



Zoologia per scienze biologiche e approfondimenti

Zoologia (Università degli Studi di Siena)



Scansiona per aprire su Studocu

PROTISTI

I Protista, per uno zoologo i protozoi (primi animali) quest'ultimo termine "contestato" poiché molte specie studiate sia dagli zoologi che dai botanici possiedono i cloroplasti per fare fotosintesi, per cui chiamarli in genere "protozoi" non sembrava appropriato, da qui il nome "Protista" che dovrebbe mettere tutti d'accordo.

I protista sono organismi eucariotici unicellulari con più di 35000 specie descritte e con altrettante specie fossili. Sono presenti sulla terra da circa 1,5 miliardi di anni a partire da cellule eucariotiche ancestrali da cui sono successivamente radiate diverse linee evolutive. La condizione unicellulare fa pensare a qualcosa di semplice ma nella realtà la cellula protista è molto più complessa di qualsiasi altra cellula eucariotica di un organismo pluricellulare poiché è essa stessa l'intero organismo. Per questo la cellula protista è estremamente specializzata, deve soddisfare strutturalmente e fisiologicamente a tutte le richieste di un organismo completo, tutte quelle funzioni che negli organismi pluricellulari sono demandati a tessuti, organi o sistemi particolari.

La specializzazione intracellulare è data dalla compartimentalizzazione interna di sistemi di membrane con funzioni strutturali e metaboliche. Sono presenti oltre alle membrane del sistema endoplasmatico rugoso e liscio ed il sistema di golgi, lisosomi, perossisomi o gliossisomi, plastidi nei fotoautotrofi e mitocondri.

Organuli particolari come i **glicosomi** con enzimi litici, gli **idrogenosomi** che permettono di ottenere ATP attraverso la via ossidativa anaerobia, **estrusomi** che producono ad esempio sostanze tossiche di difesa o per la predazione (toxocisti nei ciliati).

Sono altresì presenti sistemi di vescicole e membrane con il compito di controllare l'equilibrio idrico e salino della cellula come i vacuoli contrattili.

I protozoi sono organismi ubiquitari, essi hanno colonizzato ogni tipo di ambiente: marino, di acqua dolce e terrestre. Possono essere sia sessili che natanti e formano una grossa percentuale del plancton. Molti hanno stabilito una relazione con altri organismi, a volte fra protozoi stessi, che può essere:

- **Mutualistica** (entrambi gli organismi traggono beneficio)
- **Commensalistica** (trae beneficio il protozoo, ma l'ospite non è danneggiato)
- **Parassitaria** (il protozoo trae vantaggio, l'ospite viene danneggiato)

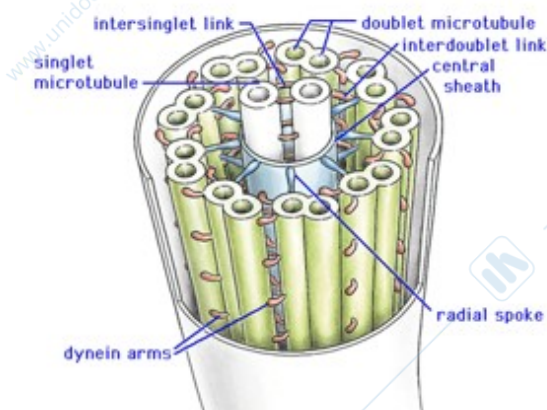
Questa ultima comprende diverse specie che causano gravi malattie sia per l'uomo che altri animali.

Il movimento nei protozoi può avvenire tramite:

- **Ciglia e flagelli**

La differenza fra ciglia e flagelli sostanzialmente è nella lunghezza, ed in relazione a questa poi nel modo in cui funzionano nel movimento; dal punto di vista strutturale non ci sono differenze, l'assonema e tutte le componenti proteiche sono le stesse.

Le ciglia sono più corte e presenti in numero maggiore a differenza dei flagelli che sono lunghi e solitamente sono pochi. Inoltre anche il movimento è differente infatti le ciglia si muovono su un piano mentre i flagelli si muovono nello spazio in cui si trovano.



Struttura di un flagello (o un ciglio): internamente presentano l'**assonema**, coperto dalla membrana plasmatica ed ha la classica struttura 9+2, ovvero 9 coppie di microtubuli intorno a una coppia centrale.

Nel punto in cui l'assonema si inserisce nella cellula, la coppia di microtubuli centrale termina con una piastra all'interno del cerchio delimitato dalle 9 coppie di microtubuli.

Sempre nel medesimo punto un altro microtubulo si associa alle 9 coppie presenti formando il **corpo basale**, che si estende dalla base del flagello all'interno della cellula ed è costituito da 9

triplette di microtubuli.

Troviamo inoltre le proteine di trasporto intraflagellare che funzionano da trasportatori di materiale su e giù per il flagello e vi sono delle ulteriori proteine che concorrono al movimento del flagello (in particolare le dineine).

Il meccanismo di funzionamento delle ciglia e flagelli risiede principalmente nel contatto che si attua fra le braccia di dineina di un doppietto con il tubulo B (posteriore) del doppietto che lo precede. Una volta che le braccia di dineina hanno contattato il doppietto che lo precede la scissione dell'ATP le fa flettere e come conseguenza si genera un movimento di scivolamento (sliding) che fa flettere il ciglio. L

a flessione è la conseguenza della stretta connessione che esiste nell'assonema fra i nove doppietti esterni connessi fra di loro da legami interdoppietti (interdoublet link) e fra questi ed i due doppietti centrali tramite i radial spoke.

• Pseudopodi

Essi sono usati principalmente dai sarcodina, ma non solo questi ultimi li posseggono. Ce ne sono di diversi tipi:

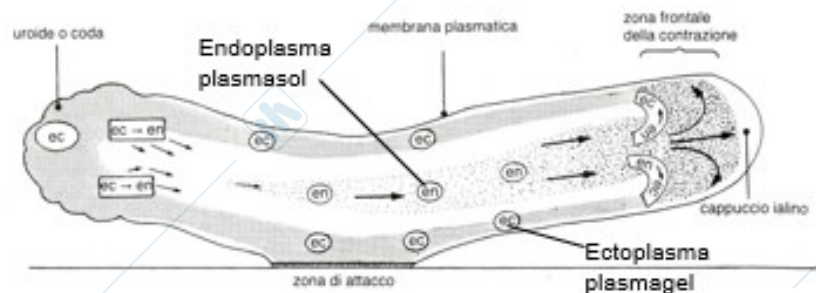
- ❖ **Filopodia:** permettono un continuo movimento del citoplasma con un continuo rifornimento di alimenti.
- ❖ **Reticulipodia:** sono simili ai precedenti eccetto che essi si estendono anche fuori della cellula formando una complessa rete di estensioni.
- ❖ **Lobopodia:** sono grosse estensioni usate per la locomozione e per la raccolta del cibo (fagocitosi). Sono quelli che permettono a un ameba di spostarsi su un substrato.

Il movimento ha effetto solo se l'ameba contatta il substrato almeno in un punto. Un lobopodio che inizia a formarsi appare come un'estensione di citoplasma nota come "cappuccio ialino".

Il materiale endoplasmatico che comincia a fluire in questo cappuccio, sgorgando anteriormente verso la periferia passa da uno stato colloide di sol (semiliquido) a uno stato ectoplasmatico di gel (semisolido). Nella regione posteriore l'ectoplasma si converte nuovamente in endoplasma e lo pseudopodio si ancora temporaneamente al substrato per consentire l'avanzamento.

Tutto il movimento è possibile grazie alla presenza di actina e miosina (ma anche altri sistemi molecolari contrattili) che si organizzano in una rete complessa di proteine generando il movimento ameboide stesso.

In particolare l'actina, con la sua capacità di polimerizzare e depolimerizzare organizza una fitta rete che interagendo con la miosina permette lo scivolamento nel senso di "marcia" dell'endoplasma e la sua trasformazione nella zona di contrazione in ectoplasma.



- ❖ **Assopodia:** sono sottili, filamentose espansioni citoplasmatiche supportate internamente da assi di microtubuli. A differenza di reticulopodi e filopodi al loro interno c'è una sorta di scheletro microtubulare che sostiene l'assopodio stesso.

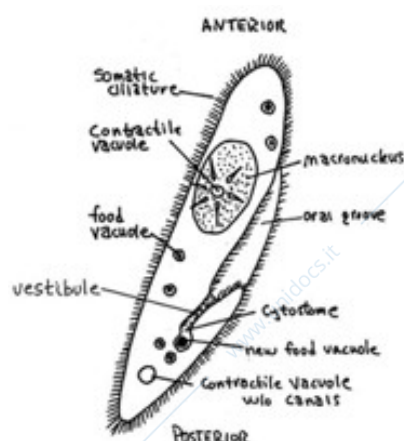
I protozoi per quanto concerne la nutrizione possono essere:

1) **Autotrofi**, quindi in grado di fare fotosintesi. Non sono molti, compresi essenzialmente fra gli Euglenidi e i Dinoflagellati.

A volte, e specialmente fra gli euglenidi, sono capaci di passare dalla condizione autotrofa a quella eterotrofa e viceversa.

2) **Fagotrofi** o **olozoi**, si nutrono raccogliendo per fagocitosi particelle organiche che trovano sul substrato.

3) **Osmotrofi** o **saprozoici** che assorbono gli alimenti attraverso la superficie corporea.



A volte, come in certi ciliati, la nutrizione porta alla formazione di strutture particolari per la presa e l'ingestione del cibo. Nei ciliati come il paramecio è presente sulla superficie un'area circondata da ciglia detta area o **doccia orale** che immette all'interno di un **citofaringe** al termine del quale, ed all'intero della cellula, si forma il vacuolo alimentare.

Il vacuolo alimentare che si origina dal citofaringe si unisce con i lisosomi che, con i loro enzimi digeriscono il fagosoma. Nel vacuolo alimentare unito al lisosoma il pH interno cambia gradualmente a mano a mano che la digestione procede da un pH inizialmente acido ad un pH basico al suo termine.

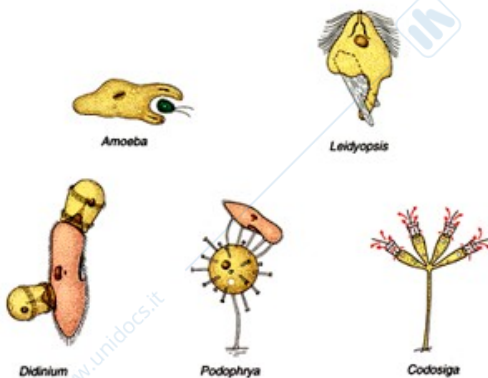
Alcuni hanno anche un **poro anale** dove scaricano all'interno il contenuto del fagosoma che si era formato, ciò per espellere gli scarti della digestione.

Ciò avviene nei ciliati perché essi sono ricoperti ciglia e quindi non possono fagocitarlo in qualsiasi punto del corpo.

Nei ciliati oltre ai rapporti già visti, si può stabilire anche una relazione preda-predatore. Infatti un ciliato può catturare un altro protozoo attraverso l'apertura della doccia orale e da qui raggiungerà il citofaringe e si formerà il vacuolo alimentare dove il malcapitato verrà digerito.

Questi "predatori" sulla loro superficie presentano delle strutture che fungono da "armi" per catturare le prede, queste strutture sono chiamate **toxocisti** e contengono delle sostanze che sono nocive per le prede.

Alcune modalità alimentari fra i protozoi: *Amoeba* che sta per fagocitare un piccolo protozoo flagellato; *Leidyopsis* un protozoo ipermastigino simbiote nell'intestino delle termiti alle prese con un frammento di legno; *Didinium*, un ciliato "predatore" che si nutre di un paramecio, loro preda abituale; *Podophrya*, un ciliato sottile sessile munito di tanti tentacoli sottili con cui succhia i liquidi alle prede che cattura con i tentacoli (nel caso un Paramecio); *Codosiga* è un genere di coanoflagellato sessile che con un collareto microvillato ed un flagello al centro agitando l'acqua crea una corrente con cui filtra le particelle alimentari.

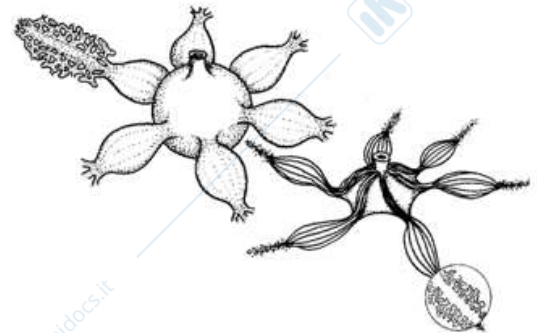


Escrezione e osmoregolazione

La funzione escretoria avviene solitamente per diffusione attraverso la superficie cellulare altre volte è abbinata con la presenza di organuli detti vacuoli contrattili, la cui funzione non è tanto l'escrezione quanto la regolazione dell'equilibrio idrico e salino del protozoo.

I vacuoli contrattili, ben studiati nei ciliati, hanno il compito di rimuovere l'eccesso di acqua che è entrata nella cellula o con gli alimenti, o come prodotto della digestione o penetrata in virtù di differenze osmotiche fra l'ambiente cellulare e l'ambiente esterno.

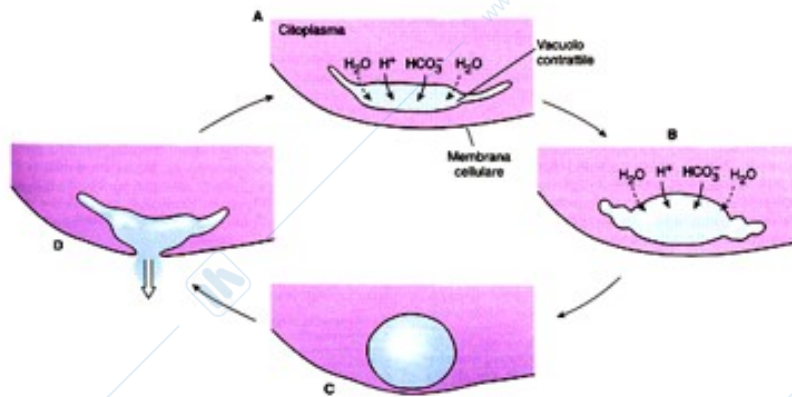
I vacuoli contrattili sono costituiti in genere da una cisterna centrale a cui sono collegate delle cisterne tubulari e ampolle le quali recuperano l'acqua in eccesso attraverso un sistema di pompe ioniche. La fase di riempimento (diastole) è seguita da una fase di espulsione all'esterno dell'acqua (sistole). In certi protozoi come in Paramecio i vacuoli sono collegati all'esterno in un punto preciso e stabile della membrana cellulare, in altri invece il vacuolo si avvicina alla membrana plasmatica si fonde con essa e scarica così all'esterno i liquidi in eccesso. I vacuoli contrattili sono particolarmente efficaci nelle specie di acqua dolce, dove la differenza osmotica fra l'interno e l'esterno della cellula porta questa ad "assumere" molta acqua. Nei protozoi marini sono in grado di controllare la concentrazione citoplasmatica di certi ioni, sodio in particolare.



Meccanismo:

- 1) I vacuoli presentano sulla membrana delle pompe protoniche che co-trasportano H^+ e HCO_3^- dentro i vacuoli. L'acqua a questo punto diffonde passivamente per mantenere una pressione osmotica uguale a quella del citoplasma.
- 2) Quando un vacuolo è pieno la membrana che lo delimita si fonde con la membrana sulla superficie cellulare espellendo H_2O , H^+ e HCO_3^- .

3) A questo punto l'anidrasi carbonica rimpiazza rapidamente il bicarbonato e i protoni.



Riproduzione

Le modalità riproduttive fra i protozoi sono diverse e, come già accennato in precedenza, bisogna distinguere la riproduzione asessuale da quella sessuale. La riproduzione asessuale porta alla formazione di individui ed aumenta generalmente la densità della popolazione; la riproduzione sessuale è generalmente un meccanismo puramente genetico con cui si uniscono i gameti e garantisce un'adeguata variabilità genetica nella specie.

La *riproduzione asessuata* è, per molte specie di protozoi, l'unica modalità riproduttiva non essendo presente in essi la fase sessuale.

Con la riproduzione per scissione (o fissione) la cellula parentale va incontro alla mitosi ed alla fine del processo genera, due organismi geneticamente identici.

La scissione può essere di tipo **binario** in cui le due cellule finali sono identiche geneticamente e morfologicamente, un esempio è la fissione simmetrogenica nei Trypanosomi o in Euglena.

La scissione può essere per "**gemmazione**" nel qual caso la mitosi genera due cellule di cui una resta grande mentre l'altra è piccola e dovrà accrescersi successivamente. La schizogonia e la sporogonia degli Apicomplexa (fra cui la Malaria) sono esempi di scissione multipla.

La scissione può essere **multipla**, in questo caso il nucleo della cellula madre si divide mitoticamente più volte di seguito con i nuclei inizialmente tutti nello stesso citoplasma originario e poi ogni nucleo cellularizza portandosi via una parte ciascuno del citoplasma della cellula madre. Le cellule originate inizialmente piccole cresceranno successivamente.

La mitosi nei protozoi non sempre procede secondo la fasi canoniche cui generalmente si pensa (disposizione dei cromosomi in piastra metafase che contattano le fibre del fuso mitotico, queste alla fine disposte ortogonali alla piastra metafase. Scomparsa dell'involucro nucleare separazione dei cromatidi fratelli seguita dall'anafase, telofase e citodieresi). La mitosi può seguire questo schema ad esempio nei flagellati e nelle gregarine (**ortomitosi aperta con fuso mitotico classico e centrioli ai poli del fuso**; aperta perché scompare l'involucro nucleare); a volte come in certe amebe è un'**ortomitosi aperta acentrica**, cioè senza centrioli ai poli del fuso. La membrana può non scomparire durante la mitosi di tante specie di protozoi con il fuso mitotico sempre ortogonale alla piastra metafase; in questo caso si può avere una **ortomitosi completamente chiusa intranucleare** (come in certi ciliati); oppure il nucleo non scompare completamente ma si apre alle estremità per permettere la formazione del fuso con i poli di questo fuori dal nucleo come nell'**ortomitosi semiaperta** dei fitoflagellati e di alcune gregarine. Altre volte ancora la posizione del fuso cambia orientamento, che non è più ortogonale al piano dei cromosomi in metafase, si parla in questo caso di "**pleuromitosi**" che può essere **chiusa intranucleare** (con il fuso all'interno del nucleo) oppure una pleuromitosi **chiusa extranucleare** (il fuso è esterno al nucleo) oppure una **pleuromitosi semiaperta** con in centrosomi esterni al nucleo e le fibre interne.

La *riproduzione sessuale* può presentarsi secondo una semplice **singamia** in cui gli individui producono gameti (uova e spermatozoi) che fecondandosi producono uno zigote diploide. Qui si ha la fusione dei gameti che devono essere sessualmente complementari e possono morfologicamente identici (isogameti) o diversi (anisogameti).

Un altro tipo è l'**autogamia** dove si ha l'unione di nuclei gametici prodotti dallo stesso individuo. Determina una diminuzione della variabilità genetica pur garantendo un rimescolamento genico in associazione alla meiosi.

Infine vi è anche la **coniugazione** che è l'unione temporanea di due individui allo scopo di permettere un reciproco scambio genetico.

Meccanismo: i due individui che si riconoscono e entrano in coniugazione vanno incontro ognuno alla meiosi originando non "gameti" ma "nuclei gametici". Ognuna delle due cellule alla fine della meiosi avrà due nuclei gametici

detti rispettivamente stazionario e migrante, quest'ultimo viene scambiato vicendevolmente fra i "coniuganti" ed in ognuno si fonde (cariogamia) con il rispettivo stazionario ripristinando così la condizione diploide $2n$.

Fatto questo le due cellule si separano ed ognuna completa successivamente il resto del ciclo. È importante ricordare che le cellule erano due all'inizio e sono due alla fine della coniugazione ma entrambe, con lo scambio reciproco del nucleo migrante, hanno cambiato il proprio corredo genetico, ciò rappresenta il significato più importante della coniugazione, assicurare la necessaria variabilità genetica per potersi adattare continuamente ai cambi ambientali.

I processi sessuali comportano meiosi, differenziamento di gameti o nuclei gametici e fecondazione per fusione dei gameti o dei nuclei in un nucleo zigotico che ristabilisce il numero di cromosomi $2n$ (diploide).

Si divide in :

- Meiosi gametica= procede la formazione dei gameti, quindi solo i gameti sono aploidi mentre il ciclo si svolge in un ciclo diplonte.
- Meiosi zigotica= ovvero si compie subito dopo la fecondazione e la formazione dello zigote, lo zigote quindi è l'unico stadio diploide. Quindi tutti gli individui generati per riproduzione asessuata sono aploidi fino alla formazione dello zigote.
- Meiosi intermedia= il ciclo comporta un'alternanza tra una generazione aploide e una diploide, ovvero parliamo del ciclo aplodiplonte.

Nelle vecchie classificazioni dei protozoi gli specialisti utilizzavano la morfologia, le modalità di nutrizione e di locomozione per creare raggruppamenti.

Era una classificazione semplice che includeva quattro classi principali di protozoi: flagellati, sarcodina, ciliati e sporozoi. Negli ultimi decenni a questi caratteri ne sono stati aggiunti molti altri sia di tipo morfologico ultrastrutturale che molecolare e, specialmente questi ultimi, hanno completamente rivoluzionato la vecchia classificazione.

Alcuni Autori sono arrivati a proporre fino a 14 Phyla differenti.

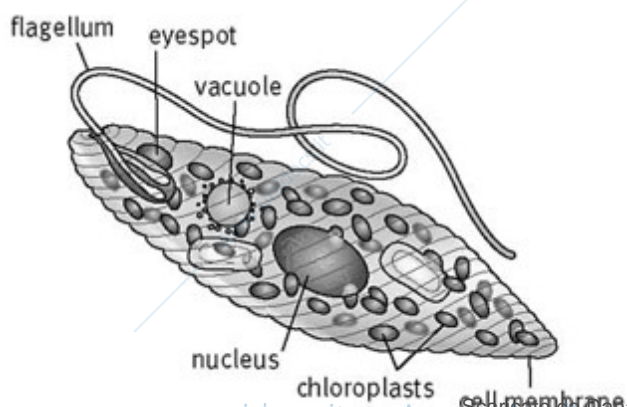
VECCHIA CLASSIFICAZIONE:

PHYLUM SUPERMASTIGOPHORA

- **Subphylum Mastigophora**
 - ❖ Fitomastigophora (autotrofi)
 - Dinoflagellati
 - Euglenida
 - ❖ Zoomastigophora (eterotrofi)
 - Ord. Kinetoplastidi
 - Ord. Diplomonadina
 - Ord. Trichomonadida
 - Ord. Hipermastigida
- **Subphylum Opalinata**
 - ❖ Opalina Ranarum
- **Subphylum sarcodina**
 - ❖ Superclasse Rizophoda
 - Classe Lobosea
 - Classe Granuloreticulosea
 - ❖ Superclasse Actinopoda
 - Classe Radiolara
 - Classe Eliozoa

PHYLUM EUGLENOZOA

comprende gli Euglenida ed i Kinetoplastida che nella vecchia classificazione erano parte dei Sarcomastigophora rispettivamente nei Subphyla Fitomastigophora e Zoomastigophora, comunque sia entrambi "flagellati".



Facile trovare uno dei rappresentanti degli **Euglenidi**, *Euglena viridis* è un abitante degli stagni e si riesce ad allevare in laboratorio con relativa facilità. Gli Euglenidi sono un gruppo di flagellati cosmopoliti a vita libera, solo alcune specie sono diventate parassite. La tasca flagellare ospita due flagelli uno sviluppato e funzionale, l'altro corto e non funzionale.

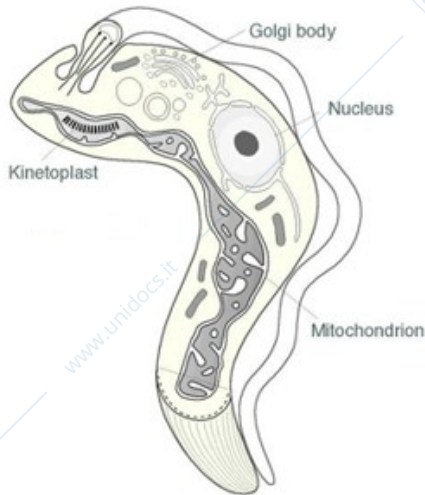
Il flagello sviluppato ha alla base un rinforzo di proteine che costituiscono il corpo parassonemale e troviamo anche i mastigonemi flagellari che quando presenti ampliano la superficie del flagello stesso.

Inoltre sempre nella tasca flagellare troviamo uno stigma che è un recettore per la luce ed è importante perché questi organismi fanno la fotosintesi per cui devono essere in grado di percepire la loro posizione rispetto alla luce.

Sotto la membrana presentano una rete di microtubuli che scorrono longitudinalmente e questa membrana si alza a formare una pellicola con cordoni proteici a decorso spiralato in contatto con i fasci sottostanti di microtubuli.

In molte forme troviamo cloroplasti con clorofilla a e b, ma molti non hanno cloroplasti e vivono nutrendosi per saprofitia oppure sono eterotrofi a spese di batteri o altri organismi.

La riproduzione è asessuale, non sono stati osservati fenomeni di riproduzione sessuale. Quindi queste cellule si dividono per mitosi con una scissione simmetrogenica.



Il gruppo dei **Kinetoplastida** comprende diverse specie a vita libera, ma sono conosciuti per le specie parassite, alcune delle quali di grande importanza anche per l'uomo come le Leishmanie ed i Trypanosomi. Possono svolgere il loro ciclo vitale in uno o più ospiti diversi e a volte il cambio dell'ospite determina un conseguente cambio di forma del parassita. Gli ospiti possono essere sia vertebrati che invertebrati e questi ultimi di solito hanno la funzione di "vettori" ovvero il compito di prendere il parassita da un ospite vertebrato, far svolgere al proprio interno una parte del ciclo e poi ritrasmetterlo ad un altro vertebrato.

Il più delle volte i vettori sono insetti ematofagi, ovvero insetti che durante la loro evoluzione si sono adattati a pungere e succhiare il sangue dei vertebrati (zanzare, pappataci, cimici, zecche, ecc.)

Il *chinetoplasto*, definito anche kDNA che definisce il gruppo, è una massa di DNA posta all'interno dell'unico grande mitocondrio della cellula e solitamente è posizionato nel mitocondrio in corrispondenza dell'area da cui emerge e sviluppa il flagello. Il kDNA è una massa costituita da due

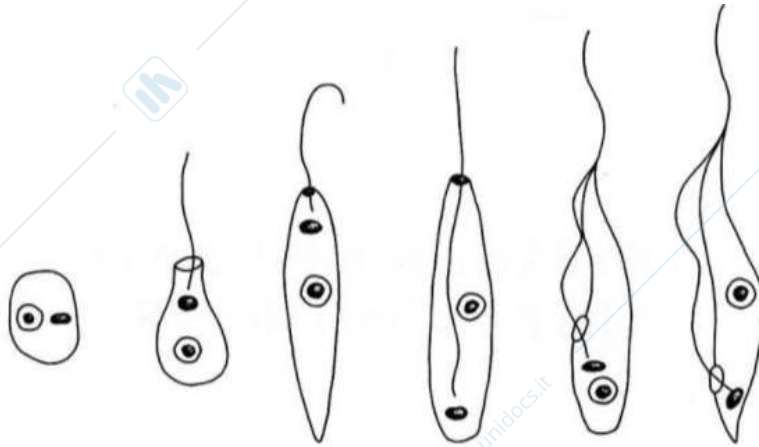
molecole circolari di DNA di diversa grandezza; una più piccola di circa 35-38 kb ripetuta circa 50 volte mentre un'altra molecola più piccola (0,5-2,5 kb) ripetuta circa 30000 volte.

La forma più piccola si pensa abbia il ruolo di regolare l'espressione genica della forma più grande.

Morfotipi in cui possono apparire i kinetoplastidi:

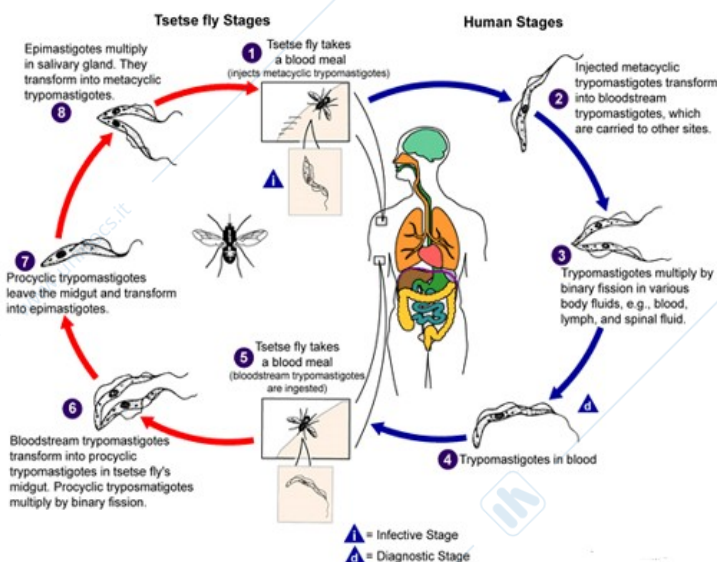
- 1) La **forma Amastigote** è una cellula tondeggiante senza flagello ed è così perché questa è la forma endocellulare, quella che parassitizza le cellule ed è chiaro che il flagello non ci possa essere perché all'interno della cellula non è di alcuna utilità. Si osserva sia nelle Leishmania che nei Trypanosoma. L'ospite parassitato in cui si osserva questo morfotipo è di solito il vertebrato ed in questo passa da una cellula all'altra moltiplicandosi ed infine distruggendola, da qui il danno che provocano ai vertebrati.
- 2) **Promastigote**: è una cellula allungata con il flagello che nasce all'estremità anteriore, tipica forma con cui si presentano le Leishmania, si ritrova in questa forma nel sangue dell'ospite vertebrato e con il flagello si muove in questo ambiente, quando penetra nelle cellule si trasforma in amastigote e perde il flagello. Il Promastigote è anche la forma che si trova e si moltiplica nell'insetto vettore.
- 3) **Tripomastigote**: è una cellula anch'essa allungata con il flagello che nasce nella parte posteriore della cellula e si sviluppa verso la parte anteriore. Il flagello nel suo sviluppo connette la sua membrana plasmatica con la membrana plasmatica del corpo cellulare formando la cosiddetta "membrana ondulante" che amplifica notevolmente le capacità natatorie. La forma tripomastigote si ritrova nel sangue dei vertebrati e quando penetra nelle cellule degli organi di questi si trasforma nel morfotipo amastigote. Il tripomastigote viene succhiato come tale dall'insetto vettore qui, in genere si trasforma in epimastigote o altri morfotipi che si moltiplicano attivamente per poi ritrasformarsi in Tripomastigote detto metaciclico che l'insetto con la saliva o in altro modo trasmette ad un altro vertebrato.

- 4) **Epimastigote**: è una cellula allungata con il flagello che nasce più o meno a metà del corpo cellulare. Anche in questo caso la membrana plasmatica del flagello si connette strettamente con la membrana plasmatica del corpo cellulare formando una membranella ondulante ovviamente più corta che nel morfotipo tripomastigote. L'epimastigote, così come il tripomastigote, è tipico dei *Trypanosoma* e lo si ritrova essenzialmente nell'insetto vettore dove si moltiplica attivamente. Di solito il parassita entra nel vettore come tripomastigote, si trasforma in epimastigote ed in questa forma si moltiplica molte volte e poi si ritrasforma in Tripomastigote che il vettore trasferisce ad un altro vertebrato.



I Kinetoplastidi si riproducono essenzialmente per **mitosi**, secondo una fissione simmetrica; **non sono mai stato osservati fenomeni di sessualità** ed il dilemma è capire come facciano, senza la riproduzione sessuata, a mantenere un'adeguata variabilità genetica.

Fra le varie specie di *Trypanosoma* che parassitano molte specie di animali tre sono particolarmente importanti perché possono infestare anche l'uomo. Due sottospecie del *Trypanosoma brucei*: *T. brucei gambiense* e *T. brucei rhodesiense* sono tristemente conosciute poiché provocano la "malattia del sonno". Queste due sottospecie sono distribuite in Africa, da qui il nome di tripanosomiasi africane. Un'altra specie che può parassitare l'uomo è *Trypanosoma cruzi*, distribuita nelle Americhe (dal sud degli USA fino a tutta l'America meridionale). Questa specie provoca la così detta malattia di Chagas.



Ciclo vitale di *Trypanosoma brucei* (*gambiense* o *rhodesiense*), agente etiologico della malattia del sonno.

Gli ospiti sono due, l'ospite vertebrato che è l'uomo, ed il vettore che è la "famigerata" mosca tze tze, un insetto appartenente all'ordine dei Ditteri ed alla Famiglia Glossinidae, genere *Glossina*, specie ad esempio *Glossina morsitans*. Queste specie di insetti sono ematofaghe e sia il maschio che la femmina pungono vertebrati, uomo compreso, per fare il pasto di sangue. Quando la mosca tze tze fa un pasto di sangue su una persona che ha la malattia del sonno con il sangue prende anche il parassita nella forma di tripomastigote ematico. Questa forma

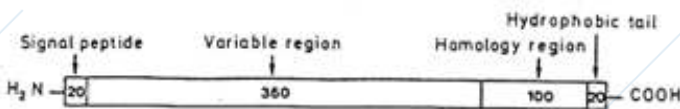
nell'intestino della mosca si trasforma nella forma "prociclica" (questa differisce rispetto alla precedente per caratteri legati alla permeabilità delle membrane, ma morfologicamente si somigliano) la quale inizia a dividersi per scissione binaria. Dall'intestino il parassita, attraversando l'epitelio intestinale, si porta nell'emocele (cavità generale del corpo degli insetti) e raggiunge le ghiandole salivari dove si trasforma nel morfotipo "epimastigote". Questa forma nelle ghiandole salivari si divide molte volte finché, forse in seguito al sovrappiombamento, si trasforma di nuovo nel morfotipo "tripomastigote metaciclico" una forma tozza la quale, con il pasto di sangue successivo viene iniettato con la saliva in un'altra persona. Una volta iniettato nel sangue del nuovo ospite la forma "tripomastigote metaciclica" si trasforma nella forma ematica e con il circolo sanguigno sono diffuse nel corpo.

I tripomastigoti ematici si dividono per fissione binaria nel sangue, nella linfa, nel liquido cerebro spinale e con questo possono raggiungere il cervello dove provocano lesioni meningo-encefalitiche dando origine alla tipica sintomatologia nervosa della malattia del sonno. Se non curata la malattia assume un andamento cronico che può durare mesi, talvolta anni ma che inevitabilmente conduce alla morte del paziente.

Il vettore in questo caso è detto vettore biologico, perché la mosca non è un semplice "trasportatore" del parassita da una persona ad un'altra bensì un ospite in cui si svolge una parte importante del ciclo vitale del parassita. La mosca prende il parassita come "tripomastigote ematico", entro di essa si trasforma prima nella forma "prociclica" poi nella forma di "epimastigote" ed infine nella forma "tripomastigote metaciclica" che viene trasferita ad un nuovo ospite vertebrato. Senza la mosca tutto questo non avverrebbe, da qui il suo ruolo di "**vettore biologico**".

Gli antigeni di superficie del parassita consistono in glicoproteine del glicocalice di superficie. L'antigene non resta sempre lo stesso, poiché se così fosse la risposta immunitaria dell'ospite avrebbe sicuramente il sopravvento sul parassita, ma sia durante i cambi di morfologia, ma periodicamente anche durante le fasi di fissione binaria, l'antigene di superficie cambia eludendo continuamente la risposta immunitaria. Il glicocalice rappresenta la "variante glicoproteica di superficie" che viene espressa da diverse centinaia di forme le quali cambiano periodicamente, forse stimulate in questo dalla stessa risposta immunitaria dell'ospite. La variante della VSG esposta da più giorni viene sostituita.

Il polipeptide è di circa 500 aminoacidi, i venti nella parte N terminale sono il peptide segnale che viene tagliato nella proteina matura; a questo segue una sequenza di circa 360 aminoacidi che rappresenta la parte variabile della VSG, quella che cambiando periodicamente permette al parassita di eludere la risposta immunitaria. Il resto della proteina, 120 aminoacidi, è la parte carbossi-terminale ed è praticamente uguale (regione omologa) a tutte le VSG prodotte. Questa comprende la coda idrofobica che si lega alla membrana plasmatica del Trypanosoma.



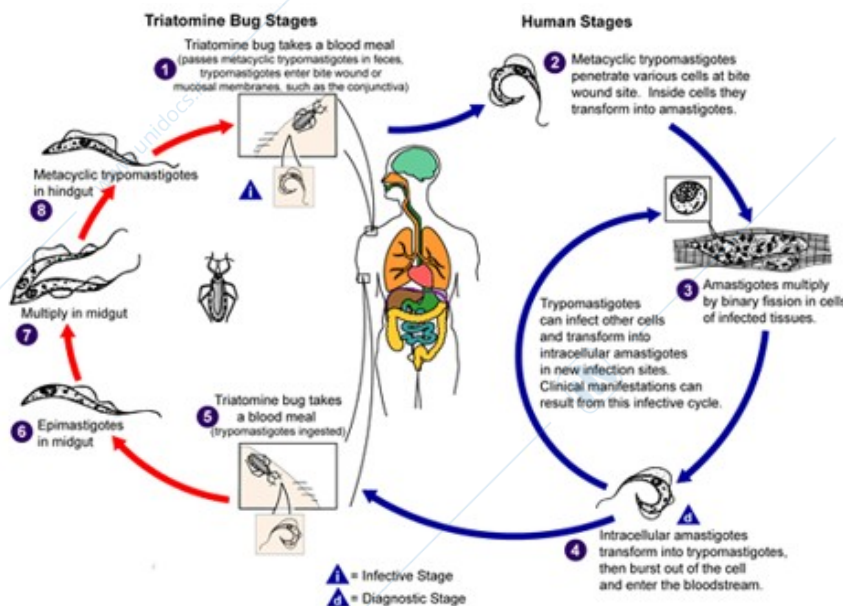
La parassitemia aumenta ma l'ospite elabora una risposta anticorpale (Antibody1) che all'apice della curva inizia ad eliminare i parassiti i quali però continuano a dividersi ed alcuni elaborano un nuovo antigene VSG (supponiamo Antigen2) che gli Antibody1 non riconoscono. I parassiti aumentano e per essere fermati l'ospite deve elaborare nuovi anticorpi per fermarlo (Antibody2) ed in questo modo è continuo rincorrersi, una risposta antigenica nuova con una altrettante nuova risposta anticorpale.

Ciclo vitale *Trypanosoma Cruzi*

Un'altra specie importante di *Trypanosoma* è il *T. cruzi*, agente etiologico della malattia di Chagas. Anche in questo caso il parassita per passare da un ospite vertebrato al successivo ha bisogno di un insetto vettore che, per *T. cruzi*, è una cimice ematofaga della Famiglia Reduviidae, Sottofamiglia Triatominae con diversi generi fra cui *Triatoma*, *Rhodnius* ecc.

Anche le cimici, come in precedenza le mosche tsetze, sono vettori biologici perché nel loro corpo permettono lo svolgimento di una parte del ciclo biologico del parassita, ed è assolutamente

necessario per il parassita. Vediamo come si svolge il ciclo ed i passaggi fra i morfotipi del parassita. La cimice succhia il sangue ad una persona infetta e prende il parassita nella forma di tripomastigote ematico (cellula allungata con la membranella ondulante). Nell'intestino della cimice questa forma cambia nella forma di epimastigote che inizia a dividersi per scissione binaria simmetrica. Percorre l'intestino e si localizza in gran numero nella parte finale dell'intestino, precisamente nell'ampolla rettale. Qui continua a dividersi finché, forse a causa dell'affollamento, si ritrasforma nella forma a «tripomastigote metaciclico». Questa forma più corta e tozza è la forma infettante perché la



cimice, se è un buon vettore, durante il pasto di sangue successivo mentre succhia defeca deponendo le feci con il parassita vicino la piccola ferita che ha fatto per alimentarsi.

Le cimici ematofaghe sono di dimensioni grandi (1-3 cm) quindi per non farsi vedere solitamente pizzicano durante la notte e con la saliva iniettano sostanze anticoagulanti (per succhiare meglio) e anestetiche (per non farsi sentire), la mattina finito l'effetto anestetico la persona si gratta e toccando le feci aiuta il parassita a penetrare attraverso piccole ferite (compresa quella del pizzico).

