ai molluschi e ai platelminti di quanto non lo siano agli artropodi, nonostante la condivisione della metameria con questi ultimi.





Punto chiave Il dibattito riguarda soprattutto l'**origine del celoma e della metameria**: la visione classica (morfologica) poneva gli anellidi in stretta relazione con gli **artropodi**, mentre i dati molecolari li collocano all'interno dei **Lophotrochozoa**, più vicini a platelminti e molluschi.

Caratteristiche degli anellidi

- Corpo vermiforme, **metamerico** a **simmetria bilaterale**
- Caratteristiche comuni ai protostomi quali **segmentazione spirale**, larva trocofora (nello sviluppo indiretto) e formazione del celoma per **schizocelia**
- Ciuffi di **setole** (chete) epidermiche disposte a paia
- Sistema **circolatorio chiuso**
- Sistema escretore con **metanefridi**
- **Cefalizzazione** marcata
- Cordone nervoso ventrale con **gangli** che si **susseguono** lungo di esso

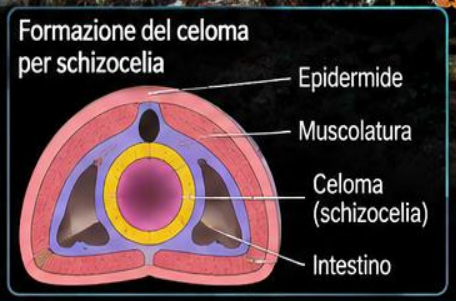




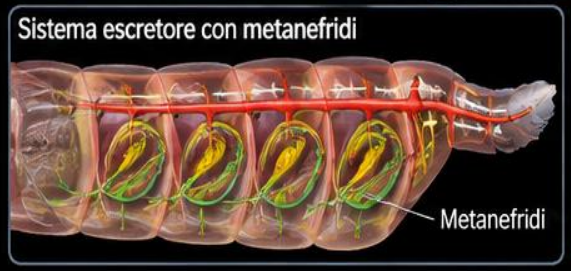




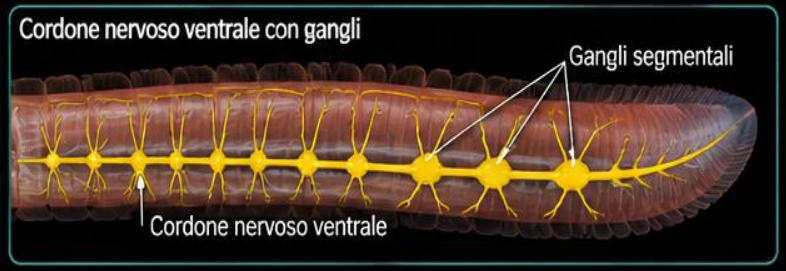












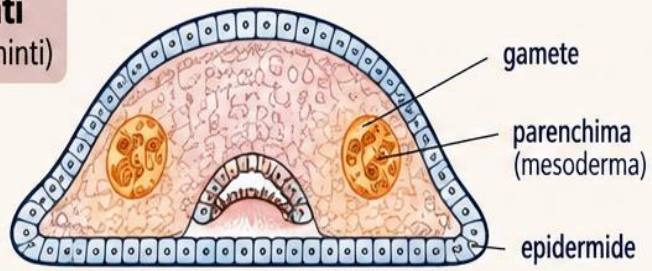
Gli organismi celomati

1. La comparsa del celoma, completamente rivestito da derivati del mesoderma, ha permesso un **miglior controllo del movimento** dei fluidi contenuti e della forma corporea generale.

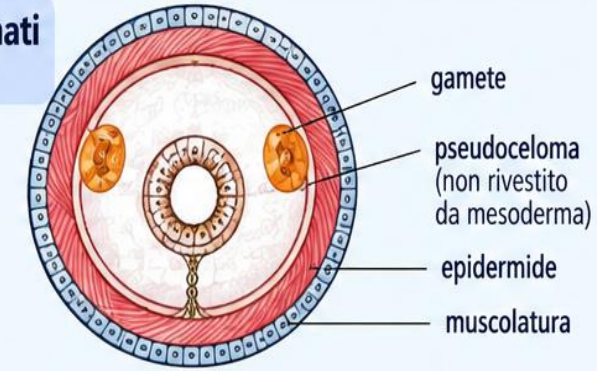
2. La comparsa del celoma è avvenuta in **maniera indipendente** sia nei protostomi che nei deuterostomi, e con modalità differenti (**schizocelia** ed **enterocelia**).

3. La **compartimentazione** del celoma e la **segmentazione** corporea hanno consentito un perfezionamento ulteriore del controllo motorio.

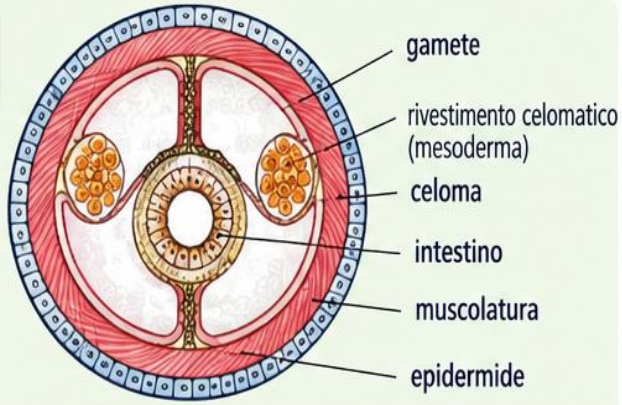
Acelomati
(es. Platelminti)



Pseudocelomati
(es. Nematodi)



Celomati
(es. Anellidi)



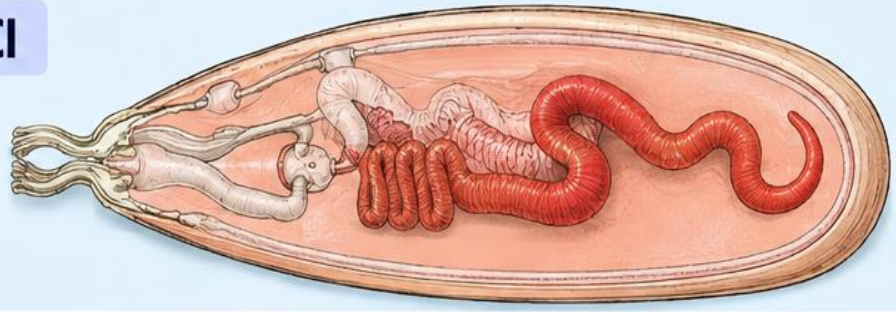
Metameria

Nei celomati la cavità può essere **intera** (non segmentata)…

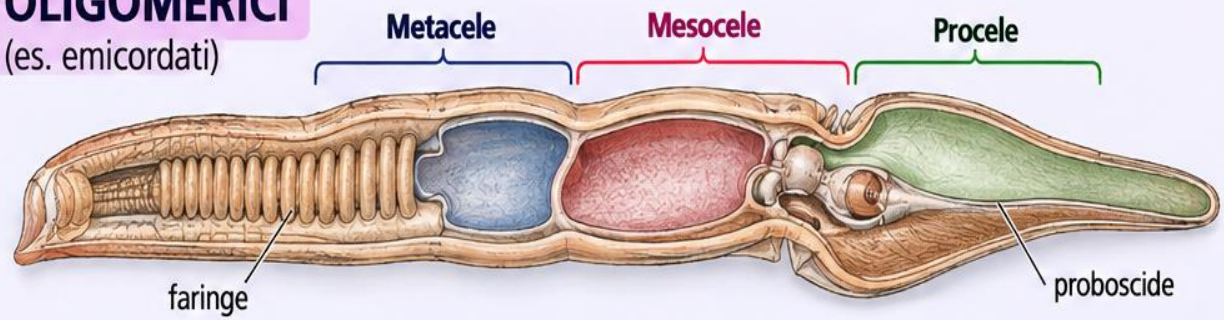
…**ripartita** in **pochi segmenti**…

…oppure **suddivisa** in **molti segmenti** (**metameria**)

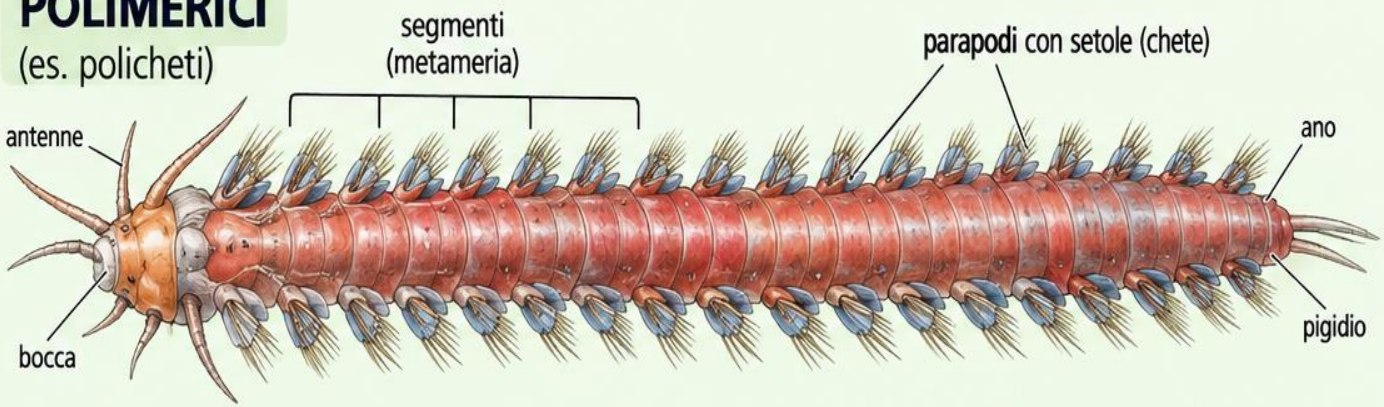
MONOMERICI
(es. sipunculide)



OLIGOMERICI
(es. emicordati)



POLIMERICI
(es. policheti)



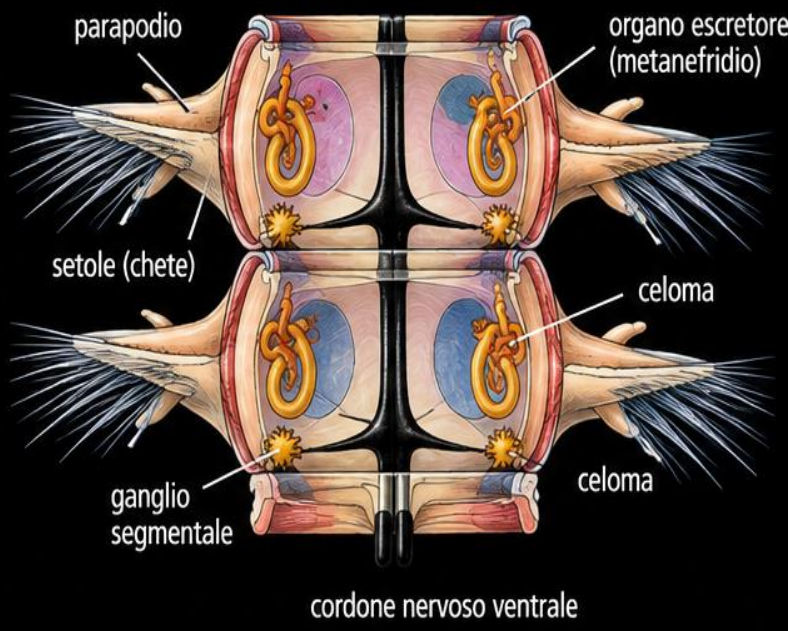
Metameria

Metameria = organizzazione del corpo in segmenti corporei distinti.

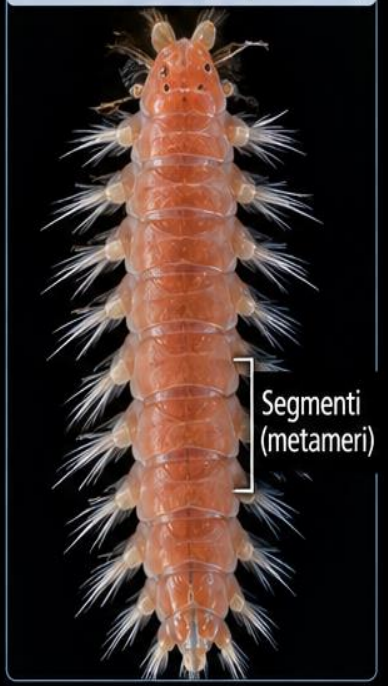
I metameri hanno **origine durante lo sviluppo embrionale**. L'adulto ha un **numero di metameri costante**.

I metameri più giovani (quelli che si formano per ultimi) si trovano nella estremità posteriore dell'animale.

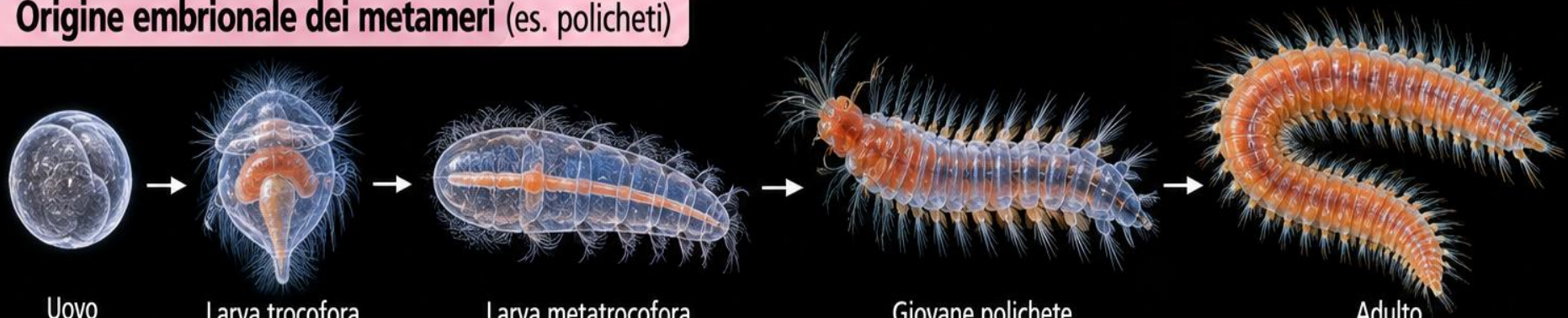
Segmenti in un anellide (es. polichete)



Vista dorsale (es. polichete)



Origine embrionale dei metameri (es. policheti)

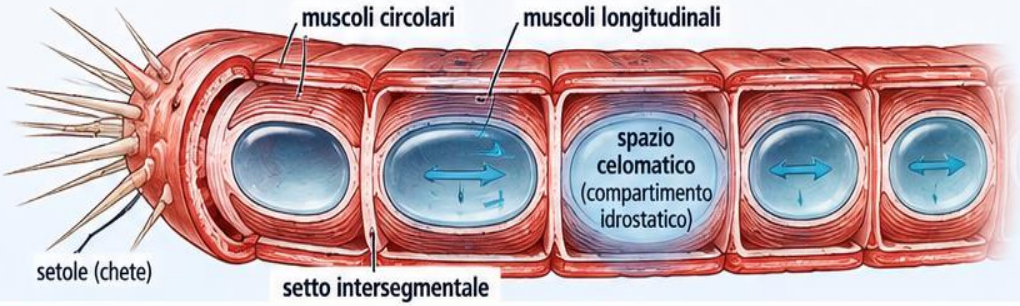


Uovo → Larva trocofora (non segmentata) → Larva metatrocofora (con abbozzi di segmenti) → Giovane polichete (segmentazione evidente) → Adulto (numero di metameri costante)

I vantaggi della metameria

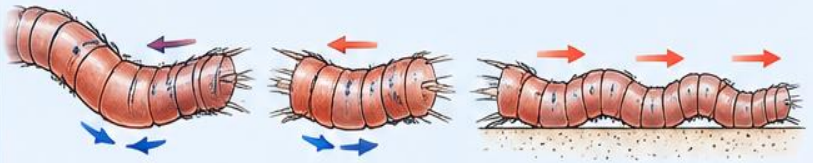
1 Compartimenti idrostatici e controllo indipendente dei segmenti

La disposizione segmentale degli spazi celomatici e dei muscoli crea compartimenti idrostatici che consentono una varietà di funzioni vantaggiose di supporto e movimento, non possibili negli animali non metamerici provvisti di scheletro idrostatico.