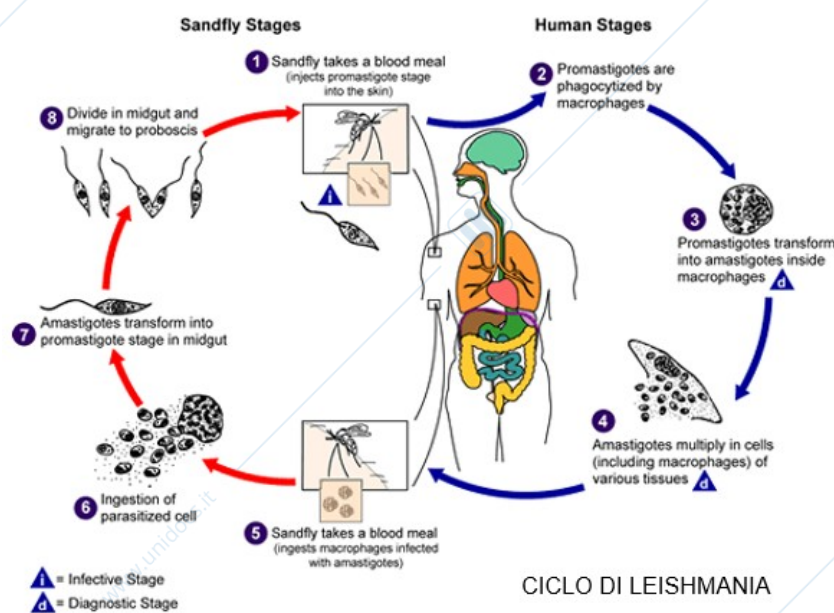
Nel circolo la forma tripotigote metaciclica si trasforma nella forma ematica e si porta verso diversi tessuti entrando nelle cellule e trasformandosi nella forma «amastigote» (senza il flagello). *T. cruzi* ha una particolare affinità per il tessuto muscolare cardiaco per cui entrando nelle miocardiociti si riproduce e fa «scoppiare» le cellule riducendo progressivamente lo spessore del miocardio finché questo non è più in grado di svolgere la sua funzione e porta alla morte l'individuo. E' come se fossero tanti piccoli «infarti» nelle cellule del cuore. Molti amastigoti e endocellulari si trasformano di nuovo in tripomastigoti ematici che entrando nel flusso sanguigno potranno essere succhiati da un'altra cimice per continuare il ciclo.

Differenze fra *T. brucei* e *T. cruzi*: *T. brucei* dall'intestino va nell'emocele e da qui poi nelle ghiandole salivari e trasmesso al nuovo ospite tramite la saliva, per questo sono detto tripanosomi salivari. *T. cruzi* resta sempre nell'intestino della cimice e passa all'ospite successivo tramite le feci, per questo ed definito «triptanosoma stercorario».

Un altro importante genere di kinetoplastida parassita è la *Leishmania*.

Ciclo vitale di *Leishmania*

Anche *Leishmania*, come i *Trypanosoma*, necessita di un vettore per essere trasferito da un ospite vertebrato e l'altro. Il vettore è un piccolo dittero ematofago della Famiglia Psocodidae, Sottofamiglia Phlebotominae con i generi *Phlebotomus* (nel «vecchio mondo» compresa l'Italia ed il bacino del Mediterraneo) e *Lutzomya* (nuovo mondo, Americhe) ed è conosciuto con il nome volgare di «pappatacio» per l'abitudine di fare il pasto di sangue senza farsi sentire (Pappa = mangia; taci = senza rumore). Effettivamente questi insetti sono piccoli (2-3 mm) e volano senza ronzio per cui sono difficili da vedere e sentire. Anche in questo caso il vettore è «biologico» perché il parassita vi svolge parte del suo ciclo

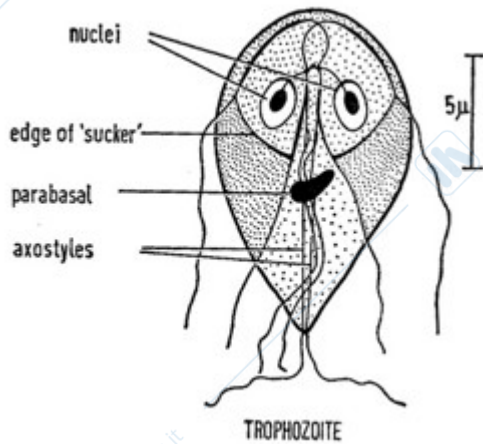


vitale. La femmina ematofaga del *Phlebotomus* (pungono solo le femmine, non i maschi) fa un pasto di sangue su un individuo infetto e prende anche i macrofagi (cellule del complesso reticolo endoteliale) che contengono il parassita nella forma amastigote. Il macrofago nell'intestino del pappatacio si rompe e libera gli amastigoti i quali si trasformano nel morfotipo «promastigote» il quale inizia a riprodursi per scissione binaria nello stomaco e poi nel proventricolo dell'insetto. Da qui risalgono il canale alimentare fino a portarsi nella faringe; quando il pappatacio fa un altro pasto di sangue inietta con la saliva i promastigoti nel nuovo ospite vertebrato (uomo compreso). Nella cute del punto di iniezione i promastigoti vengono fagocitati dai «macrofagi» che dovrebbero digerirli ma nella realtà il parassita prende «possessione del macrofago e lo usa per riprodursi nuovamente. Nel macrofago il promastigote si trasforma in «amastigote» e in questa forma si moltiplica e fa scoppiare la cellula liberando gli amastigoti che entrano così in altri macrofagi diffondendo localmente l'infezione. I macrofagi infestati possono con la circolazione essere trasportati in altri organi e, a seconda della specie di *Leishmania* originare malattie differenti.

Se il parassita resta nei macrofagi nel punto di inoculazione qui la distruzione della cellula provoca una papula (necrosi della cute) più o meno estesa che per guarire impiega molto tempo, anche mesi.

Di solito queste forme di leishmaniosi cutanee sono provocate da specie quali *L. tropica* o *L. major*. Forme di leishmaniosi più serie quando le cellule infestate con il parassita si localizzano vicino alle mucose rino-oro faringee dove portano alla distruzione dei tessuti con effetti deturpanti. Quando ad essere trasmesse sono invece le specie *Leishmania donovani* o *L. infantum* se i macrofagi si portano verso i visceri interni la forma di malattia che si può

generare è quella «viscerale», la più grave perché può portare alla distruzione degli organi interni (fegato, reni, intestino ecc) e la morte del soggetto. Nei paesi tropicali dove questa forma è presente è conosciuta come Kala-azar. Ovviamente i macrofagi pieni di amastigoti nel vertebrato possono essere ripresi dal pappatacio con il pasto di sangue ed il ciclo continua.



PHYLUM DIPLOMONADINA

Al gruppo dei Diplomonadida appartengono poche forme a vita libera mentre sono molte di più le specie simbiotiche commensali che generalmente vivono innocue nell'intestino dell'ospite.

Altre specie invece sono parassite e patogene nell'intestino di animali allevati (pesci e uccelli in particolare) ed anche dell'uomo come *Giardia intestinalis*.

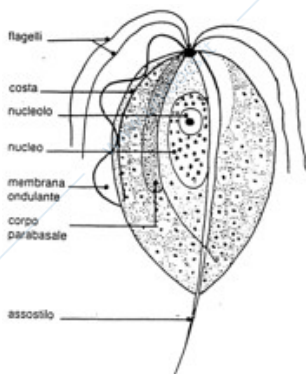
La morfologia delle specie del gruppo è inconfondibile e, come indica il nome stesso, ogni individuo appare costituito da due parti specularmente simmetriche tale da fare apparire ogni individuo come se fosse doppio. Si pensa che la loro origine sia dovuta proprio ad una replicazione di queste strutture (nuclei e flagelli) che non si sono separate. Il ciclo vitale di *Giardia intestinalis* si svolge nell'intestino dell'ospite dove si moltiplica per scissione binaria; nella forma patogena la reazione dell'ospite è cercare

di eliminare il parassita mediante scariche diarroiche, il parassita resiste attaccandosi alla mucosa con la ventosa ventrale ma soprattutto passando dalla forma trofozoite (che si nutre) (figura in basso a sinistra) alla forma cistica. Quest'ultima è la forma elaborata dal protozoo per resistere all'esterno dell'ospite. La cisti è riconoscibile perché ha 4 nuclei e 4 corpi basali, praticamente è un individuo che si è già replicato all'interno della cisti. L'uomo e gli altri animali si infestano mangiando o bevendo cibo o acqua contaminati.

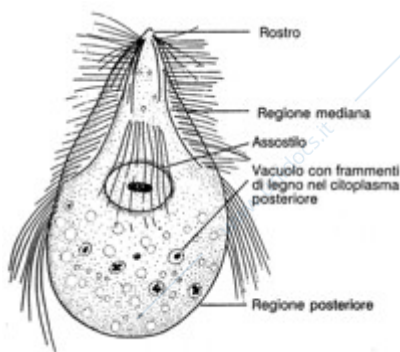
Giardia intestinalis è la forma parassita più frequente ed importante fra i Diplomonadina; il protozoo è formato da due complessi ognuno costituito da un nucleo con un grosso nucleolo e da quattro flagelli (otto nel totale). La parte «ventrale» è costituita essenzialmente da una struttura adesiva, una ventosa, mediante la quale aderisce alle cellule della mucosa intestinale dell'ospite. La struttura cellulare è rinforzata da un assostilo (fasci di microtubuli). Questi organismi sono particolari anche per altri aspetti citologici, mancano infatti di mitocondri, perossisomi, idrogenosomi e reticolo endoplasmico liscio, ecc.

PHYLUM PARABASALIA

I Parabasalia sono un gruppo di protozoi flagellati anaerobi dotati di 4-6 flagelli (*Trichomonadini*) ma, negli *Ipermastigini*, il numero dei flagelli è di qualche migliaio. Il nome del gruppo deriva dalla presenza del «corpo parabasale», una struttura costituita da fibrille a striatura trasversale che connettono il complesso di golgi ai corpi basali dei flagelli; solitamente al corpo parabasale si associano altre 3 strutture denominate «pelta», «atrattoforo» e «axostile» che sembrano coinvolte nel movimento della cellula. I parabasalia non hanno mitocondri e producono energia tramite idrogenosomi con un processo di fosforilazione. Fra i Trichomonadini si trovano specie parassite dell'apparato uro-genitale o dell'intestino di vari animali, uomo compreso. *Trichomonas vaginalis* è la specie parassita più conosciuta e diffusa. È una specie parassita dell'apparato genitale femminile. Si notano 4 flagelli apicali; un flagello che, aderendo al corpo cellulare, origina una membranella ondulante, il corpo parabasale, l'assostilo ed il grosso nucleo con vistoso nucleolo. Nei Trichomonadini non sono conosciuti fenomeni di sessualità, le cellule si dividono asessualmente per divisione binaria. Si trasmette con l'atto sessuale.



Gli Ipermastigini invece sono tipici endosimbionti dell'intestino di insetti xilofagi (termiti, tarsi).



Essi ospitano nel loro citoplasma batteri capaci di digerire la cellulosa, per questo si definisce questa simbiosi come «simbiosi a tre» «insetto-iperastigino-batteri». Sono definite comunemente «cellule capellute» per l'aspetto che assumono a causa delle migliaia di flagelli che ricoprono il corpo cellulare.

Mentre fra i Trichomonadini non sono stati evidenziati fenomeni sessuali questi sono ben rappresentati negli Ipermastigini. La riproduzione sessuale è stimolata da cambiamenti nell'ambiente interno all'insetto ospite, in particolare sembra che lo stimolo sia dato dalla presenza dell'ecdisione, ormone della muta degli insetti. In presenza di questo i trofozoiti degli ipermastigini aploidi si incistano

generando il gamonte. Da questo originano i gameti maschili e femminili riconoscibili perché quelli femminili hanno il cono di fecondazione posteriore alla cellula. I due gameti per altri caratteri sono simili (forma e dimensione), il gamete maschile penetra in quello femminile attraverso il cono di fecondazione, i due pronuclei si fondono generando lo zigote diploide. Lo zigote va incontro a meiosi rigenerando i trofozoiti aploidi che poi, con ulteriori divisioni asessuali, aumentano la popolazione intestinale dell'endosimbionte.

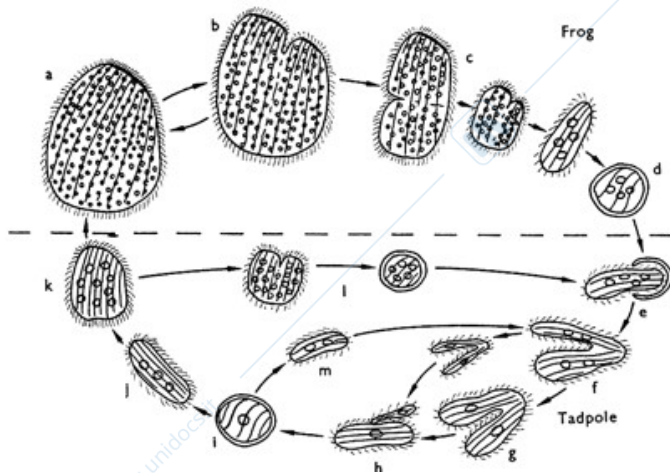
Le termiti sono gli ospiti tipici degli ipermastigini dei batteri che in questi ultimi ospitano. Senza questa simbiosi a tre le termiti non potrebbero sopravvivere perché incapaci di digerire la cellulosa come invece fanno i batteri. Tipica degli esemplari giovani di termiti è la trofallassi proctodeale; attraverso l'apertura anale gli adulti emettono delle goccioline di liquido che vengono assunte dai giovani (anche dalle operaie) assumendo oltre che alimenti anche gli ipermastigini simbiotici con cui poi digeriranno, con i batteri entro di essi, la cellulosa.



PHYLUM OPALINADA

Le Opaline sono protozoi commensali che vivono nell'apparato digerente di vertebrati a sangue freddo come gli anfibi anuri ed in particolare nella cloaca, parte terminale comune dell'apparato digerente e urogenitale. Sono protozoi di grandi dimensioni, se paragonati alla media degli altri protozoi, possono essere lunghi fino a circa 800µm. Il citoplasma contiene centinaia di nuclei tutti uguali fra di loro, condizione omocariote. Sono completamente ricoperti di ciglia o, come a volte si trova in letteratura, di corti flagelli. In passato venivano inclusi fra i ciliati ma successivamente esclusi da questo gruppo perché rispetto a questi non hanno citostoma e citofaringe, non hanno alveoli sotto la membrana plasmatica, e le ciglia non sono connesse, come invece è nei ciliati, dal sistema di microtubuli o filamenti a costituire il sistema di infraciliatura.

Hanno più nuclei ma tutti uguali far di loro (omocariosi) mentre nei ciliati i nuclei sono differenti (macro e micronuclei) anche dal punto di vista funzionale. Come nei ciliati, comunque, le ciglia sono disposte in file ordinate ed il loro movimento reciproco è metacronico.



Il ciclo di *Opalina ranarum* è ben conosciuto.

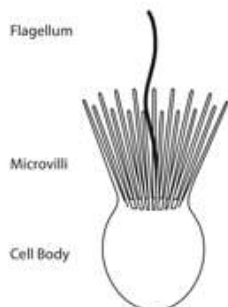
Il trophozoite vive nella cloaca della rana e all'interno di questa si divide per semplice scissione binaria simmetrogenica fino a quando la rana non entra nella stagione riproduttiva.

Quando la rana entra nel periodo riproduttivo gli ormoni sessuali della rana stessa sono recepiti anche da Opalina nella cloaca e la forma trofozoite entra in divisione e questa inizia a frazionarsi portando alla formazione di cisti paucinucleate (con pochi nuclei) che vengono rilasciati insieme ai gameti della rana. La sincronizzazione nella deposizione dei gameti della rana e delle cisti di Opalina è essenziale per il ciclo di quest'ultima, i girini sono essenziali come primi ospiti

del protozoo. Nell'acqua, infatti, i girini mangiano le cisti di Opalina che schiudendosi fanno meiosi e formano i gameti (f-g nella figura); i gameti si fondono nello zigote (i in figura) la quale ha diverse alternative.

Se il girino è in uno stadio avanzato della metamorfosi lo zigote diventa un trofozoite e raggiunge l'intestino e la cloaca della rana diventando la forma multinucleata. Se invece il girino è in una forma precoce la cisti zigotica origina nuovamente o in una cisti asessuale o un gamonte ed entrambe originano una nuova generazione di gameti.

PHYLUM COANOFLLAGELLATI



I coanoflagellati sono protozoi marini o di acqua dolce dalla morfologia caratteristica. Dal corpo cellulare emerge un collare di microvilli con al centro un flagello il quale, muovendosi, crea un vortice d'acqua che richiama particelle alimentari fagocitate dal coanoflagellato.

I coanoflagellati possono essere liberi o sessili, anche coloniali. La loro morfologia è simile a quella dei coanoflagellati che tappezzano le camere filtranti delle spugne (Porifera) e l'ipotesi, confermata da dati comparativi molecolari, suggerisce che i coanoflagellati siano alla base dell'evoluzione degli animali multicellulari.

AMEBOZOA

La caratteristica principale degli **AMOEBOZOA** (i vecchi **Sarcodina**) è data dalla presenza degli pseudopodi, espansioni citoplasmatiche di dimensioni variabili che consentono sia il movimento che altre funzioni come l'alimentazione. Molto probabilmente gli Amebozoa sono un raggruppamento artificiale, forse racchiudono più Phyla diversi, ancora da definire con certezza. Il corpo cellulare può essere nudo o ricoperto di un guscio di diversa natura, organica, silicea, carbonatica ecc.

Le Amebe comprendono specie di interesse medico, che possono interessare l'intestino o il sistema nervoso centrale: Entamoeba, Acanthamoeba, Naegleria. La riproduzione nelle amebe è generalmente asessuale, per semplice scissione binaria ma recentemente sono stati evidenziati fenomeni di sessualità con meiosi in alcune specie dei generi Acanthamoeba, Entamoeba e Dictyostelium.

Caratteristiche:

- Si muovono e si nutrono tramite gli pseudopodi, nel loro movimento è coinvolta l'actina che polimerizza e depolimerizza permettendo la continua costruzione e distruzione di reti di actina, che in compartecipazione con le proprietà della miosina permette il flusso dell'endoplasma verso il fronte di avanzamento dove si converte in ectoplasma.
- Vivono nelle acque dolci, in ambienti marini e nel terreno umido.
- Possono essere nude o con scheletri protettivi.
- Molte forme sono endoparassite.
- Si riproducono per scissione binaria.

Molte specie di amebe sono parassiti intestinali dell'uomo, alcune di grande importanza. Le specie più comuni si possono riconoscere fra di loro per la morfologia e la grandezza del trofozoite nella forma istolitica (patogena). Molte di queste specie quando fuoriescono dall'ospite e vanno nell'ambiente esterno si incistano ed anche le cisti possono essere riconosciute per la forma, grandezza, numero dei nuclei e distribuzione in questi della cromatina. Ad esempio le cisti (che si osservano anche nelle feci dei pazienti) delle specie più importanti come *Entamoeba coli*, *E. hartmanni* e *E. histolitica* hanno rispettivamente *E. coli* = 8 nuclei, *E. hartmanni* e *E. histolitica* entrambe con 4 nuclei ma queste ultime due le dimensioni dei nuclei sono nettamente differenti con *E. hartmanni* < *E. histolitica*.

Ciclo di *Entamoeba histolitica*: l'infestazione è per ingestione di cibo contaminato con le cisti, che schiudono nell'intestino generando il trofozoite che, nella forma «istolitica» patogena può provocare ulcere nella mucosa intestinale e con la circolazione andare in altri organi (fegato, polmoni, cervello) dove provocando ascessi può portare alla morte. L'organismo tenta di liberarsi del parassita con scariche diarroiche (dissenteria amebica), la forma trofozoite si incista per poter sopravvivere nell'ambiente esterno.

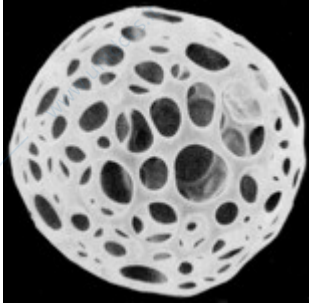
Il ciclo di altre specie di amebe è praticamente identico a quello precedente di *E. histolitica*. Penetrano con l'ingestione delle cisti, nell'intestino la forma trofozoite si riproduce e ritornano all'esterno come cisti. Ricordo che non sempre l'ingestione delle cisti di un'ameba provoca la malattia, il più delle volte vivono innocue nell'intestino come semplici commensali.

Gli amebozoa sono considerati come un raggruppamento artificiale con gruppi che oggi sono da molti ritenuti Phyla separati. Fra questi:

- **Gymnamoebia**. Forme nude senza rivestimenti protettivi, sia terrestri che acquatici, si muovono per movimenti ameboidi, molte specie parassite (*Entamoeba histolytica*).
- **Testaceolobosei**. Il corpo in queste forme è parzialmente rivestito da un guscio costituito sia da materiale organico che inorganico (es granelli di sabbia) (*Arcella*, *Diffugia*).
- **Heterolobosea**. Poche specie sia terrestri che acquatiche che hanno come caratteristica quella di muoversi con l'unico grande pseudopodio, possono tuttavia generare un flagello e formare cisti. Alcune specie possono diventare parassite molto pericolose per gli animali e l'uomo. (*Naegleria fowleri*).
- **Archamoeba**. Detti anche pelobionti con l'unico genere *Pelomyxa* con dimensioni notevoli. Generalmente si forma un solo pseudopodio, sono con molti nuclei che si dividono amitoticamente, sono senza mitocondri ma a volte con molti batteri simbiotici.
- **Mycetozoa**. Abbondanti in ambienti forestale ricchi di materiale organico. Una volta (per molti ancora) conosciuti come funghi mucilluginosi. Con cellulosa nella parete delle spore.

ACTINOPODA

Fanno parte degli actinopoda i radiolari, gli eliozoi e gli acantari. Hanno un corpo di natura sferica e talvolta protetto da uno scheletro minerale.



I **radiolari** sono protozoi che producono complicati scheletri minerali, solitamente silicei. Il corpo è tipicamente diviso con una capsula centrale costituita da mucopolisaccaridi (chitinosa) in una parte interna, endoplasma ed una esterna, l'ectoplasma.

Sono parte dello zooplancton oceanico, e le diverse specie fossili hanno grande importanza diagnostica.

I radiolari presentano solitamente molti pseudopodi filiformi sostenuti da fasci di microtubuli detti assopodi.

La maggior parte degli organelli, fra cui il nucleo, sono posti nell'endoplasma, mentre nell'ectoplasma (calimna) sono

presenti numerosi vacuoli e gocce lipidiche.

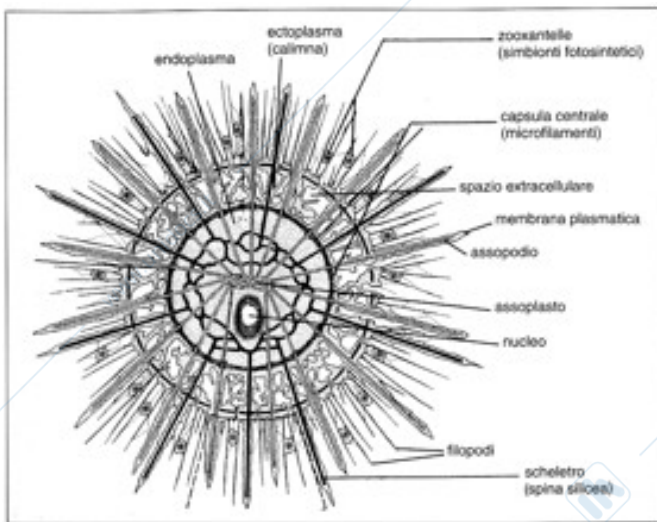
Spesso sono presenti alghe simbiotiche (zooxantelle) che forniscono energia alla cellula. I radiolari sono suddivisi in due gruppi i **Polycystinea** ed i **Phaeodarea**



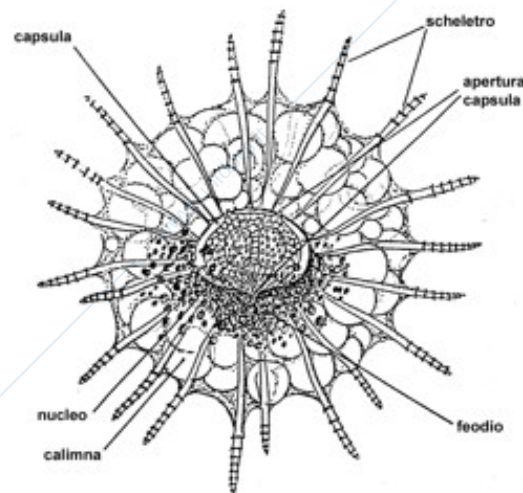
I radiolari policistinei, come ricordato precedentemente, formano simbiosi con zooxantelle (Dinoflagellati) per questo sono importanti per la produttività primaria degli oceani. La presenza delle zooxantelle impone ai policistinei di posizionarsi negli strati più superficiali del mare per permettere la fotosintesi ottimale delle zooxantelle simbiotiche. Anch'essi provvisti di capsula centrale che divide il citoplasma in un endoplasma all'interno della capsula ed in un ectoplasma al suo esterno.

Lo scheletro può essere costituito da un solo guscio ma in talune specie lo scheletro può essere fatto di più gusci concentrici.

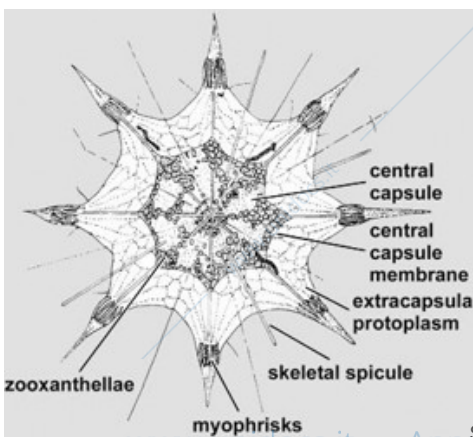
I radiolari feodari non sono in simbiosi con le zooxantelle per cui possono occupare anche gli strati più profondi del mare. Il nome deriva da una massa bruna che si accumula nel citoplasma extracapsulare detta feodio. La capsula chitinosa divide anche nei feodari il citoplasma in una calimna esterna ed un citoplasma endocapsulare. La connessione fra le due parti è assicurata nei feodari da tre aperture due parapili ed un astropilo. Lo scheletro siliceo in queste specie è costituito da spine cave che si associano a formare gusci semplici o doppi, altre specie lo scheletro è di natura esogena di materiali raccolti dall'ambiente esterno.



Struttura generale di un radiolario appartenente ai Polycystinea.



Un Feodario: *Aulactinium actinastrum*



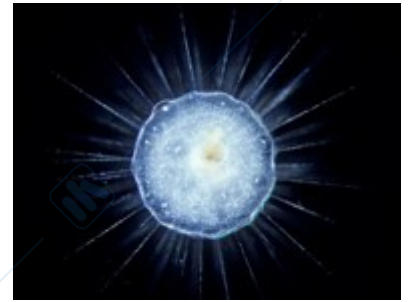
Anche gli **acantari** sono marini e fanno parte anche loro del plancton, con il corpo anche qui diviso dalla capsula centrale in endo e ectoplasma. La caratteristica principale è nella forma dello scheletro che è costituito da 20 spine radiali che nascono tutte da un punto centrale si irradiano in modo e con posizioni caratteristiche emergendo in punti ben precisi della superficie cellulare. Come i policistini anche gli acantari possono ospitare zooxantelle fotosintetiche e concorrere così alla produttività primaria degli oceani.

Il citosol ricopre tutto lo scheletro, addirittura in certe spine il citoplasma è ricco di fibrille contrattili (miofibrille) e serve a mantenere l'integrità dell'animale stesso.

Gli **Heliozoa** sono sempre da includere negli Actinopoda ma, a differenza dei radiolari e degli acantari non hanno una capsula chitinosa che divide il citoplasma nelle due parti ecto e endoplasma. Sono essenzialmente di acqua dolce, di forma essenzialmente sferica, a volte con un peduncolo che le fissa al substrato.

Il corpo sferico irradia verso l'esterno un numero elevato di assopodi in ogni direzione come i raggi del sole, da qui il nome Heliozoa.

Gli assopodi sono utilizzati per intercettare particelle alimentari o per catturare piccole prede come rotiferi, copepodi o altre specie di protozoi.

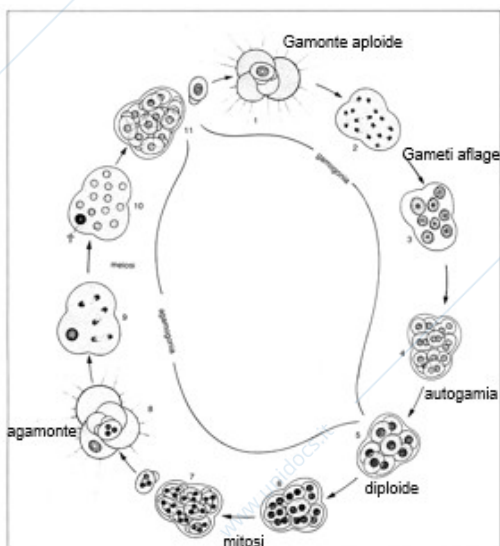
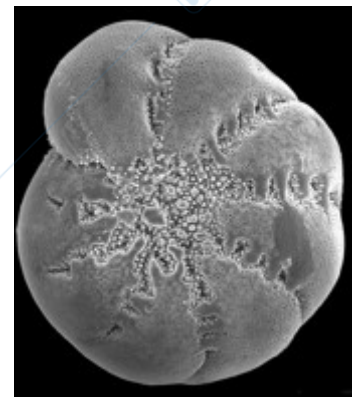


Un modello di riproduzione sessuale particolare che ritroviamo fra gli eliozoi (ma anche gli altri gruppi come ad esempio nei ciliati) è «l'autogamia», un modello di riproduzione che solitamente viene messo in atto in condizioni particolarmente sfavorevoli per cercare di ottenere un nuovo assetto genico a partire dallo stesso organismo iniziale. Un eliozoo adulto forma una cisti protettiva ed al suo interno fa una mitosi; le due cellule entrano ognuna in meiosi generando ciascuna 4 cellule aploidi, tre per ogni linea degenerano e resta una sola cellula aploide per le due cellule iniziali. Queste due si trasformano in gameti che si fondono ristabilendo lo zigote diploide che esce dalla cisti per dare il trofozite libero ma diverso geneticamente da quello iniziale sperando che il nuovo genotipo aiuti la specie ad adattarsi meglio all'ambiente modificato.

GRANULORETICULOSEA

I Granuloreticulosea comprendono due gruppi di protozoi gli Atalamidi ma soprattutto i Foraminifera su questi sarà posta più attenzione.

Questi comprendono più di 50000 specie fra estinte e viventi. Fra le diverse caratteristiche ricordiamo che anche i foraminiferi costruiscono uno scheletro protettivo costituito da una matrice organica su cui si deposita uno strato di carbonato di calcio (nei radiolari e siliceo). Il guscio calcareo può essere formato da una sola camera con una apertura verso l'esterno (foraminiferi monotalamici) oppure formato da più camere unite fra di loro da dei fori (foramina) da qui il nome del gruppo. Il guscio con l'apertura o attraverso numerosi forellini sulla superficie permettono la fuoriuscita di numerosi filopodi o reticulopodi che, oltre al galleggiamento, concorrono alla raccolta del nutrimento. I foraminiferi sono essenzialmente marini e nel corso del tempo gli individui morti che si accumulano sul fondo degli oceani in milioni di anni hanno portato alla formazione di spessi sedimenti che poi si sono trasformati nelle rocce sedimentarie da qui la loro importanza nella datazione delle rocce sedimentarie. Nel mare fanno parte del plancton e sono alla base delle catene alimentari marine. Sono caratteristici per il ciclo vitale aploidiplonte in cui ad una fase diploide segue una aploide alternandosi reciprocamente (vedi di seguito qualche esempio).



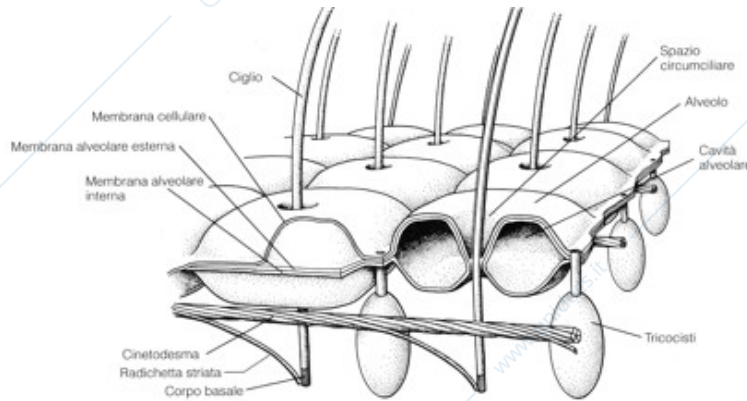
Essi sono un esempio tipico di organismo con ciclo aploidiplonte. Il ciclo inizia con il gamete aploide, nel guscio il nucleo aploide va incontro a successive mitosi ed origina molti gameti aflagellati nell'unico guscio. I gameti aflagellati si fondono per autogamia ristabilendo la condizione diploide. Ogni nucleo diploide si divide due volte formando tanti agamonti diploidi ancora riuniti nel vecchio guscio ed ognuno con 4 nuclei, tre generativi ed uno somatico che occupano camere differenti. Ogni agamonte diploide si accresce e si libera dal vecchio guscio ed i tre nuclei generativi vanno incontro a meiosi generando 12 gamonti aploidi ancora racchiusi nel guscio dell'agamonte originario, il guscio si rompe e libera i gamonti che si accrescono ed il ciclo ricomincia.

Il **Superphylum degli Alveolata** include tre Phyla molto importanti fra i Protisti: *Apicomplexa*, *Ciliophora* e *Dinoflagellata*. Questi tre Phyla sono accominati per un carattere particolare inerente alla presenza, sotto la membrana plasmatica esterna di un sistema di alveoli che aiuta nel mantenere e rinforzare la struttura del protozoo. Gli alveoli altro non sono che delle vescicole che possono essere vuote ma a volte riempite di materiale, ad esempio similcellulosa, come nei Dinoflagellata.

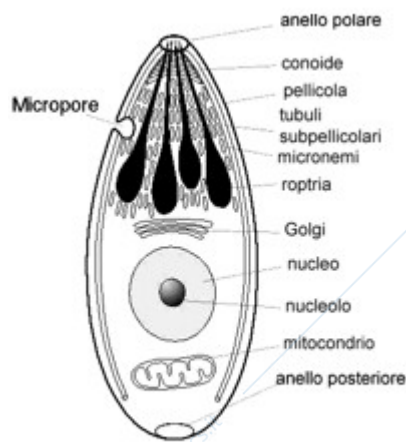
La presenza nel Superphylum Alveolata dei Dinoflagellati giustifica l'abbandono della categoria sistematica dei Mastigophorea all'interno dei Sarcomastigophora.

I vecchi Mastigophorea (Fitomastigophora e Zoomastigophora) includevano anche i Dinoflagellati con i loro alveoli, ma negli altri Mastigophorea (Euglenozoa = Euglenida e Kinetoplastida) non c'è traccia di questa struttura.

Chiaramente i vecchi raggruppamenti erano puramente artificiali, para se non polifiletici, quindi da rifiutare nella moderna sistematica.



PHYLUM APICOMPLEXA



Gli Apicomplexa sono un Phylum estremamente importante perché la maggior parte delle specie sono parassite e fra questi si ricordano i plasmodium della Malaria ed il *Toxoplasma gondii*.

Il nome deriva dal complesso sistema cellulare apicale che i parassiti utilizzano per penetrare all'interno delle cellule dell'ospite.

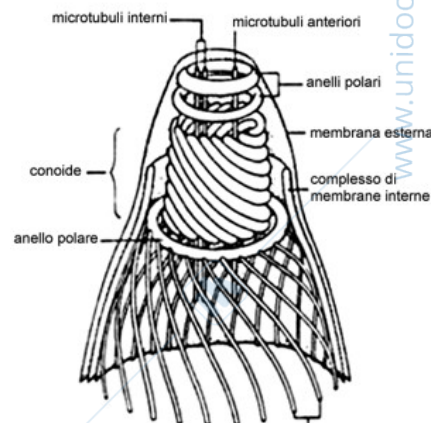
Il ciclo degli Apicomplexa è aplanonte ed alterna fasi di riproduzione asessuale a quella sessuale. I plasmodium utilizzano un ospite vettore (specie di zanzare Anopheles) per passare da un ospite vertebrato (l'uomo) al successivo. In altri casi l'infestazione avviene per ingestione di cisti contenenti le spore con gli sporozoi.

I trofoziti adulti di solito non hanno ciglia o flagelli che invece possono essere presenti nei gameti.

Nella cellula allungata, piriforme sono presenti gli organuli tipici, un grosso nucleo con vistoso

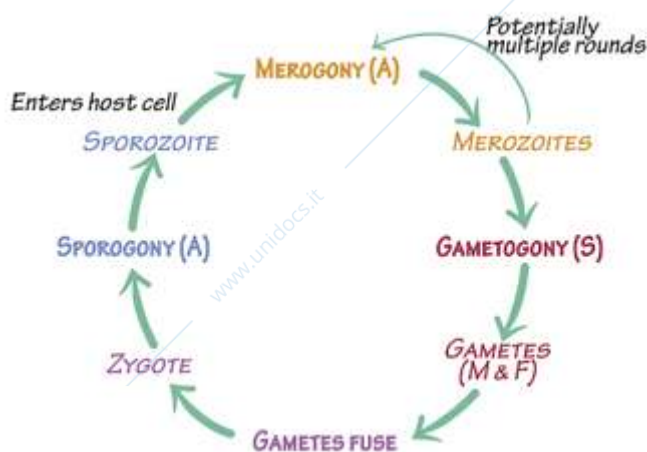
nucleolo, complesso di golgi e RER, mitocondri ecc.

La parete subpellicolare con membrana plasmatica e alveoli è ulteriormente rinforzata da fasci di microtubuli subpellicolari. La parte apicale è costituita da anelli polari (due apicali ed uno basale) e il conoide di microtubuli (fasci di microtubuli disposti a cono). All'interno del conoide sono presenti le roptrie, che sono vescicole piene di enzimi litici che sono usati dalla cellula nella fase di penetrazione nelle cellule dell'ospite. Ulteriori piccole vescicole enzimatiche sono presenti in posizione subpellicolare, i miconemi.



Schema generalizzato del ciclo vitale di un Apicomplexa:

prendiamo come punto di partenza gli SPOROZOITI che entrano nelle cellule dell'ospite; inizia la fase merogonica (detta anche schizogonica) del ciclo, il parassita si moltiplica asessualmente in tanti individui ed alla fine la cellula scoppia (danno provocato all'ospite) liberando i merozoiti (o schizonti) i quali penetrano in altre cellule dove possono ripetere il ciclo merogonico (o



può fare sono mitosi) per aumentare di numero e poi la spermiogenesi per diventare microgametociti. Il gametocita femminile, invece, fa una semplice trasformazione morfologica diventando cellula uovo. Avviene la fecondazione con la formazione dello zigote diploide (**2n, la sola fase diploide del ciclo**) che prende il nome di OOCINETE, per la sua capacità di movimento. L'ocinete contatta l'epitelio intestinale della zanzara e lo attraversa portandosi dalla parte della cavità emocelica dove si ferma fra la membrana basale e l'epitelio digerente stesso. In questa posizione l'ocinete compie la meiosi e origina quattro cellule aploidi (SPOROZOITI) all'interno di una cisti detta OOCISTI. Con la meiosi inizia la fase **SPOROGONICA**. Gli sporozoiti iniziali cominciano a dividersi per mitosi e l'ocisti aumenta le dimensioni finché, piena di sporozoiti si rompe liberandoli. Questi sono mobili e tanti di loro si portano alle ghiandole salivari della zanzara la quale, con il pasto di sangue successivo, li inietta con la saliva in un'altra persona. Gli sporozoiti con il flusso sanguigno arrivano nel fegato dove invadono gli epatociti ed in essi inizia la fase **SCHIZOGONICA**, detta anche *fase eso-eritrocitaria*. Gli schizonti che si liberano ad ogni ciclo penetrano in altri epatociti e così continua per circa 15 giorni (la durata del ciclo nel fegato dipende dalla specie di Plasmodium). Dopo la fase esoeritrocitaria gli schizonti invadono il flusso sanguigno avendo come bersaglio gli eritrociti dove compiono il ciclo schizogonico (o merogonico, è un sinonimo) come in precedenza negli epatociti. La *fase eritrocitaria* è quella che mostra i sintomi classici della malaria come il rialzo termico (altri sintomi: anemia dato che vi sono pochi globuli rossi, inoltre i residui dei globuli rossi scoppiati creano problemi alla funzionalità del rene) quando, in fase fra di loro, i globuli rossi scoppiano liberando gli schizonti (o merozoiti). Questi rientrano nei globuli rossi iniziando o un altro ciclo schizogonico oppure iniziano la fase di **GAMOGONIA** trasformandosi in gametoblasti e poi in gametociti maschili e femminili. Questi sono succhiati dalla zanzara Anopheles ed il ciclo riprende nel vettore.