Movimento per contrazioni segmentali

Ciascun segmento può essere controllato indipendentemente dagli altri e i muscoli possono agire come antagonisti all'interno di ciascun segmento.



Contrazione dei muscoli circolari (allungamento del segmento)

Contrazione dei muscoli longitudinali (accorciamento del segmento)

Alternanza di segmenti per la locomozione

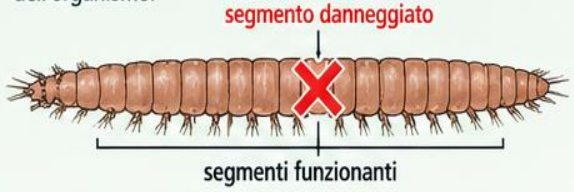
2 Minori effetti dei danni

La metameria permette di limitare gli effetti di eventuali danni: la perdita o la danneggiamento di uno o più segmenti non compromette necessariamente la sopravvivenza dell'intero organismo, grazie all'organizzazione modulare del corpo.



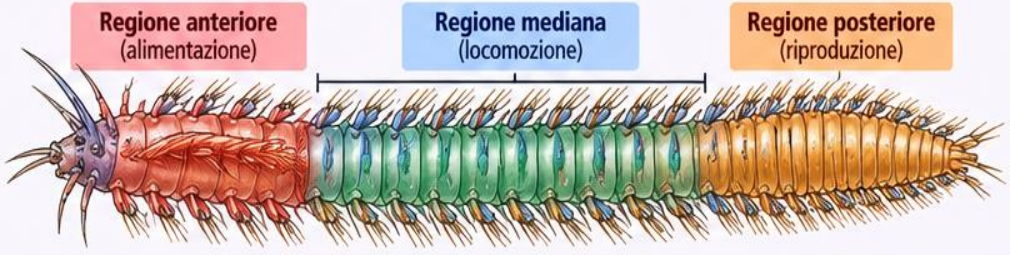
Autonomia funzionale dei segmenti

La compartimentazione degli organi nei diversi segmenti riduce la propagazione dei danni. Anche sistemi come circolazione, escrezione e cordone nervoso presentano un'organizzazione segmentale, aumentando la resilienza dell'organismo.



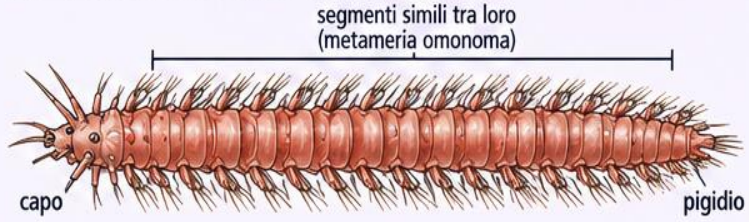
3 Specializzazione di regioni corporee (tagmatizzazione)

La metameria permette di modificare certe regioni del corpo per svolgere funzioni specializzate (es. alimentazione, locomozione, riproduzione). Questa specializzazione derivante dalla metameria è detta **tagmatizzazione**.



Gli anellidi non presentano tagmatizzazione

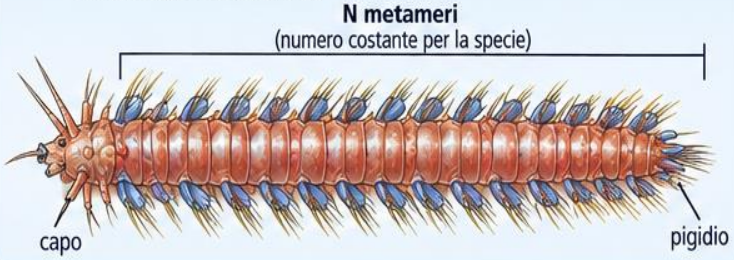
Negli anellidi (a differenza, ad esempio, degli artropodi), non si osserva una vera e propria tagmatizzazione: i segmenti sono tra loro simili e svolgono funzioni analoghe. Questa condizione è detta **metameria omonoma**.



Rigenerazione nei policheti con numero di metameri costante
(omometameria stabile)

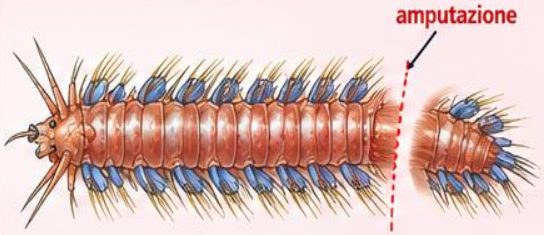
1 Individuo adulto (numero di metameri costante)

Il polichete adulto di questa specie possiede un numero di metameri fisso e caratteristico (omometameria stabile).



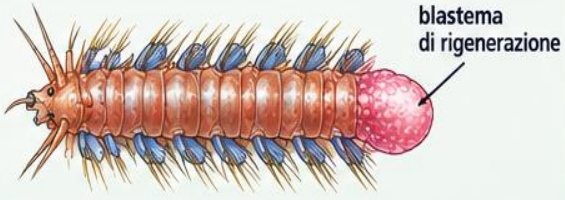
2 Amputazione

L'animale perde una porzione di segmenti (ad es. la parte posteriore) a causa di predazione o danno.



3 Formazione del blastema

I tessuti adiacenti alla ferita si cicatrizzano e le cellule si dedifferenziano formando una massa di cellule staminali indifferenziate detta blastema di rigenerazione.

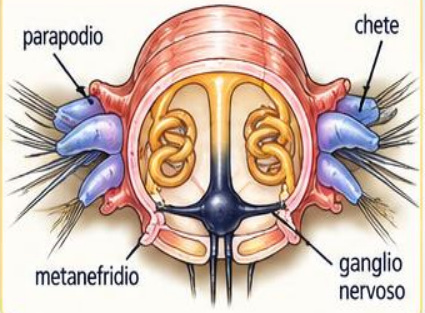


4 Risegmentazione e differenziamento

Dal blastema si formano progressivamente i nuovi metameri. In ciascun segmento rigenerato si riformano con precisione tutte le strutture anatomiche specifiche (parapodi, chete, gangli nervosi, metanefridi), mantenendo la corretta identità posizionale.

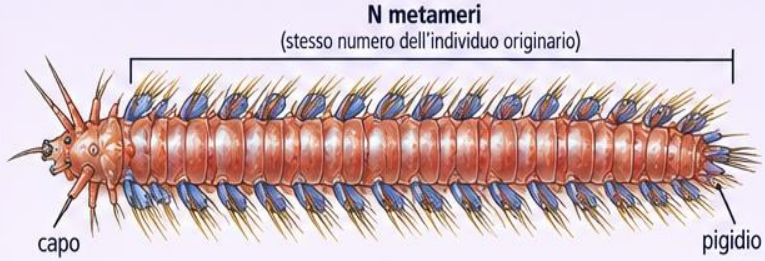


Dettaglio di un segmento rigenerato



5 Arresto della rigenerazione (omeostasi numerica)

La zona di crescita rigenerativa viene utilizzata solo fino al raggiungimento del limite numerico genetico. Una volta ristabilito il numero esatto di metameri tipico della specie, la proliferazione cellulare si arresta.



Confronto: specie a crescita indefinita

In molte specie (es. alcuni policheti), il numero di metameri non è fisso: nuovi segmenti vengono aggiunti per tutta la vita da una zona di proliferazione posteriore (SAZ, Segment Addition Zone).

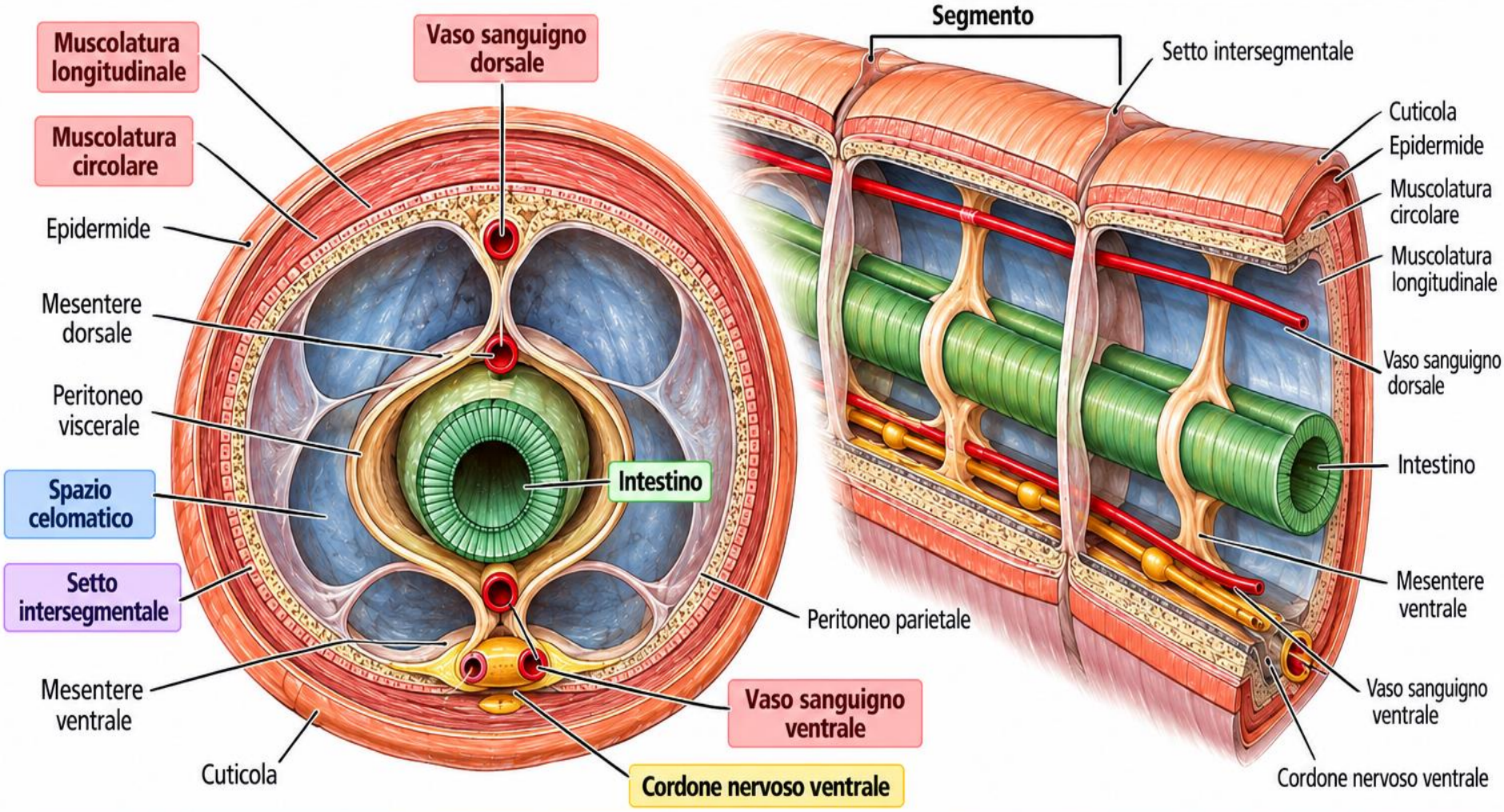


Limiti della rigenerrazione

La rigenerazione con precisione del numero di metameri avviene solo se l'amputazione rientra nei limiti fisiologici di sopravvivenza. Se vengono rimossi troppi segmenti o sono danneggiate zone critiche (es. centri nervosi o intestinali), l'animale può:

- non completare la rigenerazione,
- rigenerare solo parzialmente le strutture,
- o non sopravvivere.

Anatomia di un anellide (segmento corporeo)



Sezione trasversale di un segmento

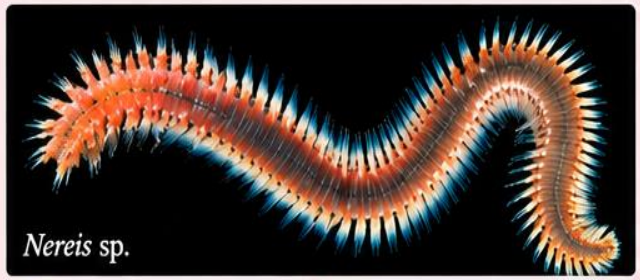
Vista longitudinale di più segmenti (parete destra rimossa)

La classificazione del phylum Annelida

Classe Polychaeta

- Classe più numerosa di anellidi; per lo più marini.
- Regione cefalica con occhi e tentacoli.
- Parapodi provvisti di numerose setole.
- Ermafroditi o sessi separati.
- Sviluppo indiretto con larva trocofora.

Esempi: *Nereis, Arenicola, Sabella.*
Più di 5.300 specie.


Nereis sp.


Sabella sp.


Larva trocofora

Classe Clitellata

- Assenza di una regione cefalica distinta.
- Poche o nessuna setola.
- Clitello presente, coinvolto nella formazione del bozzolo.
- Ermafroditi, con sviluppo diretto.

Comprende le sottoclassi **Oligochaeta** e **Hirudinea**.