Delle tre fasi del ciclo di plasmodio la fase **SPOROGONICA** avviene unicamente nell'insetto vettore; la fase **SCHIZOGONICA** avviene solamente nell'uomo mentre la fase **GAMOGONICA** inizia nell'uomo e termina nell'insetto vettore. Dei due ospiti quello principale per convenzione è dove avviene la riproduzione sessuale quindi è la ZANZARA, infatti viene definito come ospite primario.

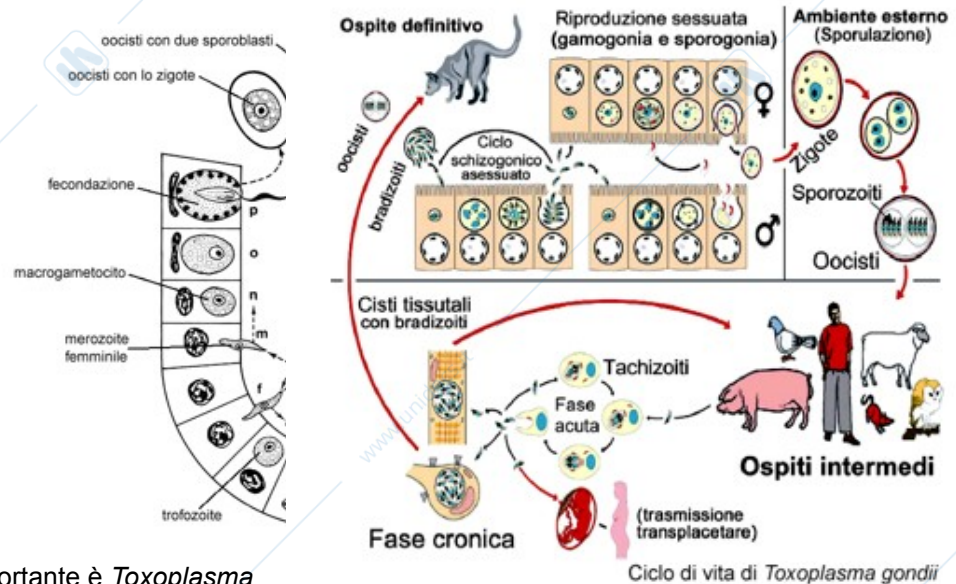
Le specie di *Plasmodium* che interessano l'uomo sono 5: *Plasmodium falciparum* (la forma più pericolosa) *P. vivax*, *P. ovale*, *P. malariae* e *P. knowlesi*.

Nella sintomatologia della malaria i picchi febbrili sono una caratteristica tipica. Dal momento che gli sporozoiti sono iniettati tutti insieme le fasi successive avvengono in sincronia, anche lo scoppio dei globuli rossi con la liberazione degli schizonti. Con la rottura dei globuli rossi sono liberate «sostanze pirogene» che determinano gli attacchi febbrili. La cadenza con cui avvengono gli attacchi sono tipici, ad esempio (schema) con *P. vivax* gli attacchi sono uno ogni tre giorni (terzana maligna), con *P. malariae* ogni quattro giorni (quartana benigna). L'anemia che ne deriva è di tipo emolitico con attacchi acuti proprio durante l'emolisi da rottura per liberare gli schizonti. La forma più grave di malaria è quella provocata da *Plasmodium falciparum*, specialmente quando gli eritrociti infestati arrivano nel circolo cerebrale, dando origine alla malaria cerebrale, con mortalità molto elevata.

2)Coccidia

I Coccidia sono un gruppo di Apicomplexa anche loro parassiti sia di vertebrati che invertebrati. Il ciclo comprende le tre fasi di sporogonia, schizogonia e gamogonia. La sporogonia origina solitamente una oocisti (o zigocisti) che per sporogonia genera fino a 32 spore ognuna contenente da 2 a 8 sporozoiti. L'ospite successivo si infesta ingerendo le oocisti o le spore. Alcune specie sono particolarmente pericolose per gli allevamenti, specialmente di polli, tacchini, conigli ed in poco tempo possono distruggere un allevamento. Il ciclo in un vertebrato inizia con l'ingestione di una oocisti, nell'intestino si liberano gli sporozoiti che penetrano nelle cellule dell'epitelio intestinale. In queste comincia la fase SCHIZOGONICA con la generazione di schizonti i quali penetrano nuovamente in altre cellule e qui possono ripetere la schizogonia oppure prendere la via della fase GAMOGONICA che porta alla formazione dei gameti maschili e femminili. La cellula uovo ospitata in una cellula intestinale viene fecondata con la formazione dello zigote diploide. Quest'ultimo entra in meiosi ed inizia così la fase SPOROGONICA con la formazione di una oocisti contenente spore e sporozoiti in numero variabile a seconda della specie di coccidio. L'ocisti ha una parete resistente anche al disseccamento e può resistere nell'ambiente finché non viene ingerita da un nuovo ospite ove il ciclo riparte.

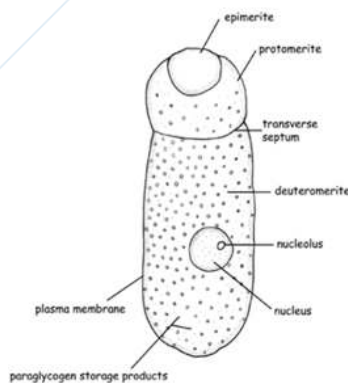
Le specie del genere *Isoospora* infestano diverse specie di vertebrati (cane, gatto, maiale), nell'uomo la sola finora riscontrata è la specie *Isoospora belli*. Il ciclo inizia anche in questo caso con l'ingestione delle oocisti. Questa solitamente contiene due sporocisti ognuna con 4 sporozoit. Questi ultimi penetrano nelle cellule dell'intestino dove inizia la fase **SCHIZOGONICA** che produce **schizonti** (o **merozoiti** sinonimo di schizonti) che penetrano in altre cellule ripetendo il ciclo schizogonico (danno all'intestino) oppure iniziando la fase **GAMOGONICA** con la formazione dei gameti. Avviene la fecondazione dell'uovo con la formazione dello zigote (breve fase diploide) il quale si incista iniziando la fase **SPOROGONICA** con la meiosi e la formazione delle spore con sporozoit. A volte queste fasi iniziano nel vertebrato ma proseguono e terminano nell'ambiente esterno.



Un coccidio particolarmente importante è *Toxoplasma gondii* perché fra gli ospiti intermedi è anche l'uomo. L'ospite abituale è il gatto (o felini) che si infestano mangiando oocisti sporulate all'esterno oppure mangiando prede (es. topi o ratti) che hanno cisti nei loro tessuti (es. muscoli o cervello). Nel gatto il ciclo procede come di norma con una fase **SCHIZOGONICA** nelle cellule dell'intestino (in alto più a sinistra nel disegno), gli schizonti ripetono il ciclo oppure prendono la via **GAMOGONICA** (in alto al centro) con formazione dei gameti e dello zigote da cui parte la fase **SPOROGONICA** (in alto a sinistra). Le cisti raggiungono l'ambiente esterno e qui possono essere ingerite anche da ospiti intermedi uomo compreso. Nella fase iniziale gli sporozoit si riproducono velocemente (detti **TACHIZOITI**) ma in seguito alla risposta immunitaria dell'ospite il parassita passa ad una forma a riproduzione lenta (**BRADIZOITI**) che si incistano in vari tessuti (muscoli o sistema nervoso). Da queste cisti l'infestazione può passare ad un altro animale che si nutre di quello con le cisti di bradizoiti. Nell'uomo il *Toxoplasma gondii* può essere particolarmente pericoloso specialmente nelle donne incinta, il *Toxoplasma* può passare la barriera placentare ed invadere i tessuti del feto provocando danni in particolare al sistema nervoso.

3) Gregarina

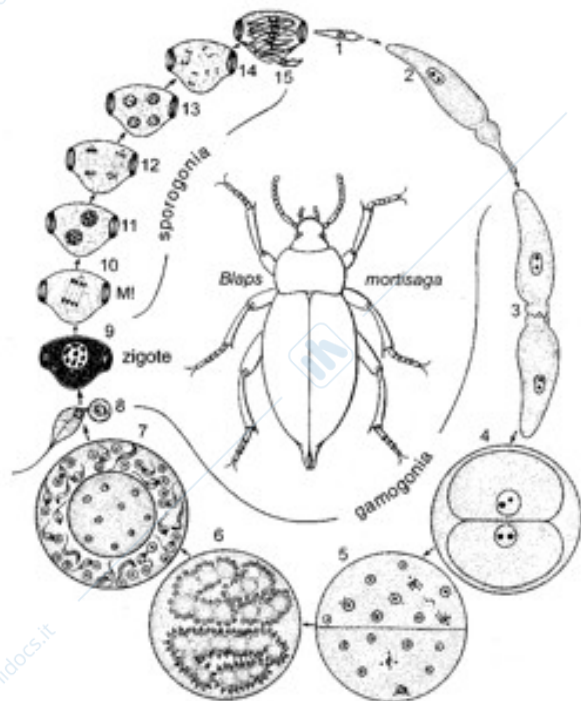
Le Gregarine sono un ulteriore gruppo di Apicomplexa parassiti intestinali di invertebrati, lombrichi ed insetti in particolare. Il trofozoite, originato dagli sporozoit, ha il corpo diviso in due parti, quella anteriore detta **PROTOMERITE** e quella posteriore detta **DEUTOMERITE** che ospita il nucleo. Il protomerite a volte ha una struttura ulteriore all'estremità, l'**EPIMERITE** che si organizza nel complesso apicale per ancorarsi alle cellule epiteliali dell'ospite.



Nel ciclo delle gregarine è caratteristico lo stadio di **GAMONTOGAMIA** conosciuto come **SIZIGIA**. Si ottiene dall'unione di due trofozoiti che si uniscono solitamente protomerite-deutomerite e dei due quello anteriore viene definito «**PRIMITE**», quello che segue è il «**SATELLITE**». Da essi e per successiva trasformazione si origineranno i gameti maschili e femminili.

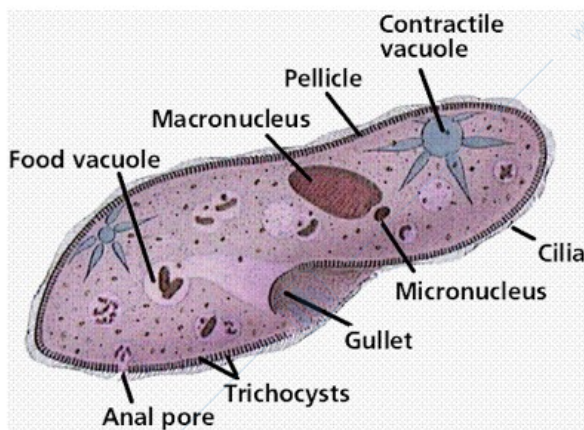
Ciclo di *Stylocephalus longicollis*, gregarina parassita di coleotteri.

I trofoziti si accrescono nutrendosi della mucosa intestinale dell'ospite (1-2) due trofoziti si uniscono in sizigia (in questo caso l'unione è protomerite con protomerite) (3); si forma una cisti (4) in cui nella fase iniziale le parti provenienti dai due trofoziti restano separate nella cisti. Le due parti originano una i gameti maschili l'altra quelli femminili (5-7) (GAMOGONIA). Quando i gameti sono maturi la membrana che li separava si rompe ed i gameti possono fecondarsi con la formazione degli zigoti. Questi, sempre all'interno della cisti, fanno la meiosi ed inizia la fase SPOROGONICA (9-15) con la formazione di spore contenenti gli sporozoit. Le cisti sono liberate nell'ambiente e se ingeriti da un altro ospite la cisti si rompe e libera le spore con gli sporozoit che invadono l'ospite dove si accrescono diventando trofoziti. Da questi il ciclo si ripete.



PHYLUM

Il Phylum di specie acquatici, diventate parte sono Hanno maniera più ciglia. disposte ad



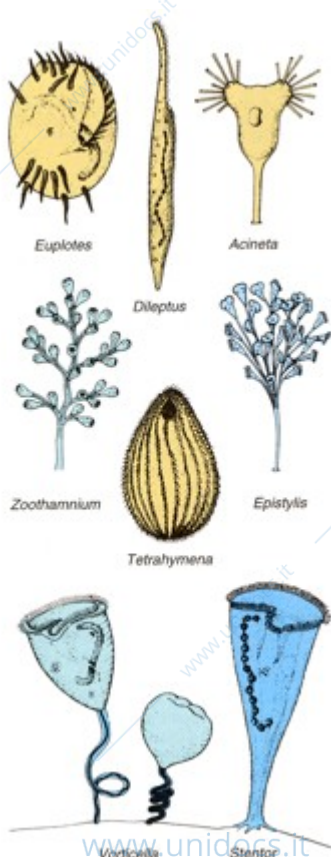
CILIOPHORA

protozoi più grande in assoluto con più di 10000 Vivono in habitat più diversi in particolare in quelli sia marini e di acqua dolce, diverse specie sono commensali e solo alcune parassite. La maggior a vita libera, ma molte sono sessili e/o coloniali. sperimentato molte forme morfologiche ma tutte, in o meno vistosa sono caratterizzate dalla presenza di Queste possono ricoprire tutto il corpo cellulare esempio lungo file ordinate (cinezie) oppure a volte raggruppate a formare cirri, membranelle o ondulanti utilizzati per funzioni varie come il

membrane movimento (**CILIATURA SOMATICA**) o la raccolta di nutrimento. Tutti i ciliati possiedono di base due tipi di nuclei condizione questa definita «**ETEROCARIOTICA**»: il *macronucleo* ed il *micronucleo*. Il numero di entrambi i tipi di nuclei può essere superiore in molte specie. La funzione dei due nuclei è differente. Il macronucleo ha funzione vegetativa (somatica) è trascrizionalmente attivo da esso dipendono i processi vitali della cellula. Durante la coniugazione il macronucleo degenera per poi essere di nuovo formato dal nuovo micronucleo. Il micronucleo invece ha funzione germinativa, durante la vita vegetativa è inerte con la cromatina fortemente compatta; il micronucleo entra in giuoco al momento della «coniugazione» la fase di riproduzione sessuata dei ciliati.

I ciliati, come gli altri Alveolata, possiedono una pellicola costituita dalla membrana plasmatica e dagli alveoli sottostanti ad essa; a questo sistema si aggiunge inoltre la presenza di microtubuli epiplasmatici di ulteriore rinforzo alla pellicola. I corpi basali delle ciglia sono inoltre uniti fra di loro da un complicato intreccio di fasci di fibrille cinetodesmali e fasci di microtubuli trasversali e postciliari la cui funzione è, probabilmente, strutturale. In passato si pensava all'infaciliatura come un sistema di controllo del battito metacronale delle ciglia, ma questo battito si osserva anche nelle Opaline e queste non hanno il sistema di infaciliatura. L'insieme della pellicola e dell'infaciliatura costituisce il «**CORTEX**» dei ciliati. Alternate ai corpi basali delle ciglia possono essere presenti struttura particolari come «tricocisti e toxocisti» organelli di forma ovale che contengono sostanze che sono rilasciate dai ciliati o come funzione offensiva per la cattura di prede (toxocisti) o per difesa e di ancoraggio per il cibo (tricocisti).

I ciliati sono *olozoici* e presentano una regione orale dove è posizionato il citostoma da cui origina il citofaringe che si porta internamente ed all'estremità

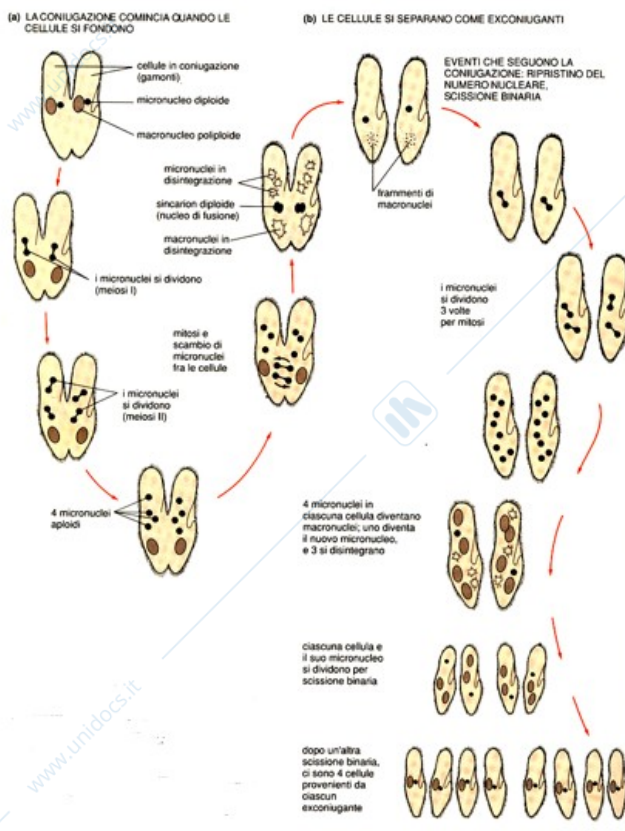


interna si genera il vacuolo alimentare. L'area del citostoma è generalmente circondata da sistemi di membranelle ciliate che convogliano il nutrimento verso il citostoma.

Le modalità riproduttive nei ciliati sono due: asessuale e sessuale. La riproduzione asessuale è per scissione (o fissione) binaria, mentre la riproduzione sessuale, meglio conosciuta come coniugazione, avviene secondo un processo complesso.

La **CONIUGAZIONE** è la riproduzione sessuata nei ciliati e comporta solitamente l'incontro e l'unione temporanea di due individui indistinguibili morfologicamente ma che appartengono a «MATING TYPES» differenti e complementari. Individui dello stesso mating type non possono unirsi in coniugazione. I sistemi che si incontrano nei ciliati possono essere differenti; in certe specie sono presenti solo due tipi di mating types per specie (come nel complesso di specie di *Paramecium aurelia*), altre volte le specie mostrano diversi mating type come risultato di un sistema genetico multiplo (alleli multipli) e non tutti risultano compatibili fra loro. In questi casi quindi il mating type rappresenta una condizione genetica che risulta dalla combinazione di alleli multipli.

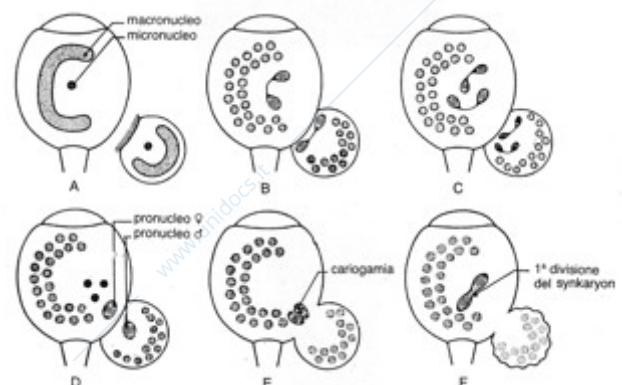
Ogni mating type produce sostanze dette «**FEROMONI**» che aiutano i mating types nel reciproco riconoscimento e solo quando questo riconoscimento reciproco dei mating type **COMPLEMENTARI** ha avuto esito positivo che la coniugazione procede oltre.



Meccanismo: dopo che i mating type complementari si sono riconosciuti le due cellule si uniscono formando fra di esse un ponte citoplasmatico che unisce il citoplasma di entrambi i *coniuganti*. I micronuclei di entrambe le cellule entrano in meiosi producendo 4 micronuclei, dei quattro micronuclei tre degenerano così come degenera il macronucleo, mentre il restante micronucleo aploide si divide mitoticamente e ognuno origina due **NUCLEI GAMETICI** detti rispettivamente stazionario e migrante; il migrante di ogni cellula passa nell'altro coniugante e si fonde (**SINCARION**) con lo stazionario dell'altro. Si è così ricostituita la condizione diploide tipica della specie. Le due cellule si separano ed ognuna prosegue nelle fasi di ricostituzione dei micro e macronuclei. Nello schema della figura il micronucleo si divide successivamente più volte con la formazione di 8 micronuclei di questi tre degenerano, uno resta come micronucleo e quattro si trasformano in macronuclei; questi ultimi saranno distribuiti in altrettante cellule che si formano per scissione binaria mentre il micronucleo si divide e distribuisce ad ogni divisione. Alla fine di questo processo si contano otto cellule.

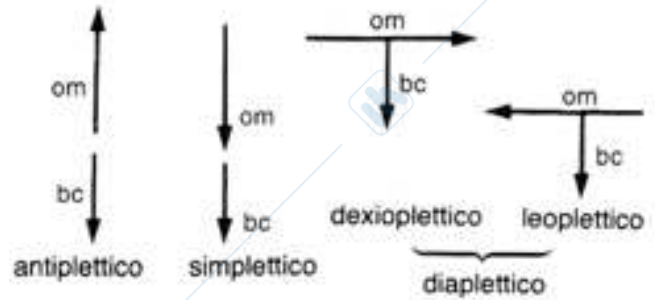
Il significato della coniugazione è prettamente genetico perché quando la coniugazione termina le cellule sono sempre due, come all'inizio della coniugazione ma, rispetto a queste sono geneticamente diverse avendo rimescolato reciprocamente il loro genoma. La coniugazione in questo caso è detta **REVERSIBILE** perché le cellule erano due all'inizio ed alla fine del processo.

Caso particolare della coniugazione è quella che avviene nei ciliati Peritrichi come nel genere *Vorticella*. In questi la coniugazione è **IRREVERSIBILE**. *Vorticella* è un ciliato sessile. Al momento della coniugazione uno dei due coniuganti resta fisso al substrato con il peduncolo mentre l'altro si stacca e, trovato il mating type complementare giusto, entra in coniugazione con esso. Nella prima parte del processo tutto procede come nella coniugazione reversibile vista in precedenza. Il macronucleo degenera ed i micronuclei vanno in meiosi, tre degenerano e ne resta uno per parte che, tuttavia, non fa mitosi e non si formano stazionari e migranti, bensì il nucleo gametico aploide della cellula libera passa direttamente nel citoplasma della cellula sessile e si fonde



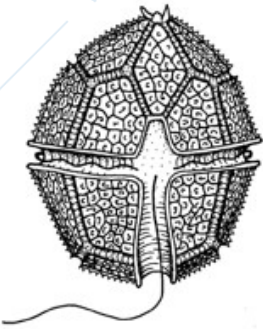
(cariogamia) con il pronucleo di questa ristabilendo la condizione diploide. Il citoplasma della cellula «libera» viene riassorbito da quella sessile. Come risultato finale quindi, il numero di individui di Vorticella che entrano in coniugazione viene ad essere dimezzato, ma la costituzione di un genotipo nuovo ha un peso maggiore per la sopravvivenza della specie.

Il movimento ciliare segue un modello detto «**METACRONALE**» in cui le differenti fila di ciglia battono in maniera coordinata senza che si ostacolino fra di loro. Le onde che si osservano sono come la «ola» che a volte gli spettatori di uno stadio fanno per coreografia all'evento sportivo. Nei ciliati le onde si susseguono una dopo l'altra e possono essere di tipo differente: se l'onda metacronale si muove nella stessa direzione del movimento effettivo del ciliato (battito ciliare) si parla di metacronia **simplettica**; se l'onda procede in senso inverso al movimento si definisce «**antiptettica**»; se invece il senso dell'onda metacronale è ortogonale al movimento è detto **diaplettico** rispettivamente **dexioplettico** se l'onda va a destra, **leoplettico** se va a sinistra.



Nella battuta «efficace», che genera il movimento, il ciglio resta rigido mentre nella battuta di «ritorno» il ciglio si ripiega opportunamente per tornare alla posizione di partenza senza offrire resistenza all'acqua.

PHYLUM DINOZOA



I Dinozoa o Dinoflagellati sono fra i più importanti produttori primari degli oceani, infatti molti sono autotrofi liberi (PLANCTONICI) o in simbiosi con altri protozoi (radiolari policistinea) o di organismi pluricellulari come gli Cnidari Antozoa; in queste ultime sono conosciute con il nome di ZOOXANTELLE.

Il corpo è solitamente coperto da piastre che irrobustiscono la loro struttura corporea. La cellulosa riempie le vescicole dette anfiemi che corrispondono agli alveoli pellicolari. Sono dotati di due flagelli disposti rispettivamente in un solco trasversale detto ANNULUS (solco trasversale) ed in un solco longitudinale detto SULCUS (solco longitudinale).

Spesso formano esplosioni numeriche elevatissime con pigmenti colorati (maree rosse) a volte con la produzione di tossine neurotossiche.

Il cingolo delimita il corpo (teca o armatura) in due parti: una parte superiore detta EPITECA e una parte inferiore detta IPOTECA. Hanno un ciclo riproduttivo abbastanza semplice, perché le cellule vegetative sono aploidi e danno origine a dei gameti che assomigliano allo stato vegetativo della cellula.

Questi gameti si incontrano fra di loro e ristabiliscono il numero diploide e si forma quindi uno zigote che solitamente si incista sotto forma di ipozigote e sta sul fondo del mare o del laghetto in cui si trova, aspettando che passi il periodo sfavorevole in attesa di quello favorevole, una volta che arriva fa sì che la cisti si rompa, l'individuo va incontro a meiosi e forma 4 individui aploidi i quali riprendono la vita vegetativa.

PHYLUM PORIFERA

Il nome Porifera, letteralmente significa «portatori di pori» facendo riferimento alle cellule con pori disposte sulla superficie esterna da cui l'acqua filtra verso l'interno. Generalmente conosciute come «SPUGNE», se ne conoscono circa 9000 specie principalmente marine, circa un centinaio popolano le acque dolci.

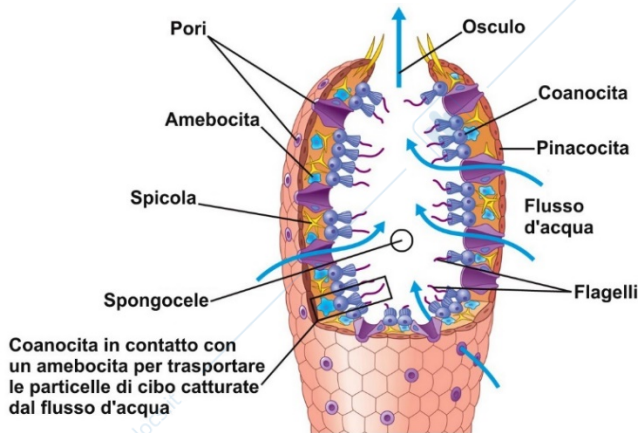
Sono animali filtratori, e da questa attività ottengono gli alimenti che catturano con cellule particolari che rivestono la/cavità interne. Le dimensioni variano da specie a specie, da pochi mm delle specie incrostanti fino alle spugne «giganti» di profondità che possono raggiungere dimensioni di qualche metro. Il colore varia secondo le specie, dal bianco al giallo, arancione, blu, bruno ecc.

I poriferi non hanno ancora raggiunto l'organizzazione propria dei veri metazoi, non hanno veri tessuti o organi e la loro organizzazione è ancora a livello cellulare, tipo una organizzazione coloniale sebbene molto complessa. Infatti gli strati cellulari che si osservano sono il risultato di una «**giustapposizione**» di cellule che non si connettono fra di loro tramite giunzioni cellulari, e non è presente una membrana basale, come negli epiteli veri e propri. Alcuni autori posizionano ancora per le spugne fra i PARAZOA, per distinguerli dal resto dei veri METAZOA.

Le spugne generalmente non hanno una forma del corpo ben precisa, di solito sono asimmetriche, raramente con simmetria più definita di solito raggiata. Molti dei tipi cellulari che si osservano nelle spugne sono totipotenti, ovvero capaci di differenziare tipi cellulari differenti anche a partire da cellule già ben differenziate.

Il tipo cellulare fondamentale da un punto di vista funzionale è il **coanocita**, cellula dotata di un collare microvillato con al centro un flagello, questo battendo genera la corrente necessaria per la filtrazione. Vari coanociti uniti insieme costituiscono il **coanoderma** della/e camera/e interne della spugna.

Le spugne adulte sono sessili, ancorate al substrato, la dispersione delle specie è data dalle forme larvali mobili. Gli strati cellulari principali interno ed esterno sono rispettivamente il «**COANODERMA**» ed il «**PINACODERMA**» senza giunzioni cellulari e membrana basale. Fra questi due strati è interposto il «**MESOILO**» variabile nello spessore ed includente altri tipi cellulari e di solito gli elementi scheletrici di sostegno della spugna stessa.



Anatomia della spugna:

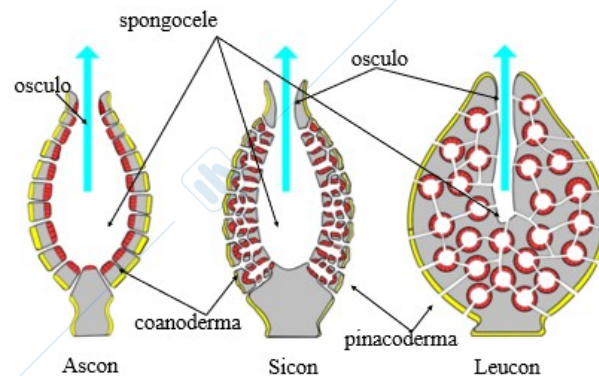
La spugna presenta uno strato cellulare esterno, il **PINACODERMA**, costituito da cellule appiattite di forma poligonale, i **PINACOCITI**, che si sovrappongono le une con le altre alla loro periferia. Inframezzate alle cellule di pinacoderma ci sono i **POROCITI**, cellule particolari con un poro che le percorre per tutta la lunghezza e che collega la parte esterna della spugna con la cavità interna detta **SPONGOCELE**. La cavità spongocele è tappezzata dai **COANOCITI**, e tutti insieme formano il **COANODERMA**. I coanociti hanno una morfologia particolare, il corpo

cellulare forma un collare di microvilli con al centro un flagello. Il battito del flagello di tutti i coanociti del coanoderma crea una corrente di acqua che entrando attraverso i porociti passa nello spongocele e fuoriesce all'esterno attraverso l'apertura generale della spugna detta **OSCULO** creando così una depressione e l'acqua è costretta ad entrare grazie ai pori.

La corrente d'acqua creata dal coanoderma porta all'interno della spugna particelle alimentari che sono raccolte per fagocitosi e pinocitosi dai coanociti, da questi passati agli AMEBOCITI (altro tipo cellulare) e da questi poi trasferiti ad altri tipi cellulari presenti nel mesoilo.

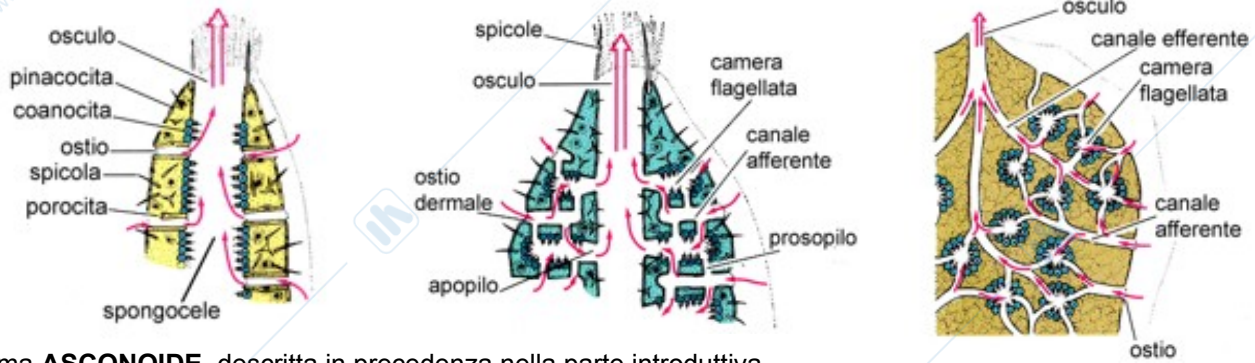
Il mesoilo contiene altri tipi cellulari fra cui Amebociti (anch'esse totipotenti ma in questa forma fanno da tramite tra i coanociti e le altre cellule del mesoilo), ARCHEOCITI (cellula totipotente per eccellenza), e tutti i tipi cellulari che edificano lo scheletro che sorregge la spugna.

Inoltre troviamo anche gli sclerociti ovvero cellule che edificano l'impalcatura di spicole scheletriche calcaree o silicee che sorreggono la spugna; collenciti, uno fra i tipi cellulari che producono le fibre di spongina. Sono presenti anche i nefrociti, cellule che eliminano i cataboliti azotati sotto forma di composti di ammonio eliminati con il flusso d'acqua. Lo **scheletro che sorregge le spugne** può essere organizzato in modo differente, secondo i gruppi di spugne che si considerano. Lo scheletro presente nel mesoilo è costituito da spicole di **silice** o di **carbonato di calcio**. Le spicole che costituiscono lo scheletro possono avere forme e dimensioni differenti e lo studio della forma è di aiuto nella classificazione delle spugne. In molte spugne lo scheletro può essere misto, fatto di spicole ma anche di fibre di spongina, una sostanza proteica simile al collagene. In molte spugne lo scheletro è costituito interamente da fibre di spongina, senza le spicole calcaree o silicee. Queste spugne hanno un interesse commerciale perché usate come spugne nei bagni di casa, per questo in certe località sono allevate e commercializzate.



Nella evoluzione delle spugne la condizione fisiologica che è stata implementata è la loro capacità filtrante. Una migliore filtrazione significa un maggior apporto di nutrienti, di ossigeno, una migliore capacità «escretoria» ecc., per questo la parte filtrante, costituita dal COANODERMA e dai canali ad esso collegati, è quella che ha subito il maggior incremento. I tre modelli che si ritrovano nelle spugne sono tre: **Ascon**, **Sicon** e **Leucon**.

Passando dal modello Asconoide ai due successivi (Sicon e Leucon) a parità (più o meno) del volume totale aumenta la superficie di filtrazione del coanoderma (schematizzata in rosso). Si ha un migliore sfruttamento del volume occupato sia dal mesoilo e dello spongocele, la cavità del corpo che diminuisce a favore delle camere filtranti.



La forma **ASCONOIDE**, descritta in precedenza nella parte introduttiva, mantiene uno spongocele ampio e un osculo ben preciso, il coanoderma ricopre la parete interna dello spongocele. La corrente d'acqua segue lo schema semplice indicato dalle frecce rosse dello schema.

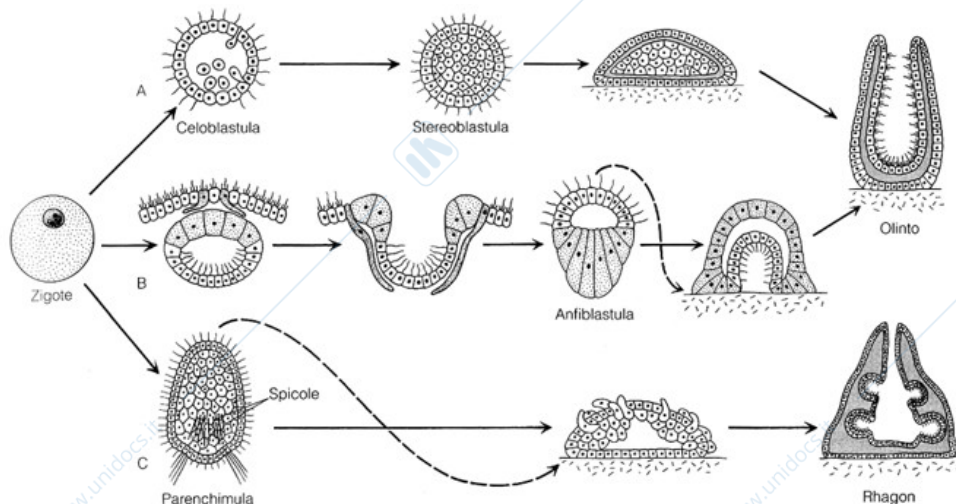
Nel modello **SICONOIDE** le camere coanocitarie (dette anche flagellate) invadono il mesoilo come invaginazioni digitiformi, lo spongocele diminuisce in volume pur restando ancora un'ampia cavità interna. Il percorso dell'acqua diventa più sinuoso entrando nelle camere coanocitarie attraverso osti dermali (che corrisponde al porocita) e canali afferenti e prosopili (canali laterali che collega una camera coanocitaria all'altra) ed entrando nello spongocele attraverso un canale detto apopilo.

Nel modello **LEUCONOIDE** considerato il modello più efficiente, come si vede dallo schema lo spongocele è praticamente sostituito da camere flagellate e dal mesoilo; il percorso dell'acqua, che entra da osti sulla superficie della spugna, segue un intricato sistema di canali in cui alcuni sono definiti **AFFERENTI**, quelli che portano l'acqua verso le camere flagellate ed **EFFERENTI** che convogliano l'acqua verso canali più grandi verso l'esterno. Nel modello Leuconoide non si ritrova più un solo osculo grande, ma più osculi sulla superficie attraverso cui l'acqua ritorna all'esterno.

La riproduzione delle spugne può essere **sessuale** ma può intervenire anche la riproduzione **asessuale**. Le spugne sono generalmente ermafrodite, un singolo individuo produce sia cellule uovo che spermatozoi.

La totipotenza dei tipi cellulari già differenziati è una caratteristica tipica delle cellule delle spugne. Durante la fase riproduttiva camere coanocitarie si trasformano in camere spermatiche dove i coanociti prendono la via della spermatogenesi trasformandosi in spermatozoi che saranno poi liberati nell'ambiente ed entrano in un'altra spugna con la corrente inalante, qui se sono riconosciuti come appartenenti alla stessa specie gli spermatozoi intercettati dai coanociti vengono fagocitati (ma non digeriti), il coanocita si trasforma in cellula di trasferimento diventando ameboide, entra nel mesoilo e trasferisce alla cellula uovo lo spermatozoo. Le cellule uovo generalmente si formano dagli **AMEBOCITI** (o archeociti scritto sulle sbobine) che per aumentare il vitello interno inglobano Trofociti come riserve alimentari.

Lo zigote origina una larva che è planctonica e rappresenta la forma di dispersione delle spugne.



Lo zigote ottenuto con la fecondazione può originare larve differenti a seconda delle specie. Sono tre le vie di sviluppo osservate:

- A) Lo zigote si trasforma in una blastula inizialmente cava che poi, per introggressione, diventa una stereoblastula piena ciliata che si fissa al substrato e metamorfosa in un «olinto» (giovane spugna).
- B) Lo zigote forma una larva con flagelli diretti internamente (Spugne Calcaree); in questa larva si forma un'apertura attraverso cui avviene l'inversione delle cellule, quelle flagellate interne si portano esternamente formando una larva detta «ANFIBLASTULA» la quale, essendo lecitotrofica nuota per poco nell'ambiente ma poi, come tutte le altre larve, cerca un posto adatto sul substrato in cui fissarsi. L'anfiblastula si fissa al fondo per mezzo dei flagelli ed in seguito metamorfosa originando un olinto, piccola spugna.
- C) Lo zigote origina una larva detta «PARENCHIMULA» (maggior parte delle Demosponge) una stereoblastula con cellule flagellate esterne, ed internamente con già differenziati diversi tipi cellulari; l'anfiblastula si porta al substrato e qui metamorfosa in uno stadio precoce di spugna detta «RHAGON»

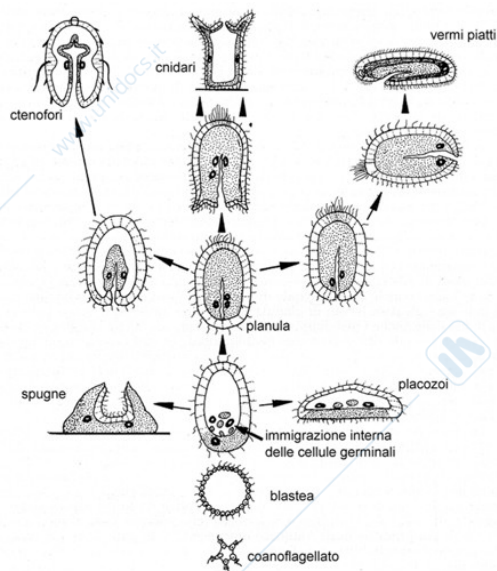
Le spugne hanno grandi capacità di rigenerazione grazie alla totipotenza di molti dei suoi tipi cellulari, se una spugna è tagliata in più parti ogni parte si accresce e genera un'altra spugna. Inoltre, una spugna è in grado di produrre delle «GEMME», formazioni che includono Archeociti e Amebociti; le gemme si staccano dal corpo della spugna madre e generano nell'ambiente nuove piccole spugne. In condizioni ambientali sfavorevoli nel mesoilo possono essere formate le «GEMMULE» costituite da un gruppo di archeociti circondati da spicole e spongina; le gemmule vengono rilasciate nell'ambiente e presentano un micropilo attraverso cui escono gli archeociti quando le condizioni tornano favorevoli generano una nuova spugna.

Il Phylum Porifera include quattro Classi:

- 1) **Calcarea**, circa l'8% delle spugne. Solitamente di piccole dimensioni con spicole calcaree; possono presentare tutti e tre i modelli di struttura, ascon, sycon e leucon.
- 2) **Demosponge**, classe più grande in assoluto, includendo circa l'84% di tutti i poriferi. La struttura è prevalentemente di tipo leucon con spicole silicee (posseggono da uno a 4 raggi non disposti ad angolo retto); lo scheletro può essere in molte specie solo di fibre di spongina.
- 3) **Sclerosponge**, Separate solo recentemente dalle Demosponge in genere non presentano spicole, la struttura è prevalentemente di tipo Leucon.
- 4) **Hexactinellida**, rappresentano circa il 7% delle spugne. Lo scheletro è costruito con spicole silicee consistenti in 6 raggi che si intersecano ad angolo retto da cui la denominazione di «spugne vitree». La struttura generale è di tipo Sycon o Leucon.