Lumbricus terrestris
(Oligochaeta)

Sottoclasse Oligochaeta

- Poche setole.
- Generalmente terrestri o d'acqua dolce.
- Ermafroditi.

Esempi: *Lumbricus, Tubifex.*
Oltre 3.000 specie.


Lumbricus terrestris

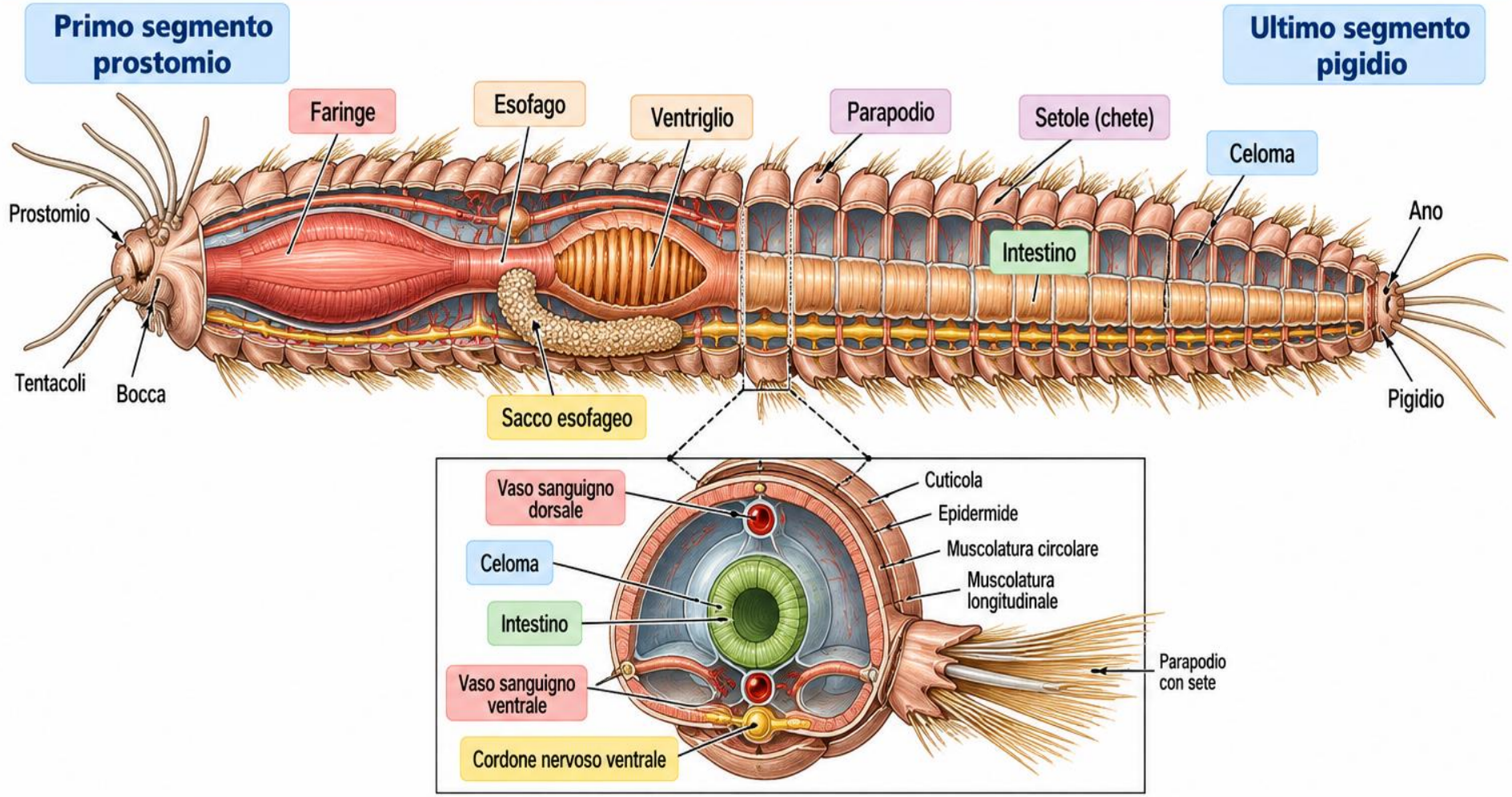
Sottoclasse Hirudinea

- Sanguisughe.
- Corpo con 34 segmenti, ciascuno suddiviso in anulli.
- Una ventosa anteriore e una posteriore, generalmente presenti.
- Setole ridotte o assenti.
- D'acqua dolce, terrestri e marine.

Esempio: *Hirudo.*
Circa 500 specie.


Hirudo medicinalis

Organizzazione dei policheti
(gr. *polys* = molte, *chaite* = setola)



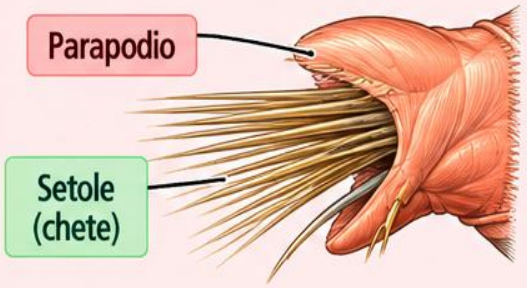
Faringe muscoloso estrofilettibile, tubo digerente rettilineo

Policheti

Su ogni segmento due lobi carnosi laterali

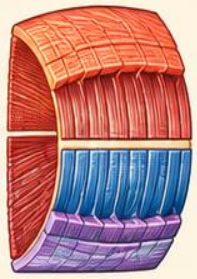
- Parapodi
- Chete (setole)

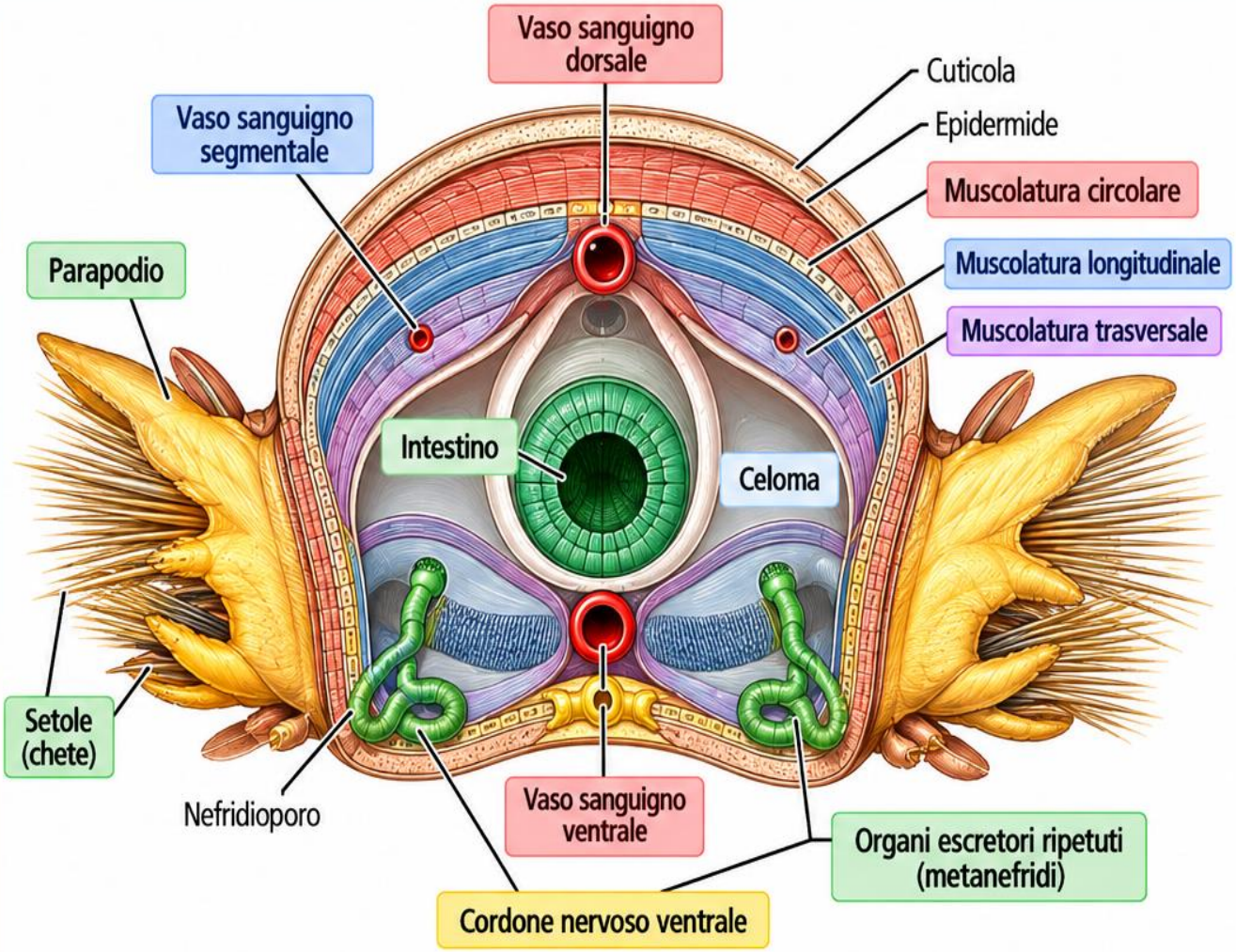
Funzione di ancoraggio



Muscoli del corpo

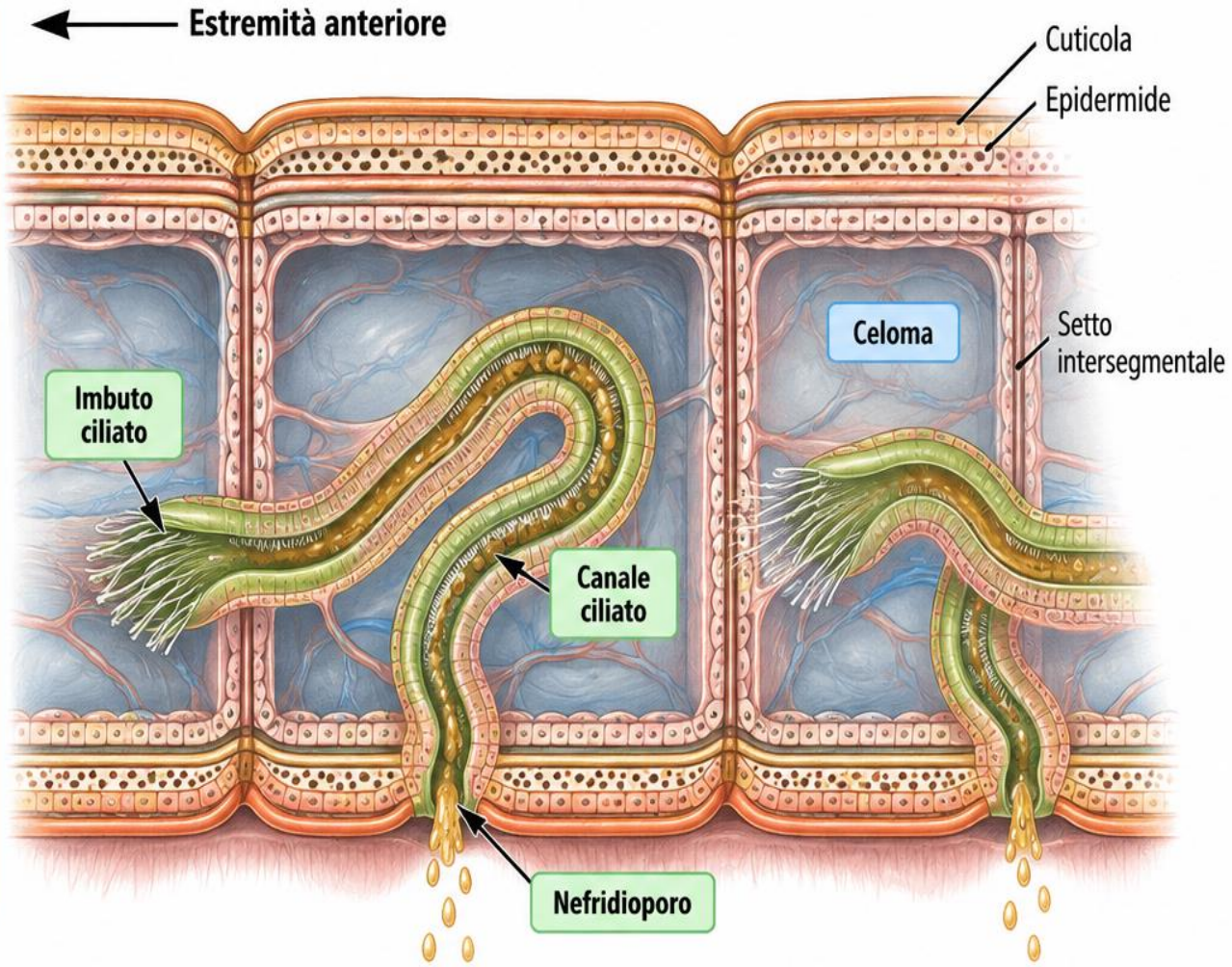
- Muscoli circolari
- Muscoli longitudinali
- Muscoli trasversali





Sistema escretore dei policheti: i metanefridi

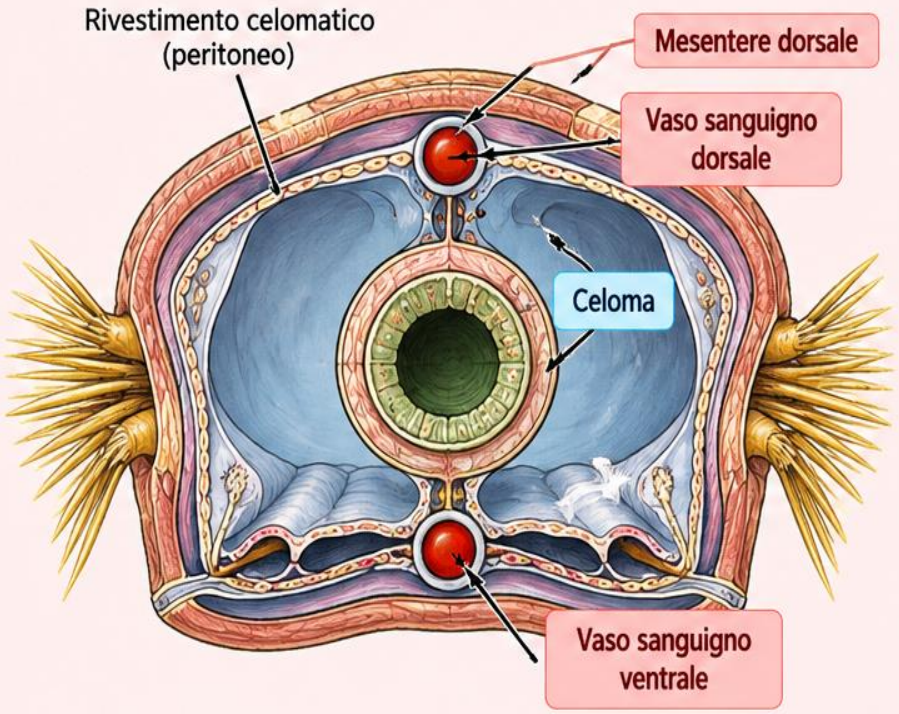
- Il sistema escretore dei policheti è costituito da una **coppia di nefridi** (metanefridi) per ogni metamero.
- Questi nefridi svolgono la funzione di **escrezione** e **osmoregolazione**, filtrando le scorie metaboliche dal celoma e immagazzinandole prima di espellerle dal corpo.