Verso i metazoi —► I protisti, pur con qualche eccezione hanno dimensioni limitate, dettate dalla funzionalità legata al rapporto fra il volume e la superficie di scambio con l'esterno. Se il volume aumenta il suo incremento è al «cubo» mentre la superficie aumenta del «quadrato», quindi qualsiasi aumento volumetrico in grandezza della cellula deve essere sempre relazionato alla superficie di scambio ottimale per le esigenze fisiologiche e metaboliche della cellula. E' lecito supporre che nel corso dell'evoluzione i protisti abbiano cercato di aumentare le dimensioni non solo nel senso volumetrico di un singolo individuo ma aggregandosi fra loro, rispettando sempre il rapporto ottimale volume/superficie anche negli aggregati o colonie. La progressiva integrazione fra gli individui della colonia fra di loro, e la loro successiva diversificazione per lo svolgimento di compiti specifici avrebbe portato a forme di aggregazione altamente differenziate, preludio nella evoluzione degli organismi pluricellulari.

E' difficile anche solo immaginare quando e quanti tentativi del genere si siano verificati, molte delle ipotesi proposte per spiegare i «primi passi» degli organismi pluricellulari sono ancora oggetto di dibattito e speculazione. Tuttavia si può ragionevolmente supporre che questi «primi passi» siano avvenuti in arco di tempo compreso fra i 700 milioni e un miliardo di anni fa ma non c'è ancora una visione comune su che tipo di organismo sia stato il progenitore dei metazoi.



Fra le varie teorie formulate due sembrano avere trovato un certo apprezzamento fra gli evolucionisti: «**ipotesi coloniale**» e «**ipotesi del sincizio cellulare**».

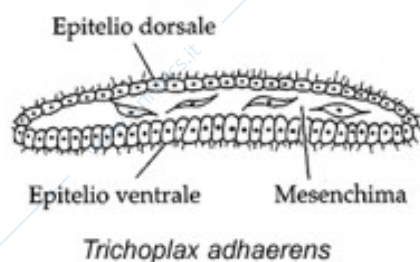
I fautori dell'ipotesi coloniale ipotizzano che un organismo metazoico primordiale abbia avuto origine con la formazione di una colonia cava di protisti flagellati che si organizzarono a formare una sfera cava con i flagelli battenti verso la parte esterna della colonia. Haeckel nel 1872 ipotizzava un organismo del genere e lo chiamò «BLASTEIA» simile alla blastula che caratterizza uno degli stadi di sviluppo dei metazoi. A questo stadio evolutivo di BLASTEIA, secondo l'ipotesi originaria di Haeckel seguiva lo stadio di GASTREA che si originava da una invaginazione di cellule verso l'interno.

Per questo stadio successivo Haeckel prendeva spunto dalla constatazione che stadi di sviluppo successivi alla blastula (la gastrula) in certi organismi più primitivi, come i celenterati (Cnidaria) somigliano alla gastrea. Altri evolucionisti successivamente corressero quest'ultima idea di «gastrea» perché anche nei metazoi più primitivi, proprio i

celenterati, la formazione della gastrula non avviene per invaginazione ma per mezzo di una proliferazione cellulare che riempie la cavità della blastula; si forma quindi un organismo con la cavità interna piena di cellule che somiglia molto alla PLANULA degli Cnidaria. Da questo organismo inizialmente a simmetria raggiata avrebbero preso origine gli Cnidaria e poi, successivamente con il passaggio ad una simmetria bilaterale prima i plattelminti e da questi il resto dei metazoi.

Organismi simili ai COANOFAGELLATI potrebbero avere avuto un ruolo importante nella formazione di questi metazoi primordiali; le cellule dei coanoflagellati attuali sono praticamente identiche ai «COANOCITI» che compongono lo stato di coanoderma che tappezza le camere interne delle spugne.

Nell'ipotesi sincizio-plasmodiale il progenitore dei metazoi era un ciliato plurinucleato che, mediante processi di divisioni citoplasmatica hanno cellularizzato il sincizio in uno strato esterno (ectoderma) e in una massa di tessuto interno (endoderma) originando un organismo tipo un piccolo verme turbellario acele. Questa teoria non ha avuto molto seguito soprattutto perché partendo da un organismo simile ad un plattelminta turbellario con simmetria bilaterale esclude dalle fasi iniziali gli organismi con simmetria raggiata (Cnidari) o dovrebbe far ipotizzare che questi ultimi derivino da organismi bilaterali. Inoltre nello sviluppo di certe specie di Plattelminti Turbellari Aceli lo zigote cellularizza e poi alcune cellule possono andare incontro a fusione di membrane con la formazione di un sincizio, ma non si osserva mai il contrario.



PLACOZOA

Nella ricerca di organismi semplici che possano aiutarci a fare luce sulle caratteristiche morfologiche e fisiologiche possedute dagli organismi all'inizio della storia evolutiva dei metazoi alcuni organismi hanno attratto l'attenzione dei ricercatori fra questi i Placozi. Di questo gruppo di organismi sono conosciute soltanto due specie *Trichoplax adhaerens* e *T. reptans*. Sono organismi di piccole dimensioni, circa 3 mm con una organizzazione morfologica molto semplice, fra le più semplici nei Metazoi.

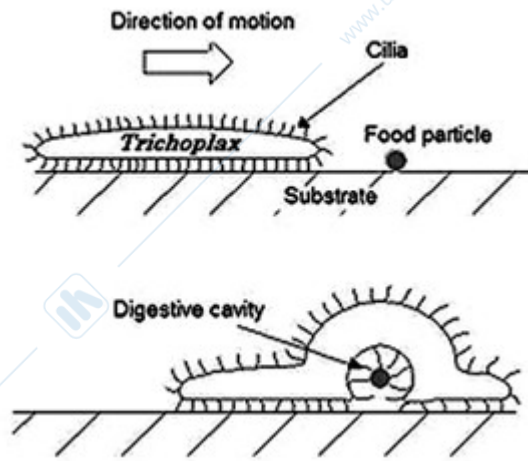
I Placozi sono organizzati nella forma di una vescicola appiattita dorso

ventralmente con due epiteli ciliati, dorsale e ventrale. Fra i due uno spazio stretto occupato da poche altre cellule connesse fra loro e con gli epiteli dorsale e ventrale da sottili prolungamenti citoplasmatici.

La riproduzione è asessuale tramite la divisione del corpo in due parti (scissione binaria), anche la riproduzione sessuale è stata osservata e si pensa che lo sviluppo sia di tipo partenogenetico.

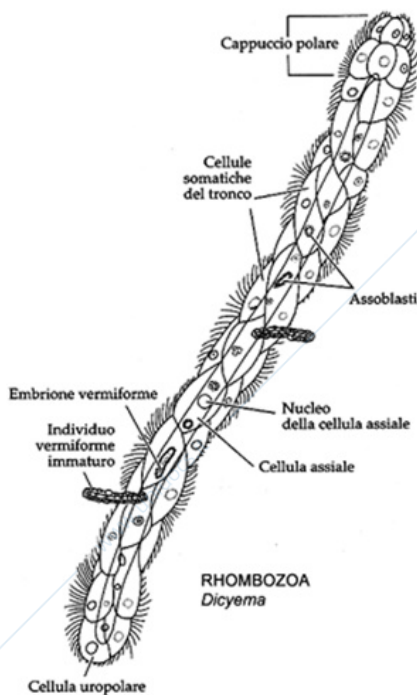
L'epitelio dorsale è costituito da cellule appiattite alcune delle quali ciliate; fra queste sono presenti cellule contenenti grossi vacuoli lipidici, probabilmente sostanze di riserva. L'epitelio ventrale è più ricco di tipi cellulari comprendendo cellule ghiandolari contenenti enzimi per la digestione esterna di materiale o piccole prede; sono presenti anche cellule mucose e cellule ciliate per la locomozione dell'organismo.

Alimentazione: l'animale si muove sul substrato e quando incontra una particella alimentare la ingloba in una cavità digestiva in cui riversa enzimi digestivi delle sue cellule digestive. La digestione è esterna ed il materiale digerito viene recuperato per fagocitosi o pinocitosi dai «microvilli» o digitazioni delle cellule dell'epitelio ventrale.



MESOZOI

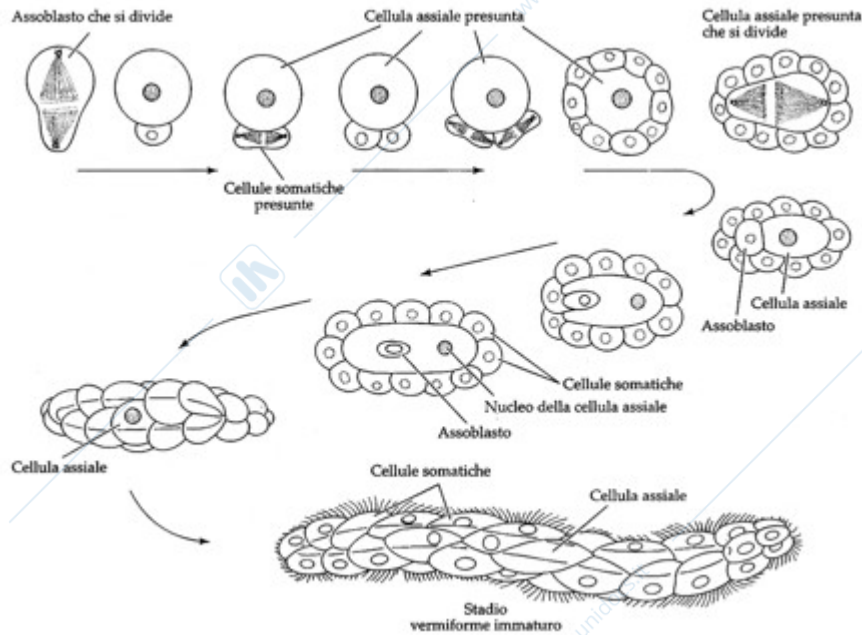
Anche i Mesozoi hanno attirato l'attenzione degli zoologi evuzionisti per la semplicità del loro corpo. I Mesozoi raggruppano una cinquantina di specie di organismi pluricellulari solitamente ospiti dell'apparato riproduttore di cefalopodi (polpi, seppie e calamari) o echinodermi (ricci e stelle di mare). La loro origine è ancora discussa e secondo molti zoologi potrebbero rappresentare forme regredite di Platelmini. Comprendono due gruppi principali: *RHOMBOZOA* e *ORTHONECTIDA*.



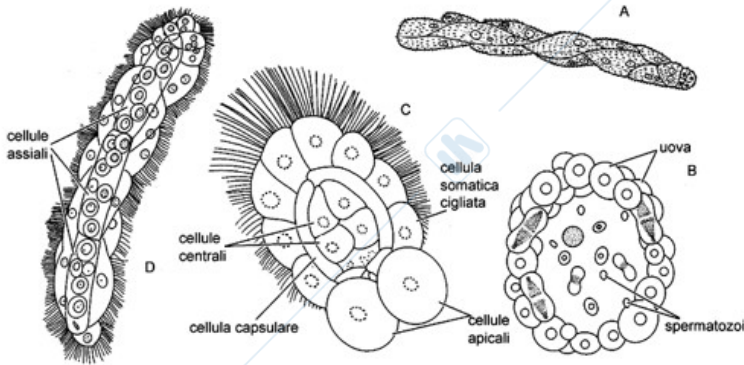
I ROMBOZOI sono ospiti parassiti di molti invertebrati in particolare polpi e seppie dove si localizzano al livello degli epitelii degli organi escretori o delle gonadi. Da adulti misurano 4-5 mm e sono costituiti da una cellula assiale (a volte 3) circondata da cellule somatiche ciliate che ricoprono quella assiale con un andamento spirale. A una estremità portano un «cappuccio polare», un gruppo di cellule con cui contattano gli epitelii dell'ospite per trarne nutrimento per fago-pinocitosi. All'interno della cellula assiale sono presenti «ASSOBLASTI», cellule da cui originano per riproduzione asessuale giovani «nematogeni» che vengono rilasciati nei tubuli nefridiali dell'ospite. I Rombozoi si riproducono anche sessualmente trasformandosi per questo in individui detti ROMBOGENI.

Fasi della riproduzione asessuata: gli assoblasti presenti nella cellula assiale iniziano a dividersi in modo asimmetrico originando due cellule di differente grandezza, quella più grande diventerà la futura cellula assiale mentre la più piccola si dividerà più volte originando le cellule somatiche ciliate. Quando queste avranno coperto interamente la cellula assiale quest'ultima si dividerà mitoticamente in due cellule, una sarà la cellula assiale mentre l'altra, inglobata dall'assiale, originerà i futuri assoblasti.

Il giovane verme sarà liberato nella cavità renale dell'ospite dove completerà l'accrescimento.

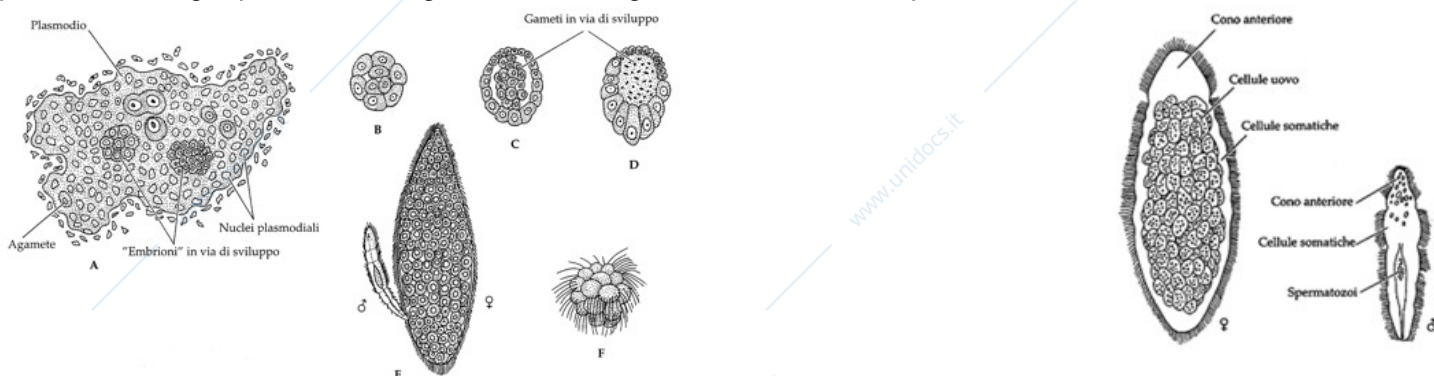


Riproduzione sessuata: quando i reni dell'ospite sono sovraffollati di nematogeni adulti si pensa che segnali emessi da questi stessi inducono il differenziamento sessuale che porta alla formazione di «ROMBOGENI» (A nella figura), ovvero individui in grado di produrre materiale vitellino e glicogeno che permetterà agli assoblasti di trasformarsi in «INFUSORIGENI» (B nella figura). Gli assoblasti, infatti, si dividono e formano una strato esterno di uova ed una massa interna di spermatozoi. I gameti si incontrano, si fecondano e lo zigote origina una «larva ciliata infusoriforme» (C nella figura) che fuoriesce dal rombogeno e con le urine viene portata nell'ambiente all'esterno. La larva infusoriforme passa un tempo non ben precisato nell'ambiente esterno poi, non si sa come, riesce ad entrare in un nuovo ospite e qui si sviluppa come un nematogeno con 3 cellule assiali (D nella figura) che con gli assoblasti producono nuovi nematogeni con una sola cellula assiale.



Gli ORTONETTIDI comprendono una decina di specie parassite nelle gonadi di anellidi marini, molluschi e soprattutto echinodermi (Stelle serpentine, stelle e ricci di mare). La forma parassita adulta nelle gonadi dell'ospite è rappresentata da una forma plasmodiale (A nella figura) che si riproduce asessualmente frammentando il corpo plasmodiale in più parti. Gli Ortonettidi si riproducono anche sessualmente; in seguito ad uno stimolo ambientale nella forma plasmodiale inizia il differenziamento di cellule a partire dai nuclei che si circondano di citoplasma e di membrana plasmatica (A in figura). Queste cellule definite «AGAMETI» vanno incontro a fasi di divisione che portano alla formazione di «stadi embrionali». Questi stadi embrionali differenziano cellule ciliate esternamente che avvolgono cellule interne non ciliate che differenzieranno i futuri gameti (B-D nella figura). Questi stadi embrionali lasciano la forma plasmodiale e diventano maturi sessualmente prima di lasciare l'ospite e disperdersi nell'ambiente come forme planctoniche maschili e femminili di differente dimensioni (E in figura). Maschie e femmine vengono in contatto ed i maschi, più piccoli, riversano gli spermatozoi all'interno della femmina che contiene molte uova. Queste ultime fecondate formano gli zigoti da cui origineranno larve ciliate (F in figura); queste ultime escono dalla madre e andranno alla ricerca di un nuovo ospite in cui perderanno le ciglia periferiche ed ogni sua cellula originerà altrettante forme plasmodiali.

Gli ORTONETTIDI comprendono una decina di specie parassite nelle gonadi di anellidi marini, molluschi e soprattutto echinodermi (Stelle serpentine, stelle e ricci di mare). La forma parassita adulta nelle gonadi dell'ospite è rappresentata da una forma plasmodiale (A nella figura) che si riproduce asessualmente frammentando il corpo plasmodiale in più parti. Gli Ortonettidi si riproducono anche sessualmente; in seguito ad uno stimolo ambientale nella forma plasmodiale inizia il differenziamento di cellule a partire dai nuclei che si circondano di citoplasma e di membrana plasmatica (A in figura). Queste cellule definite «AGAMETI» vanno incontro a fasi di divisione che portano alla formazione di «stadi embrionali». Questi stadi embrionali differenziano cellule ciliate esternamente che avvolgono cellule interne non ciliate che differenzieranno i futuri gameti (B-D nella figura). Questi stadi embrionali lasciano la forma plasmodiale e diventano maturi sessualmente prima di lasciare l'ospite e disperdersi nell'ambiente come forme planctoniche maschili e femminili di differente dimensioni (E in figura). Maschie e femmine vengono in contatto ed i maschi, più piccoli, riversano gli spermatozoi all'interno della femmina che contiene molte uova. Queste ultime fecondate formano gli zigoti da cui origineranno larve ciliate (F in figura); queste ultime escono dalla madre e andranno alla ricerca di un nuovo ospite in cui perderanno le ciglia periferiche ed ogni sua cellula originerà altrettante forme plasmodiali.

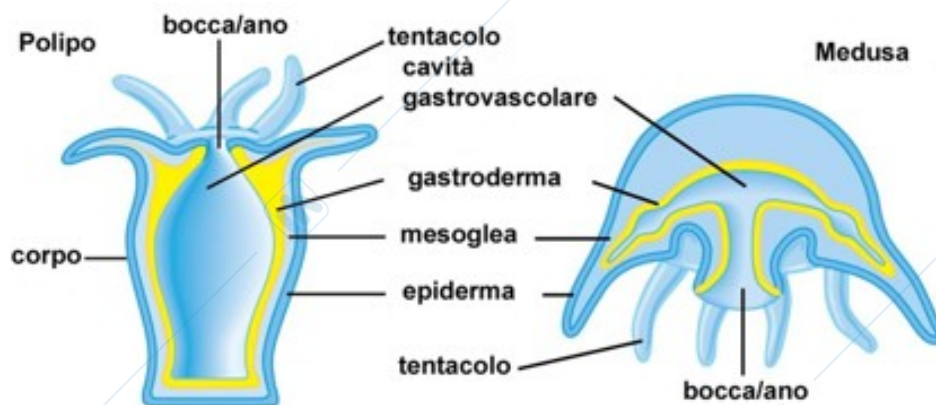


CNIDARIA

Gli Cnidaria sono il primo gruppo di Metazoi, animali in cui gli epiteli sono **VERI EPITELI** con le cellule connesse fra loro da giunzioni cellulari e sorretti da membrane basali. Al gruppo appartengono specie marine ben conosciute come le anemoni di mare, coralli e soprattutto le meduse. L'incontro con queste ultime molte volte non è piacevole perché, fra le caratteristiche di questi organismi, la più importante è il possesso di cellule urticanti che, se incontrate quando si fa il bagno in mare, sono urticanti e producono a volte forti e vistose irritazioni sulla cute. Certe specie, come le cosiddette «vespe di mare» appartenenti al genere *Chironex* hanno un veleno molto potente tanto da essere letale. Agli Cnidaria appartengono tutti quei gruppi di costruttori di coralli che nel tempo hanno edificato le imponenti barriere coralline dei mari tropicali, barriere di importanza incredibile perché luoghi hotspot di biodiversità.

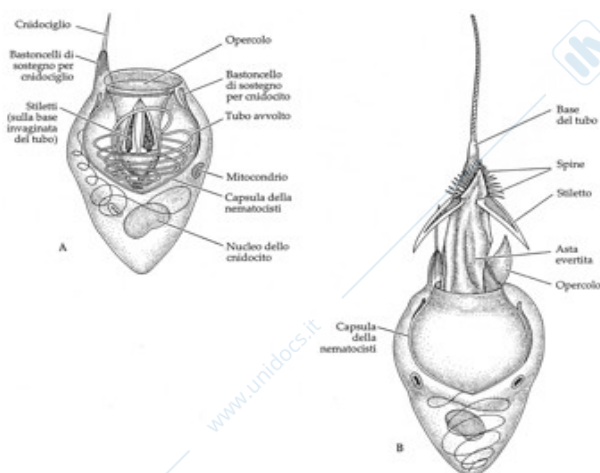
Dal punto di vista strutturale gli Cnidari sono ad un livello organizzativo di base ai metazoi. Il piano strutturale su cui sono costruiti è **DIBLASTICO** e consiste di soli due epiteli, uno esterno l'**ECTODERMA**, ed uno interno l'**ENDODERMA**. Fra i due non c'è un terzo foglietto cellulare ma solitamente uno strato più o meno spesso di natura gelatinosa (non cellulare) definito **MESOGLEA**; a volte in alcuni testi la mesoglea viene definita «mesenchima» «con qualche cellula sparsa» ma mai con un tessuto cellulare. I due foglietti epiteliali ecto e endodermico, come già ricordato sono veri epiteli per cui gli cnidari a buona ragione sono dei metazoi.

Gli cnidari si presentano in generale secondo due forme strutturali principali: il **POLIPO** e/o la **MEDUSA**. A volte, come negli **ANTOZOA** il polipo è la sola forma presente; nei **MEDUSOZOA** (insieme degli **IDROZOI**, **SCIFIZOI** e **CUBOZOI**) le due forme di polipo e medusa si alternano nel ciclo vitale **METAGENETICO**.



Gli cnidari sono i soli animali a mostrare una vera simmetria raggiata, perlomeno alcuni di loro; altri più che una simmetria raggiata mostrano una simmetria biraggiata o quadriraggiata visibile specialmente nelle specie di Antozoi; molte specie sono fisse substrato (con la forma a polipo) altre sono natanti (meduse) ma in entrambi l'asse principale del corpo è un asse oro-aborale.

Il nome del Phylum (**CNIDARIA**) deriva da un tipo cellulare particolare che essi possiedono, lo **CNIDOCITA**. Questa è la cellula urticante che gli cnidari utilizzano per catturare le loro prede o per difendersi dai predatori.



Lo **CNIDOCITA** è la cellula caratteristica degli cnidari, la cellula urticante. La cellula urticante è posizionata nell'epitelio in mezzo alle altre cellule dell'epiderma e sporge esternamente mostrando lo cnidociglio e l'opercolo. Lo cnidocita ha al suo interno la cosiddetta «**NEMATOCISTI**», una vescicola che contiene un filamento avvolto su se stesso con una punta penetrante ad una estremità e, solitamente, una vescicola con il veleno all'estremità opposta. Lo cnidociglio, posto sulla superficie esterna dello cnidocita, è, in pratica, il dispositivo «sensorio» che, opportunamente stimolato determina lo scoppio della nematocisti. Questa esce forza l'opercolo ed evagina il filamento urticante cavo che penetra con la punta ed inietta il veleno nella preda o nel predatore. La figura (A) mostra un cnidocita integro, in (B) un cnidocita esploso. Ogni cnidocita esploso non può rigenerare ed il suo posto viene

rimpiazzato da un nuovo cnidocita che si origina da una cellula interstiziale. L'incontro casuale con una medusa urticante determina lo scoppio di centinaia o migliaia di cnidociti, da qui le vistose irritazioni cutanee che possono determinare.

L'unica cavità del corpo è la cavità «**GASTROVASCOLARE**» di origine endodermica e rappresenta lo stomaco-intestino degli cnidari. Non hanno un'apertura anale, per cui l'apertura della cavità gastrovascolare funziona sia da bocca che da ano. La forma della cavità varia a seconda della complessità dei vari cnidari, da una semplice cavità sacciforme come nella semplice IDRA ad una cavità con ramificazioni come si può osservare nelle meduse.

La morfologia del corpo degli cnidari varia secondo le due forme di polipo e di medusa; entrambe le forme sono senza un «capo» definito; nella struttura del corpo degli cnidari non sono presenti organi o sistemi per la circolazione, la respirazione o l'escrezione. Queste attività sono svolte o attraverso la superficie esterna o interna del corpo. Manca anche un sistema nervoso centralizzato ma è presente una rete nervosa epidermica e una gastrodermica (più semplice) interconnesse fra loro; sono presenti cellule sensorie bipolari o multipolari ed organi sensori peculiari (statoctisti e macchie oculari) come nelle meduse.

La componente muscolare può essere organizzata in modo differente a seconda delle specie e della loro complessità. Ad esempio nella semplice idra si parla di cellule mioepiteliali di origine sia ectodermica che endodermica. Nei grossi e carnosissimi polipi degli Antozoi la muscolatura è organizzata in fasci separati nei setti faringei mentre nelle meduse la subombrella è tappezzata di fibre striate.

La riproduzione avviene sia sessualmente che asessualmente. Nei medusozoa (Idrozoa + Scifozoi + Cubozoi) la riproduzione sessuata e asessuata si alternano (con le solite eccezioni) con le forme di medusa e polipo, infatti durante la **METAGENESI** (alternanza di polipo e medusa) la medusa è la forma che fa riproduzione sessuata con la produzione dei gameti, mentre il polipo provvede alla riproduzione asessuata (gemmazione o strobilazione) (vedi anche più avanti). Negli Antozoi in cui la forma a medusa non esiste, è il polipo che mette in atto entrambe le due forme di riproduzione.

Con la riproduzione sessuata i gameti liberati in acqua si fecondano, si forma lo zigote da cui emerge uno stadio larvale di dispersione definito «**PLANULA**» un organismo ciliato che nuota per un certo periodo nel plancton e poi si porta al substrato dove si fissa trasformandosi in una forma polipoide. Questa può essere la forma definitiva (tipo Idra o polipo degli antozoi) oppure genera un polipo che produce per strobilazione piccole meduse (**EFIRE**) che accrescendosi diventano le meduse degli scifozoi.

Si riconoscono 4 classi del Phylum cnidaria:

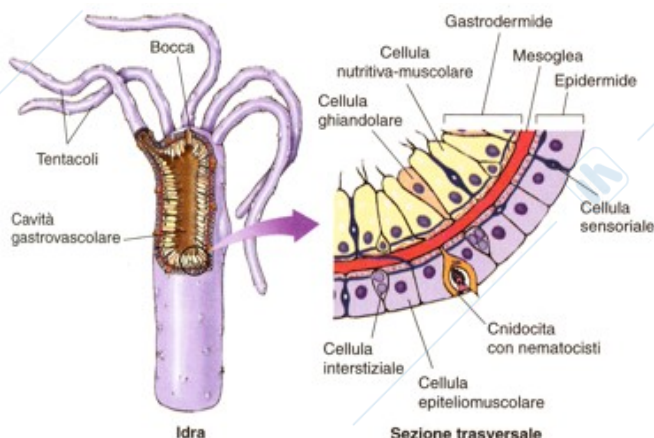
-Hydrozoa

Per spiegare un poco più in dettaglio la struttura degli cnidari, l'idra (HYDROZOA) tipico abitante degli stagni, è un esempio semplice e didatticamente valido. L'idra si presenta con la sola forma a polipo, non fa metagenesi e quindi non presenta mai una fase medusoide (altri idrozoa fanno metagenesi come Obelia). Il polipo dell'idra ha una forma cilindrica con una base (DISCO PEDALE) con cui si fissa (temporaneamente) al substrato.

All'estremità superiore l'ipostoma (cupuliforme) porta la bocca /ano; l'ipostoma è circondata dai tentacoli (una decina) ricchi di cellule urticanti. La bocca immette nella cavità gastrovascolare.

Entrambi gli epitelii esterno e interno sono formati da cellule **EPITELIOMUSCOLARI** (o dette anche mioepiteliali) perché la base di queste cellule che poggia sulla mesoglea ha filamenti contrattili. Le parti contrattili delle cellule mioepiteliali dei due epitelii sono posizionate

ORTOGONALMENTE l'uno rispetto all'altro, solitamente le miofibrille dell'epiderma sono longitudinali, quelle del gastroderma sono circolari. La posizione ortogonale fra loro delle fibre contrattili permette il cambio di forma del corpo secondo le varie esigenze, ad esempio se si contrae la muscolatura circolare e si rilassa la muscolatura longitudinale il corpo si assottiglia e si allunga, invertendo la contrazione il corpo si accorcia e si allarga.



Gli epitelii presentano tipi cellulari differenti; nell'epiderma sono presenti gli cnidociti con le nematocisti interne, cellule sensoriali connesse alla rete subepidermica e cellule interstiziali, queste ultime sono cellule totipotenti che possono sostituire ogni altra cellula danneggiata. Nello strato gastrodermico sono presenti cellule nutritive muscolari, cellule mucose, cellule ghiandolari con enzimi per la digestione e cellule sensoriali anche queste connesse alla rete nervosa alla base del gastroderma.

Le due reti nervose sono connesse fra di loro. I due strati epiteliali esterno ed interno sono separate da una sottile mesoglea.

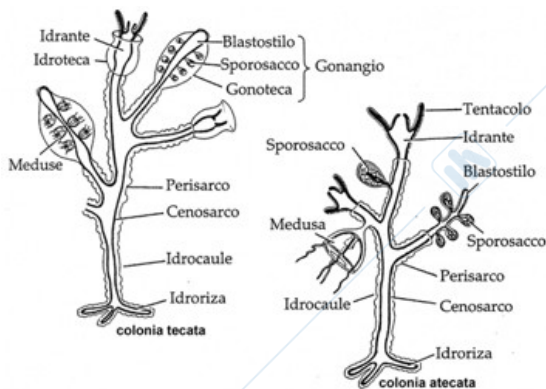
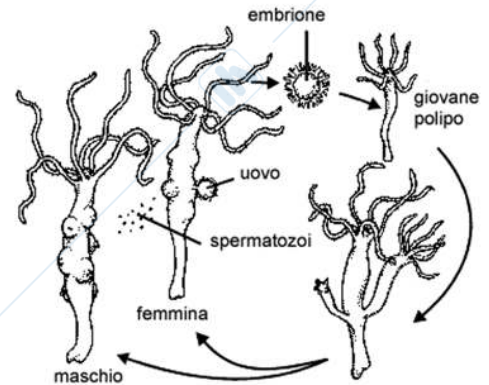
Le idre sono quasi tutte ermafrodite e possono fare riproduzione sia asessuale che sessuale.

In basso a sinistra la classica riproduzione asessuale; quando le condizioni ambientali sono favorevoli è questo il tipo di riproduzione favorito perché permette una rapida crescita della popolazione.

Solitamente sul corpo cilindrico dell'idra appare una piccola gemma che poi si accresce e prende forma, quando abbastanza sviluppata si stacca dal genitore per fare vita indipendente.

Nella riproduzione sessuale di idra (che avviene normalmente in autunno) le cellule germinali si aggregano come gonadi maschili e femminili nell'epiderma dove a maturità appaiono come protuberanze del corpo.

Solitamente i gameti maschili rilasciati da un individuo fecondano le uova di un individuo diverso (riproduzione crociata). L'uovo fecondato sviluppa un embrione che viene in seguito rilasciato nell'ambiente protetto da un involucro protettivo (di solito sono prodotte in autunno e passano l'inverno protette dall'involucro), la primavera successiva l'embrione contatta il substrato ed esce un giovane polipo che si attacca al substrato.



La Classe Hydrozoa contiene sia forme solitarie (come l'idra) e forme coloniali e polimorfe. Un idrozoo coloniale si erge dal substrato inizialmente come un singolo polipo. La colonia si lega al substrato con «**l'IDRORIZA**» ed inizia ad ergersi tramite «**l'IDROCAULE**» che poi ramifica con molti idranti, gonangi, dattilozoidi ecc., dipende dal tipo di colonia.

Queste strutture sono differenziate per svolgere compiti differenti: gli idranti deputati alla cattura del cibo completi di ipostoma con bocca circondata di tentacoli; gonangi producono asessualmente le piccole meduse che poi produrranno i gameti per la riproduzione sessuale, dattilozoidi per la difesa della colonia ecc.

La colonia si sorregge grazie al **PERISARCO** chitinoso che

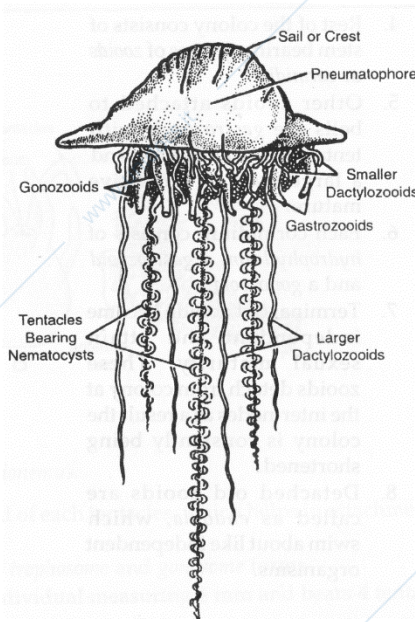
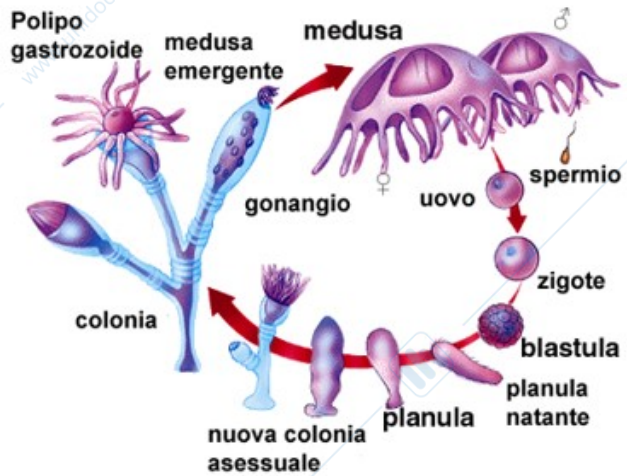
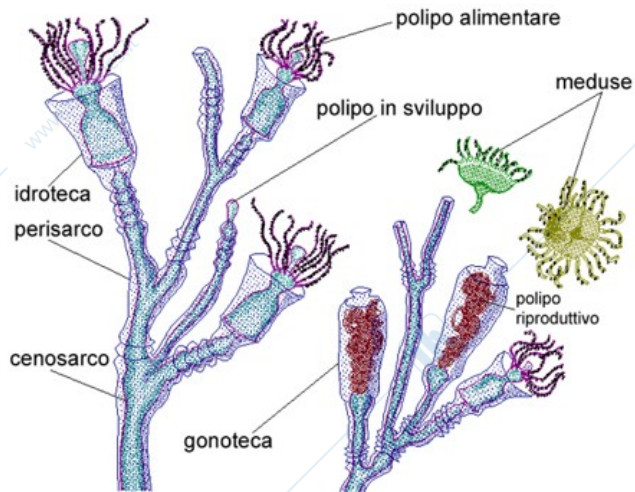
circonda il corpo tessutale detto **CENOSARCO**. Le colonie possono essere tecate se gli elementi funzionali della colonia (idranti, gonangi ecc.) sono coperti e protetti dal perisarco chitinoso; atecati se questa protezione non è presente.

Gli Hydrozoa presentano anche la forma medusoide che, tuttavia, presenta caratteristiche un po' differenti rispetto alle meduse degli Scyphozoa; in particolare negli idrozoi alla base dell'ombrella e sul margine verso l'interno si forma un velo che aumenta le capacità natatorie delle meduse degli idrozoi; il velo non è presente negli scifozoi.

Anche nelle colonie la riproduzione può essere sia sessuale che asessuale.

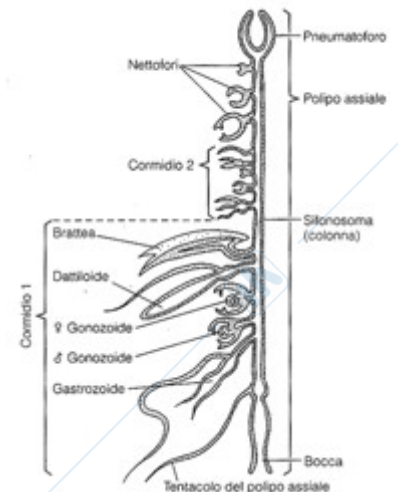
Esse presentano il ciclo «**METAGENETICO**» ed un esempio classico è la colonia di Obelia.

I gonangi derivano da gastrozoidi profondamente modificati che, per un processo di riproduzione asessuale, gemmano piccole meduse che liberate nell'ambiente si accrescono un poco (fondamentalmente sono e restano piccole rispetto al polipo coloniale) e, raggiunta la maturità sessuale liberano i gameti in acqua (sessi separati). Le uova fecondate formano lo zigote e da questo, con lo sviluppo successivo dall'uovo emergerà una larva «**PLANULA**» ciliata natante che farà parte per un po' di tempo del plancton finché si poserà sul fondo dove farà metamorfosi in un giovane polipo che darà origine alla nuova colonia di Obelia.



Fra le forme coloniali degli Idrozoi una particolarmente interessante è *Physalia physalis*, un Sifonoforo, conosciuta come «caravella portoghese». E' un organismo pelagico che deriva da un polipo assiale modificato, rovesciato rispetto alla posizione normale, con la parte normalmente basale in alto, e la bocca in basso.

La parte superiore si modifica in una struttura detta «PNEUMATOFORO» che si riempie di gas e permette il galleggiamento; il resto del polipo è sommerso e porta lateralmente una serie di strutture che originano come gemme e poi differenziano in strutture differenti. Le gemme compaiono in serie dette «CORMIDI»; ogni cormidio comprende un gastrozoide, un gonozoido, un dattilozoido e una brattea. Durante la crescita i cormidi sono aggiunti in successione con i più vecchi posti vicino all'estremità orale. Con la crescita continua i

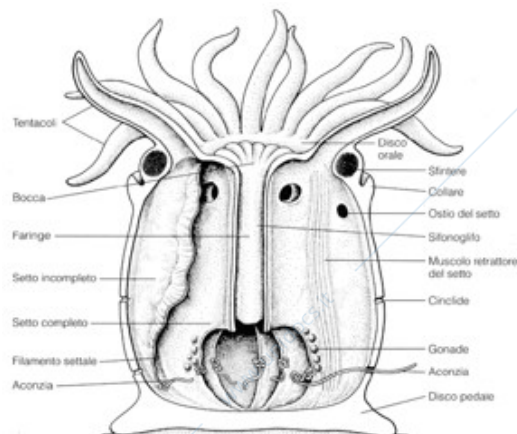


«filamenti» si accumulano e crescono fino a raggiungere lunghezze di 30 metri. I gastrozoidi con o senza tentacoli muniti di migliaia di cnidociti servono per l'alimentazione; i dattilozoidi simili ai gastrozoidi senza bocca ma con tentacolo, anch'essi deputati alla cattura di prede. I gonozoidi portano gemme di meduse o gonofori con gonadi sul manubrio. I nettolori muscolari aiutano la colonia nel movimento, mentre le brattee sono sporgenze che proteggono gli altri zoidi. Il veleno di *Physalia* è costituito di un mix di circa 10 peptidi termolabili a 55°C con potenti effetti cardi tossici e neuromiotossici, con attività emolitica e di alterazione delle membrane cellulari, tutti effetti potenzialmente mortali.

-Anthozoa

Con circa 6000 specie, sono cnidari che possiedono solo la forma di polipo, la medusa è assente.

Gli antozoi possono essere solitari o coloniali, questi ultimi formano colonie a volte molto grandi, estese; le grandi barriere coralline sono costruite nella massima parte dall'incessante crescita di questi organismi.



Essi includono forme molto conosciute come le anemoni di mare, le gorgonie, i coralli molli e i coralli costruttori. Il polipo degli antozoi è strutturato in modo molto più complesso che non quello dell'idra che abbiamo visto in precedenza.