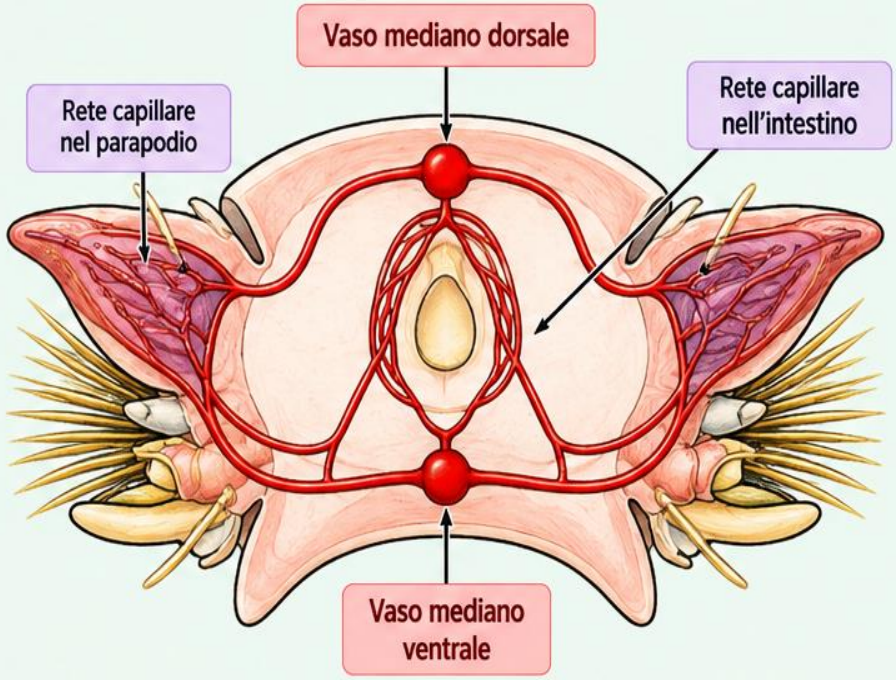
Sistema circolatorio dei policheti

Nei policheti, il sistema circolatorio è di tipo **chiuso e completo**, caratterizzato da un **vaso dorsale pulsante** e un **vaso ventrale**. La circolazione è garantita da questi due vasi principali, che sono collegati tra loro da vasi più piccoli (**vasi segmentali**), mentre il sangue è spinto dalle contrazioni di alcuni vasi, come i **cuori**, che in alcune specie sono rappresentati da 5 paia di strutture pulsanti.

Vasi mediani (dorsale e ventrale)

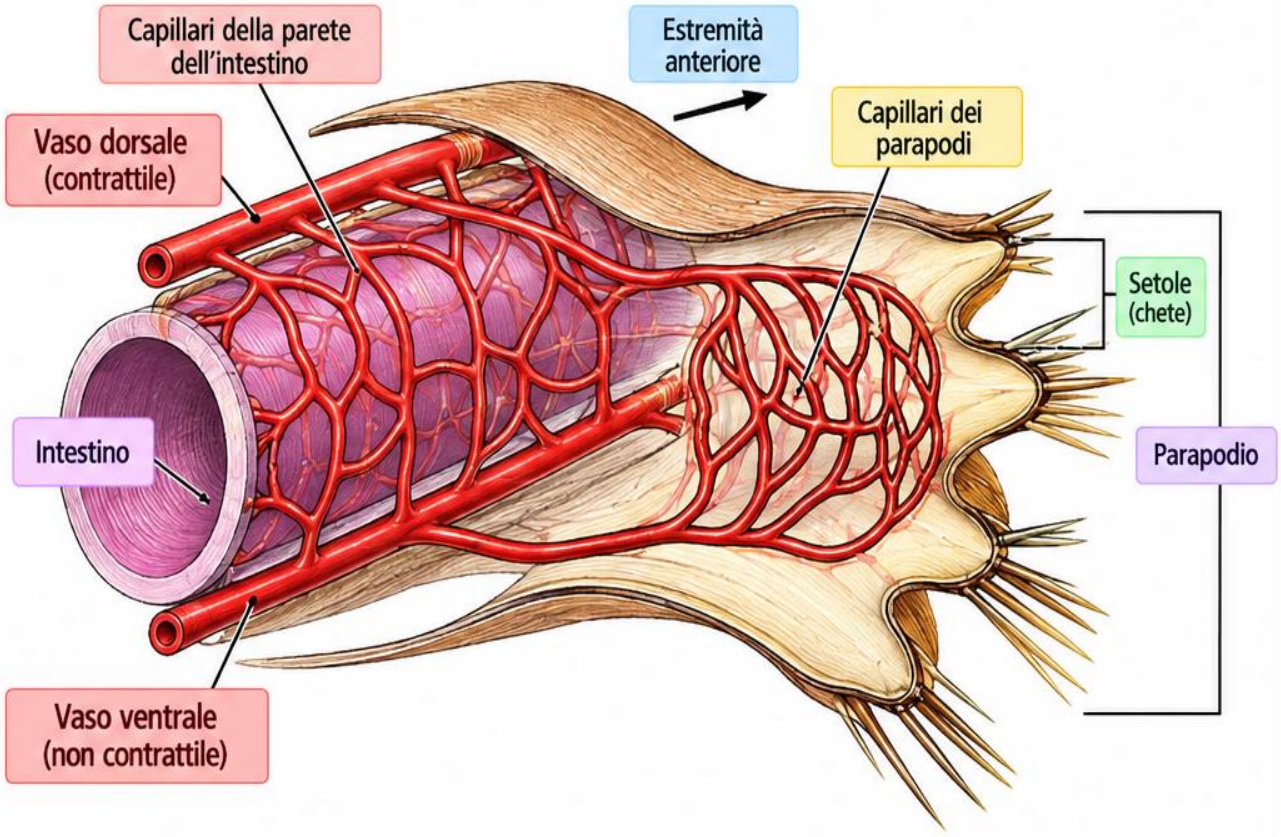


Vasi segmentali



Il sistema circolatorio dei policheti

Il sistema circolatorio dei policheti è un **sistema chiuso**, tipicamente costituito da un **vaso dorsale contrattile** sopra l'intestino e da un **vaso ventrale non contrattile** sotto di esso. Questi due vasi principali sono collegati da **vasi trasversali** che permettono il passaggio del sangue e sono ulteriormente aiutati nel pompaggio da **vasi laterali** e da altre strutture contrattili, come i **"cuori"** presenti in alcune specie.

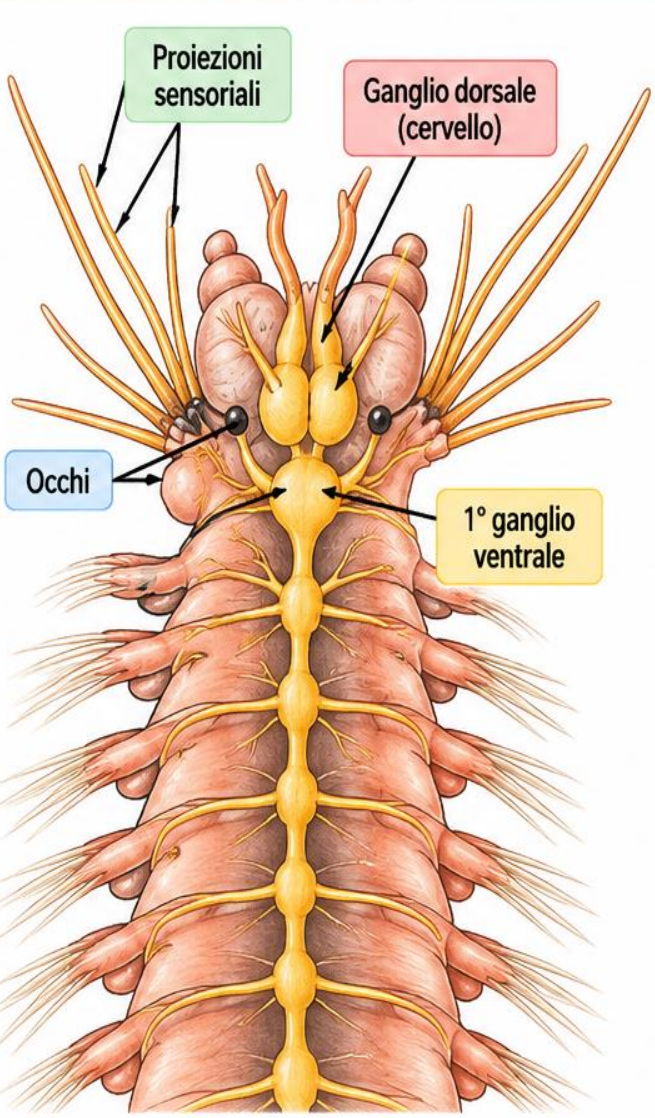


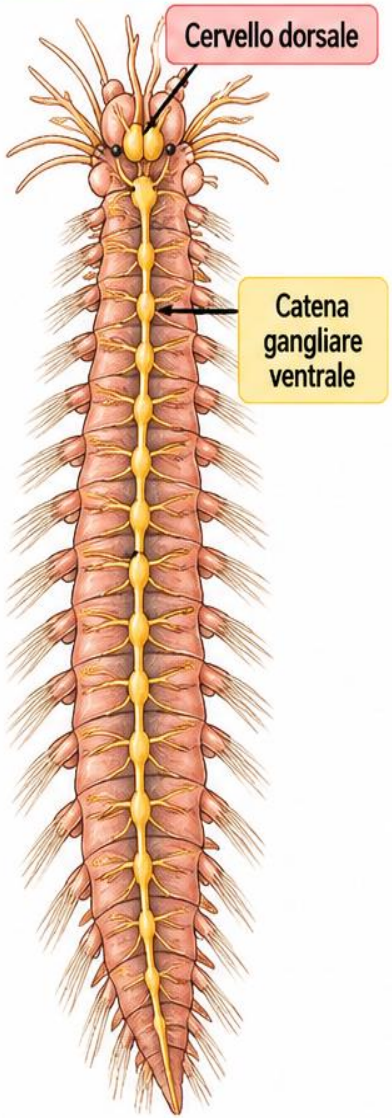
Vantaggi del sistema circolatorio chiuso

- **Trasporto del sangue più efficiente** rispetto ai sistemi aperti.
- **Distribuzione rapida di ossigeno,** nutrienti e prodotti di rifiuto a tutti i segmenti del corpo.
- **Mantenimento di una pressione idrostatica più elevata,** che favorisce lo scambio con i tessuti.
- **Regolazione più precisa del flusso sanguigno,** grazie alla presenza di vasi contrattili e strutture ausiliarie ("cuori").
- **Maggiore supporto all'attività muscolare e locomotoria,** utile per specie attive e predatrici.

Sistema nervoso dei policheti

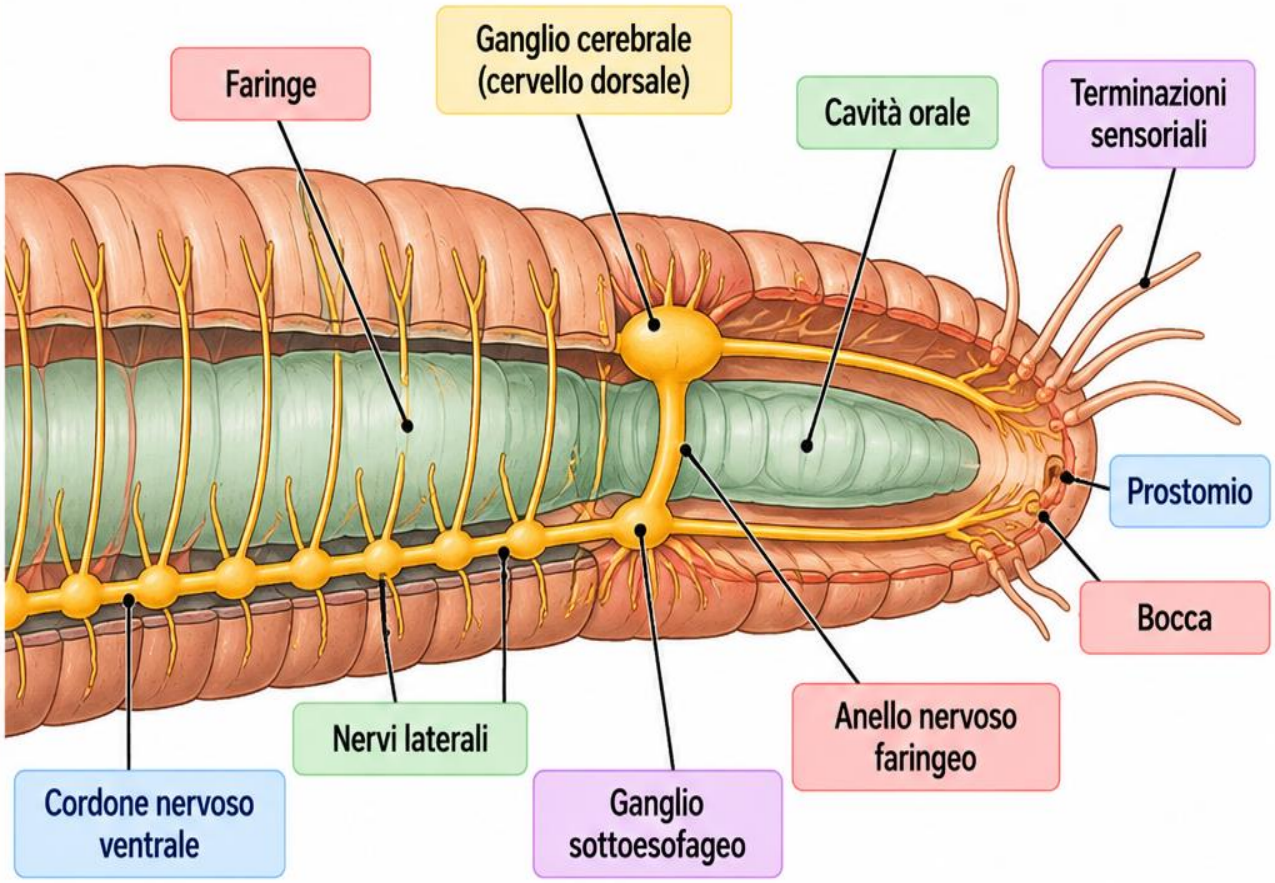
- Il sistema nervoso dei policheti è costituito da un **cervello dorsale** nella regione cefalica e da una **catena gangliare ventrale** che si estende lungo il corpo.
- È caratterizzato da una **cefalizzazione** (presenza di un cervello più complesso nella parte anteriore) e dalla presenza di **assoni giganti** longitudinali che consentono una rapida risposta di fuga.
- La struttura nervosa è relativamente più semplice rispetto ad altri gruppi animali, ma i policheti possiedono **organi di senso** che percepiscono cambiamenti di luce e stimoli tattili.





Cefalizzazione negli anellidi

- Negli anellidi si osserva una **cefalizzazione**, con la concentrazione degli organi di senso e di controllo nervoso nella **regione anteriore**.
- Il sistema nervoso è costituito da un **cervello (ganglio dorsale)** sopra la faringe e da una **catena gangliare ventrale** con **gangli segmentali** collegati da un **cordone nervoso**.
- Dal ganglio cerebrale partono nervi per gli **organi di senso**, come gli occhi e le terminazioni sensoriali.
- La struttura nervosa è relativamente semplice rispetto ad altri gruppi animali, ma **efficace** per coordinare il movimento e le risposte agli stimoli ambientali.



Il vermocane (*Hermodice carunculata*): aumento nelle zone costiere e impatti

Hermodice carunculata (vermocane)

- Anellide polichete marino, comune nel Mar Mediterraneo.
- Vive su fondali rocciosi, praterie di Posidonia e altri ambienti costieri fino a decine di metri di profondità.
- Corpo **segmentato** con numerose **setole (chete)** appuntite su parapodi laterali.
- È un **predatore generalista** di invertebrati bentonici (es. spugne, cnidari, molluschi) e può predare anche **pesci.**





Esempi di predazione del vermocane su pesci.

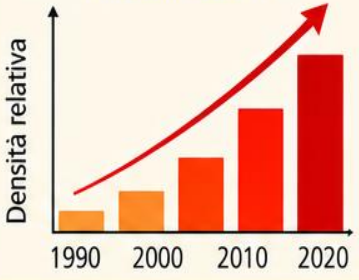
Perché è aumentato nelle zone costiere?

Aumento della temperatura del mare
favorisce la sopravvivenza, la crescita e la riproduzione.

Modifiche degli habitat costieri
es. urbanizzazione, inquinamento e maggiore disponibilità di prede.

Maggiore tolleranza a ambienti disturbati
colonizza rapidamente aree modificate e con scarso ossigeno.

Incremento delle popolazioni nelle zone costiere



Principali impatti sugli ecosistemi costieri

Predazione su pesci
Può predare pesci, causando lesioni anche gravi e contribuendo alla mortalità, con effetti sulle comunità ittiche locali.

Alterazione delle reti trofiche locali
L'aumento di densità può modificare la composizione delle comunità bentoniche e le relazioni trofiche.

Possibili effetti su pesca e turismo
L'elevata presenza può danneggiare attrezzi da pesca e rappresentare un rischio per bagnanti e sub.

La locomozione nei policheti

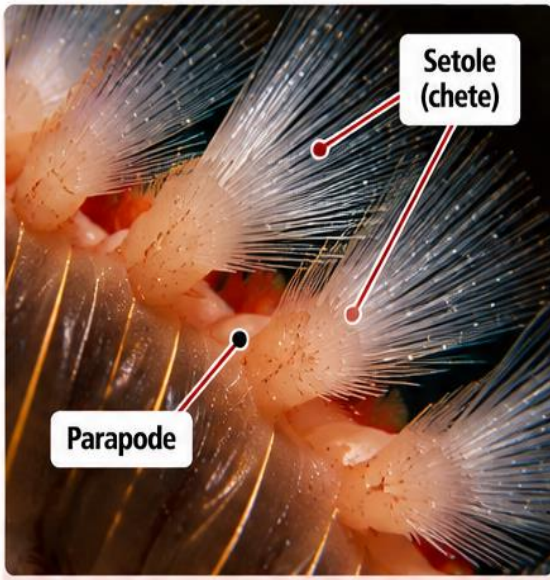
La **locomozione** nei policheti si basa principalmente sui **parapodi**, appendici laterali dotate di numerose **setole (chete)** che aiutano nel movimento e nell'ancoraggio.

I policheti possono essere suddivisi in **erranti**, che nuotano o strisciano attivamente, e **sedentari**, che si spostano principalmente all'interno di tubi da loro costruiti.

Altri metodi di movimento includono il **nuoto pelagico** grazie a parapodi modificati a forma di palette e lo **scavo di gallerie** nel sedimento.



Nereis sp.
(polichete errante)



Dettaglio di un parapode con setole (chete).

Policheti erranti
(strisciano o nuotano attivamente)



Esempio: *Nereis* sp.
Si sposta attivamente sul fondo grazie ai parapodi e alle setole, che permettono l'ancoraggio e la propulsione.

Policheti sedentari
(in tubi)



Si spostano principalmente all'interno di tubi da loro costruiti.

Nuoto pelagico
(parapodi modificati a palette)



Alcuni policheti possono nuotare attivamente grazie a parapodi modificati a forma di palette.

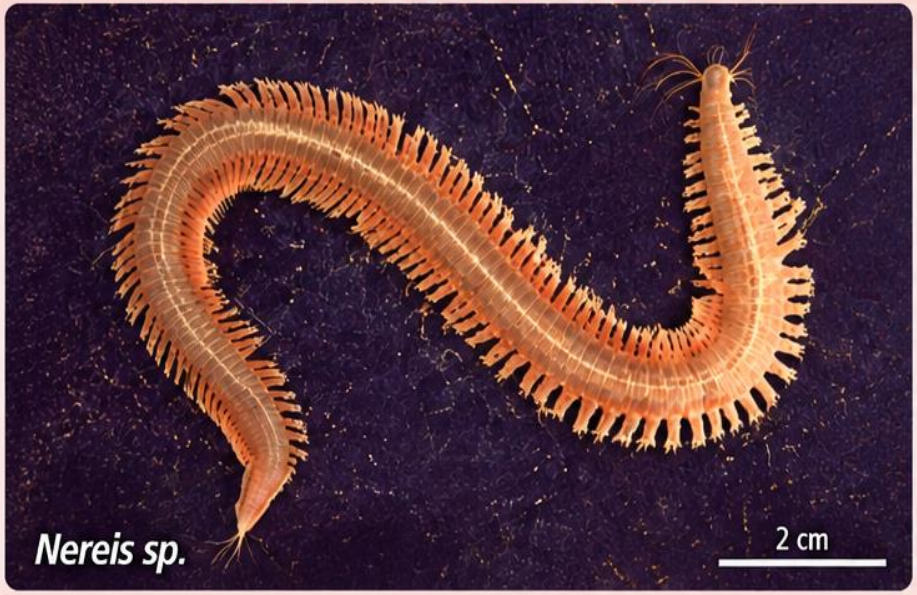
Scavo di gallerie
(nel sedimento)



Possono scavare gallerie nel sedimento, dove vive e si sposta.

Policheti erranti e sedentari

Policheti erranti
(nuoto/strisciamento attivo)



I policheti **erranti** si spostano attivamente sul fondo o nel plancton. Utilizzano i **parapodi** dotate di **setole** (**chete**) per generare una contrazione ondulatoria del corpo, alternando accorciamento e allungamento, che permette il nuoto o lo strisciamento.

Policheti sedentari
(in tubi)



I policheti **sedentari** si spostano principalmente all'interno di **tubi** che costruiscono da soli, sia rigidi che flessibili. I **parapodi**, anche se meno sviluppati, consentono loro di far presa sulle pareti interne del tubo per determinare il semplice spostamento al suo interno.

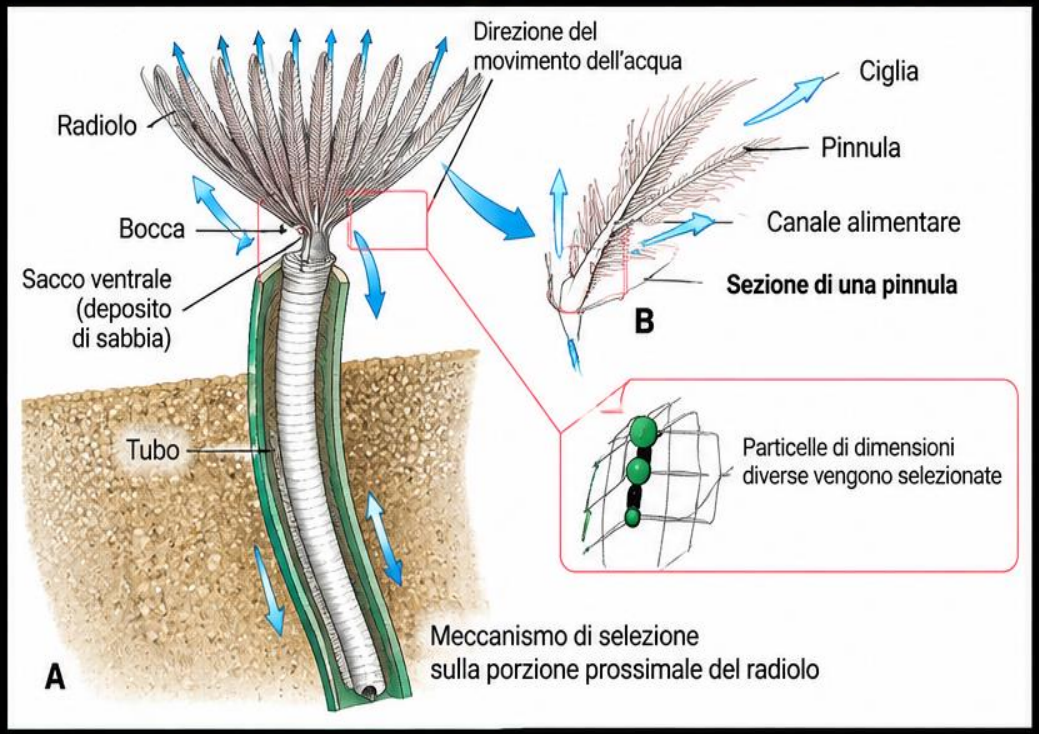
Alimentazione per filtrazione nei policheti



Sabella spallanzani (sabellide)



Spirografo (Sabellidae)



1 Forme e habitat

L'alimentazione per filtrazione (o **sospensivora**) nel policheti è tipica delle forme **sedentari** e **tubicole** o **burrowing** (come sabellidi e serpulidi), le quali catturano particelle nutritive e microrganismi direttamente dalla colonna d'acqua.



2 Corona branchiale (radioli)

Molti policheti sedentari (ad esempio lo spirografo, *Sabella spallanzani*) possiggono un ciuffo o una **corona** anteriore di filamenti piumati chiamati **radioli**.



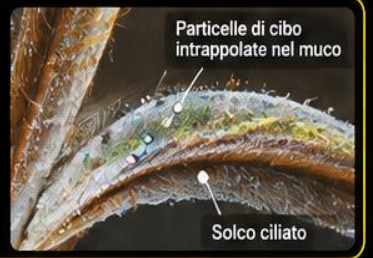
3 Ciglia e muco

I radioli sono rivestiti da ciglia microscopiche e ghiandole mucose. Il battito ciliare genera una corrente d'acqua che intrappola il particolato organico nel muco.



4 Selezione del cibo

Le particelle catturate vengono incanalate lungo solchi ciliati dei radioli. Le particelle della giusta misura (fitoplancton, batteri, micro-detriti) vengono trasportate verso la bocca, mentre i granelli o le particelle troppo grandi vengono scartati e fatti cadere.



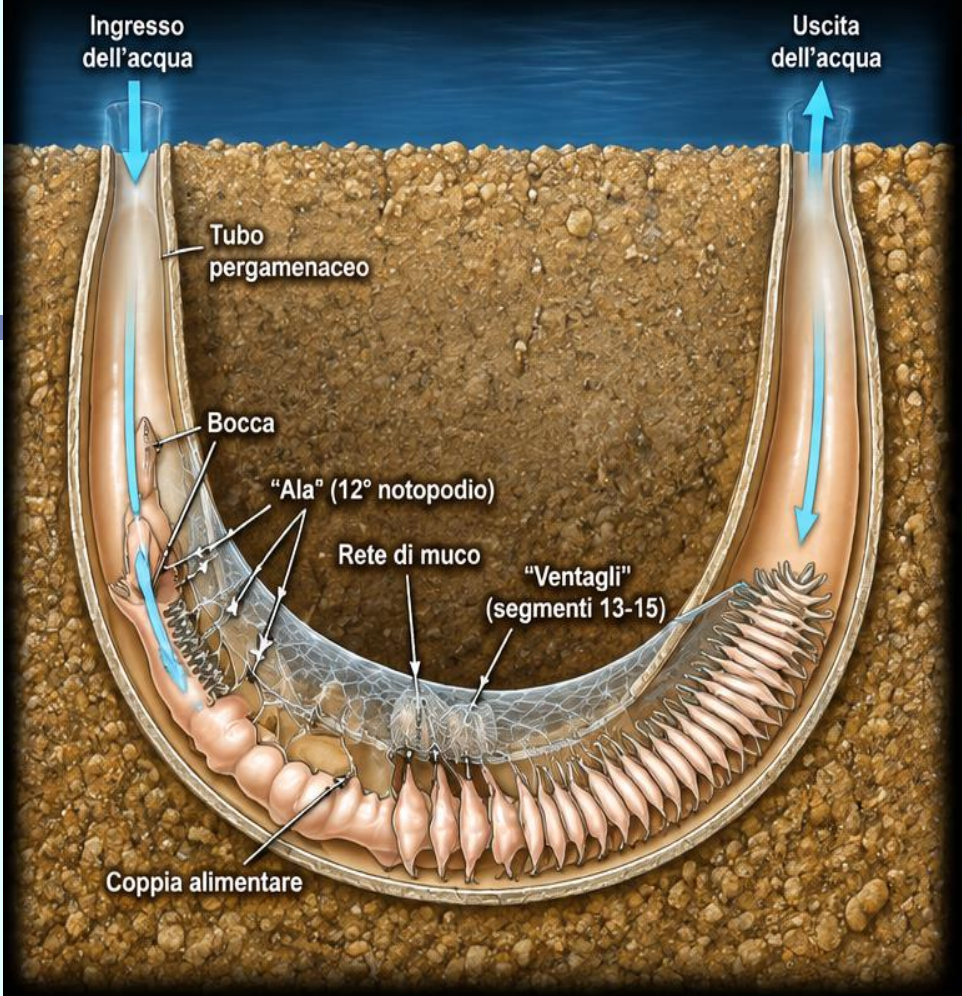
5 Sistemi alternativi (*Chaetopeterus*)

Altri policheti filtratori vivono in tubi a forma di "U" e usano appendici modificate (notopodi a forma di ali o palette) per pompare acqua attraverso il tubo e intrappolare il cibo in una rete di muco.