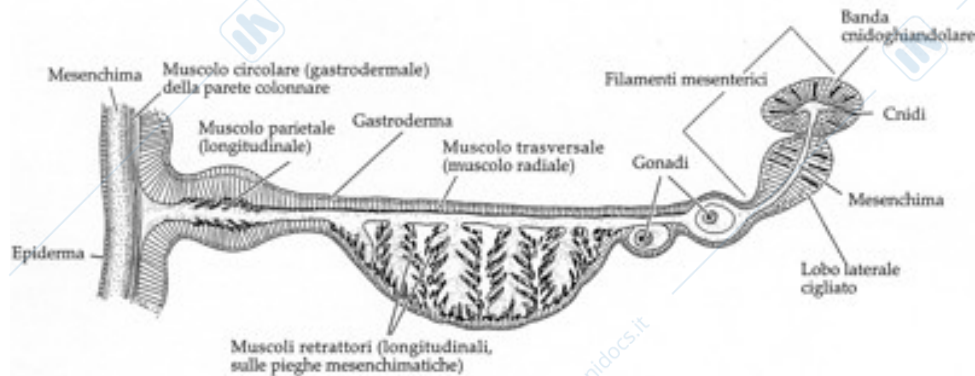
Il corpo è molto più robusto e la mesoglea più sviluppata. La bocca è circondata dai tentacoli in numero variabile; possono essere sei o multipli di sei (questa è la condizione usuale) se l'antozoo è un esacorallo (**HEXACORALLIA**, detti anche **ZOANTHARIA**), oppure otto (e solo otto) se invece l'antozoo è un **ottocorallo** (**OCTOCORALLIA** detti anche **ALCYONARIA**).

La morfologia dei tentacoli è differente fra esa e ottocoralli: negli esacoralli sono lunghi e lisci mentre negli ottocoralli sono pinnati (vedi più avanti). La bocca non è una semplice apertura come in idra, ma a

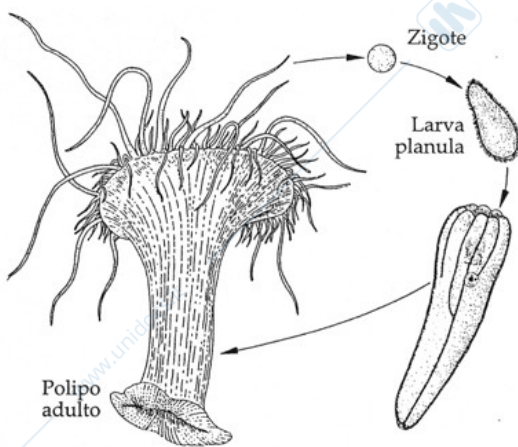
livello della bocca l'epiderma si invagina all'interno della cavità gastrovascolare formando un **FARINGE** molto ben strutturato.

Il faringe viene connesso alla parete del corpo tramite una serie di setti completi ed incompleti; quelli completi sono in numero di sei (o multipli di sei) se l'antozoo appartiene agli esacoralli o di otto (solo otto) se invece si tratta di antozoi ottocoralli. Il faringe porta verso la cavità gastrovascolare e l'acqua circola internamente alla cavità tramite una o due docce ciliate dette **SIFONOGLIFI** che corrono agli estremi della fessura faringea.

I sifonoglifi sono due negli esacoralli, uno solo negli ottocoralli. A circondare la bocca uno sfintere muscolare che chiude la bocca quando l'animale ritira i tentacoli all'interno della cavità gastrovascolare.



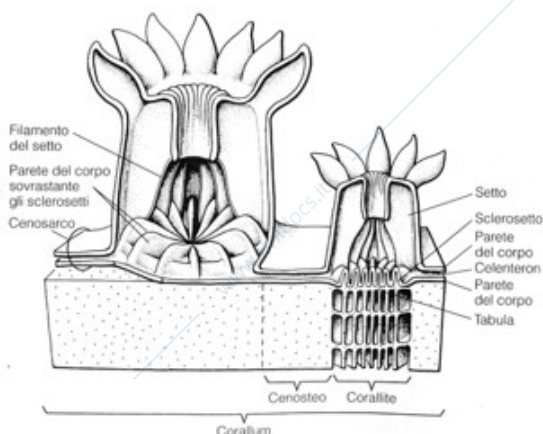
I setti faringei possono essere completi e incompleti. Questi ultimi hanno un muscolo retrattore del setto che contraendosi ritira i tentacoli all'interno della cavità. Sia i setti completi che incompleti terminano nella cavità gastrovascolare con un filamento detto **ACONZIA** che porta molti cnidociti con cui eventualmente uccidere definitivamente una preda catturata e ingerita. Si notano sui setti completi la presenza di rigonfiamenti, le **GONADI**.



Gli antozoi possono fare sia riproduzione a sessuata che sessuata e, mancando la medusa, tutto è a carico del polipo. Le gonadi sviluppano sui setti interni ed i gameti maturi sono riversati nella cavità gastrovascolare e da qui emessi all'esterno. Lo zigote origina una larva planula ciliata che sta per un po' di tempo libera nel plancton ma poi si porta al substrato e qui metamorfosa in un giovane polipo che poi si accresce. Se è un polipo di una forma coloniale dal primo polipo per «frammentazione o meglio ancora per «gemmazione» si originano gli altri polipi della colonia che resteranno tutti uniti fra di loro.

Caratteri peculiari degli esacoralli :

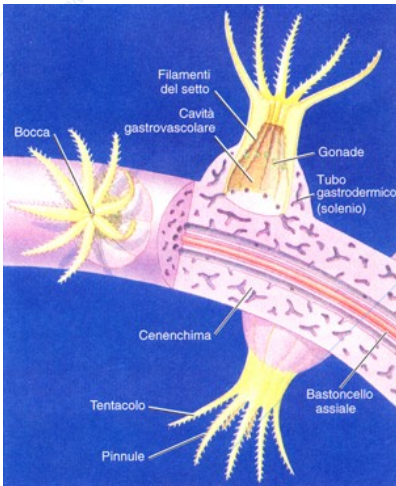
- 1) 6 tentacoli o multipli di 6 (questa condizione più frequente), cilindrici e lisci.
- 2) I setti faringei completi sono 6 o multipli di 6.
- 3) I sifonoglifi faringei sono 2.
- 4) Lo scheletro calcareo è deposto esternamente e l'animale vive sopra di esso.



Sono generalmente coloniali e l'attività di costruzione porta a edificare un alloggio entro cui i polipi si possono ritirare quando sono disturbati. La parte organica vive sopra la parte edificata carbonatica e tutti i polipi della colonia sono collegati gli uni agli altri da tessuto cenosarcico.

Inoltre fanno un'importante simbiosi, quella fra il corallo e le zooxantelle fotosintetiche. Le zooxantelle sono dinoflagellati e la simbiosi con i coralli è talmente forte che la scomparsa delle zooxantelle determina la scomparsa dei coralli.

Le zooxantelle sono particolarmente sensibili ai cambi ambientali, in particolare all'innalzamento della temperatura, quello che purtroppo sta accadendo in molte barriere coralline, fenomeno noto come lo sbiancamento della barriera (bleaching).



Caratteri peculiari degli ottocoralli:

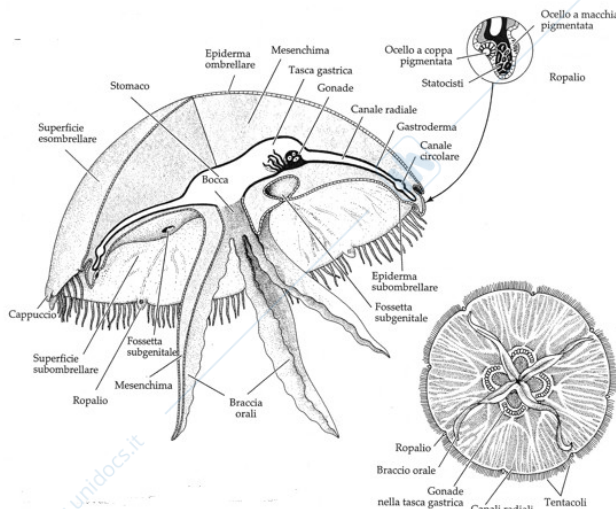
- 1) 8 e solo 8 tentacoli che sono poi pinnati e non lisci.
- 2) I setti faringei sono 8.
- 3) C'è un solo sifonoglypho faringeo.
- 4) Lo scheletro è depositato internamente alla mesoglea e formano spicole di carbonato di calcio.

Nella colonia tutti gli individui sono connessi fra di loro, per questo nella cavità gastrovascolare si originano queste trame all'interno del tessuto che mette in compartecipazione tutti questi individui.

Grazie a questo meccanismo se alcuni individui catturano una preda, le fonti di nutrizione non resteranno isolate in quell'individuo che ha catturato la preda, ma verranno distribuite a tutti gli individui della colonia.

-Scyphzoa

Sono circa 200 le specie della classe SCYPHOZOA, le meduse comunemente dette. Lo stadio medusoide degli scifozoi può raggiungere dimensioni notevoli anche specie con diametro dell'ombrella di 2 m. La struttura consiste di un'ombrella con due superfici, quella esterna detta superficie ESOMBRELLARE e quella più interna detta superficie SUBOMBRELLARE. Sia la superficie esom che subombrellare sono ricoperte di epiderma.

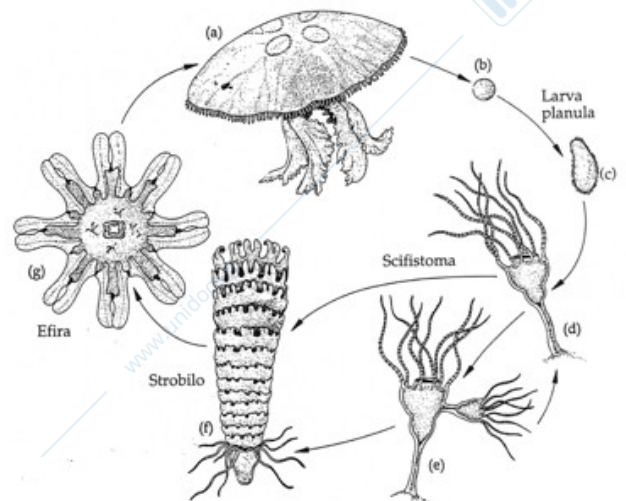


Solitamente al centro della superficie subombrellare è posizionata la bocca/ano circondata dal MANUBRIO con 4 braccia orali. La bocca immette all'interno della cavità gastrovascolare, inizialmente nello stomaco e da questo si dipartono 4 tasche gastrali che continuano in altrettanti canali radiali che, alla periferia dell'ombrella si uniscono ad un canale circolare che si estende per tutto il margine dell'ombrella. Il margine dell'ombrella porta lobi, tentacoli marginali e ropali. Questi ultimi sono organi di senso con una STATOCISTI per l'equilibrio ed una macchia oculare per «misurare» la luce e trovare la giusta posizione. Le meduse di piccole dimensioni sono microfaghe mentre quelle di grandi dimensioni sono predatrici, opportunamente attrezzate con batterie di cnidociti sia

esternamente (specialmente sulle braccia e tentacoli) che internamente nelle tasche gastriche.

La maggior parte delle meduse sono gonocoriche; le gonadi, di origine endodermica, sono localizzate a livello delle tasche gastriche, i gameti maturi liberati nella cavità gastrica raggiungono da qui l'ambiente esterno dove i gameti si incontrano. Il ciclo METAGENETICO degli scifozoi include diverse forme. Inizia con le meduse adulte che si riproducono sessualmente.

L'uovo fecondato origina lo stadio larvale di PLANULA che vaga nel mare e poi si fissa al substrato originando uno scifo-polipo che prende il nome di SCIFISTOMA. Con lo scifistoma inizia la fase riproduttiva asessuale, infatti lo scifistoma per gemmazione origina altri scifistoma (anche centinaia da quello iniziale); lo scifistoma successivamente si trasforma in uno stadio detto STROBILA che, per un processo di strobilazione (anche questa riproduzione asessuale) origina tante piccole EFIRE che altro non sono che piccole meduse che non devono far altro che accrescersi e diventare adulte. Lo stadio di STROBILA somiglia ad una fila di piatti sovrapposti, i piatti

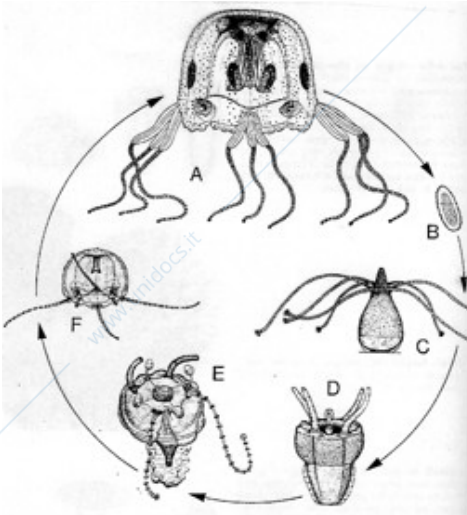


corrispondono ovviamente alle efire in accrescimento, quella all'apice della pila è quella più avanti nella maturazione che verrà rilasciata come efira.

E' utile ricordare ed evidenziare le differenze nei cicli metagenetici degli HYDROZOA e degli SCYPHOZOA; in entrambi si alternano la fase riproduttiva sessuale (medusoide) e quella asessuale (polipoide) che differiscono nella grandezza: le meduse sono grandi ed evidenti mentre i polipi piccoli e poco evidenti nella metagenesi degli scifozoi; le meduse sono piccole mentre i polipi più grandi ed evidenti nella metagenesi degli idrozoi.

-Cubozoa

I Cubozoi sono un piccolo gruppo di cnidari medusoidi, circa 30 specie. Il nome deriva dalla forma cuboide dell'ombrella. Presentano un velum, ovvero una estroflessione che dall'ombrella si dirige verso il centro dell'esombrella, è una struttura importante perché garantisce a questi animali una migliore locomozione nell'acqua.



Infatti invece di muoversi come fanno le meduse, quindi con un movimento muscolare dell'ombrella, ma generano una spinta dell'acqua proprio grazie al velum che quindi è una sorta di movimento a reazione in cui l'acqua viene spinta da dentro a fuori.

Sono meduse di piccole dimensioni, ottime nuotatrici e con ropali ben sviluppati in occhi con cui pare possano formare immagini ed orientarsi così in maniera ottimale. Sono tristemente famose poiché il veleno dei loro cnidociti è estremamente potente.

Ciclo vitale di una cubomedusa: dalle uova fecondate dopo la fase embrionale emerge una larva planula che, dopo un po' di tempo si fissa al substrato e dà origine ad una sorta di scifistoma (origina un polipo sessile); questo inizia la fase di metamorfosi che lo porta a diventare una giovane medusa che infine si stacca dal resto del polipo diventando una giovane cubomedusa natante.

CTENOFORI

Sono un Phylum di animali marini diblastici, e per quest'ultima caratteristica erano un volta raggruppati insieme agli Cnidari; tuttavia per diverse altre caratteristiche differenziano da questi ultimi e meritano di essere inclusi in un Phylum a parte. Fra le varie caratteristiche quella più importante, che dà il nome al Phylum stesso, è la presenza di otto file di «**PETTINI CILIATI**» che corrono lungo il corpo dell'animale. Ogni fila porta centinaia di ctenidi costituiti a loro volta da centinaia di lunghe ciglia agglutinate fra di loro e connesse da giunzioni interciliari.

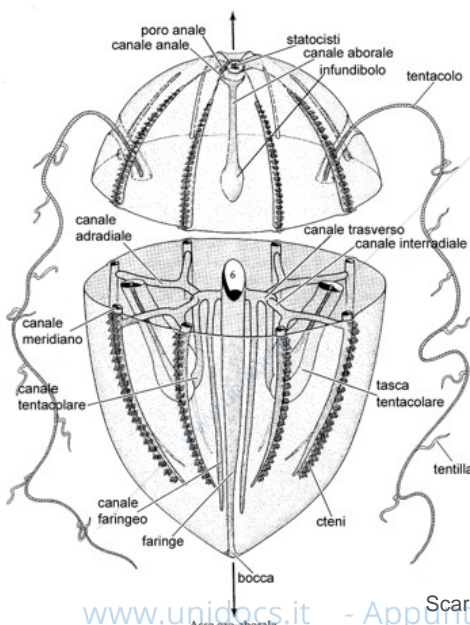
Il gruppo include circa 160 specie esclusivamente marine, molto comuni specialmente negli oceani dove costituiscono una risorsa alimentare importante per molti altri organismi.

L'organizzazione corporea è «**DIPLOBLASTICA**» con **EPIDERMA** esterno (di origine ectodermica) e **GASTRODERMA** interno di origine endodermica. Fra i due epiteli è interposta anche in questo caso una «**MESOGLEA**» o «**MESENCHIMA**». La simmetria del corpo appare di tipo radiale, dal momento che molte specie presentano una forma «**sferica - globosa - ovoidale**» del corpo, ma esistono anche ctenofori con il corpo allungato come il famoso «*Cestum veneri*».

La riproduzione avviene essenzialmente per via sessuale, sono per la maggior parte ermafroditi ed i gameti prodotti da gonadi interne di origine endodermica; i gameti maturi lasciano l'organismo attraverso la bocca e la fecondazione è esterna. Lo sviluppo dello zigote generalmente dà origine ad una larva (ovviamente natante) che si chiama **cidippide**.

Anche gli ctenofori hanno grandi capacità di rigenerazione.

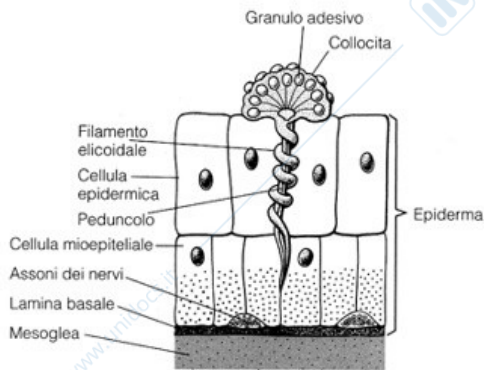
Organizzazione strutturale di un tipico ctenoforo cidippide: la forma è ovoidale con un asse oro-aborale. La bocca immette in una faringe che si dilata in uno stomaco da cui origina un complesso sistema di canali; dallo stomaco si originano 2 canali trasversali ognuno si divide in un canale faringeo in canali interradianali e adradiali i quali si collegano infine negli otto canali meridiani che corrono internamente lungo il corpo dell'animale, proprio in corrispondenza delle file di ctenidi esterni. La digestione avviene



all'interno del complesso sistema di canali ad opera di enzimi riversati nelle cavità o intracellulare per mezzo di amebociti; gli scarti della nutrizione sono eliminati attraverso la bocca o i pori anali.

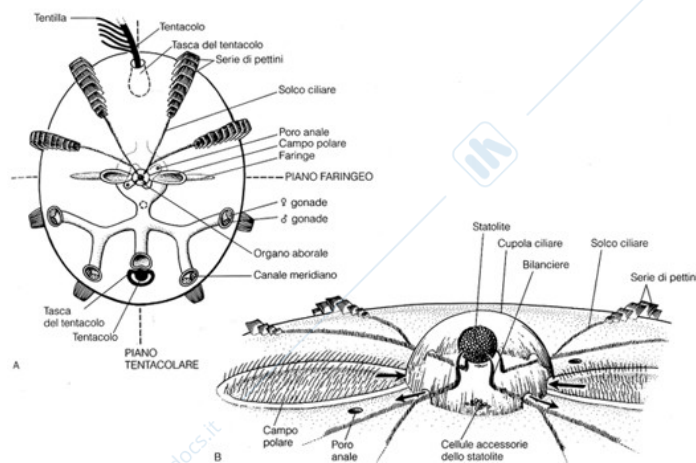
Ogni ctenidio delle otto fila è costituito da centinaia di ciglia lunghe ed in parte fuse che battono tutte in maniera sincrona.

Il corpo è sostenuto dalla mesoglea/mesenchima che appare elastica e con fibre muscolari di origine mesenchimale. Queste fibre sono longitudinali, radiali e circolari ed insieme alle cellule mioepiteliali mantengono la struttura corporea dell'animale e permettono i movimenti dei tentacoli, locomotori e quelli coinvolti nell'assunzione del cibo.



Molte specie hanno 2 tentacoli, che emergono da due tasche tentacolari all'interno delle quali possono essere ritirati, che hanno delle estroflessioni laterali dette **tentille** che sono ricche di collocisti (cellule epidermiche modificate) e queste strutture sono simili alle cnidocisti, più nella funzione che nella sostanza che infatti non è velenosa ma è appiccicosa e serve per catturare le prede. I collocisti sono cellule con granuli adesivi, un filamento elicoidale ed un peduncolo. Le prede invischiatae con i granuli adesivi e tenute dal filamento sono avvolte dalle tentille e portate alla bocca.

Gli ctenofori non possiedono un sistema respiratorio e gli scambi avvengono attraverso la superficie corporea; manca anche un sistema escretore vero e proprio ma dei canalicoli escretori eliminano i rifiuti metabolici attraverso i pori anali.



Il sistema nervoso degli ctenofori è fatto di una rete epidermica e di una rete a livello della mesoglea connesse a numerose cellule sensorie di diversa natura (tattile, chemiocettive, termocettive, fotorecettorie). Al polo aborale è presente l'organo apicale con funzione statica e di orientamento. L'organo consiste in una cupola che ricopre e protegge un sistema costituito da 4 bilancieri di origine ciliare che sostengono uno statolite di solfato o fosfato di calcio. Ogni bilanciere è collegato alle 8 fila di ctenidi mediante solchi ciliari. Quando lo statolite grava più su un bilanciere che su gli altri lo stimolo che si genera porta gli ctenidi collegati a questo a battere in maniera differente rispetto agli altri in modo riequilibrare l'animale.

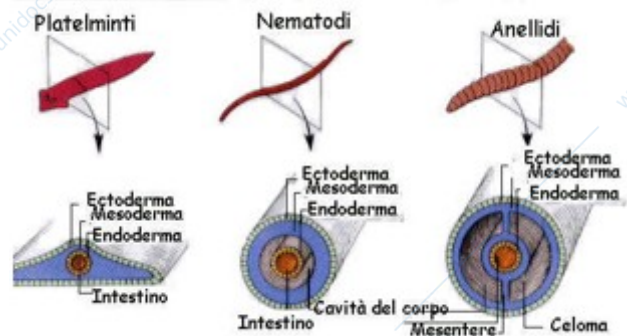
PLATELMINTI

Il Phylum dei Platelmini annovera circa 25000 specie dei cosiddetti «vermi piatti». Molte specie del Phylum sono a vita libera ma è soprattutto per le specie parassite che è ben conosciuto, fra queste molte sono conosciute con nomi comuni quali «verme solitario» le tenie, che fino a qualche decina di anni fa erano comuni anche in Italia.

Sono definiti vermi piatti perché il corpo appare compresso dorso – ventralmente per ragioni fisiologiche, lo spessore sottile consente agli animali, privi di sistema circolatorio, di distribuire le sostanze per semplice diffusione. Sono animali definiti anche «**VERMI PARENCHIMATOSI**» perché fra la parete del corpo e la cavità gastrovascolare è interposto un tessuto definito «**PARENCHIMA**» di origine mesodermica. La presenza del parenchima di origine mesodermica eleva questi vermi al rango di animali «**TRIBLASTICI**» con tutti e 3 i foglietti embrionali ben rappresentati.

I Platelmini sono vermi piatti non segmentati a vita libera (TURBELLARI) ma molti sono parassiti importanti specialmente fra i «**TREMATODI**» ed i «**CESTODI**». Come già accennato in precedenza il corpo è con simmetria bilaterale, appiattito in senso dorso ventrale, solitamente allungato e con una cefalizzazione ben definita. Sono triblastici poiché il parenchima che riempie la cavità fra la parete del corpo ed il sistema digerente è di origine «**MESODERMICA**», compare quindi il terzo foglietto embrionale che, oltre al parenchima, origina diversi altri tessuti ed organo di grande importanza (gonadi, tessuto muscolare ecc.). La presenza del parenchima non lascia spazio per un cavità generale del corpo, per questo i platelmini sono definiti anche «**VERMI ACELOMATI**».

Nell'immagine si vede la struttura del corpo di base di un Platelminti con corpo **ACELOMATICO** e parenchimoso (senza cavità corporea fra parete del corpo e intestino; un nematode con cavità definita **PSEUDOCELOMA**, falso celoma perché la cavità deriva dalla persistenza della cavità «BLASTOCELICA» embrionale; un anellide in cui compare una cavità «**CELOMATICA**» vera, essendo derivata dal mesoderma; in questi ultimi la cavità del corpo è tappezzata sulle pareti interne (**SOMATOPLEURA**) e sui visceri (**SPLANCNOPLEURA**) da celoteli di origine, ovviamente, mesodermica.



Anatomia di un platelminte generalizzato:

L'**apparato digerente** è costituito, quando presente, da una cavità gastro vascolare che può essere una semplice cavità sacciforme (come in certi piccoli turbellari) o una cavità ramificata che supplisce alla mancanza di sistema circolatorio nella distribuzione degli alimenti digeriti. In altri casi la cavità digerente è assente totalmente, come nei CESTODI, parassiti che assorbono attraverso la superficie ciò di cui hanno bisogno. La cavità gastrovascolare inoltre ha solo l'apertura boccale, non c'è apertura anale, la bocca funzione anche da ano.

La bocca con il faringe estroflettibile non sono posti anteriormente ma più o meno a metà del corpo; il sistema digerente si ramifica a partire dal faringe in un grosso ramo anteriore e in due rami

posteriori. Tutti e tre i rami a loro volta ramificano ulteriormente per raggiungere e distribuire sostanze digerite a tutto il corpo per semplice diffusione.

Con la cefalizzazione si forma un **sistema nervoso** centralizzato con un ganglio cerebrale da cui partono cordoni nervosi che si dirigono sia anteriormente (agli occhi e alle auricole per esempio) che posteriormente, molte volte connessi fra loro da delle commessure trasversali modello sistema nervoso a scaletta.

I platelminti possiedono un **sistema escretore – osmoregolatore** costituito da un sistema di tubuli protonefridiali che raccoglie prodotti di rifiuto del metabolismo azotato, l'acqua in eccesso e la elimina all'esterno tramite uno più pori escretori.

La **riproduzione** nei platelminti può essere sia asessuale che sessuale. I platelminti sono nella norma ermafroditi (con alcune eccezioni) sebbene l'autofecondazione sia evitata ed individui ermafroditi si incontrano e si scambiano i gameti.

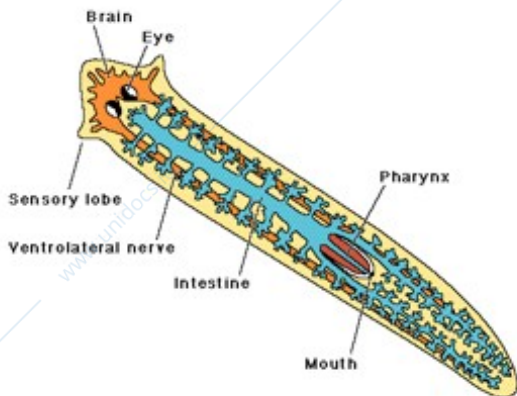
La Classificazione dei Platelminti non ha ancora trovato una soluzione soddisfacente per tutti i punti di vista; questa classificazione è la più comune ed include ancora, per semplicità le «Classi» storiche dei platelminti.

La Classe dei **TURBELLARIA**, ovvero platelminti a vita libera.

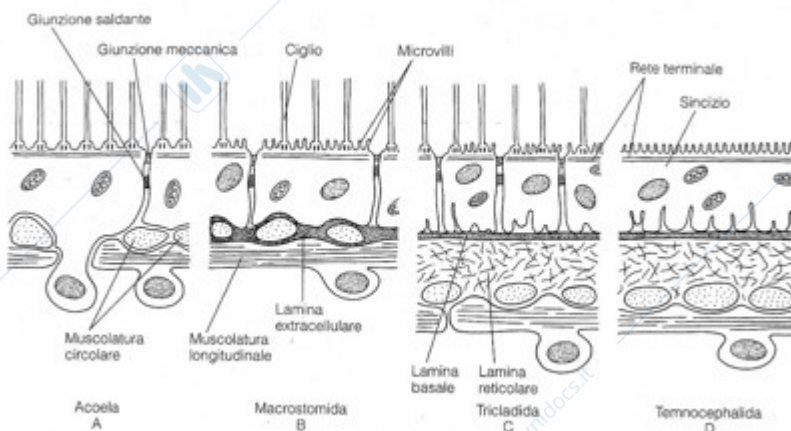
La Superclasse dei **NEODERMATA** (tutti PARASSITI) che comprende la Classe dei **TREMATODA** con le sottoclassi **Aspidogastrea** e **Digenea**; la Classe **CERCOMEROMORPHA** con le sottoclassi **Monogenea** e **Cestoda**.

1)TURBELLARIA

I turbellari sono platelminti a vita libera; si conoscono circa 5600 specie viventi che si muovono strisciando specialmente sui fondali (marini e di acqua dolce) o in ambienti terrestri molto umidi. Le dimensioni variano da specie di pochi mm fino a specie che possono raggiungere anche i 50-60 cm di lunghezza ma con lo spessore di meno di 1 mm o di poco superiore ad 1 mm. Lo spessore sottile è in relazione alla distribuzione dei nutrienti che avviene dalla periferia del sistema gastrovascolare verso gli altri tessuti tramite semplice diffusione. La diffusione è possibile ma solo per distanze massime di 0,5 mm, per distanze maggiori è necessario un altro sistema, il circolatorio.

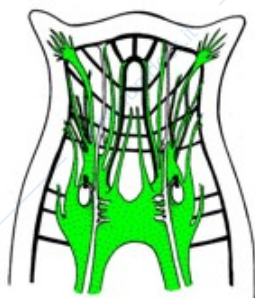


Riferendoci ai turbellari di solito si fa riferimento a due raggruppamenti (non sistematici) relativi alla loro grandezza: macroturbellari e microturbellari. I primi sono turbellari di maggiori dimensioni e visibili ad occhio nudo e sono quelli con cui descriveremo il gruppo nelle prossime diapositive; tuttavia delle circa 5600 specie la maggior parte è costituita da turbellari di dimensioni microscopiche e raramente superano i 2-3 mm con il più piccolo circa 0,5 mm. Sono per la maggior parte organismi interstiziali, che vivono fra i granelli di sabbia delle spiagge, dei fondali marini e degli stagni ecc. la loro morfologia è molto semplice, la forma del corpo appiattita o cilindrica con organi di senso semplici quali statocisti per l'equilibrio, e occhi semplici per misurare l'intensità della luce; la diapositiva ne illustra alcune forme.



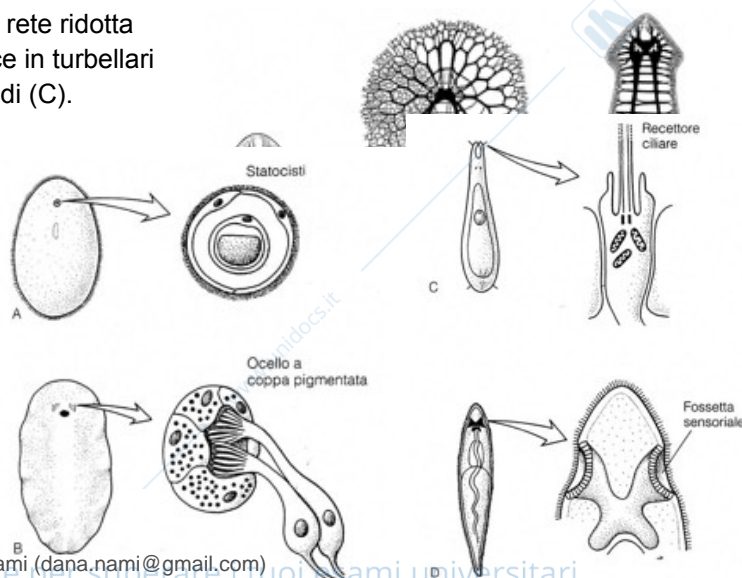
Nella morfologia dei turbellari e considerate le dimensioni variabili da meno di 1 mm fino a 50 cm si possono osservare gradi variabili di complessità. La parete del corpo può essere semplice come negli **Aceli** fatta di cellule ciliate connesse da giunzioni cellulari; i nuclei delle cellule epiteliali si localizzano sotto i fasci di muscolatura; nei **Macrostomidi** e nei **Tricladi** la parete del corpo si irrobustisce rispetto ai semplici Aceli, specialmente nei Tricladi dove alle cellule ciliate si aggiunge una spessa lamina basale seguita da una spessa lamina reticolare e da fasci di muscolatura circolari e longitudinali. Nei **Ternocéphalida** l'epitelio diventa *sinciziale*, le cellule epiteliali fondono le loro membrane cellulari, mentre la parte sottostante l'epitelio è simile ai tricladi, in questi turbellari scompaiono le ciglia mobili e l'epitelio porta numerosi piccoli microvilli. In tutti i casi l'epitelio possiede una rete terminale di actina che rinforza l'epitelio stesso. Solitamente l'epitelio ciliato è limitato o maggiormente rappresentato nella parte ventrale dove è utilizzato, specialmente nei piccoli turbellari per il movimento.

Nello spessore della parete del corpo sono presenti tipi ghiandolari differenti. Fra queste nei turbellari è tipica la ghiandola frontale, non è ancora chiara la funzione del secreto (difensiva, di adesione, locomozione); altri tipi ghiandolari si trovano all'estremità opposta di certi turbellari, sono ghiandole adesive a volte con due componenti con l'adesivo ed il suo solvente.



Il sistema nervoso è costituito da un agglomerato di neuroni associativi a formare un cingolo o una struttura bilobata nel capo dei turbellari; da questa massa cerebrale partono una serie di cordoni nervosi longitudinali o, quantomeno due cordoni ventro-laterali di maggiori dimensioni nelle specie più grandi, unite fra loro da commessure trasversali, ma altre fibre di calibro più piccolo possono essere presenti a volte a formare una simmetria raggiata. Nelle forme più piccole e primitive si osserva una rete nervosa a livello della muscolatura ed una livello dell'epiderma; la rete nervosa diventa più fitta a livello di certe strutture come il faringe e la cavità gastrovascolare.

Esempi di rete nervosa nei Turbellari, un esempio di una rete ridotta come nei piccoli Aceli (A), la complessità della rete cresce in turbellari più grandi e complessi come nei Policladi (B) e nei Tricladi (C).



Diversi organi di senso che si osservano fra i Turbellari; sono comuni «**OCELLI A COPPA PIGMENTATA**» di solito una coppia di essi posta anteriormente sul capo.; gli ocelli possono tuttavia essere posizionati anche in altre parti del corpo ad esempio lateralmente. La funzione degli occhi non è «formare un'immagine» bensì di orientare l'animale rispetto alla sorgente di luce, la maggior parte dei turbellari sono fototattici negativi e si nascondono in ripari. Altri organi di senso comuni nei turbellari sono

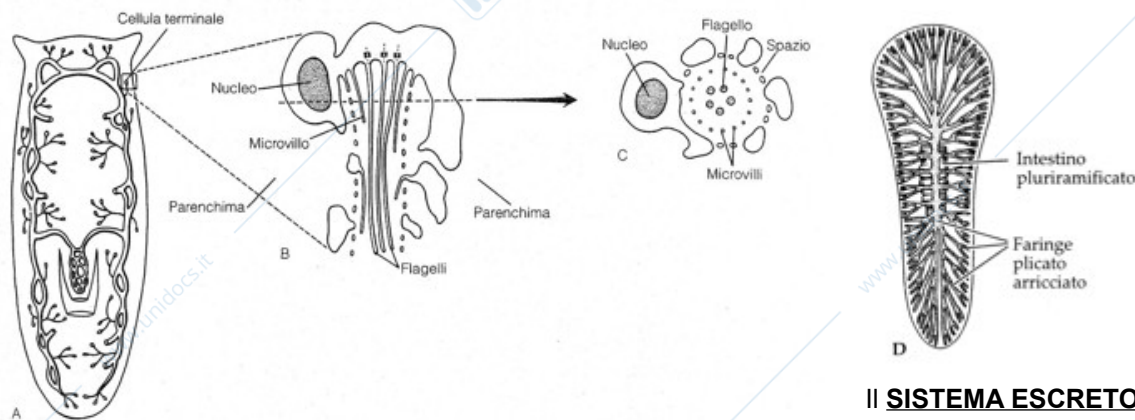
le «**STATOCISTI**»; una statocisti consiste nella forma più semplice di una capsula che racchiude una cavità con liquido ed una concrezione calcarea (un «sassolino») che toccando l'epitelio sensoriale della capsula fornisce indicazioni sulla posizione del corpo. Sono inoltre presenti ciglia sensoriali di natura mecano-recettiva e fossette sensoriali di natura quasi certamente chemiorecettiva, molto utili per orientare gli animali verso materiale organico alimentare.

Esempi di struttura del corpo di diversi Turbellari:

Negli **aceli** organismi molto semplici la struttura del corpo oltre la parete corporea (costituita dall'epitelio e dai fasci di muscolatura sotto di essa) è costituita da grosse cellule parenchimatose che occupano tutto lo spazio interno; in questi piccoli turbellari non c'è una cavità gastro-vascolare ma un sincizio cellulare che digerisce materiale organico esternamente che poi assorbe per fagocitosi o pinocitosi. La struttura dei **policladi** e dei **tricladi** è sicuramente la più comune e studiata. La parete del corpo (epitelio ciliato, membrana basale fasci di muscolatura circolare e longitudinale) racchiude la massa di tessuti interno; si nota la sezione dell'intestino e dei ciechi intestinali; fra la parete del corpo e la cavità gastrovascolare lo spazio è riempito da matrice extracellulare ed occupato dalle grosse cellule «**PARENCHIMATOSE**» e dai «**NEOBLASTI**» (cellule totipotenti in grado di sostituire cellule danneggiate), e cellule pigmentate. Nei Catenulidi lo spazio fra parete del corpo e cavità gastrovascolare è invece occupato da un emocoele.

Il parenchima è il tessuto di origine mesodermica che riempie lo spazio fra parete del corpo e intestino, le cellule che lo compongono possono essere fisse o libere.

Faringe e cavità intestinale assumono forme differenti e variabili da specie a specie. Il faringe può essere semplice come negli Aceli dove un'apertura boccale semplice e senza un faringe differenziato immette in una massa compatta di cellule digerenti; nei Rabdoceli il faringe è differenziato e bulboso ed immette all'interno di un intestino sacciforme. Nei Tricladi e Policladi, con dimensioni maggiori, sia il faringe che l'intestino diventano molto più strutturati. Nei Tricladi, le comuni planarie, il faringe è di tipo plicato, a riposo retratto nella cavità faringea da dove può essere estrofletto all'esterno. L'intestino si ramifica con un ramo anteriore e due posteriori ulteriormente ramificati. Nei Policladi i rami dell'intestino diventano molto numerosi ed il faringe è plicato e arricciato.

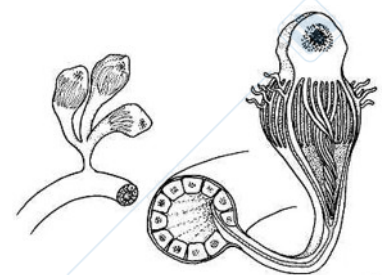


II SISTEMA ESCRETORE E OSMOREGOLATORE nei plattelminti è detto

«**PROTONEFRIDIALE**» e consiste in una rete di canali che portano alle estremità prossimali, immersi fra le cellule parenchimatose, molti **PROTONEFRIDI**, ovvero i dispositivi che recuperano cataboliti e l'eccesso di acqua da eliminare. All'estremità «distale» del sistema di canali sono posti i pori/o escretori/e che riversano all'esterno l'urina. Il sistema è escretore e osmoregolatore, quest'ultima funzione è particolarmente importante nei turbellari di acqua dolce dove la tendenza dell'acqua a penetrare nel corpo dell'animale è maggiore per via delle maggiori differenze nella pressione osmotica fra l'interno del corpo (con liquidi più concentrati) e l'esterno. Le unità funzionali del sistema sono i protonefridi, le **cellule terminali «a fiamma»**.

Queste consistono in una cellula cava con delle fenestrate laterali; al centro della cellula cava è posizionato un ciuffo di flagelli a loro volta circondati da un set di microvilli. I flagelli battendo creano una depressione che richiama liquido attraverso le fenestrate che così entra e viene spinto all'interno del sistema di tubuli.

Il liquido così filtrato non è ancora concentrato dei soli materiali da eliminare, ma contiene anche materiale utile (zuccheri, aminoacidi ecc) che verranno recuperati nei tubuli mentre dai pori escretori finiranno all'esterno solo l'eccesso di acqua ed i cataboliti del metabolismo.

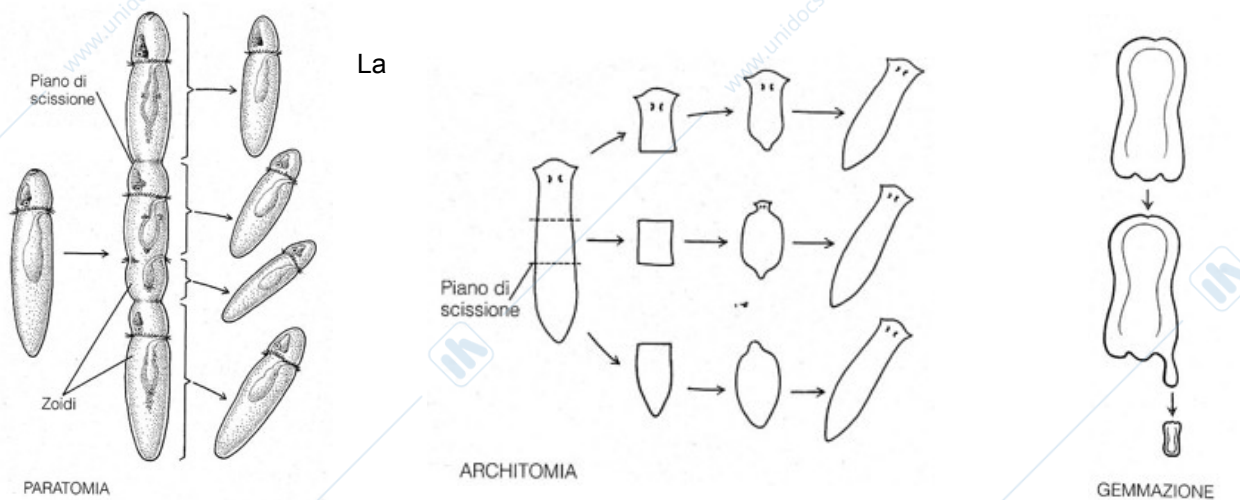


I turbellari hanno notevoli capacità di rigenerazione e le cellule neoplastiche presenti nel parenchima svolgono un ruolo importante nella rigenerazione.

Molte specie utilizzano queste loro capacità per riprodursi asessualmente. La riproduzione «**CLONALE**» è una alternativa alla riproduzione sessuale. Le modalità con cui può avvenire la riproduzione clonale sono diversi. Con la «**PARATOMIA**» come in certe specie di Catenulidi il corpo di un individuo iniziale si allunga e, seguendo probabilmente un flusso di informazioni cefalo-caudali determina la formazione di più individui che poi si separano l'uno dall'altro già formati. Nell'«**ARCHITOMIA**» invece un individuo si frammenta in più parti e dopo la frammentazione ogni parte seguendo «segnali» cefalo caudali rigenera le parti mancanti. Nella «**GEMMAZIONE**» dall'individuo originario si produce una gemma che genera un nuovo organismo, piccolo inizialmente che poi si accresce in maniera autonoma. Diversi fattori sembrano influenzare la riproduzione clonale, specialmente fattori ambientali quali la durata del giorno e della notte e la temperatura. Le planarie ad esempio utilizzano la scissione binaria durante l'estate, ma in autunno con le giornate più corte e le temperature più basse si riproducono sessualmente.

Anche la partenogenesi è una riproduzione sfruttata da certe specie di Catenulidi.

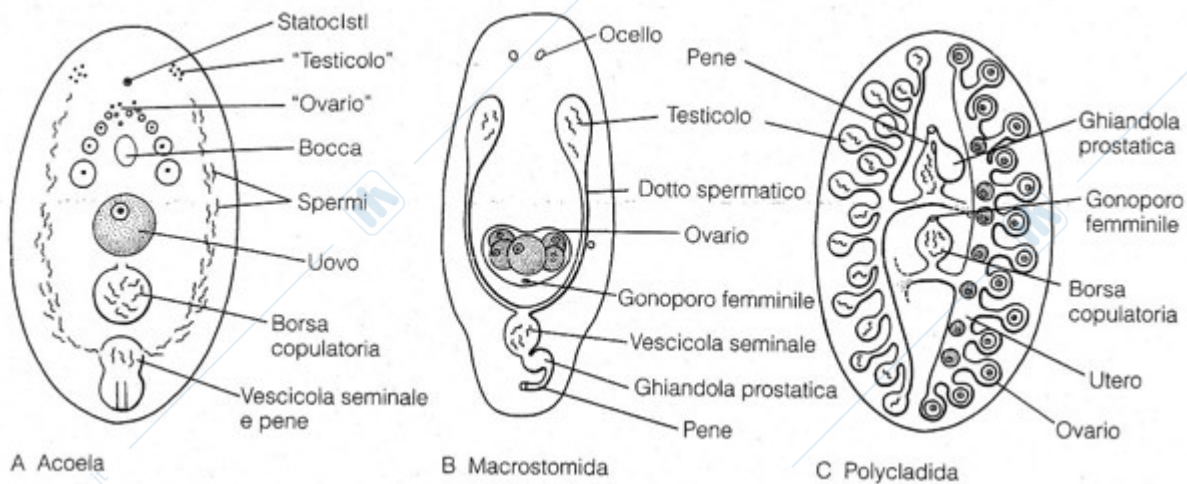
La **PARTENOGENESI** detta comunemente la riproduzione virginale si attua con la deposizione di uova senza che ci sia stata la fecondazione da parte dello spermatozoo, di solito uova diploidi.



riproduzione sessuata a differenza della asessuata mantiene e rigenera continuamente la variabilità genetica nelle popolazioni delle specie ed è, ovviamente, di importanza fondamentale per la sopravvivenza delle specie stesse. I Turbellari e i plattelminti in generale, con qualche eccezione, sono ERMAFRODITI; per questo un individuo sviluppa sia la parte maschile che femminile dell'apparato riproduttore. Ciò non significa che un individuo possa fare autofecondazione, anzi, il più delle volte l'autofecondazione è accuratamente evitata, ed individui della stessa specie si scambiano reciprocamente i gameti maschili; solo in certe specie parassite (Cestodi in particolare) può avvenire l'autofecondazione. La complessità del sistema riproduttore varia secondo i vari gruppi. Di seguito 3 esempi considerati primitivi fra i turbellari:

- 1) Negli **Aceli** tutto l'apparato è molto semplice, non ci sono organi preposti alla formazione e maturazione dei gameti. Spermatozoi e uova sono formati a partire da cellule sparse nel parenchima che via via maturano. Le uova sono trattenute all'interno dell'animale per essere fecondate dagli spermatozoi di un altro individuo accumulati nella «borsa copulatrice»; gli spermatozoi prodotti dalle cellule testicolari migrano attraverso il parenchima fino a raggiungere la vescicola seminale dove sono accumulati e poi tramite il pene trasferiti ad un altro individuo.
- 2) Nei **Macrostomida** (B in figura) l'apparato riproduttore si organizza in maniera più definita con testicoli ed ovari ben delimitati. I testicoli con un dotto spermatico inviano gli spermatozoi alla vescicola seminale e da questa, uniti con le secrezioni di ghiandole spermatiche trasferite con il pene ad un altro individuo. L'ovario ben delimitato è solitamente corredato da borsa copulatrice e ricettacolo seminale per ricevere e conservare gli spermatozoi di un altro individuo. Le uova fecondate sono deposte esternamente attraverso un ovidotto ed il gonoporo.
- 3) Nei **policladi** (C in figura) gli apparati riproduttori maschili e femminili si sviluppano fra le cellule del tessuto parenchimoso sotto forma di gonadi di tipo «acinoso» che poi si riuniscono a formare dotti che convergono verso la vescicola seminale, la prostata ed il pene (apparato maschile) o verso l'ootipo e la borsa copulatrice (apparato femminile) da qui le uova fecondate vengono accumulate «**NELL'UTERO**» per poi essere deposte all'esterno.

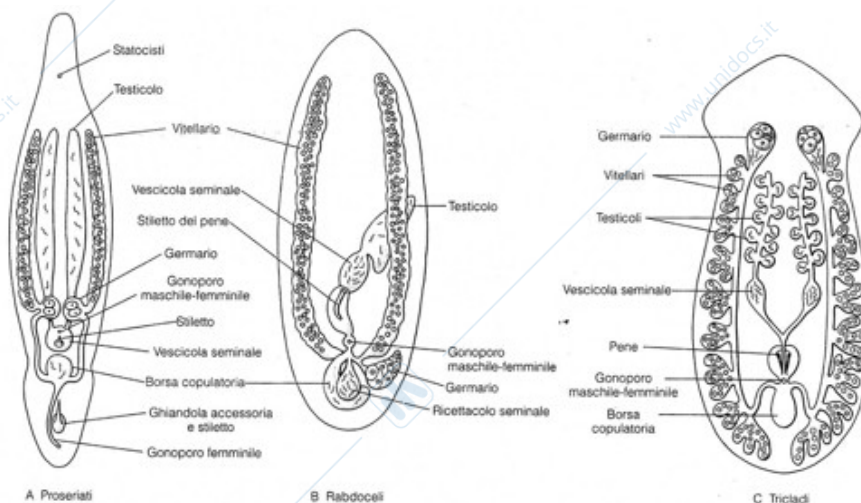
Una considerazione importante che riguarda tutti i gruppi di turbellari più primitivi è la modalità con cui si sviluppa l'uovo; quelli descritti sono esempi di apparati riproduttori femminili di tipo «**ARCOOFORO**» ovvero un apparato di tipo «**PRIMITIVO**». Il materiale vitellino per lo sviluppo del futuro embrione viene depositato direttamente all'interno dell'uovo, nel suo citoplasma; si tratta di uova definite anche con il termine di «**UOVA ENDOLECITICHE**».



Nei Turbellari considerati più evoluti (ma anche nei NEODERMATI parassiti) i sistemi riproduttori maschili e femminili appaiono ben strutturati. L'apparato maschile consta di uno o due testicoli, dipende dalle specie, che convergono in una o due vescicole seminali dove gli spermatozoi si accumulano prima di essere trasferiti ad un altro esemplare unite alle secrezioni di ghiandole prostatiche. Il pene per il trasferimento degli spermatozoi può essere munito di spicole, stiletti o altre strutture per facilitare il trasferimento.

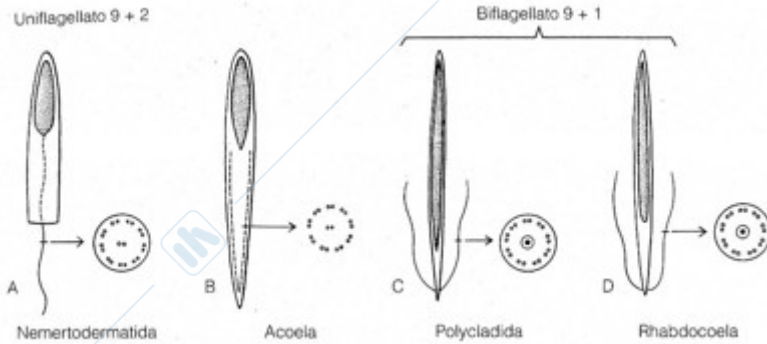
Il sistema riproduttore femminile invece si è evoluto in diverse strutture che constano generalmente in uno o più «**GERMARI**» dove avviene la formazione delle cellule uovo, queste scendono dal germario in una zona detta «**OOTIPO**» o nelle vicinanze della «**BORSA COPULATORIA**» o del «**RICETTACOLO SEMINALE**» dove le uova vengono fecondate dagli spermatozoi di un altro individuo (conservati proprio nel ricettacolo seminale); le uova appena fecondate sono circondate da «**CELLULE VITELLINE**» provenienti dal o dai «**VITELLARI**»; queste cellule forniranno all'embrione le sostanze necessarie per il suo sviluppo.

Si tratta per questo motivo di un apparato femminile di tipo «**NEOFORO**» in cui le cellule uovo povere di vitello nel loro citoplasma sono aiutate nello sviluppo successivo proprio dalle cellule vitelline fornite dai vitellari. A volte germario e vitellario sono separati l'uno dall'altro, a volte costituiscono una struttura unica il «**GERMOVITELLARIO**». Le uova

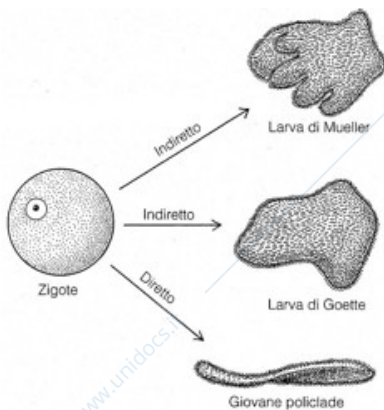
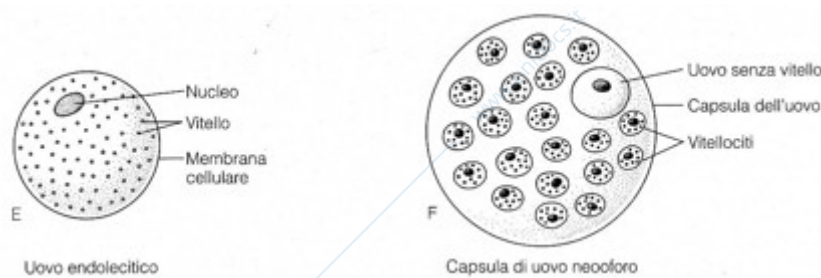


così formate da «cellula uovo fecondata» più i «vitellociti» sono incapsulate da un involucro secreto sempre da una zona specializzata del dotto dell'apparato riproduttore. Le uova a questo punto o sono deposte direttamente nell'ambiente o sono accumulate nell'utero se questo è presente e deposte successivamente.

Tipi morfologici di spermatozoi che si possono incontrare fra i Turbellari: con un flagello come nei Nemertodermatida; senza il flagello come negli Aceli in cui gli assonemi dei flagelli originari sono incorporati nella cellula spermatica; spermii biflagellati come nei Policladi e nei Rabdoceli con un assonema modificato 9+1 (un solo microtubulo centrale).



Morfologia delle uova dei Turbellari: in un uovo generato da un apparato primitivo di tipo «**ARCOOFORO**» «**ENDOLECITICO**», in un uovo prodotto da un sistema riproduttore di tipo «**NEOFORO**» con capsula che contiene l'uovo vero e proprio circondato da cellule vitelline per lo sviluppo dell'embrione. Le uova prodotte in questo modo sono anche definite «**UOVA ECTOLECITICHE**».

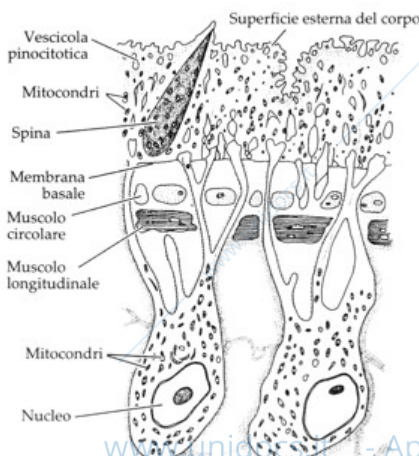


In molti altri Turbellari lo sviluppo appare **diretto** come nei policladi, in altri invece dallo zigote emerge una larva che sarà natante ciliata per un certo periodo sarà libera nel plancton poi si porterà al substrato e qui metamorfoseranno in giovani vermi. Le larve generalmente sono di due tipi, **larva di Muller** con otto braccia e **larva di Goette** con 4 braccia. Le larve si alimentano filtrando con ciglia più lunghe poste sulle braccia. Durante la metamorfosi finale le braccia sono riassorbite trasformandosi in piccoli vermi bentonici.

2) NEODERMATA

Sono una Superclasse di Platelmini contenenti le due Classi dei **Trematoda** e dei **Cercomeromorpha** contenenti esclusivamente specie di Platelmini parassiti.

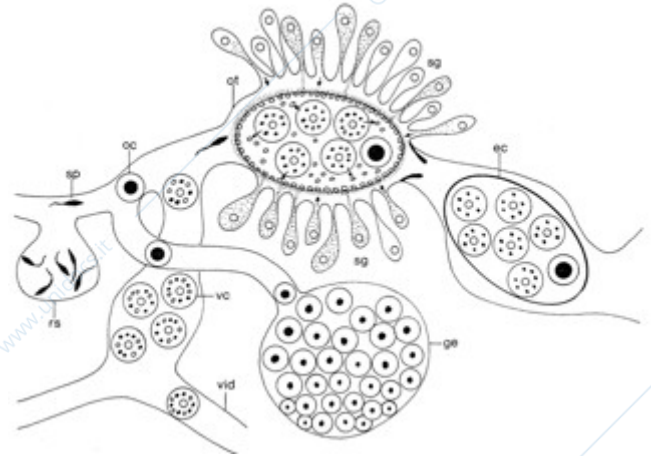
Il termine **NEODERMATA** fa riferimento alla trasformazione che avviene nel momento in cui la larva ciliata infestante (MIRACIDIO) invade l'ospite secondario (CHIOCCIOLA) e durante la fase di penetrazione sostituisce l'epitelio **CILIATO** con un epitelio di tipo «**SINCIZIALE**» che deriva dalle cellule **NEOBLASTICHE** già presenti nel parenchima delle larve.



I **Trematodi** sono una classe di platelmini esclusivamente parassiti che comprende due Sottoclassi, gli **ASPIDOGASTREA** ed i **DIGENEA**. Gli Aspidogastri includono un piccolo gruppo di endoparassiti soprattutto di pesci, tartarughe e molluschi bivalvi. I Digenei invece sono parassiti molto importanti anche per l'uomo ed includono parassiti conosciuti come le **FASCIOLE** fra cui la **Fasciola hepatica**, gli **Schistosomi** ecc. Il ciclo vitale di questi parassiti è piuttosto complicato e può coinvolgere più ospiti, minimo due l'ospite definitivo (o principale) quello dove avviene la riproduzione sessuata ed uno o più ospiti secondari dove si compiono le fasi di sviluppo larvali.

La parete del corpo è costituita da un epitelio sinciziale superficiale i cui nuclei si posizionano sotto la fascia muscolare; l'epitelio presenta spine e molte vescicole pinocitotiche e rappresenta il «**NEODERMA**» che ha sostituito l'epitelio ciliato della larva miracidio quando questa è penetrata nell'ospite secondario (chiocciola). L'epitelio poggia sulla lamina basale e subito sotto si forma lo strato muscolare composto da fibre circolari più esterne e longitudinali più interne.

Dal punto di vista della riproduzione tutti i Neodermata sono «**ERMAFRODITI**» così anche i Trematodi con qualche eccezione. L'apparato riproduttore femminile è di tipo **NEOFORO**. Le cellule uovo (oc) sono prodotte dal germario (ge) scendono attraverso l'ovidotto e si portano nella zona dell'ootipo dove vengono prima fecondate dagli spermatozoi di un altro individuo che erano stati raccolti e conservati nel ricettacolo seminale (rs). Le uova fecondate nell'ootipo vengono ad essere circondate dai vitellociti prodotti dalle ghiandole vitelline poste in genere lateralmente al corpo del trematode, dalle ghiandole vitelline i vitellociti scendono e raggiungono l'ootipo attraverso i vitellodotti (vid in figura). L'insieme cellula uovo fecondata circondata dai vitellociti passa in una ghiandola (ghiandola di Mehlis) che secerne e ricopre la massa con una capsula protettiva, l'uovo così formato solitamente viene raccolto nell'utero e poi da questo emesso all'esterno.



Nel ciclo vitale dei Trematodi si susseguono diverse fasi larvali nell'ospite secondario o fuori di esso. Un ciclo ipotetico completo consiste nelle seguenti fasi.

- 1) Larva **MIRACIDIO**: è la larva ciliata (A in figura) che emerge dall'uovo deposto in un ambiente acquatico. La maggior parte delle uova dei trematodi per poter proseguire nelle fasi successive devono raggiungere un ambiente acquatico, solo un'eccezione riguarda *Dicrocoelium dendriticum* che vedremo più avanti. Dalle uova, quindi, che sono finite ad esempio in uno stagno, dopo lo sviluppo embrionale esce la larva miracidio. Il miracidio va alla ricerca dell'ospite secondario che è sempre una chiocciola di acqua dolce (specie dei generi *Bulinus*, *Biomphalaria*, *Lymnea* ecc.) dove penetra ed in questa azione perde l'epitelio ciliato che sostituisce con un epitelio sinciziale (**NEODERMA**) trasformandosi nello stadio successivo di «**SPOROCISTI**». Il miracidio molto probabilmente riesce ad individuare l'ospite (la chiocciola acquatica) seguendo una traccia rilasciata dalla chiocciola stessa molto probabilmente gli ioni Mg^{++} rilasciati dal guscio della chiocciola.
- 2) La **SPOROCISTI** è uno stadio di sviluppo di forma sacciforme senza intestino che contiene molte cellule germinali (B in figura). Ogni cellula germinale origina o una nuova sporocisti oppure lo stadio successivo detto **REDIA**.
- 3) La **REDIA** (C in figura) ha una morfologia più complessa essendo provvista di una bocca, faringe ed intestino ma, come la sporocisti, ha diverse cellule germinali che originano lo stadio successivo detto «**CERCARIA**», queste emergono dalla redia e fuoriescono anche dalla chiocciola.
- 4) La cercaria è lo stadio mobile nell'ambiente essendo provvista di una coda (che può essere semplice o biforcata) (figure E e D); le cercarie sono inoltre provviste di intestino, epiderma non ciliato, organi di senso, protonefridi, cellule germinali e organi di senso e per la penetrazione nell'ospite successivo. Il destino della cercaria dipende dalla specie cui appartiene, in certi casi (vedi più avanti) può entrare direttamente nell'ospite definitivo che è sempre un «**VERTEBRATO**» (es uomo) penetrando attraverso la cute (come fanno gli **SCHISTOSOMI**), oppure in un altro ospite secondario come un pesce in cui si incista nella sua muscolatura come **METACERCARIA** (F in figura), l'ospite definitivo si infesta mangiando il pesce crudo o poco cotto; oppure la Metacercaria si forma da una cercaria che nuotando si porta sulla vegetazione acquatica e qui si incista e aspetta che l'ospite definitivo mangiando la vegetazione acquatica o bevendo l'acqua si infesti.

Organizzato morfologicamente e strutturalmente un Trematode tipico come **Fasciola hepatica**.

Questo trematode parassita una volta abbastanza diffuso specialmente fra gli animali (ovini e bovini) poteva infestare anche l'uomo se mangiava alimenti contaminati (crescione). Il trematode adulto misura in media circa 5-6 cm di lunghezza ed 1,5 cm di larghezza. La *Fasciola hepatica* adulta possiede due ventose, una orale che circonda la bocca, ed una ventrale (la presenza di due ventose fece definire questi organismi anche con il nome di **DISTOMI**, con due ventose). Dalla bocca origina il faringe che tramite un breve esofago si porta nella cavità gastrovascolare che ramifica in mezzo alle cellule del parenchima. Lo sviluppo del sistema riproduttore maturo, sia maschile che femminile, occupa grossa parte dell'organismo. Nella parte più anteriore del corpo è posizionato l'apparato femminile che consiste in un ovario ramificato che, con l'ovidotto, si collega all'ootipo. Nell'ootipo convergono anche i due dotti vitellini provenienti dalle ghiandole vitelline posizionate lateralmente al corpo della *Fasciola*.

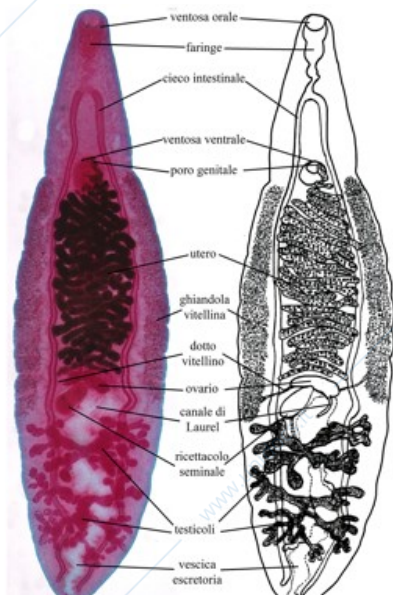
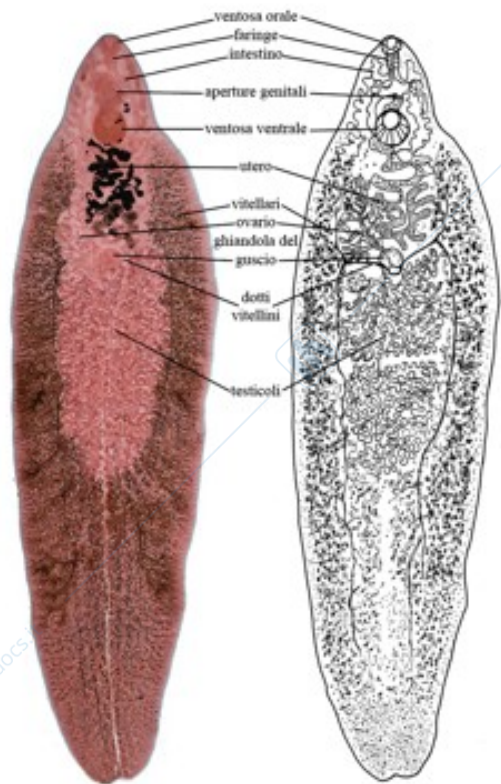
Nell'ootipo le cellule uovo sono fecondate dagli spermatozoi che la *Fasciola* ha ricevuto da un altro individuo; l'uovo fecondato si unisce alle cellule vitelline ed insieme passano nella ghiandola di Mehlis dove vengono incapsulate per poi passare nell'utero. Qui permangono per un po' di tempo dopo di che sono rilasciate attraverso l'atrio genitale all'esterno, ovvero nella bile e con questa raggiunge l'intestino e da qui nell'ambiente esterno.

L'apparato maschile consiste di due testicoli posti nella parte centrale e posteriore del corpo della *Fasciola*.

I due testicoli sono ramificati e da questi, tramite i dotti spermatici, gli spermatozoi sono portati alla vescicola seminale e da qui, uniti con le secrezioni della prostata, sono trasferiti con il pene (o cirro) ad un altro individuo.

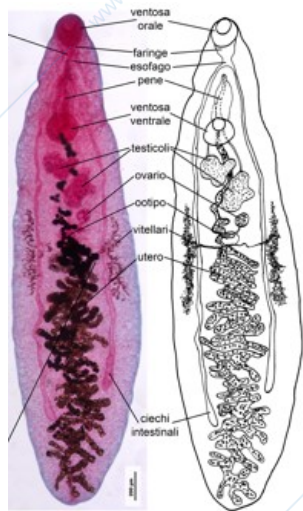
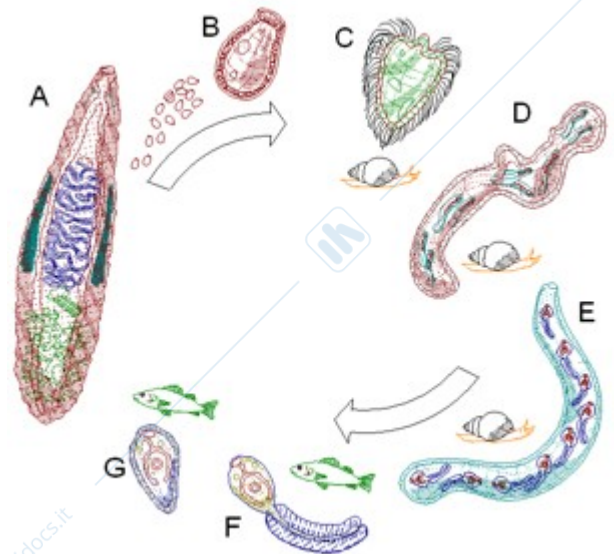
Il parassita adulto infesta il fegato dell'ospite e, pur essendo ermafrodita, non può fare autofecondazione ma scambio reciproco degli spermatozoi fra due esemplari. Per questo nel fegato come minimo devono esserci due esemplari; a volte tuttavia il numero di esemplari trovati nel fegato erano molto più numerosi di due, da qui il danno che possono fare nutrendosi del parenchima epatico dell'ospite.

Il ciclo vitale di *Fasciola hepatica* segue le seguenti fasi: gli adulti si accoppiano e si scambiano vicendevolmente gli spermatozoi; le uova fecondate vengono rilasciate nella bile e con questa raggiungono prima l'intestino e poi da qui l'ambiente esterno. Se le uova embrionate raggiungono un ambiente acquatico completano lo sviluppo e emerge il **MIRACIDIO** ciliato che va alla ricerca della chiocciola acquatica in cui penetra, sostituisce l'epitelio ciliato con quello sinciziale e si trasforma in **SPOROCISTI**. Queste originano altre sporocisti e poi da queste le **REDIE** che a loro volta origineranno le **CERCARIE**. Queste liberate dalla chiocciola nuotano con la coda e vanno ad incistarsi come **METACERCARIE** sulla vegetazione acquatica dove attendono di essere ingerite o bevute dall'ospite vertebrato definitivo (una pecora o un bovino e accidentalmente anche l'uomo).



Un altro trematode molto diffuso in Asia specialmente in Cina, dove in passato infestava milioni di persone, è *Opisthorchis sinensis* (o *Clonorchis sinensis*). La disposizione degli organi è la seguente: la ventosa orale circonda la bocca; questa continua con il faringe, un corto esofago e due rami dell'intestino cieco. Ventralmente si incontra la ventosa ventrale. L'utero pieno di uova occupa buona parte della metà anteriore del corpo del verme; a seguire l'utero troviamo lo sviluppo dell'apparato femminile con l'ootipo, il germario (ovario), il ricettacolo seminale, le ghiandole vitelline (lateralmente al corpo) con i loro dotti che si dirigono e uniscono con l'ootipo. Nella parte posteriore del corpo del verme si evidenziano i due grossi testicoli ramificati. Anche *Opisthorchis sinensis* è un parassita che da adulto vive nelle vie biliari del fegato dei vertebrati, uomo compreso. L'uomo ed altri vertebrati si infestano mangiando pesci crudi o poco cotti.

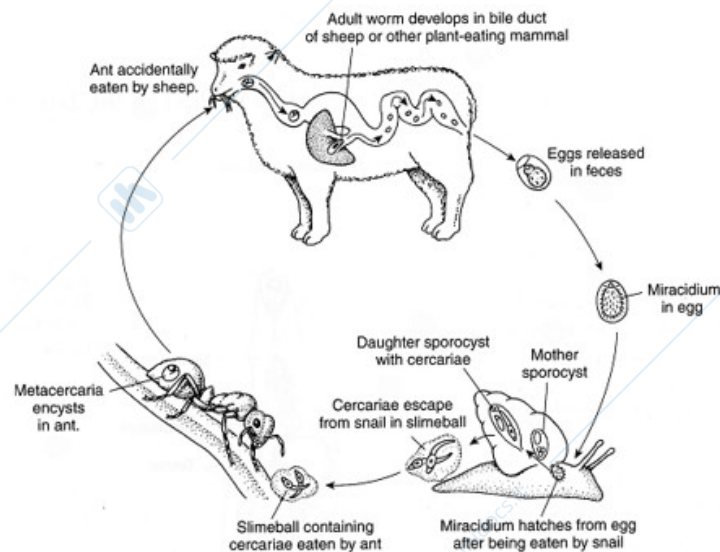
Ciclo di vita di **O. sinensis**: A) gli adulti lunghi 1-2 cm larghi 5 mm e spessi circa 2mm, si accoppiano nel fegato del vertebrato scambiandosi gli spermatozoi; B) le uova rilasciate nella bile, via intestino raggiungono l'ambiente esterno. C) le uova se finiscono in un corso d'acqua (es uno stagno) completano lo sviluppo embrionale e dalle uova emerge il **MIRACIDIO** che penetra in una chiocciola dove si trasforma (come in Fasciola hepatica) nella **SPOROCISTI** (D). Questa origina la **REDIA** (E) e da questa le **CERCARIE**. Le cercarie fuoriescono dalla chiocciola e si vanno ad incistare come **METACERCARIE** nella muscolatura di un pesce. Le cisti possono resistere nel pesce per molto tempo. Se un carnivoro o anche l'uomo mangiano il pesce crudo o poco cotto le cisti ingerite arrivano nell'intestino da dove il giovane verme, liberatosi della cisti attraversa la mucosa intestinale e con il sangue raggiunge il fegato dove diventa adulto.



Un altro Trematode, **Dicrocoelium dendriticum**, è lungo tra 0,5-1 cm, largo 1-3 mm, parassita del fegato di ovini, bovini e, accidentalmente, anche l'uomo.

Fra le varie strutture che si osservano in maniera chiara dalla parte anteriore sono: le due ventose orale e ventrale con il faringe e i due rami dell'intestino cieco; a differenza delle specie che abbiamo osservato in precedenza i testicoli sono posti anteriormente e sono due testicoli compatti, non ramificati; segue l'apparato femminile in cui è ben evidente il germario, l'ootipo, lateralmente le due ghiandole vitelline, l'utero pieno di uova che occupa la parte mediana e posteriore del verme. Il dotto che porta le uova all'esterno risale anteriormente e sbocca, insieme al pene, nell'atrio genitale compreso fra le due ventose.

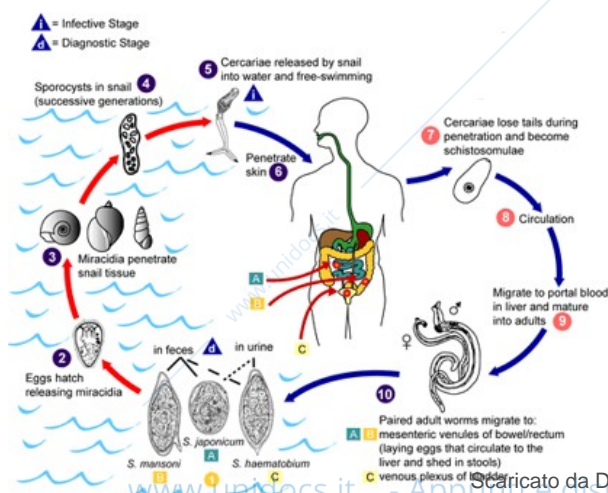
Il ciclo di **Dicrocoelium dendriticum** differisce per diversi aspetti da quelli descritti precedentemente. L'ospite è un vertebrato, di solito un erbivoro ad esempio una pecora. Il parassita adulto vive nel fegato dove gli esemplari si accoppiano e si scambiano gli spermatozoi. Le uova deposte con la bile passano nell'intestino e da qui, con le feci eliminate all'esterno. Quindi le uova embrionate non vanno in un corso d'acqua ma nell'erba dove vengono mangiate



da una chiocciola «terrestre». Nell'intestino della chiocciola dall'uovo esce il **miracidio** che si trasforma in **sporocisti** la quale migra verso l'epato-pancreas della chiocciola. In questa sede le sporocisti si dividono aumentando di numero ed in seguito generano le **cercarie** (**manca lo stadio di redia**). Le cercarie lasciano l'epatopancreas e si portano verso il polmone della chiocciola da dove sono espulse all'esterno avvolte in uno strato di muco. Le palline di muco sembrano essere particolarmente gradite alle formiche che le mangiano; le cercarie si portano al livello del ganglio cerebrale della formica dove si incistano come **metacercarie**. La presenza della metacercaria nel ganglio cerebrale modifica il comportamento della formica la quale si porta sui fili d'erba e lì si ferma serrando le mandibole sulle foglie. Il comportamento indotto dal parassita facilita il passaggio nell'ospite definitivo (la pecora o comunque un vertebrato erbivoro) mangia l'erba con la formica assume la metacercaria.

Altri trematodi parassiti importanti per l'uomo sono quelli appartenenti al genere **Schistosoma**. Le specie che possono parassitare l'uomo sono 3: **S. mansoni**, **S. haematobium** e **S. japonicum**. Gli Schistosomi differiscono dagli altri trematodi che abbiamo visto in precedenza per diversi aspetti.

- 1) Sono trematodi a sessi separati per cui la riproduzione è anfigonica
- 2) Vivono connessi l'uno con l'altro. Il maschio ha una forma appiattita e porta ventralmente un solco detto «GINECOFORO» dove ospita la femmina che è, generalmente più lunga e sottile. (vedi figure A e C)
- 3) A differenza dei precedenti trematodi che erano ospiti nel fegato dei vertebrati, gli schistosomi si localizzano nelle vene dell'ospite, in particolare **S. mansoni** e **S. japonicum** si localizzano nelle vene dell'intestino, mentre **S. haematobium** nelle vene della vescica urinaria. La loro insolita localizzazione pone il problema di come fanno le uova a raggiungere l'ambiente esterno ed il corso d'acqua ove iniziare gli stadi larvali. Le uova di queste specie come si vede dalle immagini B e D, sono munite di spina laterale o terminale a seconda della specie. La femmina quando depone le uova con i suoi movimenti e con le spine delle uova provoca una lacerazione dei tessuti dell'intestino fino ad aprire una ferita che la collega con il lume intestinale o, nel caso di **S. haematobium**, nella vescica urinari. Raggiunto il lume intestinale o vescicale con le feci o l'urina raggiungono l'ambiente esterno. Ovviamente la presenza nelle vene, con la produzione di cataboliti e poi il danno provocato dalle uova per uscire, sono un danno grave per l'ospite.



ciclo di uno Schistosoma

Dalle uova rilasciate nell'acqua con le feci o con le urine emerge il **miracidio** ciliato che penetra in una chiocciola acquatica e si trasforma in **sporocisti**. La sporocisti iniziale genera altre sporocisti e poi da queste si formano le cercarie. Negli schistosomi manca lo stadio di **redia**. La cercarie fuoriescono dalla chiocciola e con la coda biforcuta (**furcocercarie**)

nuotano alla ricerca di un ospite in cui penetrare direttamente attraverso la cute, manca quindi anche lo stadio di **metacercaria**. La cercaria penetrata nella cute perde la coda e si trasforma in uno «**schistosomulo**» dove maschi e femmine si uniscono e diventano adulti che con il flusso sanguigno raggiunge la sede definitiva (vene mesenteriche o vescicali).

Gli *Aspidogastrea* sono un piccolo gruppo di Trematodi anch'essi parassiti soprattutto di pesci, e tartarughe e molluschi bivalvi. La loro morfologia è caratterizzata dalla presenza di un organo adesivo rappresentato o da una grossa singola ventosa ventrale o da più ventose disposte in una fila longitudinale. Da adulti presentano una evidente faringe ed una semplice cavità digerenti. Come gli altri trematodi sono ermafroditi.

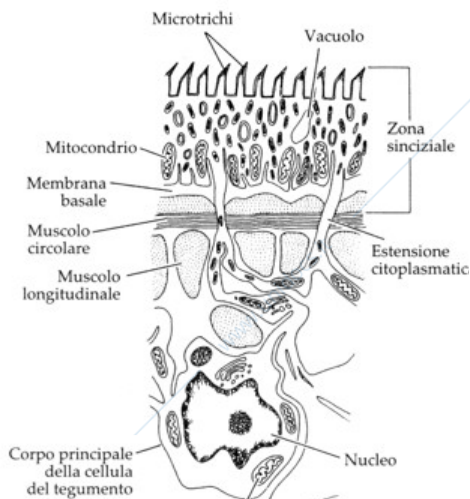
Il ciclo vitale degli aspidogastri è più semplice degli altri trematodi già visti in precedenza. Da adulti vivono nell'intestino ad esempio dei pesci (molte specie); le uova rilasciate sono ingerite da una chiocciola (varie specie) dove raggiungono lo stadio preadulto. Se la chiocciola è mangiata da un altro pesce, in questo completano lo sviluppo.

I *Cercomeromorpha* prendono il nome dal «**cercomero**» l'appendice posteriore con uncini della larva **oncosfera** o **oncomiracidio** di questi plattelminti. Anche i cercomeromorfi sono parassiti e, specialmente nella sottoclasse dei **CESTODA**, include parassiti molto importanti come le tenie. I **MONOGENEA**, anch'essi parassiti ma non dell'uomo, di altri vertebrati come ad esempio gli anfibi, pesci e rettili. In totale la Classe annovera circa 4500 specie parassite (da adulte) dell'intestino dei vertebrati. Anche nel caso dei cercomeromorfa solitamente gli ospiti in cui svolgono il ciclo vitale sono due o più di due, raramente uno solo.

Struttura del corpo di una tenia

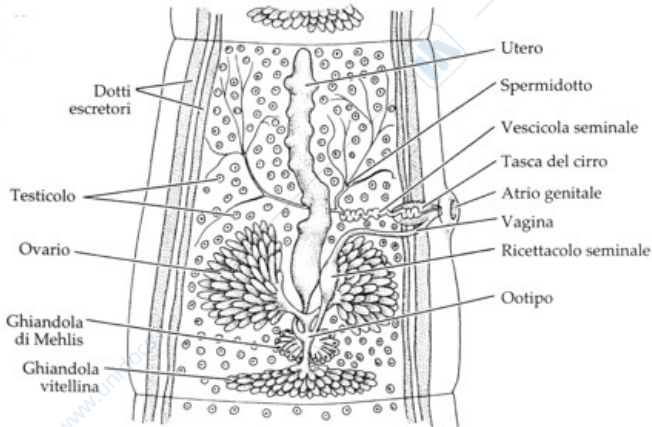
Il corpo è lungo e nastriforme e ad eccezione di alcune specie molto corte (che vedremo più avanti) molte specie raggiungono lunghezze di diversi metri, *Taenia saginata*, la tenia dell'uomo e dei bovini può raggiungere la notevole lunghezza di 20 metri; così come *Taenia solium* in media lunga anche 8 m.