FILTRAZIONE CON MUCO

La filtrazione tramite **rete di muco** nel genere *Chaetoptenus* (noti comunemente come "vermi pergamena") è un meccanismo di alimentazione per sospensione, specializzato del regno animale. Questo anellide vive all'interno di un tubo a forma di "U" immerso nel sedimento marino e utilizza il proprio corpo come una pompa biologica.



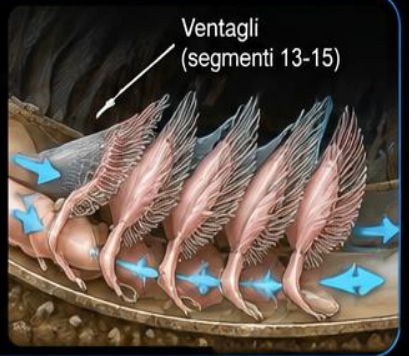
1 Secrezione e sostegno della rete

Il verme possiede un paio di appendici modificate sul **12° segmento**, chiamate **notopodi alliformi**. Queste "ali" secernono continuamente un sottile film di muco, lo tengono teso e aperto come un sacco o una rete all'interno del tubo calcareo.



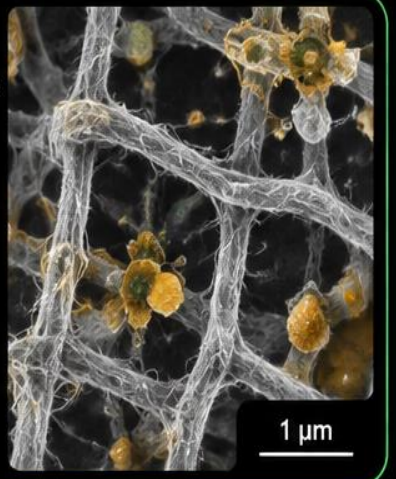
2 Pompaggio dell'acqua e cattura

Subito dietro le ali, nei segmenti 13, 14 e 15, si trovano tre appendici fuse a forma di **ventaglio**, che agiscono come **pistoni muscolari**. Muovendosi ritmicamente, queste strutture pompano l'acqua marina all'interno del tubo (entrando dall'estremità anteriore ed uscendo da quella posteriore).



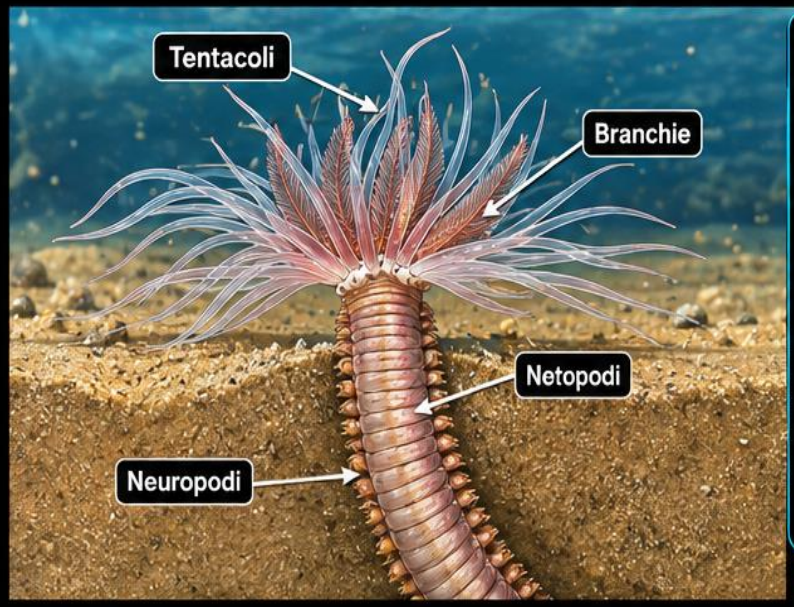
3 Microstruttura del muco

- Tutta l'acqua pompata è costretta a passare attraverso la finissima **rete di muco**.
- La **microstrtutura** del muco è una **griglia rettangolare perfetta** formata da **filamenti** incrociati con **maglie** microscopiche (circa **0.46 × 0.76 µm**).
- Grazie a questa maglia finissima, la rete trattiene particelle infinitesimali, inclusi fitoplancton, detrito organico e batteri liberi fino a 0.5 µm di diametro.



DEPOSIVORI

Alimentazione di Policheti deposivori



Tipi di appendici

A Tentacolo

B Branchia

C Notopodio

D Neuropodio



1 Dove si nutrono e cosa includono

I policheti deposivori si nutrono principalmente di **detrito organico** presente sul fondale marino, che include:

- **Particolato organico (POM)**: frammenti di materia vegetale e animale in decomposizione.
- **Film batterico e microalgale**: i microrganismi che colonizzano e rivestono i granuli di sedimento.

2 Meccanismi di alimentazione

- **Ingestione del sedimento (limivori/detritivori diretti)**: Molte specie scavatrici (come *Arenicola*) ingurgitano grandi quantità di sabbia o fango; l'apparato digerente assorbe le componenti organiche nutritive e il sedimento inorganico viene espulso.



3 Espulsione del sedimento

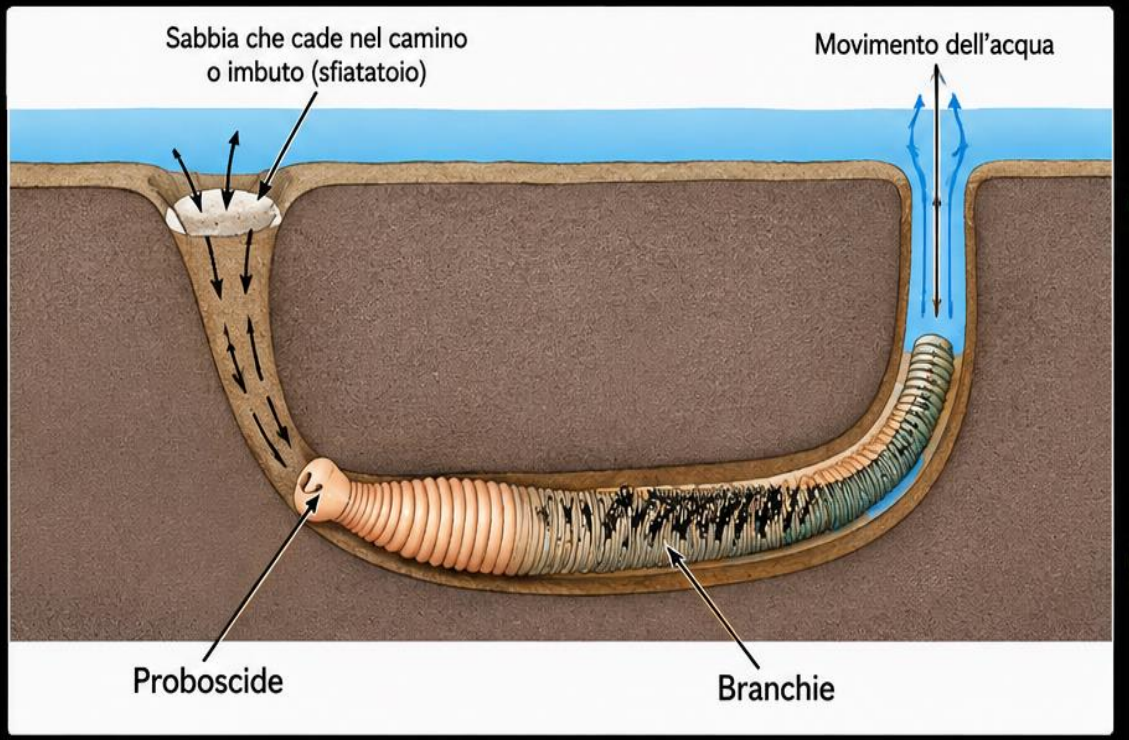
Il sedimento inorganico viene espulso in superficie sotto forma di mucchi, tubicoli o strutture sedimentarie (caratteristiche specie-specifiche).







Arenicola marina



1 Ingestione del sedimento

Vive sepolta in gallerie a forma di "U" o "J" nel sedimento sabbioso o fangoso.



2 Estrazione della materia organica

Ingola grandi quantità di sabbia mista a particellato organico, microalghe e detriti.



3 Digestione e scarto

Passa il sedimento attraverso il tubo digerente, assorbe le sostanze nutritive e ne espelle la parte inorganica pulita in superficie, formando caratteristici cilindri a spirale o piccoli monticelli (le cosiddette *pseudofeci*).



4 Flusso d'acqua

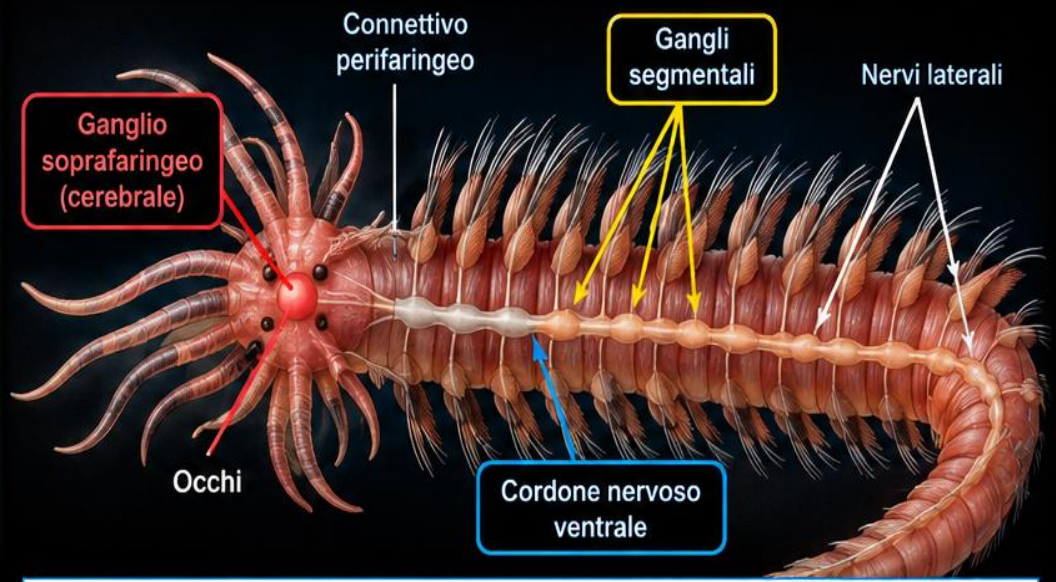
Sfrutta le maree e i movimenti ritmici del corpo per far circolare l'acqua nella galleria, rinnovando l'ossigeno e catturando ulteriori particelle nutrienti.



Le funzioni nervose e sensoriali nei policheti

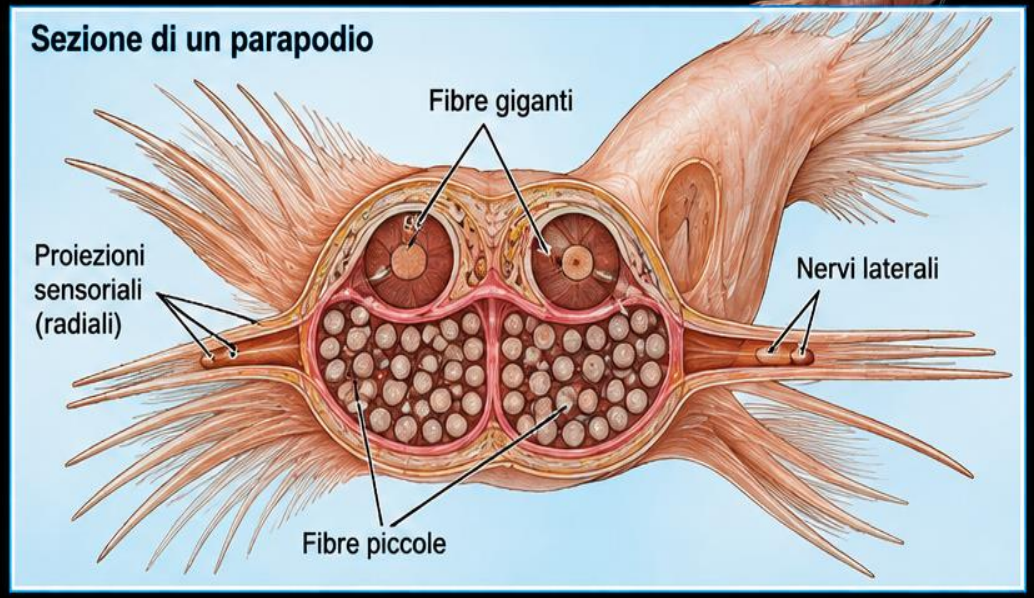
1 Funzioni nervose

- **Sistema nervoso centrale:** Si compone di una massa cerebrale (ganglio cerebrale) nella regione anteriore e di un cordone nervoso ventrale che corre lungo il corpo.
- **Controllo segmentale:** Ogni segmento del corpo possiede un ganglio che innerva i muscoli e gli organi di quel segmento, permettendo movimenti coordinati.
- **Reazione agli stimoli:** Il sistema nervoso centrale integra le informazioni sensoriali per generare risposte motorie adeguate, come il movimento evasivo, la predazione o il movimento nel substrato.



2 Funzioni sensoriali

- **Chemiorecazione:** I policheti possiedono sensori per il gusto e l'olfatto, essenziali per trovare cibo e partner riproduttivi e per percepire i pericoli.
- **Vista:** Molte specie hanno occhi, che possono variare da semplici ocelli a occhi complessi con cristallino e cornea, che consentono di percepire la luce e le ombre, utile per la caccia o per evitare predatori.
- **Tatto:** La superficie del corpo è dotata di sensori tattili che permettono di rilevare il contatto e le vibrazioni.
- **Equilibrio:** Alcune specie sono dotate di statocisti, organi per il senso dell'equilibrio e dell'orientamento nello spazio.



L'escrezione nei policheti

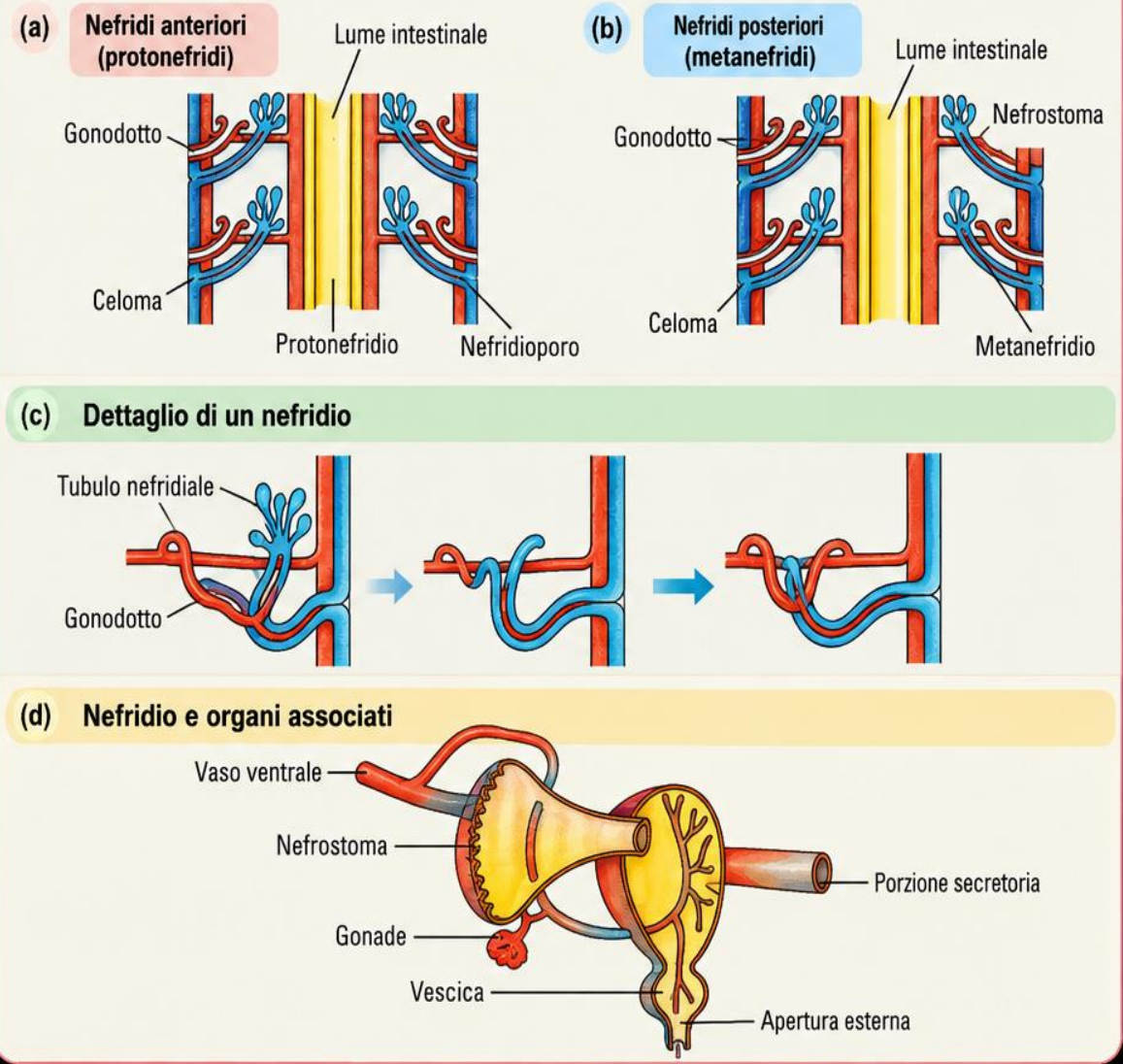
1 Sistema di nefridi

L'escrezione nei policheti avviene principalmente tramite un sistema di **nefridi**, che sono organi escretori presenti in ogni segmento del corpo e che rimuovono le scorie azotate sia dal sangue che dal celoma.

2 Tipi di nefridi

- **Nefridi podali:** tipici, con un **protonefridio** (tubulo interno) e un **metanefridio** (tubulo esterno), entrambi aperti nel celoma tramite un gonodotto e sboccanti all'esterno attraverso un nefridioporo.
- **Nefridi modificati:** alcuni policheti possono espellere le scorie anche attraverso altri organi.
- **Organismi marini:** in alcune specie marine è possibile lo scambio di gas respiratori attraverso le branche o i parapodi.

Nefridi podali: protonefridio e metanefridio

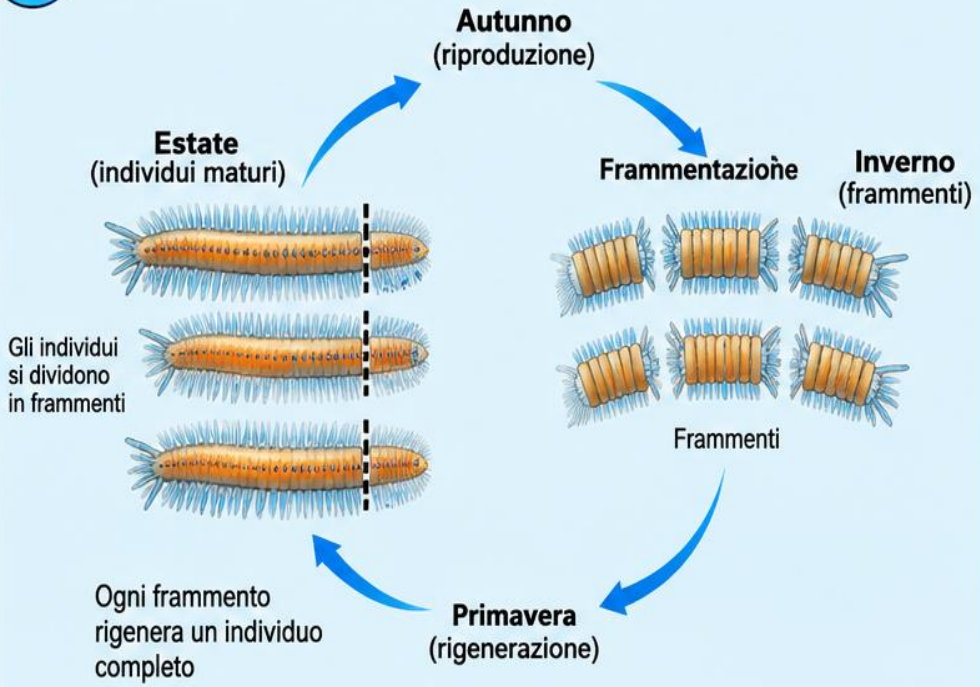


Riproduzione asessuata

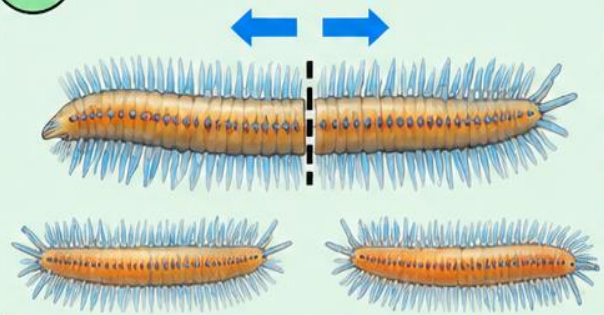
La riproduzione asessuata nei policheti può avvenire principalmente tramite **scissiparità** (o divisione), **gemmazione** e **frammentazione**. Questi processi implicano la creazione di un nuovo individuo da parti del genitore, portando alla formazione di cloni geneticamente identici.



1 Ciclo di frammentazione e rigenerazione

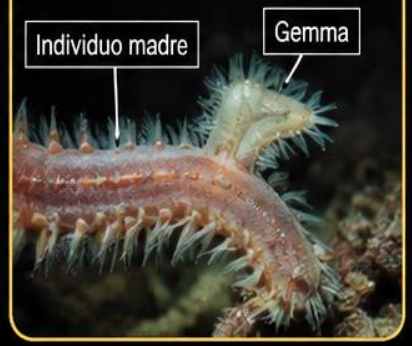


2 Scissiparità (divisione)

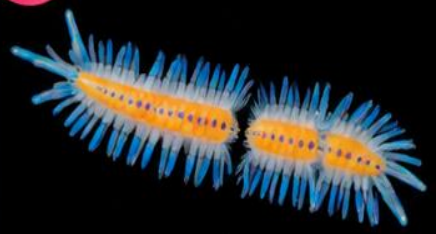


L'individuo si divide in due o più parti che rigenerano le porzioni mancanti, formando nuovi individui geneticamente identici.

3 Gemmazione



4 Frammentazione



Frammenti del corpo si staccano (difficilmente spontaneamente) e rigenerano nuovi individui completi.

Riproduzione sessuata nei policheti

1 Uovo determinativo

Lo sviluppo è di tipo **determinativo**: già nell'uovo sono presenti informazioni che orientano lo sviluppo verso il destino di larva trocofora.



Uovo di polichete

2 Segmentazione spirale

L'uovo si divide con **segmentazione spirale**, una modalità tipica degli animali spirali. Le divisioni cellulari sono oblique e sfalsate, formando micromeri e macromeri.



Stadi di segmentazione spirale

3 Sviluppo indiretto: larva trocofora

Dall'uovo si sviluppa una **larva trocofora**, che possiede una corona di ciglia per il nuoto e una banda ciliata per l'alimentazione. Dopo un periodo planctonico la larva subisce una metamorfosi e si trasforma nell'adulto segmentato.



Larva trocofora di polichete

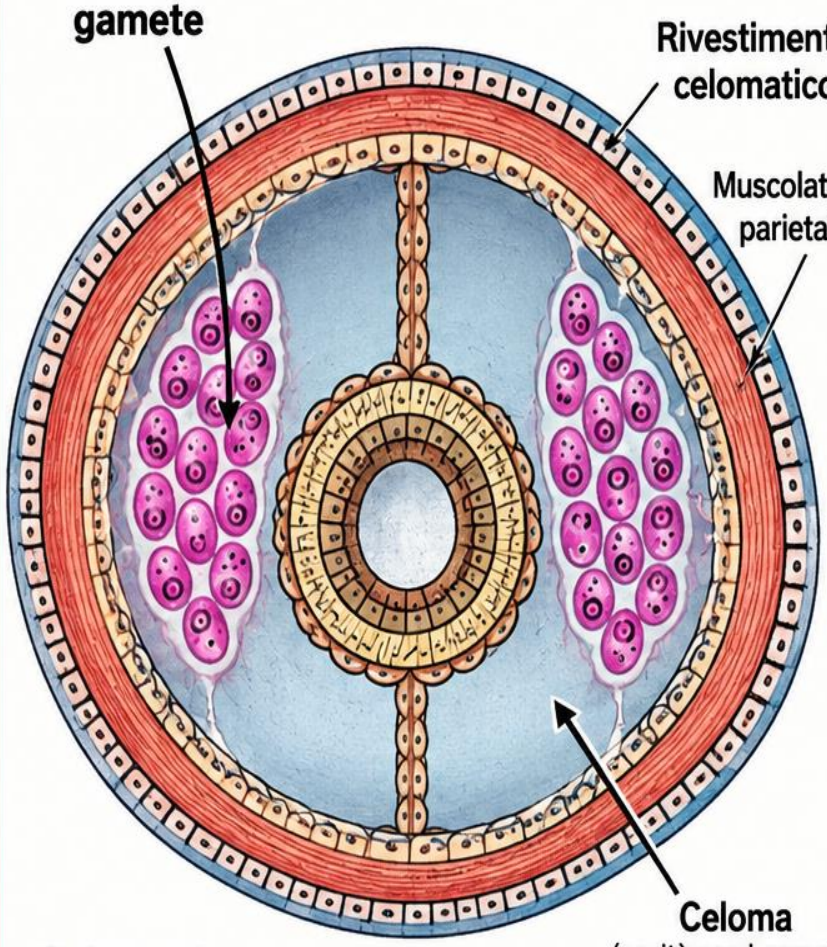
4 Sessi separati e strategie riproduttive

I policheti sono in genere a **sessi separati**, anche se esistono specie con sviluppo diretto. Molte specie proteggono gli embrioni in strutture specializzate (**brooding**).



Esempio di brooding (embrioni protetti)

Apparato riproduttore semplice



Celomati

Epitochia

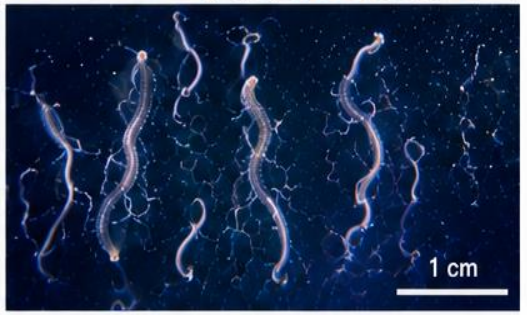
L'**epitochia** è un fenomeno riproduttivo in alcuni Anellidi Policheti in cui un **individuo bentonico (atoca)** si trasforma in un **individuo pelagico riproduttivo (epitoca)** o se ne distacca una parte.



Ambiente e habitat

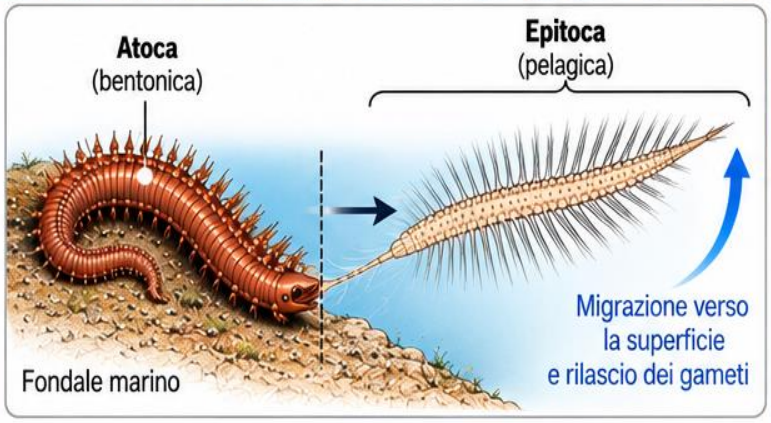
Avviene in **ambiente marino**. L'individuo immaturo (atoca) vive sul **fondale marino (bentonico)**, mentre la forma riproduttiva trasformata (epitoca) si specializza per la vita in **colonna d'acqua (pelagica)** per nuotare verso la superficie.





Modificazione del corpo

Durante il periodo riproduttivo, la parte posteriore del verme (o un intero stolone originato per gemmazione) si modifica sviluppando **grandi setole natatorie** e **riempiendosi di gameti**, per poi **distaccarsi** dal corpo principale e **risalire in superficie** per rilasciare le cellule sessuali.





Raccolta di palolo (*Eunice viridis*) in alcune tradizioni gastronomiche del Pacifico.