Il corpo della tenia adulta, lungo e appiattito, è composto di due parti principali: lo «**SCOLICE**» e la «**STROBILA**». Lo scolice è la parte anteriore del verme e possiede le strutture con cui il verme adulto si ancora all'epitelio intestinale dell'ospite; queste sono costituite da **VENTOSE** o **BOTRIE** (ventose allungate) e dal «**ROSTRELLO di UNCINI**» una specie di corona con molti uncini. Una specie può avere entrambe le strutture (**tenia armata**) o possedere solo le ventose (**tenia inermis**). La parte posteriore dello scolice è detta il «**COLLO**» ed è di fondamentale importanza perché il collo è la zona che genera le «**PROGLOTTIDI**» che nel loro insieme costituiscono la «**STROBILA**» ovvero la parte lunga e nastriforme del corpo della tenia. Nell'immagine della diapositiva lo scolice è il «puntino» all'estremità del nastro a sinistra della figura, il resto è tutta «strobila». Ogni strobila in una tenia lunga qualche metro può avere 1000/2000 proglottidi. Le proglottidi appena generate dal collo dello scolice sono immature; a mano a mano che altre sono aggiunte queste si allontanano dallo scolice e vanno incontro alla maturazione diventando mature **prima** nella parte maschile e **successivamente** nella parte femminile. Da ciò si deduce che anche le tenie sono ermafrodite. Ogni proglottide rappresenta una unità riproduttiva separata dalle altre ed in ognuna, sebbene in tempi diversi, matureranno sia il sistema maschile che femminile, per questo in una proglottide non può avvenire autofecondazione, quando è matura la parte maschile non è pronta quella femminile; quando la femminile è matura la maschile ha già svolto il suo compito. Semmai la fecondazione può avvenire nello stesso verme fra proglottidi differenti come avviene ad esempio in *Taenia solium*, il verme solitario. Nella lunghezza totale la parte più anteriore contiene proglottidi immature o mature nella parte maschile, la parte posteriore (non terminale) contiene proglottidi mature nella parte femminile; la parte finale comprende proglottidi in cui la fecondazione è già avvenuta e comprende proglottidi con l'utero enormemente dilatato per la presenza di numerose uova fecondate. Le ultime proglottidi generalmente si staccano dalla strobila e con le feci dell'ospite andranno all'esterno dove incontreranno un ospite intermedio.



Le tenie si sono adattate al parassitismo intestinale in maniera molto marcata, tanto che le tenie non hanno più la «**CAVITA' DIGERENTE**» ma assorbono il cibo digerito dell'ospite attraverso la superficie corporea. L'epitelio è di tipo sinciziale (le varie cellule hanno perso i limiti cellulari) e la superficie esterna dell'epitelio è sollevata in tanti «**MICROTRICHI** o «**MICROVILLI**» per aumentare la superficie di assorbimento; i nuclei dell'epitelio si approfondano nel parenchima, al di sotto della fascia muscolare. L'epitelio poggia sulla membrana basale sotto questa a seguire i fasci di muscolatura circolare e longitudinale.

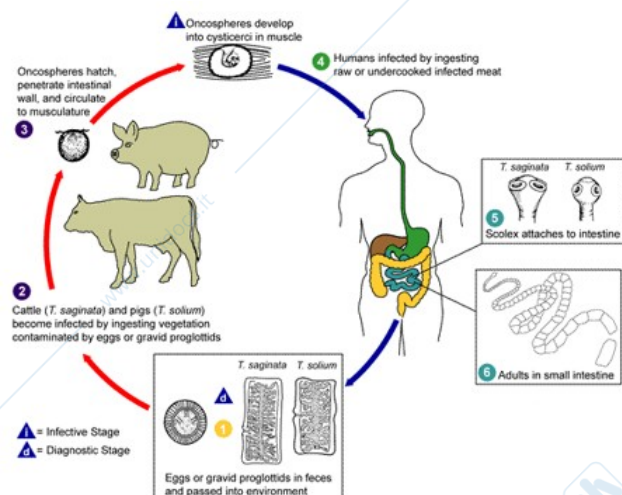
La proglottide è «l'unità fondamentale» della strobila delle tenie. Le tenie sono plattelminti con apparato riproduttore di tipo «NEOFORO». Ogni proglottide sviluppa sia la parte maschile che femminile sebbene la maturazione non è contemporanea, la parte maschile matura prima della femminile. I testicoli sono di tipo «acinoso» sparsi fra le cellule del parenchima, gli spermidotti fanno confluire i gameti maturi nella vescicola seminale e da questa trasferiti nella **proglottide matura femminile** di un altro individuo o anche dello stesso (come avviene in *Taenia solium*) tramite il cirro. L'apparato genitale femminile consta generalmente di due ovari, il ricettacolo seminale, una ghiandola vitellina, l'ootipo, la ghiandola di Mehlis e l'utero.



Fasi della fecondazione

Gli spermatozoi di un altro individuo o di un'altra proglottide sono immagazzinati nel ricettacolo seminale. Da qui scendono verso l'ootipo insieme alle uova. Nell'ootipo avviene la fecondazione e l'uovo fecondato ma privo di vitello viene circondato dalle cellule vitelline prodotte dalla ghiandola vitellina. L'insieme di vitellociti e uovo fecondato passa nella ghiandola di Mehlis dove viene ricoperto dalla capsula prodotta dalla ghiandola. Le uova sono accumulate nell'utero. Il più delle volte le proglottidi mature si staccano dalla strobila e vengono espulse all'esterno con le feci dove si disfanano. A volte le proglottidi si rompono già nell'intestino e le uova, sempre con le feci portate all'esterno.

Ciclo vitale di *Taenia solium* e *T. saginata*:

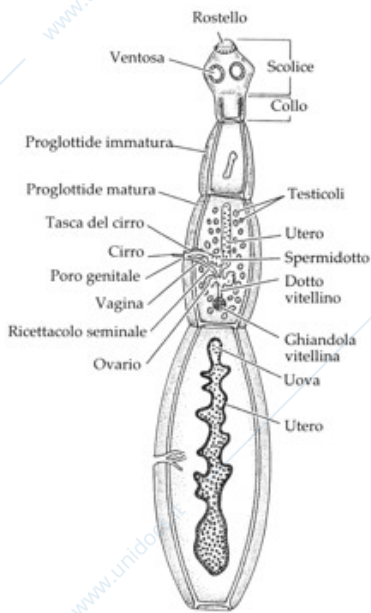


T. solium è la così detta tenia del maiale perché l'uomo si infesta generalmente mangiando carne cruda (tipo salsicce fresche) o poco cotta del maiale. La *T. saginata* si prende solitamente mangiando sempre carne poco cotta o cruda di bovini. L'ospite definitivo di entrambe le tenie è l'uomo (ma anche altri animali carnivori) quindi ha nel suo intestino la tenia adulta. Solitamente se l'infestazione è di *T. solium* di questa ce n'è una sola, per questo può fare auto fecondazione; in questo caso la tenia rigira la strobila portando a contatto le aperture genitali delle proglottidi mature femminili con quelle delle proglottidi mature maschili. Gli spermatozoi da queste ultime passano in quelle femminili e usati per fecondare le uova. Con *T. saginata* la fecondazione può essere fra individui differenti in

quanto più esemplari (al limite due) possono essere nello stesso individuo. Le proglottidi mature piene di uova vengono espulse con le feci ed inquinano l'ambiente, supponiamo un pascolo. Il maiale (se *T. solium*) o un bovino (*T. saginata*) mangiano le uova con l'erba. Nell'intestino dalle uova esce uno stadio larvale detto «**ONCOSFERA**» o «**LARVA ESACANTA**» per la presenza di sei uncini. La larva passa la barriera intestinale e con il sangue viene portata in diversi organi ed in particolare nella muscolatura dove si incista sotto forma di «**CISTICERCO INVAGINATO**» ed in questa forma e sede aspetta che l'ospite definitivo (ad esempio l'uomo) mangiando la carne cruda o poco cotta si infesta con i cisticerchi. Questi arrivati nell'intestino evaginano lo scolece, si attaccano alla mucosa intestinale e dal collo iniziano a produrre le proglottidi della strobila.

Ovviamente la presenza della tenia provoca una serie di sintomi (malessere generale, dimagrimento, nausea, vomito ecc.); le analisi cliniche permettono di individuare la presenza del parassita, in particolare l'osservazione delle feci con la individuazione delle proglottidi o delle uova. Se si tratta dell'una o dell'altra tenia si può determinare con l'osservazione delle proglottidi che appaiono di differente grandezza, solitamente *T. saginata* più lunghe che *T.*

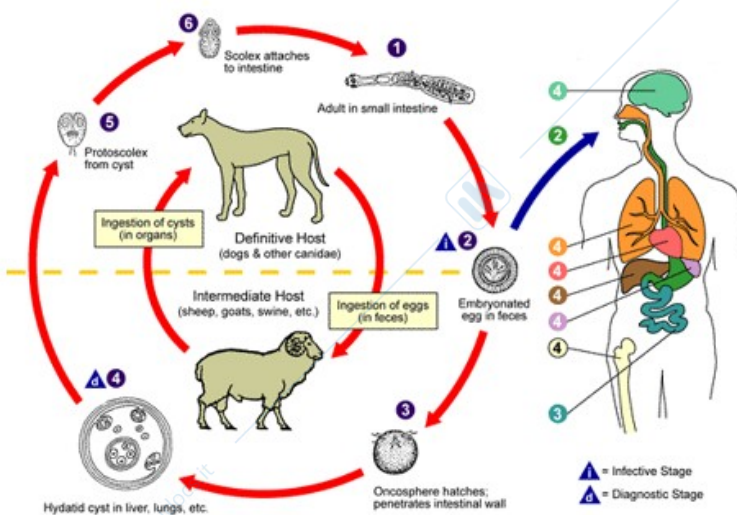
solium e la forma e distribuzione dell'utero (osservazioni molto specialistiche). Per eliminare le tenie esistono diversi farmaci, la sicurezza di averlo eliminato non si deve basare sull'osservazione delle proglottidi nelle feci ma di avere eliminato lo «SCOLICE», se questo resta con il «COLLO» rigenera la strobila.



Una specie parassita molto importante è ***Echinococcus granulosus***. Si tratta di una specie di piccole dimensioni, solo circa 6-7 mm di lunghezza; anche il numero di proglottidi nell'adulto sono limitate; allo scolice che porta ventose e rostellum e collo, segue la strobila con solo tre proglottidi, una immatura, una matura sessualmente e una proglottide gravida.

L'ospite definitivo è il cane o altri carnivori nel cui intestino possono essere presenti a volte decine di parassiti adulti, apparentemente senza produrre grossi danni. Il danno quindi non è tanto dall'adulto ma dalle forme larvali giovanili, le cisti idatidee con all'interno migliaia di cisticerchi invaginati. Nel passato gli ospiti più conosciuti erano il cane pastore e le pecore: il cane ospite definitivo, la pecora l'ospite intermedio o secondario. Il danno nella pecora (e accidentalmente anche nell'uomo) è provocato dalle grosse cisti idatidee che si sviluppano in certi organi come il fegato, reni, polmoni o cervello. Nella diapositiva la figura B mostra una piccola sezione della cisti idatidea che contiene centinaia se non migliaia di cisticerchi invaginati. Nelle figure C-E sono mostrati cisticerchi invaginati (detti anche «**PROTOSCOLICI**») ed evaginati quando arrivano nell'intestino del cane (o di un altro carnivoro).

Il ciclo vitale di *Echinococcus granulosus*:



l'ospite definitivo (il cane) elimina con le feci le proglottidi gravide piene di uova fecondate; nell'ambiente esterno le proglottidi si disfano e le uova embrionate si attaccano all'erba e sono mangiate dalla pecora. Nel suo intestino le uova schiudono e liberano «l'**oncosfera**» o «**larva esacanta**» che penetra nell'intestino e con la circolazione sanguigna viene portata in organi diversi, specialmente quelli con una ricca vascolarizzazione come il fegato, reni, polmoni ecc. L'oncosfera diventa un protoscolice invaginato il quale non si limita ad insediarsi nel parenchima epatica (per esempio) ma i suoi tessuti esterni sono definiti «**PROLIGENI**» ed il protoscolice iniziale si ingrandisce generando altri

protoscolici e continua in questa sua continua generazione di nuovi individui. La piccola cisti iniziale diviene via via sempre più grande con centinaia di protoscolici. Fino a raggiungere, a volte, dimensioni notevoli come una palla da pallavolo (cisti idatidea). Ovviamente la pecora con una cisti del genere che cresce negli organi non ha alcuna possibilità di sopravvivenza ed in passato la pecora veniva sacrificata ed eviscerata e invece di essere eliminata in parte veniva (forse anche accidentalmente) mangiata dal cane che quindi si infestava da centinaia di protoscolici invaginati. Questi nell'intestino del cane (o di un altro predatore) si evaginano, si attaccano alla mucosa intestinale e dal collo generano le tre proglottidi tipiche dell'*Echinococcus granulosus*. L'uomo difficilmente può essere l'ospite definitivo (come il cane) perché difficile che mangi le cisti con i cisticerchi, tuttavia può essere ospite intermedio (come la pecora) cosa molto più grave. Si possono ingerire accidentalmente le uova dell'echinococco, toccando il cales o l'erba inquinata dalle uova (specialmente il pastore che lavora con questi animali). Nel passato la cisti era per forza rimossa chirurgicamente oggi farmaci aiutano nella cura di questa infestazione.

Gli adulti di *Echinococcus granulosus* nell'ospite definitivo (il cane) non si autofecondano perché non è possibile al parassita ripiegare il corpo composto di sole 3 proglottidi, per questo la riproduzione è per forza con accoppiamento di individui differenti.

I **Monogenei** sono una Classe di circa 2700 specie di parassiti di pesci, anfibi e rettili, specialmente tartarughe. Per l'adesione all'ospite i monogenei hanno un vistoso organo adesivo posteriore detto **OPISTHAPTOR** munito di ventose e uncini. Il ciclo vitale solitamente è in una sola specie; le uova rilasciate dall'ospite generano una larva ciliata detta **ONCOMIRACIDIO** che infesta un nuovo ospite.

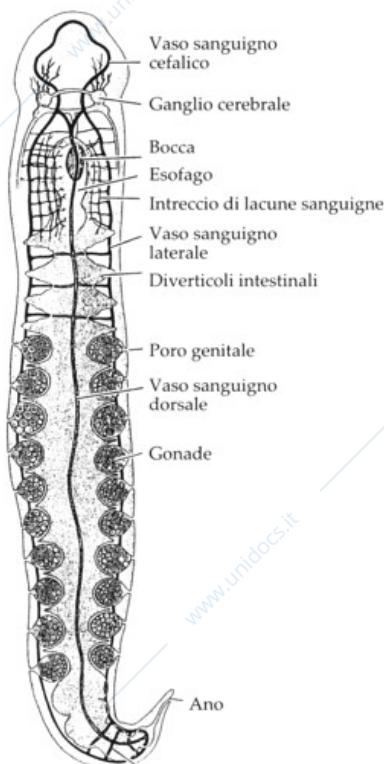
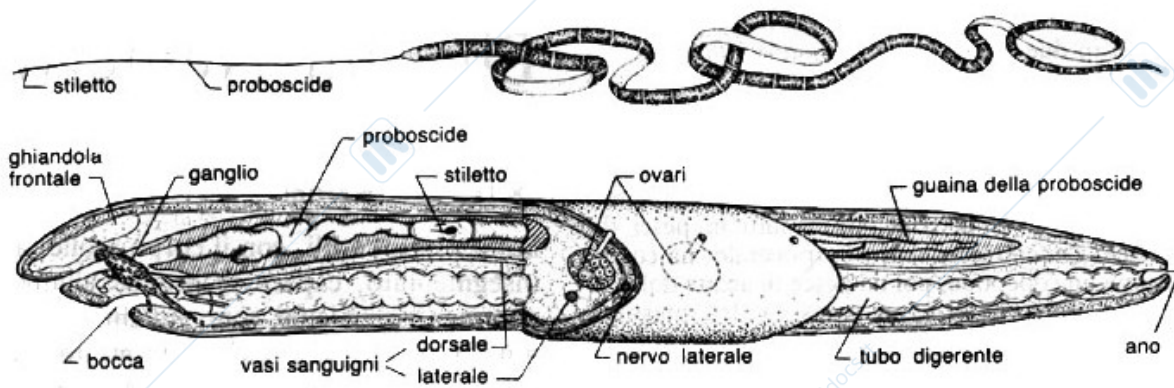
Un ciclo ben conosciuto di monogeneo è quello di *Polystoma integerrimum*. Il parassita vive da adulto nella vescica urinaria (cloaca) della rana e non entra nella fase riproduttiva se non quando anche l'ospite (la rana) entra nella fase riproduttiva. La gonadotropina della rana stimola anche il parassita che raggiunge la maturità sessuale e quando la rana raggiunge l'acqua per deporre le uova il parassita fa la stessa cosa e depone le sue uova. Nel ciclo normale dalle uova nasce la larva detta «GIRODATILOIDE» o «ONCOMIRACIDIO» che penetra nel poro branchiale di un girino e quando questo metamorfosa in giovane rana il parassita raggiunge la vescica e qui aspetta accrescendosi (impiega circa tre anni) che anche la rana abbia raggiunto la maturità sessuale per potersi riprodurre. Nel ciclo anomalo la larva girodattiloide penetra nelle branche di un girino ma non aspetta tre anni per riprodursi ma per un processo di pedomorfosi (o neotenia) (riproduzione allo stadi larvale) si riproduce rilasciando le uova da cui schiudono le larve girodattiloidi.

NEMERTINI

Includono circa 1200 specie di vermi marini, vivono fra i sedimenti nel fondo, a volte in tane che essi stessi si costruiscono; le dimensioni a volte sono esageratamente lunghe, una specie, *Lineus longissimus*, raggiunge circa 54 m sebbene generalmente sono sotto il metro di lunghezza, sebbene la lunghezza media è compresa fra 20-30 cm.

Sono vermi **protostomi triblastici acelomati** (non segmentati a simmetria bilaterale) che si differenziano rispetto ai Platelmini per alcune importanti novità evolutive. Fra queste il «completamento» del sistema digerente che diventa completo con «bocca» e «ano», e permette ai nemertini un'alimentazione continua e non discontinua come nei plateminti i quali ad ogni pasto devono attendere di avere digerito il cibo ed espulso i resti prima di farne un altro. Seconda novità morfo-funzionale importante è l'acquisizione di un primitivo sistema circolatorio che aiuta il verme nella distribuzione degli alimenti digeriti.

Una sinapomorfia dei nemertini è il sistema «RINCOCELE» «PROBOSCIDE» mediante il quale il verme cattura le sua prede.



Anatomia dei nemertea:

L'epitelio che ricopre il corpo dei nemertini è costituito da cellule ciliate e microvilli. Fra le cellule ciliate sono presenti molte cellule mucose che producono un muco tossico che scoraggia i predatori, e cellule sensorie. L'epitelio poggia su uno strato di derma e questo su due strati di muscolatura della parete corporea quella esterna disposta circolarmente e quella interna longitudinalmente. Molto spesso a questi due strati se ne aggiungono altri con diversa disposizione, elicoidali, obliqui, dorso ventrali per appiattare il corpo.

Fra la parete del corpo e l'intestino è presente tessuto parenchimoso. Sebbene il corpo si coperto di cellule epiteliali ciliate queste non sono usate per la locomozione, per questa usano la muscolatura del corpo mediante onde peristaltiche.

L'apparato digerente è completo di bocca e ano. L'intestino con molti diverticoli che aiutano la distribuzione delle sostanze digerite per DIFFUSIONE. Ricordo che il sistema circolatorio acquisito dai nemertini

aiuta nella diffusione dei materiali ma la diffusione ha ancora una grande importanza nella distribuzione dei materiali digeriti.

Notare la presenza fra i diverticoli intestinali delle gonadi.

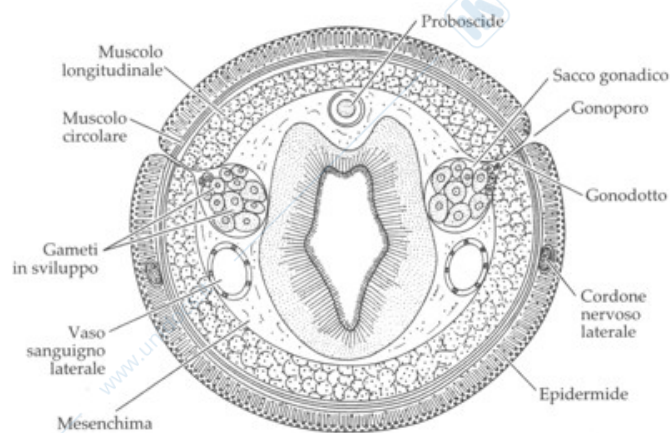
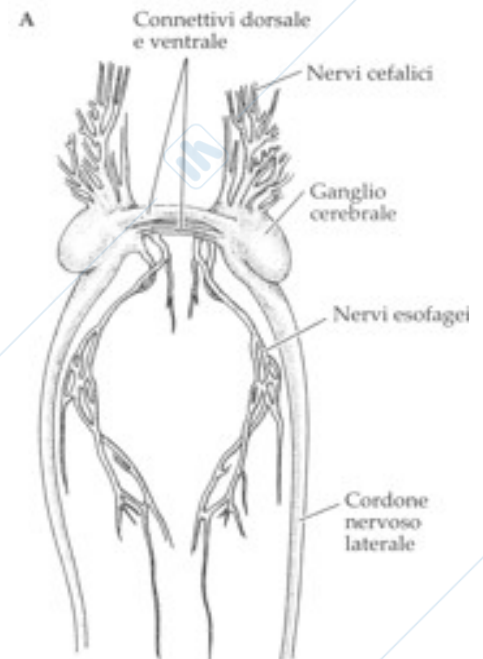
Il **sistema escretore-osmoregolatore**, come nei Platelmini, è costituito da un sistema protonefridiale.

Il **sistema nervoso** ricorda quello dei plateminti con un ganglio cerebrale posto anteriormente e sopra-faringeo (o sopra rincodeo) da cui emergono cordoni nervosi longitudinali connessi da commessure trasversali.

Il sistema nervoso dei nemertini è composto da un cervello costituito da quattro gangli che circondano il rincodeo; dal cervello partono due cordoni longitudinali laterali; altri cordoni e nervi emergono dal «ganglio cerebrale», alcuni diretti verso organi di senso anteriori (nervi cefalici) altri verso il sistema digerente. Gli organi di senso consistono di ocelli a coppa pigmentata, fossette sensoriali, organi cerebrali e organi frontali eversibili, tutti questi di probabile natura chemio-sensoria.

Gli organi cerebrali sono costituiti da un paio di sacchi ciechi cui convergono nervi e cellule endocrine; un canale ciliato collega l'organo con l'esterno nei solchi cefalici o in un paio di fossette; la loro funzione è probabilmente di natura neuroendocrina e coinvolta nel processo di osmoregolazione.

Hanno evoluto un **sistema circolatorio** chiuso che, nelle specie più semplici, consiste in un due vasi laterali connessi anteriormente e posteriormente. In specie più complesse i vasi laterali sono connessi da vasi trasversali; sebbene i vasi siano contrattili la progressione del liquido interno avviene sostanzialmente per la contrazione ed i movimenti della muscolatura generale del corpo.



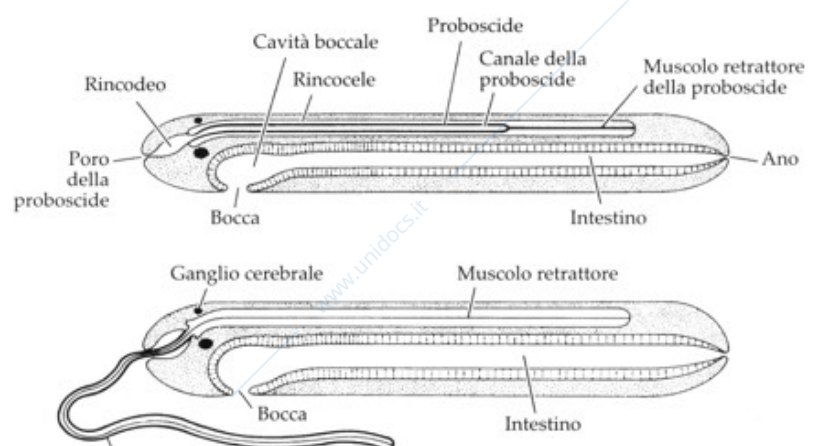
I Nemertini sono tutti **gonocorici** con una segmentazione embrionale di tipo spirale come solito nei protostomi, lo sviluppo può essere diretto o indiretto in questo ultimo caso si genera una larva ciliata detta **PILIDIO**.

Quest'ultimo è caratterizzato da un ciuffo apicale di lunghe ciglia, ciglia locomotorie ed un blastocele con cellule del mesoderma. Sono forniti di bocca e intestino ma senza l'apertura anale. Da questa larva per metamorfosi si sviluppa un piccolo verme che si ciba del corpo della larva

Molte specie hanno grandi capacità di rigenerazione e possono utilizzare queste capacità anche per riprodursi asessualmente mediante frammentazione e rigenerazione delle parti mancanti.

Nella riproduzione sessuale le gonadi originano da cellule staminali che si aggregano a livello dei diverticoli intestinali dove sono avvolte da un epitelio che genera la gonade. Le gonadi, sia femminili che maschili, riversano i gameti direttamente all'esterno dove avviene la fecondazione; alcune specie invece trattengono le uova fecondate e lo sviluppo avviene internamente.

Possiedono un sistema della **proboscide** strutturato in una cavità sopra-enterica piena di liquido definita **RINCOCELE** su cui agisce un sistema muscolare del rincele che, al momento opportuno, quando si contrae fa estroflettere (evaginare) la proboscide, struttura con cui catturano le prede. La proboscide può essere molto più lunga del corpo, e quando ha catturato la preda un muscolo retrattore ne permette il ritiro all'interno della cavità del rincele.



Alla base della proboscide parte una **spina** che può essere collegata ad alcune **ghiandole velinifere** che sono utili per recare danno ad una possibile preda colpita da tale spina.

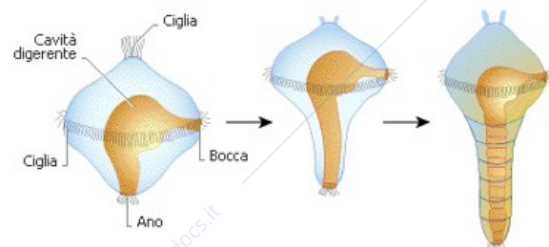
ANELLIDI

Il Phylum degli ANNELIDA include forme molto note, se non altro per quanto concerne certe forme terrestri come i comuni lombrichi, liberi nel terreno dei prati ma anche allevati e venduti per essere utilizzati nel compost; sono molto comuni anche certe specie di policheti usata per pescare, comprati usualmente nei negozi di esca: sono ben conosciute anche certe forme «ectoparassite» come le sanguisughe usate nel passato dai medici per fare i «salassi» ed utilizzate anche oggi, sempre dai medici ma con criteri moderni, per ridurre gli ematomi in persone che hanno subito forti traumi. Le sanguisughe, rimuovendo il sangue rappreso, possono aiutare i pazienti a ridurre i tempi della guarigione.

Il nome ANNELIDA del Phylum deriva dalla principale caratteristica morfologica osservabile esternamente al corpo dei vermi, il quale è formato da tanti piccoli «anelli» chiamati anche «segmenti o metameri» in latino «ANNULUS» da qui il nome del Phylum, sebbene il termine «annelida» è quello comunemente utilizzato.

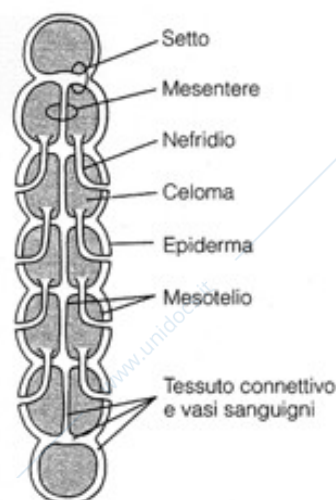
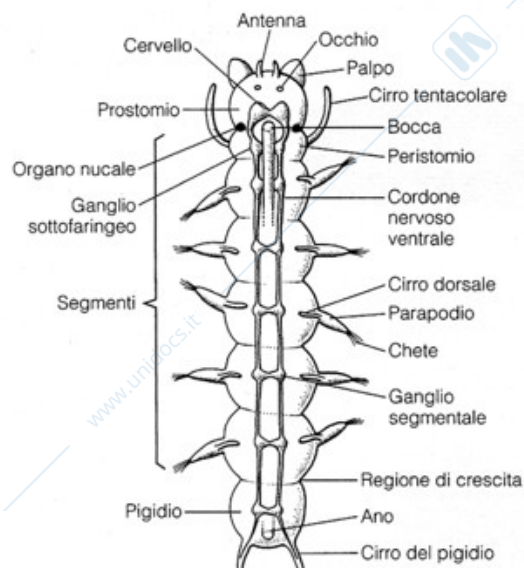
Gli anellidi sono animali **celomati** per eccellenza, nel senso che il celoma è ben sviluppato ed utilizzato per diverse funzioni fra cui il movimento dove il liquido della cavità celomatica è utilizzato come scheletro idraulico su cui agisce la muscolatura del corpo. Il celoma origina dal mesoderma e si cava per SCHIZOCELIA. Animali con «CAVITÀ CELOMATICA» vera, nel senso che questa origina da tessuto mesodermico che cava per SCHIZOCELIA. Le cavità celomatiche sono rivestite esternamente sulle pareti e sui visceri interni da CELOTELI (SOMATOPLEURA sulle pareti, SPLANCNOPEURA sui visceri) con l'intestino che viene tenuto sospeso dai mesenterici che dividono la cavità di ogni metamero in una parte destra e una sinistra.

Inoltre sono **Protostomi**, il blastoporo, la bocca embrionale alla fine della gastrulazione, diverrà la bocca del verme. La crescita, durante lo sviluppo metamorfico, avviene secondo un criterio **TELOBLASTICO**, dalla parte posteriore della larva verso la parte anteriore.

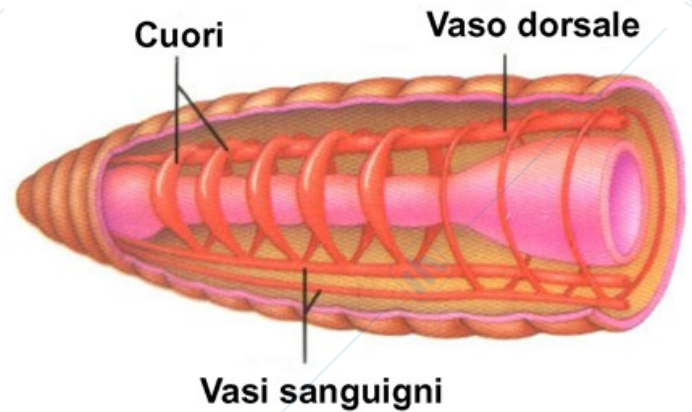


Gli anellidi sono definiti «**animali segmentati**» proprio per la caratteristica di avere il corpo costituito da tanti segmenti originariamente uguali e separati l'uno dall'altro. Di animali segmentati ne esistono diversi, gli anellidi ne sono un esempio e le Tenie (Platelminti Cestodi) ne sono un altro. Ciò che differenzia i due tipi di animali è il modo in cui si forma il corpo segmentato. Negli anellidi il corpo segmentato si forma durante la metamorfosi della larva trocofora in cui i segmenti (o metameri) si sviluppano e si aggiungono dalla parte posteriore verso la parte anteriore: questo tipo di crescita è definito **TELOBLASTICO**.

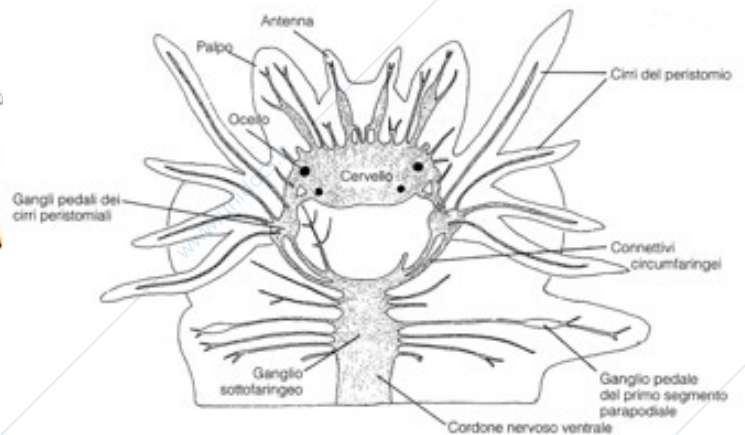
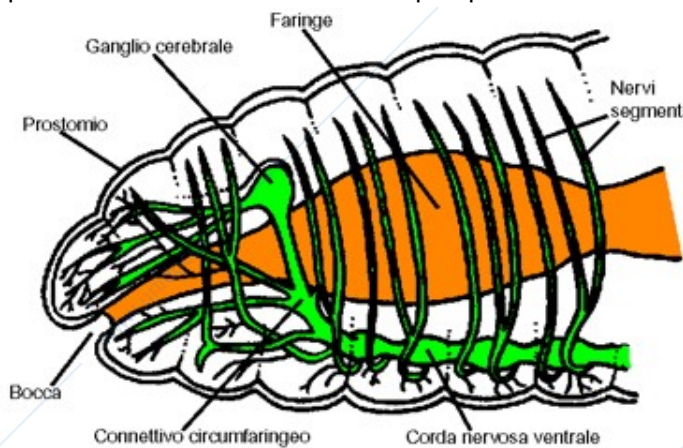
Nelle tenie invece i segmenti (detti **PROGLOTTIDI**) sono aggiunti dalla parte del collo dello **SCOLICE**. Le varie proglottidi aggiunte dal collo producono la **STROBILA** che si allunga quindi dalla parte anteriore verso la parte posteriore.



Il **sistema circolatorio** negli anellidi è un sistema chiuso, costituito basalmente da un vaso dorsale che si sviluppa ed è sostenuto dal mesentere dorsale, e da un vaso ventrale anch'esso sostenuto da un mesentere, quello ventrale. I vasi principali, specialmente quello dorsale è contrattile e spinge il sangue in direzione anteriore, da questo il sangue passa ventralmente attraverso il plesso di capillari, oppure attraverso cuori pulsanti che uniscono il vaso dorsale con quello ventrale. Ovviamente la complessità del sistema circolatorio varia nelle diverse specie, in relazione alla classe cui ci si riferisce e, soprattutto in base alle dimensioni e complessità del corpo. In specie di piccole dimensioni come le minuscole specie interstiziali (quelle che vivono fra i granelli della sabbia) il sistema (ed in generale tutti i sistemi) è semplificato, mentre in specie di grandi dimensioni il numero di vasi aumenta ed il plesso capillare è molto esteso. Il pigmento per trasportare l'ossigeno è generalmente l'**emoglobina** che può essere trasportata all'interno di **celomociti** oppure liberi nel sangue e nel liquido celomatico; in certe specie di policheti l'emoglobina è sostituita da una variante biochimica, la **clorocruorina** che appare di colore verde piuttosto che rossa come nell'emoglobina. Lo scambio gassoso può avvenire attraverso la superficie esterna del corpo oppure attraverso le branchie quando queste sono presenti come nei policheti.



Il **sistema nervoso** consiste in un ganglio cerebrale sopra-faringeo che innerva diverse strutture sensorie poste nel prostomio; dal ganglio cerebrale due commessure lo connettono al ganglio sotto-faringeo e da questo si origina la catena gangliare ventrale con gangli doppi e connessi fra loro in ogni segmento. Da ognuno di questi emergono nervi motori e sensori per tutte le strutture del segmento. Dal ganglio cerebrale emergono diversi nervi che si portano verso le strutture sensorie del peristomio. Queste strutture sono costituite da *palpi*, *cirri*, *statocisti*, *fossette nucali* e *occhi*. Di alcune di queste strutture non si conosce ancora la funzione, l'ipotesi è che alcune strutture sono meccanorecettori ed altre chemiorecettori. Sicuramente le fossette nucali hanno questo ultimo scopo. Ci sono anche gangli pedali posti alla base dei parapodi nei policheti, questi controllano il movimento del parapodio stesso.



Un aspetto interessante del sistema nervoso degli anellidi: le fibre giganti. Le abbiamo già incontrate nei molluschi cefalopodi ed anche negli anellidi lo scopo è il medesimo, consentire una risposta rapida di fuga. Le fibre giganti con il loro spessore maggiore consentono una molto più rapida trasmissione dell'impulso nervoso, da cui una risposta rapida di fuga.

Il **sistema escretore** è formato dai metanefridi, ma talvolta sono presenti anche i protonefridi. In questi animali si afferma un sistema escretore particolare formato da un imbuto ciliato che pesca all'interno della cavità celomatica, le ciglia raccolgono il liquido e lo inviano al tubo che si sviluppa nel metamero successivo e questo tubo poi prende connessione con il sistema circolatorio dove avviene il recupero di sostanze utili.

Il **metanefridio**, di origine mesodermica, nella sua forma più semplice consiste in un tubulo con una estremità dilatata a formare un imbuto con ciglia, l'estremità opposta origina il nefridioporo che libera le scorie del metabolismo e l'eccesso di acqua all'esterno. Il metanefridio pesca con l'imbuto ciliato nella cavità celomatica, le ciglia battono e spingono il liquido nel tubulo metanefridiale; il tubulo si estende nel segmento successivo dove l'urina primaria può essere modificata con il riassorbimento di sostanze ancora utili o di secrezioni aggiunte per essere eliminate.

Solitamente in molte specie il tubulo nefridiale si connette con capillari del sistema circolatorio e i due sistemi interagiscono fra loro formando l'urina finale che viene espulsa all'esterno.

I protonefridi presentano la morfologia già descritta con i plattelminti; sono insiemi di cellule fessurate e flagellate che, immerse nel celoma recuperano liquidi che, allo stesso modo che i metanefridi, portano all'esterno l'urina o, come avviene in certi casi, la riversano nel tubulo del metanefridio dove viene trasformata con riassorbimento e ulteriore secrezione, nell'urina finale. I protonefridi solitamente compaiono per primi nello sviluppo, almeno nei policheti, nella larva trocofora. Con la metamorfosi di quest'ultima il protonefridio viene sostituito dal metanefridio.

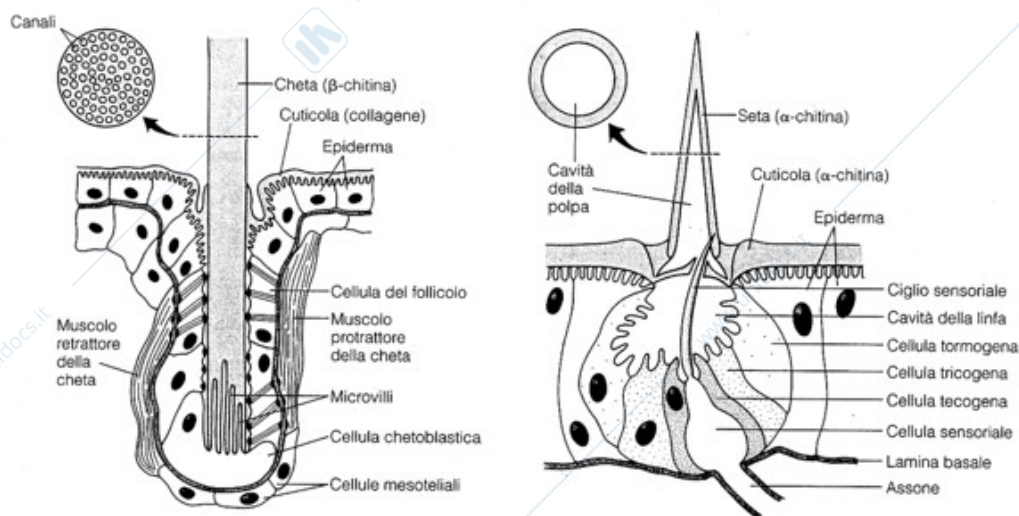
Possibile meccanismo che ha portato allo **sviluppo del sistema escretore**: Marcello La Greca disse che inizialmente a pescare nella stessa cavità celomatica c'erano due sistemi, uno era un sistema protonefridiale con un'apertura verso l'esterno mentre l'altro era un celomoporo. All'interno della cavità celomatica potevano svilupparsi le gonadi per cui doveva esserci un sistema che veicolava i gameti all'esterno, per cui c'erano due sistemi uno di osmoregolazione e uno che portava all'esterno i prodotti della riproduzione.

Ma avere due aperture non era molto utile in quanto determinava una perdita di acqua maggiore, quindi a un certo punto si formava un'unica apertura data dalla fusione dei due sistemi.