Clitellati

La classe dei clitellati comprende due sottoclassi principali: **Oligocheti (Oligochaeta)** e **Irudinei (Hirudinea)**.

Oligocheti (Oligochaeta)

Includono i comuni lombrichi (come *Lumbricus terrestris* ed *Eisenia fetida*). Vivono principalmente nel suolo e sono fondamentali per la sua aerazione e fertilità.







Irudinei (Hirudinea)

Includono le sanguisughe. Molte specie sono parassite ematofaghe, mentre altre sono predatrici. In passato, alcune specie venivano utilizzate in medicina per la pratica del salasso.



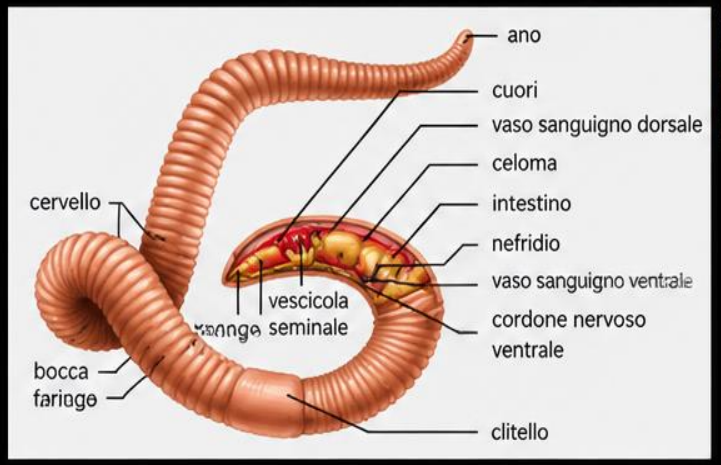




Il ruolo ecologico dei lombrichi



I lombrichi sono fondamentali per l'ecosistema perché migliorano la **fertilità del suolo** arando la terra, decomponendo la materia organica e rilasciando nutrienti vitali. Le loro **gallerie** migliorano il **drenaggio e l'aerazione**, essenziali per la **salute** delle piante, e il loro **escremento** arricchisce il terreno, aumentando la produttività agricola e la resilienza dell'ecosistema.



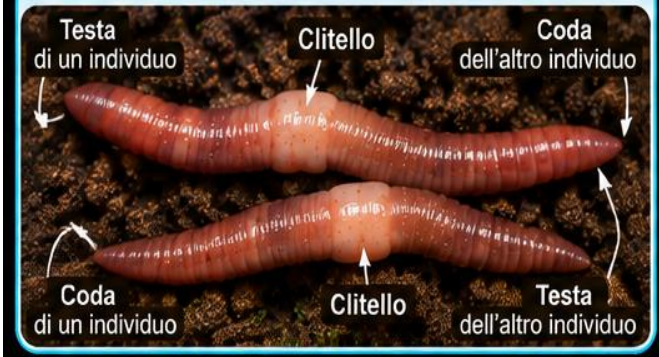


Riproduzione negli oligochaeti

Nei lombrichi la riproduzione è sessuata. Sono ermafroditi, ma non possono autofecondarsi: per questo due individui devono accoppiarsi, scambiandosi il materiale genetico.

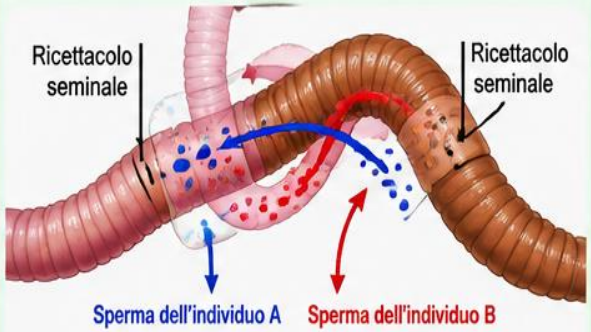
1 Accoppiamento a "Y" opposto

Due lombrichi si affiancano a contatto con i rispettivi ventri, ma disposti con la testa rivolta verso la coda opposta dell'altro.



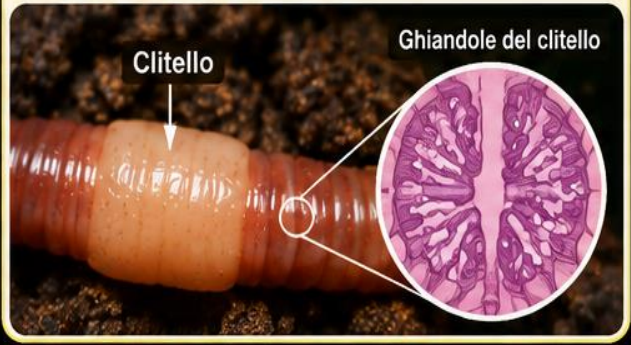
2 Scambio dello sperma

Ciascun individuo rilascia il proprio liquido seminale nei ricettacoli seminali del partner.



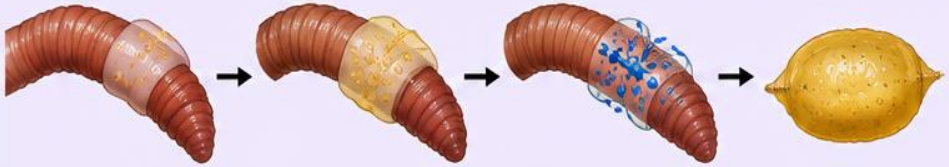
3 Il ruolo del clitello

Il clitello, una fascia chiara e rigonfia (ricca di ghiandole), posta nella parte anteriore del corpo, secerne un manicotto mucillaginoso e un liquido albuminoso.



4 Formazione del bozzolo (cocoon)

Mentre il manicotto mucillaginoso scivola in avanti lungo il corpo del lombrico, raccoglie prima le uova prodotte dall'individuo e poi gli spermatozoi ricevuti in precedenza dall'altro verme.



1. Il clitello secerne il manicotto mucillaginoso.
2. Il manicotto raccoglie prima le uova.
3. Poi vengono raccolti gli spermatozoi dal partner.
4. Si forma il bozzolo con le uova fecondate.

5 Dopo l'accoppiamento

Il bozzolo viene deposto nel terreno, dove avviene la fecondazione. Al suo interno possono esserci diverse uova, ma di solito nascono pochi lombrichi.



Sviluppo

Il tempo di incubazione varia in base alle condizioni ambientali. A temperature ottimali, le uova si schiudono dopo circa 18–26 giorni, da cui nascono piccoli lombrichi trasparenti e bianchi.

I piccoli lombrichi diventano sessualmente maturi in circa 2 mesi.



Irudinei (parassiti esterni)

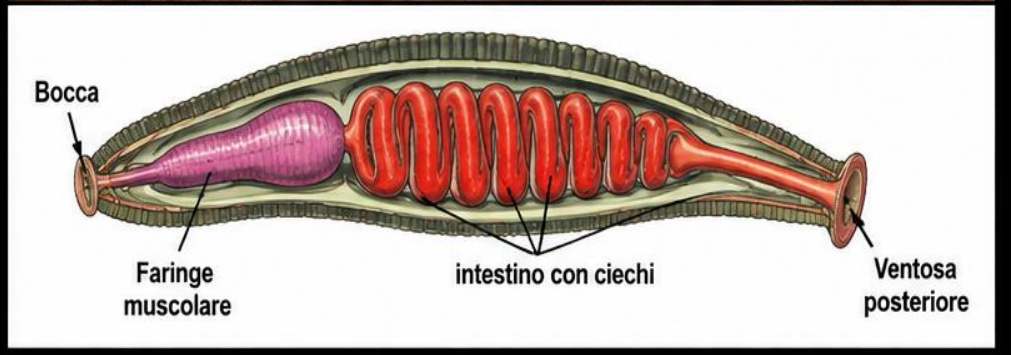
Gli Irudinei (Hirudinea) sono una sottoclasse di Anellidi oligochaeti comprendente le **sanguisughe**, anellidi **privi di setole**, con corpo dorsoventralmente appiattito e munito di **due ventose**, una anteriore (per l'alimentazione) e una posteriore (per l'ancoraggio). Sono per lo più **ectoparassiti** di altri animali, dai quali **si nutrono di sangue o di altri liquidi corporei**, anche se esistono specie predatrici.

- **Habitat:** ambienti d'acqua dolce, paludi e suoli umidi.
- **Alimentazione:** ematofaga (sangue) o predatrice.
- **Importanza:** alcune specie sono parassiti di interesse medico e veterinario; la saliva delle sanguisughe contiene sostanze anticoagulanti (es. hirudina), di interesse farmacologico.



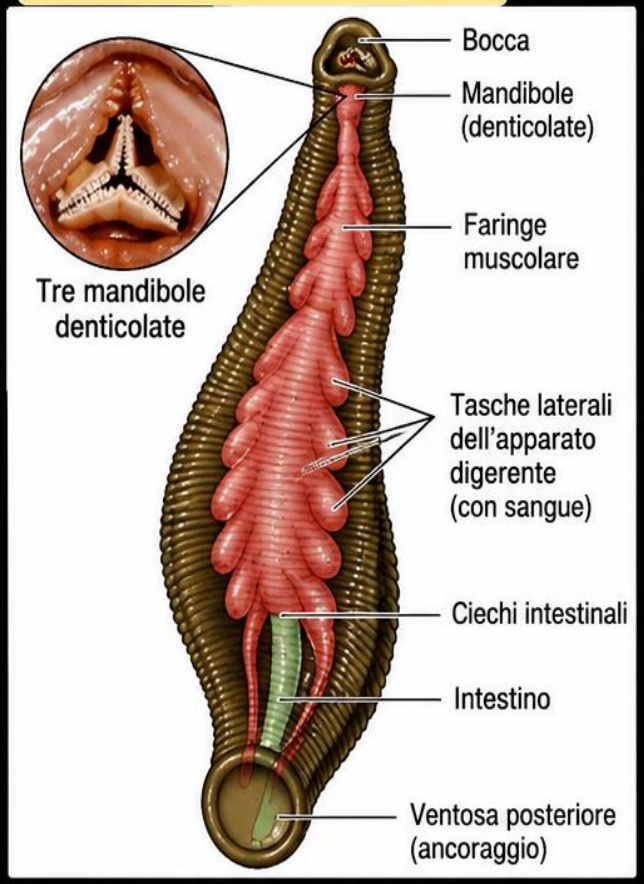






Hirudo medicinalis (sanguisuga medica)

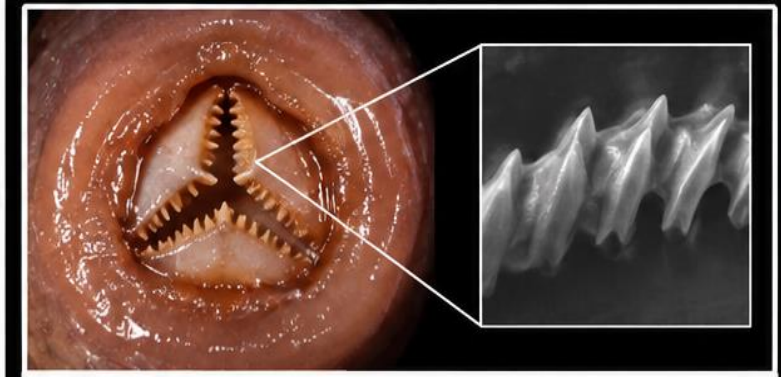
Possiede tre mandibole con circa 50 denticoli ciascuna.







Lacerazione a forma di Y della pelle dell'ospite



Vista frontale della bocca con le tre mandibole

Denticoli di una mandibola (SEM)

Succhia sangue per circa 10 volte il proprio peso e poi si lascia cadere.

Pochi e abbondanti pasti seguiti da lunghi periodi di digiuno.

Il sangue viene **immagazzinato in tasche laterali dell'apparato digerente**, dove è **digerito lentamente grazie all'azione di enzimi proteolitici** e di **sostanze anticoagulanti (es. hirudina)**.

Irudinei non predatrici: specie predatrici e opportuniste

Contrariamente alla credenza comune che associa tutte le sanguisughe al parassitismo ematofago, **solo una parte minoritaria delle specie è strettamente parassita.** Moltissime specie si comportano invece come veri e propri **predatori macrofagi**, cacciando e inghiottendo interamente le loro prede o aspirandone i tessuti interni.


Sanguisuga predatrice che ingerisce una lumaca

Alimentazione e comportamento

Le sanguisughe predatrici non si attaccano a un ospite per succhiarne il sangue a lungo, ma **cacciano attivamente** piccoli invertebrati tra cui:

- larve di insetti acquatici
- gasteropodi (lumache d'acqua)
- vermi oligocheti (imparentati con i lombrichi)
- altre sanguisughe più piccole.


Larva di insetto acquatico


Gasteropode (lumaca d'acqua)

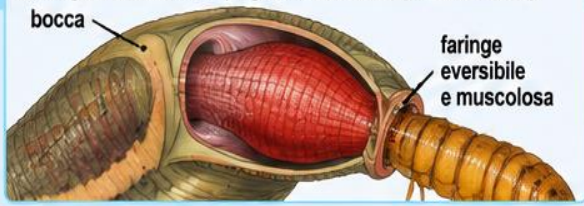

Verme oligochete


Altra sanguisuga

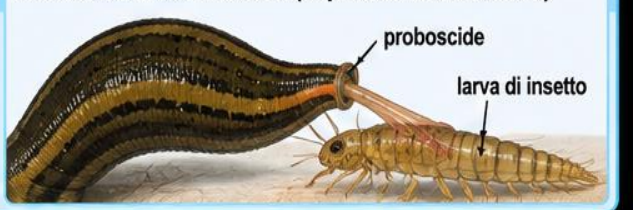
Meccanismi di predazione

Molte specie predatrici (es. ordine *Pharyngobdellida*) sono dotate di una **faringe muscolosa** che permette di inghiottire la preda intera, oppure utilizzano una **proboscide estroflettibile** per consumare i fluidi corporei della vittima.

Faringe muscolosa (ingestione della preda intera)



Proboscide estroflettibile (aspirazione dei tessuti)



Esempi di specie predatrici



Erpobdella octoculata

Una delle specie più comuni nelle acque dolci europee. Predatrice e detritivora, si nutre principalmente di larve di insetti e piccoli vermi. Priva di capacità ematofaghe.



Haemopis sanguisuga
(sanguisuga dei cavalli)

Non è in grado di perforare la pelle dei mammiferi. È una specie predatrice vorace che si nutre di lombrichi, molluschi e girini. Può raggiungere 10–15 cm di lunghezza.

Specie opportuniste / fasi di transizione



Hirudo medicinalis

I giovani nascono come predatori di piccoli invertebrati e solo da adulti diventano parassiti ematofagi obbligati di vertebrati.

Filogenesi degli anellidi