Sul corpo sono presenti gruppi di **setole chitinose**, in numero ridotto negli OLIGOCHETI molte di più nei POLICHETI; il nome rende conto della quantità di setole.

In una forma omonoma, con segmenti tutti identici, solo i primi due detti rispettivamente PROSTOMIO e PERISTOMIO e l'ultimo posteriore, il PIGIDIO sono differenti.

Le setole nei policheti e negli oligocheti hanno una notevole importanza nel promuovere o aiutare il movimento di questi organismi. Tuttavia non sono i soli animali a possedere setole sul corpo, un altro gruppo importante, quello degli artropodi le possiede. Le setole di questi due phyla però non sono identiche ma la loro funzione, composizione ed organizzazione strutturale è molto differente. Le setole degli anellidi sono normalmente definite «**CHETE**» quelle degli artropodi «**SETE**». Le chete degli anellidi hanno una funzione prettamente meccanica, quelle degli artropodi una funzione sensoria. La composizione chimica è differente essendo le chete degli anellidi fatte di β -chitina mentre quelle



degli artropodi sono fatte di α -chitina. Inoltre le cellule che producono le producono sono differenti, una cellula **chetoblastica** emette microvilli e costruisce la cheta con alla fine tanti canalicoli che la percorrono ed è sorrette e tenuta in posizione da cellule del follicolo con emi-desmosomi. La seta degli artropodi è prodotta da una o più cellule tricogene e sostenuta da cellule tormogene ma, soprattutto al centro di queste cellule è posizionato il «neurone sensorio» che con il ciglio sensoriale contatta la seta e trasforma lo stimolo in un impulso elettrico inviato al sistema nervoso.

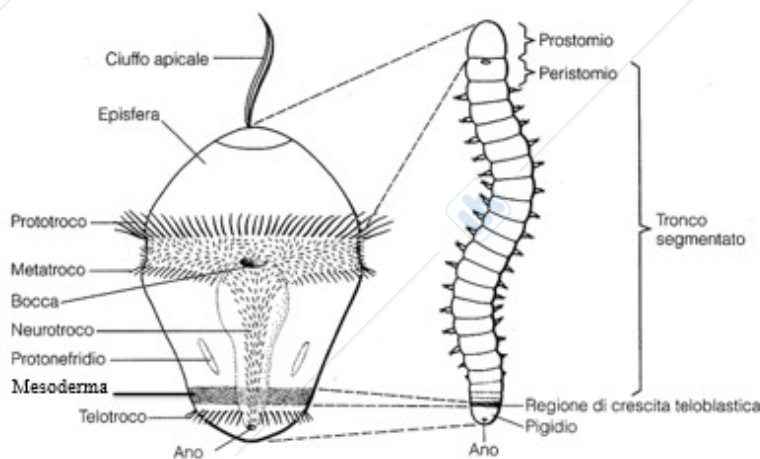
La **riproduzione** negli anellidi è differenziata a seconda si tratti di **CLITELLATI** (oligocheti e irudinei) o **POLICHETI**. I clitellati sono **ERMAFRODITI**, **INSUFFICIENTI**, **PROTERANDRI** e a **SVILUPPO DIRETTO**. Vediamo il significato: sono ermafroditi per cui gli individui sviluppano sia l'apparato maschile che femminile. L'autofecondazione è però impossibile, sono quindi insufficienti poichè la maturazione delle gonadi avviene in tempi differenti, matura prima la parte maschile (proterandri: protero = prima; andros = maschio; prima il maschio) e poi quella femminile. Lo sviluppo dei clitellati è diretto, dall'uovo alla fine dello sviluppo emerge un piccolo verme che si disperde nel terreno o nell'acqua dove si accresce. I policheti invece sono **GONOCORICI**, quindi a sessi separati, solitamente liberano i

gameti nell'ambiente (nel mare) dove avviene la fecondazione e lo sviluppo successivo che è **INDIRETTO** con formazione della larva **TROCOFORA** planctonica che successivamente metamorfosa per originare un piccolo polichete. Diverse specie di clitellati e policheti possono riprodursi asessualmente, con un processo di riproduzione clonale in cui il corpo si fraziona in più parti ognuna delle quali rigenera la parte mancante seguendo un segnale antero posteriore molto probabilmente determinato dal sistema nervoso e neuro endocrino.

Nei policheti un fenomeno riproduttivo interessante è la trasformazione di individui «normali» in individui che sviluppano una parte riproduttiva detta **EPITOCA** ed una parte **ATOCA** non riproduttiva. La parte epitoca è la parte trasformata che sviluppa le gonadi ovviamente o maschili o femminili essendo a sessi separati. L'evento straordinario che segue alla formazione delle parti epitoca e atoca è la sciamatura, ovvero in maniera coordinata gli individui si raggruppano insieme, come conseguenza della liberazione di feromoni di aggregazione, dove la parte epitoca si stacca e libera i gameti che si fecondano nell'ambiente esterno.

Lo sviluppo successivo dello zigote dei policheti porta alla formazione di una larva trocofora (**SVILUPPO INDIRETTO**), una forma planctonica di dispersione che permane in tale stato per tempi differenti a seconda delle specie ma, inevitabilmente alla fine la larva si porta al substrato dove metamorfosa in un giovane polichete. Alcune specie passano lo stadio di trocofora all'interno dell'uovo.

Questo stadio è tipico degli anellidi policheti e rappresenta la forma planctonica di dispersione dei policheti marini. La larva trocofora la ritroviamo anche nei molluschi sebbene con una morfologia un po' differente e con sviluppo successivo differente da quello della trocofora degli anellidi. In effetti la larva dei molluschi è definita «pseudotrocofora» ed a questa segue in molte forme di molluschi la larva veliger.



La larva trocofora ha una forma a trottola con un ciuffo apicale di ciglia poste all'apice della parte definita Episfera che, alla metamorfosi diventerà il prostomio, ovvero la parte anteriore del verme. Sono presenti diverse bande ciliate fra cui il **PROTOTROCO** posto al limite inferiore dell'episfera; spostato poco più sotto segue la fascia ciliata del **METATROCO**; fra prototroco e metatroco è posta la bocca. Tutta l'area compresa fra queste file di ciglia maggiori è ciliata e continua medialmente fino alla parte posteriore dove è posizionata l'apertura anale (**NEUROTROCO**). A livello dell'ano è posizionata un'altra fascia di ciglia ben sviluppate, il

TELOTROCO. In questa regione ed internamente, compreso fra intestino retto e parete del corpo, è posta una massa di **TESSUTO MESODERMICO** derivante dal blastomero 4D, da questo tessuto deriveranno molte strutture e organi del futuro verme fra cui le cavità celomatiche

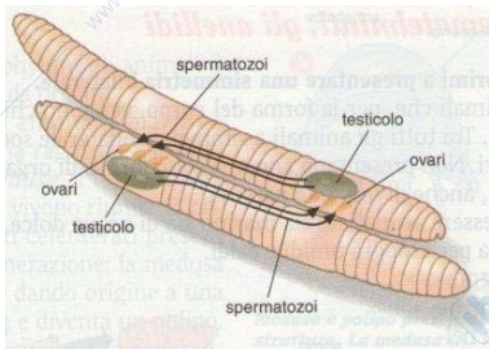
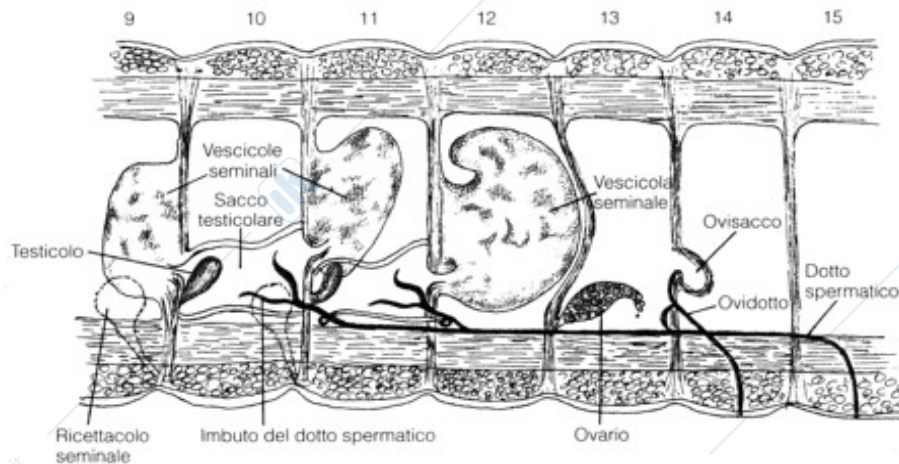
Il tessuto mesodermico inizia ad accrescersi in direzione postero-anteriore. Questa crescita fa allungare l'animale, poi queste masserelle che si formano si cavitano e danno origine al celoma, nella parte destra e nella parte sinistra, di ogni metamero.

Per quanto riguarda i clitellati al momento della riproduzione entra in gioco il **clitello**; struttura sempre presente negli oligocheti, mentre presente negli irudinei soltanto durante il fenomeno riproduttivo.

Nel **lombrico** gli apparati maschili e femminili sono distribuiti fra il 9° ed il 15° segmento. Così distribuiti:

- 1) Nel 9° e 10° segmento sono posizionati i ricettacoli seminali (detti anche spermateche) dove saranno conservati gli spermatozoi di un altro individuo.
- 2) Nel 10° e 11° segmento sono presenti i testicoli che producono gli spermatozoi che completano lo sviluppo nelle vescicole seminali.
- 3) Le vescicole seminali sono vistose sacche che occupano i segmenti 9°, 11° e 12° segmento; al loro interno sono conservati gli spermatozoi dell'individuo prima di essere trasferiti ad un altro individuo.
- 4) L'ovario è posizionato nel 13° segmento.
- 5) L'ovisacco dove vengono conservate le uova è nel 14° segmento.

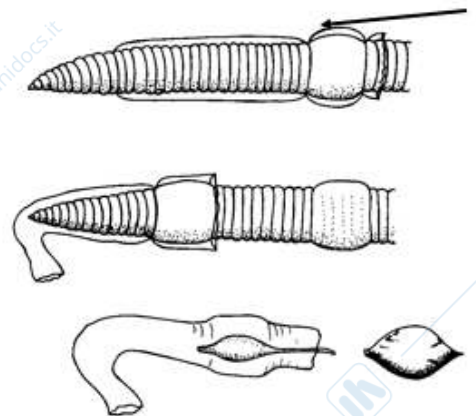
- 6) Gli spermidotti che portano fuori (ad un altro individuo) gli spermatozoi iniziano con un imbuto nel 10 e 11° segmento mentre l'apertura genitale maschile è nel 15° segmento
- 7) L'ovidotto ha l'imbuto nel 13° segmento e l'apertura genitale femminile nel 14°.



Nell'accoppiamento i due clitelli hanno un ruolo semplice ma importante; questi producono una grossa quantità di muco necessaria per tenere uniti i due partner in accoppiamento, inoltre con il muco si creano due percorsi di muco attraverso i quali gli spermatozoi emessi da un individuo percorrono questo tratto mucoso per raggiungere i ricettacoli seminali (o spermateche) dell'altro individuo e viceversa. Le frecce indicano gli spermatozoi che uscendo dalle vescicole seminali e dal poro genitale di ognuno dei due percorrendo il dotto mucoso raggiungono le vescicole seminali dell'altro.

Operato lo scambio reciproco i due vermi si separano ed aspettano che siano mature le proprie uova per fecondarle con gli spermatozoi dell'altro conservati nei ricettacoli seminali.

Quando le uova sono mature il clitello entra di nuovo in funzione. Questo produce una fascia mucosa che esternamente si rapprende: internamente ad essa il clitello secerne grosse quantità di proteine, in particolare albumina, che servirà per lo sviluppo successivo degli embrioni. La fascia mucosa con il suo carico si sposta verso la parte anteriore passando prima sulle aperture genitali femminili (13° segmento) dove raccoglierà le uova emesse; con il carico di uova continua a spostarsi fino ad arrivare in corrispondenza del 10° e 9° segmento dove i ricettacoli seminali spremendosi si verseranno nella fascia gli spermatozoi conservati. A questo punto avviene la fecondazione delle uova da parte degli spermatozoi di un altro individuo. La fascia prosegue anteriormente fino ad uscire dal verme, le estremità della fascia si chiudono a formare un «bozzolo» o «coccione» dove le uova fecondate proseguiranno nello sviluppo fino alla formazione «diretta» di piccoli vermi che, abbandoneranno il bozzolo per accrescersi liberi nell'ambiente.



Il Phylum comprende le due Classi dei **CLITELLATA** e dei **POLYCHAETA**.

I clitellati sono così definiti per la presenza del clitello, una struttura permanente o temporanea che gioca un ruolo importante durante la riproduzione, sono **senza** appendici laterali ai vari segmenti. Questi sono a sua volta costituiti dagli OLIGOCHAETA (anellidi con poche= oligo chete o setole) che fra le varie specie comprende i comuni lombrichi; l'altra Sottoclasse è quella degli HIRUDINEA che include le varie sanguisughe, ectoparassiti di vertebrati cui succhiano il sangue o predatori di altri invertebrati.

La Classe de Policheti include forme essenzialmente marine, qualcuna di acqua dolce; presentano parapodi laterali su ogni segmento, più o meno sviluppati secondo le specie e lo stile di vita. Sui parapodi sono generalmente presenti molte setole (Poly = molte, chaeta = setole).

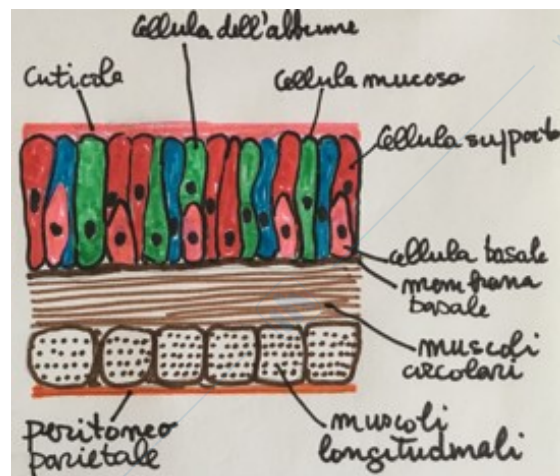
Oligocheti

L'epitelio è monostratificato e costituito da cellule colonnari di diversi tipi con la parte esterna protesa con sottili microvilli. I tipi cellulari presenti sono cellule di supporto, cellule dell'albume e soprattutto cellule mucose; alla base sono cellule di supporto più corte che sostituiscono le altre rovinate o perse.

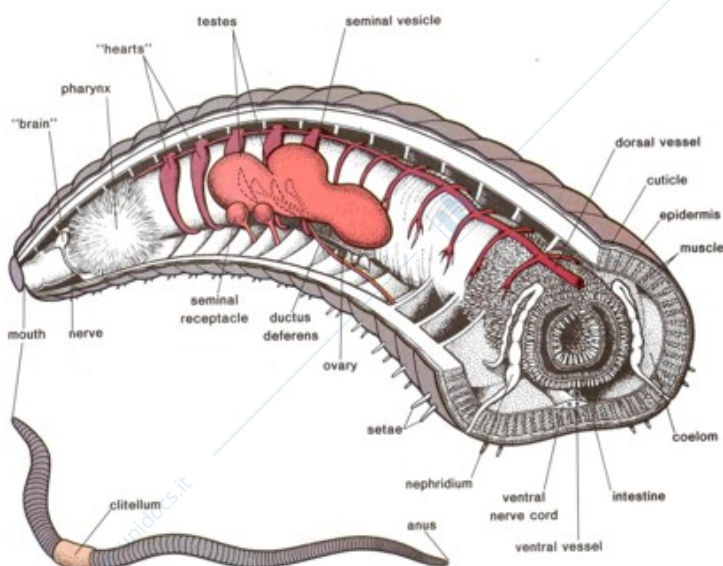
Le cellule mucose producono grosse quantità di muco con cui tappezzano le lunghe gallerie lunghe che essi stessi creano e dove vivono. Le cellule di supporto e dell'albume producono la cuticola sovrastante l'epitelio che è di natura COLLAGENOSA, con le fibre disposte intrecciate fra di loro.

La sottile cuticola collagenosa è di poco valore nel proteggere il corpo del lombrico, per questo la grossa quantità di muco prodotta evita il contatto diretto dell'epitelio con il substrato. Inoltre la sua consistenza non protegge il corpo dalla evaporazione, per cui i lombrichi ed in generale tutti gli oligocheti vivono in ambienti acquatici o molto umidi.

L'epitelio poggia su una membrana basale cui seguono strati successivi di muscolatura.



Il corpo di un oligochete rappresentato dal classico lombrico è costituito da un corpo segmentato in cui esternamente i segmenti o metameri appaiono tutti simili fra di loro con l'eccezione del primo, il prostomio, dell'ultimo, il pigidio, e della zona del clitello che appare uniformemente liscia e non segmentata.



Lo spaccato mette in evidenza alcune caratteristiche degli oligocheti fra cui i **SETTI** che internamente dividono e separano i vari segmenti del verme. Si vedono bene le cavità celomatiche percorse da strutture uniche e condivise da tutti i segmenti come il sistema digerente, il sistema circolatorio e quello nervoso.

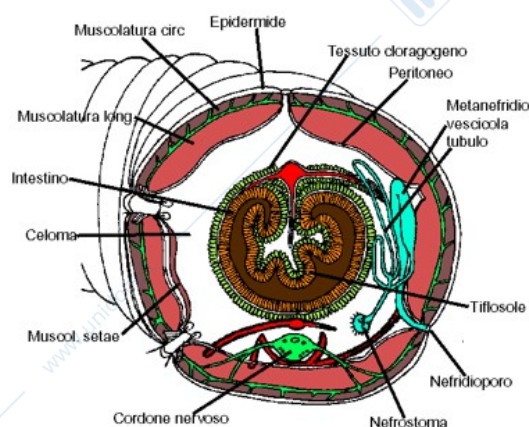
Ogni segmento ha un suo proprio sistema escretore, il nefridio, con il nefrostoma che pesca nel celoma di un segmento e si sviluppa con il tubulo nel segmento successivo. Altre strutture sono invece confinate a certi segmenti come le varie parti dell'apparato riproduttore ermafrodita che si sviluppano dall'8°-9° segmento fino al 15°. Altra caratteristica sono le setole sul corpo, sono poche, come indica anche il nome della classe, ma importanti per il movimento.

Se lo osserviamo andando dall'esterno verso l'interno incontriamo: la sottile cuticola collagenosa secreta dal sottostante epitelio. Questo poggia sulla membrana basale e sotto di essa un primo strato di muscolatura circolare; a seguire questa lo strato di muscolatura longitudinale. Fra i due strati di muscolatura è visibile la rete nervosa che origina dal cordone nervoso ventrale. Il peritoneo (o somatopleura o celotelio) riveste la parete interna della cavità celomatica che è proprio lo spazio compreso fra parete del corpo e visceri interni.

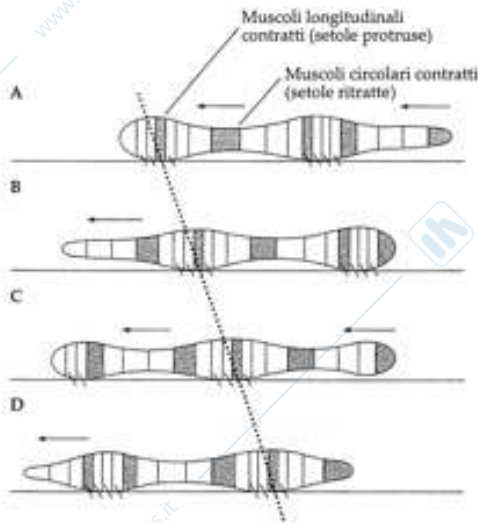
La cavità celomatica è importante perché con il suo liquido celomatico funziona da scheletro idraulico importante nel movimento dell'animale.

Negli oligocheti l'intestino è sostenuto dai mesenterici che dividono la cavità celomatica nelle due metà destra e sinistra.

L'intestino è invaginato su se stesso a formare il così detto **TIFLOSOLE** che aumenta la superficie di assorbimento. Tutta la superficie esterna dell'intestino è ricoperta dal **TESSUTO CLORAGOGENO**, un tessuto che per funzione è paragonabile al fegato dei vertebrati. Questo tessuto funziona come organo in cui sono sintetizzate ed accumulate diverse sostanze utili all'animale fra



cui il glicogeno e grassi, inoltre è sede dove diverse tossine sono detossificate., dove sono prodotte proteine del sangue e della cavità celomatica.



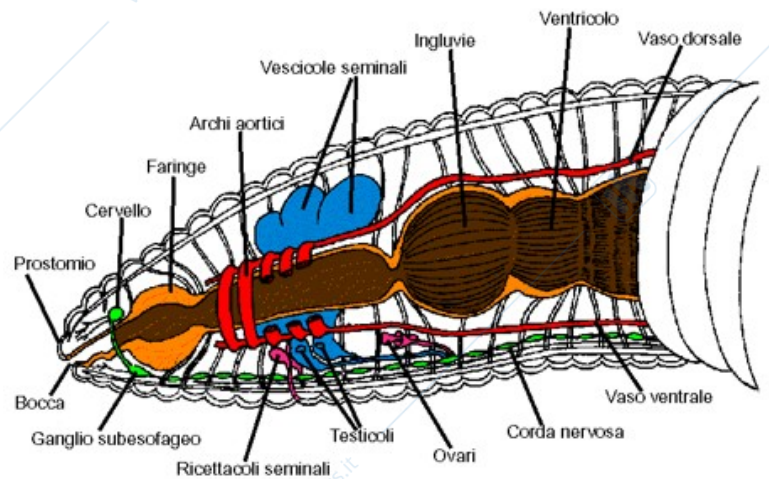
Movimento degli oligocheti:

Il movimento si basa sull'alternanza della contrazione dei muscoli circolari e longitudinali e la proprietà dello scheletro idraulico celomatico. Se si considera un set di segmenti in cui la muscolatura circolare si contrae l'effetto che si ottiene è una diminuzione dello spessore dei segmenti ed un loro allungamento. Ottenuto questo effetto le setole anteriori al set di segmenti si agganciano al substrato tenendo il corpo fermo; a questo punto si contrae la muscolatura longitudinale che fa accorciare i segmenti i quali in questo modo avanzano nella direzione desiderata. La velocità con cui si muove il lombrico dipende dal numero di segmenti coinvolti, con pochi segmenti alla volta si osserva una sorta di «onda» peristaltica che si muove lungo il corpo dell'animale con una velocità ridotta, la velocità aumenta aumentando il numero di segmenti coinvolti nelle fasi di contrazione e rilassamento.

Il movimento peristaltico è tipico dei lombrichi ma si ritrova anche in molti policheti, specialmente nei «tubicoli» in cui i parapodi sono

pochissimo sviluppati, mentre la fascia di muscolatura circolare e longitudinale sono sviluppati come negli oligocheti.

L'apparato digerente degli oligocheti è strutturato e differenziato specialmente nella parte anteriore e testimonia del tipo di alimentazione che le specie del gruppo hanno adottato; sono fondamentalmente degli **spazzini** e raccolgono materiale in decomposizione o ingeriscono terra da cui estraggono la parte organica; nei lombrichi il faringe muscolare agisce come una pompa che aspira il materiale, il quale viene unito alla secrezione di enzimi prodotti da ghiandole faringee che producono muco ed enzimi. Il materiale con sostanze organiche e materiale inorganico, passando attraverso l'esofago, viene accumulato nell'ingluvie e rimescolato nel ventriglio prima di arrivare nell'intestino, dove la digestione viene completata ed avviene l'assorbimento. Nell'intestino è presente il tessuto clorogogeno, simile per importanza e funzione al fegato dei vertebrati; in questo tessuto avviene la sintesi e l'accumulo del glicogeno, la produzione di proteine del sangue, che agiscono detossificando il corpo da tossine. Sono inoltre presenti, a livello dell'esofago, ghiandole calcifere il cui ruolo è quello probabile di eliminare l'eccesso di calcio assunto con l'alimentazione.

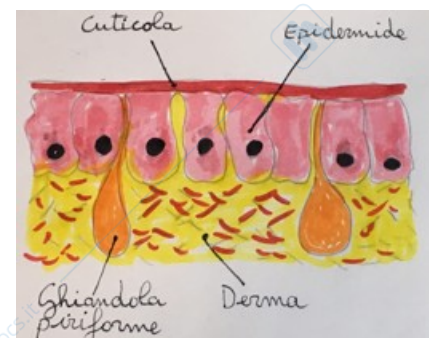


Irudinei

L'epitelio è molto semplice, monostratificato ed anche in questo caso secerne una sottile cuticola collagenosa; fra le cellule epidermiche sono presenti ghiandole piriformi che emettono il loro secreto sulla superficie del corpo. Sotto l'epitelio c'è uno spesso strato di derma che si approfonda nel corpo della sanguisuga in cui sono immersi altri tipi cellulari nonché strati di muscolatura.

Apparentemente, osservando una sanguisuga si rilevano molti più segmenti di quanti sono nella realtà. Ciò che si osserva infatti è una sub-segmentazione o annullazione superficiale che nasconde il numero reale di segmenti.

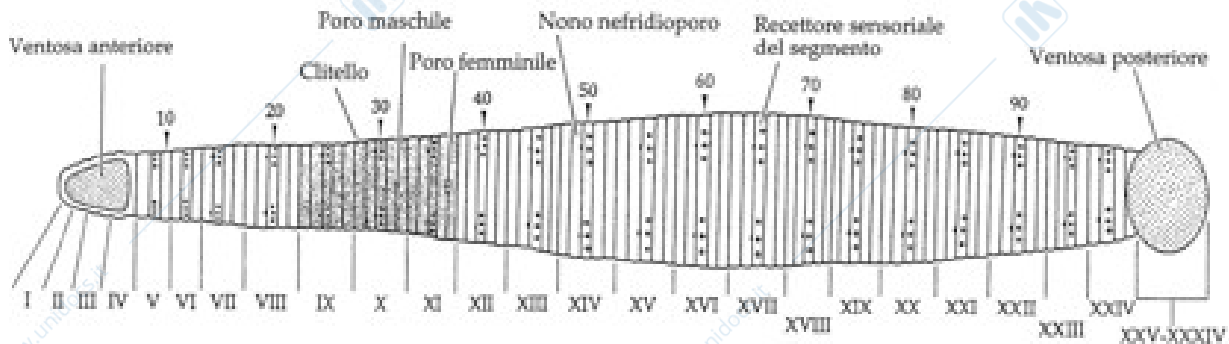
Nella classica sanguisuga, *Hirudo medicinalis*, i segmenti reali sono 33-34; di questi i primi 4 anteriori sono modificati per formare la ventosa anteriore allo stesso modo gli ultimi 9 segmenti posteriori sono modificati per formare la ventosa posteriore. Gli irudinei sono clitellati ma, a differenza degli oligocheti, il clitello non è sempre visibile ma si rende tale solo nel periodo riproduttivo. Solitamente l'area del clitello è posizionata fra il 9° e l'11° segmento; nell'area sono posizionate le aperture del poro maschile e femminile.



Distribuiti sul corpo sono presenti diversi recettori sensoriali, in particolare chemiorecettori per individuare possibili prede.

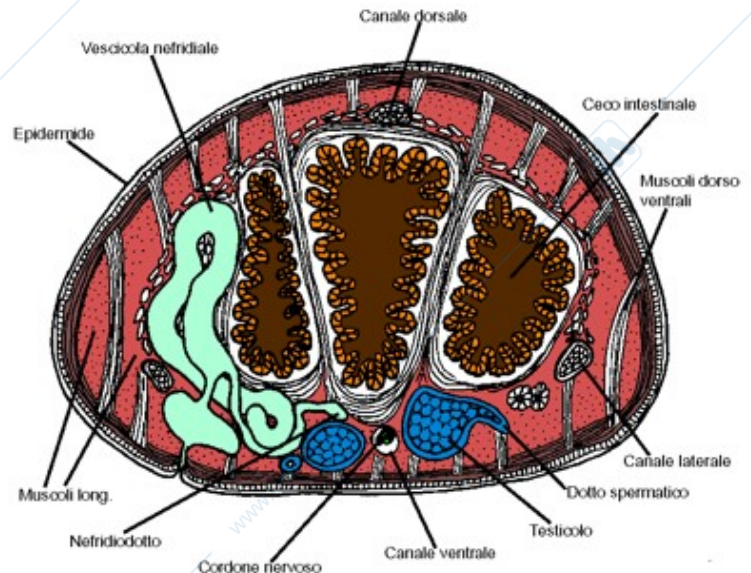
Dovuto alla annulazione superficiale può essere difficile stabilire il numero reale di segmenti, tuttavia gli specialisti sono in grado di stabilirli dissezionando il corpo e contando il numero di gangli ventrali, a parte quelli fusi anteriori e posteriori per formare le ventose, gli altri sono ben individuabili.

Solitamente si pensa agli irudinei come le sanguisughe, come ectoparassiti che succhiano il sangue ai vertebrati e, per molte specie è realmente così, nell'occasione di fare un pasto di sangue ne approfittano; in mancanza di un vertebrato comunque possono diventare predatori di altri organismi acquatici come altri vermi, larve di insetti ed insetti acquatici ecc. Diverse specie sono predatori e non succhiano il sangue.



Una epidermide monostratificata secerne anche in questo caso una sottile cuticola collagenosa. Sotto l'epidermide si sviluppa uno spesso derma che si approfonda molto nel corpo della sanguisuga. Il derma è seguito internamente da più strati di muscolatura, circolari esterni, obliqui intermedi e longitudinali più interni. Sono presenti anche cospicui muscoli dorso ventrali importanti per appiattire il corpo e consentire il nuoto degli irudinei.

La cavità celomatica, molto ampia negli oligocheti, è molto ridotta negli irudinei, limitata a seni celomatici di solito connessi all'apparato circolatorio. Lo spazio prima occupato dal celoma è stato invaso dal derma e dalle cellule del tessuto botrioidale, tessuto simile a quello cloracogeno degli oligocheti ma anche con funzioni angiogeniche che si attivano nella riparazione delle ferite del corpo.

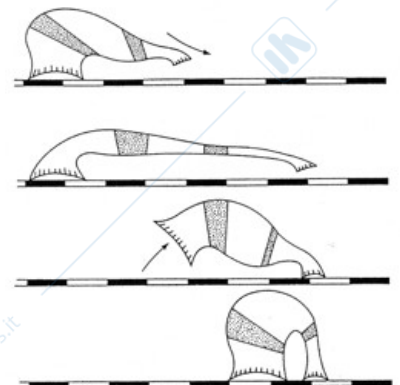


Movimento degli irudinei:

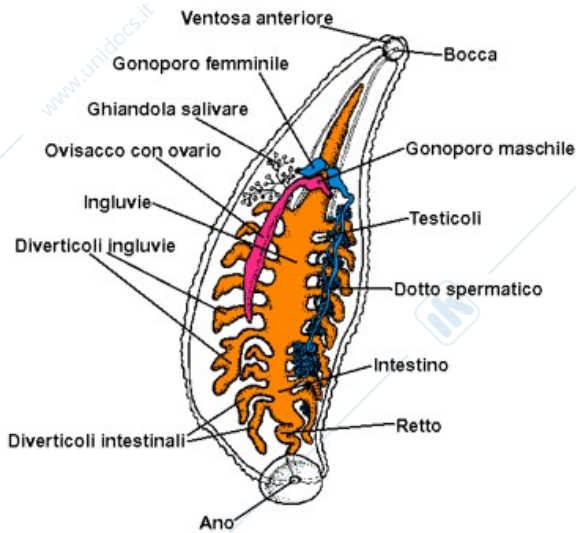
il verme ha due ventose, una orale anteriore ed una posteriore, quest'ultima più grande della precedente. Osservando le immagini dall'alto verso il basso la sequenza del movimento segue le seguenti fasi:

1-2) La ventosa aderisce al substrato ed contrae la muscolature circolare, in questo modo il corpo del verme si allunga nella direzione verso cui si vuole spostare.

3-4) La sanguisuga aderisce adesso con la ventosa orale al substrato, rilascia la ventosa posteriore, rilassa la muscolatura circolare e contrae quella longitudinale, in questo modo la sanguisuga avvicina le due estremità, fa un «passo», si muove come un «bruco» geometride.



Tuttavia gli irudinei possono muoversi anche in altro modo, ovvero con i muscoli dorso ventrali appiattisce il corpo e con la muscolatura longitudinale e quella obliqua produce ondulazione della parte periferica del corpo permettendo all'animale di nuotare.



Le sanguisughe sono in generale predatrici e si nutrono catturando piccole prede quali larve ed insetti acquatici ed altri piccoli invertebrati. Possono ovviamente fare pasti di sangue su vertebrati uomo compreso. La sanguisuga avverte la presenza di un vertebrato attraverso il calore, il movimento, l'emissione di sostanze dall'ospite tipo l'anidride carbonica. La sanguisuga si avvicina ed aderisce alla cute con la ventosa anteriore e la incide con tre lamine mascellari iniziando a succhiare con il faringe muscolare; certe specie possiedono anche un faringe estroflettibile. Mentre compie il pasto di sangue la sanguisuga emette saliva che contiene sostanze anticoagulanti e anestetiche. Queste proprietà le hanno rese utili anche in campo medico ove vengono utilizzate per alleviare dolori reumatici o per accelerare la guarigione di pazienti con ematomi dovuti a forti traumi, il sangue dell'ematoma viene rimosso dalle sanguisughe.

L'apparato digerente della sanguisuga è costituito da un ampio ingluvie dove il sangue è accumulato e da dove l'acqua in eccesso è rimossa per concentrare la parte figurata. Il pasto poi lentamente fluisce nell'intestino per essere digerito. La digestione può durare anche diversi mesi ed in grossa parte è effettuata da enzimi prodotti non dalla sanguisuga ma da batteri della flora intestinale. Certe specie di sanguisughe possono resistere senza nutrirsi per tempi prolungati. In condizioni di siccità certe specie possono infossarsi nel fango, perdere il 90% del loro peso e reidratarsi al tornare delle condizioni normali.

Negli Irudinei, a seguito della grande estensione del derma connettivale e del tessuto botrioidale, il celoma riduce la sua estensione a seni celomatici e il sistema circolatorio segue ed è contenuto all'interno del sistema celomatico. In generale il sistema celomatico può dare l'idea di essere frammentato in parti separate, nella realtà è solo un'impressione perché, pur essendo ridotto, il sistema celomatico mantiene i collegamenti fra le diverse parti, e negli irudinei il compito di distribuzione è svolto principalmente dal sistema celomatico.

Policheti

Cellule colonnari che poggiano su una membrana basale e si proiettano esternamente con uno strato microvillato che amplia la superficie di escrezione della sottile cuticola anche in questo caso collagenosa.

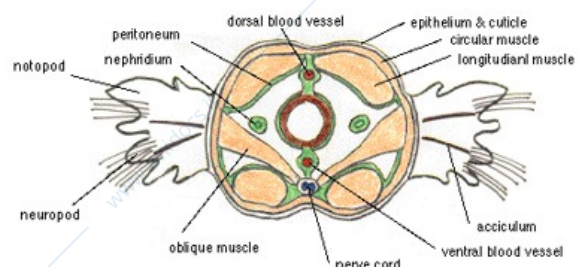
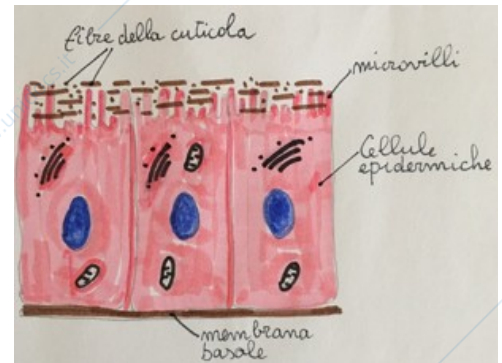
I Policheti sono la classe con il numero più alto di specie, circa 12000, fra gli anellidi.

Sono essenzialmente marini in cui si osservano specie con adattamenti vari, tubicoli, infossatori, liberi di muoversi sul substrato; le diete variano da tubicoli repositori, filtratori, predatori ecc. Il corpo evidenzia la presenza di parapodi laterali per ogni segmento con dimensioni e sviluppo che variano da specie a specie secondo lo stile di vita, più sviluppati nelle specie erranti che si muovono nel substrato, meno sviluppati nelle specie tubicole.

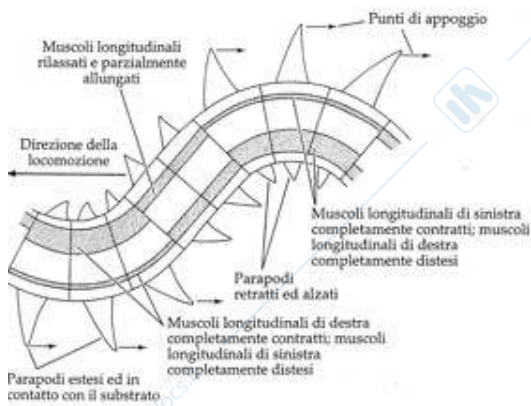
La ricostruzione nella diapositiva evidenziano inoltre un prostomio ben sviluppato con diverse strutture sensorie come palpi, cirri, antenne, occhi e fossette nicali ecc. Si notano nello spaccato del disegno parte del sistema digerente e del sistema circolatorio e per ogni cavità celomatica destra e sinistra di ogni segmento un paio di metanefridi.

La caratteristica più evidente è la comparsa delle appendici parapodiali laterali ad ogni segmento. Ogni PARAPODIO è solitamente diviso in due parti, quella dorsale è il

NOTOPODIO, quella ventrale il NEUROPODIO; ogni parte ha solitamente un cirro dorsale e ventrale ed è sostenuto da una o più acicule chitinee. Il parapodio è solitamente ricoperto con molte setole che intervengono durante il movimento prendendo contatto con il substrato. La parete del corpo è ricoperta esternamente sempre da una sottile cuticola collagenosa secreta da un epitelio monostratificato che poggia su una lamina basale. Seguono uno strato di muscolatura



circolare e fasci di muscolatura longitudinale. Nel caso di policheti che utilizzano i parapodi per muoversi sul substrato la distribuzione della muscolatura è particolare con quella circolare di minore estensione e spessore, non continua, solitamente interrotta al livello di attacco dei parapodi i quali sono raggiunti da muscolature intrinseca ed estrinseca. La muscolatura longitudinale è divisa in fasci dorso e ventro-laterali che **solitamente sono utilizzati alternativamente nella parte destra e sinistra del corpo**. La cavità celomatica è sempre ben sviluppata e la sua funzione di scheletro idraulico sempre attiva.



Movimento dei policheti:

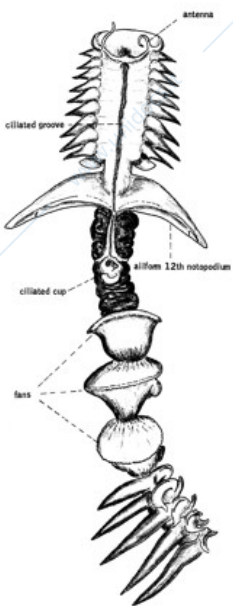
le modalità con cui un polichete che si muove attivamente sul fondo del mare avviene utilizzando parapodi ben sviluppati. Quando i parapodi sono con le setole a contatto con il substrato e stanno per fare la battuta efficace la muscolatura longitudinale della stessa parte è completamente rilassata, quando la battuta diventa efficace la muscolatura longitudinale si contrae ed aiuta i parapodi nel produrre lo sforzo. La parte opposta dei metameri si trovano nella condizione opposta, ovvero hanno già effettuato la battuta efficace, la muscolatura longitudinale è contratta ed adesso i parapodi si sollevano per ritornare alla posizione di partenza e la muscolatura da contratta deve rilassarsi.

In definitiva quando i muscoli supponiamo di sinistra sono rilassati ,

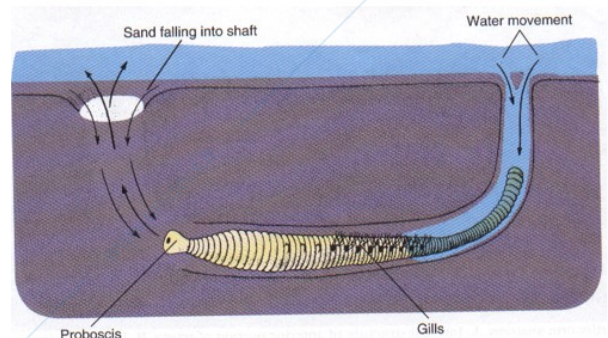
quelli di destra sono contratti, e durante il movimento si alternano queste situazioni.

Quando l'animale impegna pochi segmenti per volta si vedono tante piccole onde che percorrono il corpo, l'animale si muove lentamente; quando il numero di segmenti impegnati contemporaneamente aumenta ecco che aumenta la velocità con cui si muove il verme; se i segmenti coinvolti aumentano ancora di più il verme può addirittura essere capace di sollevarsi dal substrato e nuotare nella colonna d'acqua.

Ci sono tuttavia anche moltissime specie di policheti che hanno scelto una stile di vita da animali sedentari, ovvero sono diventati tubicoli e vivono in tubi che loro stessi costruiscono, oppure vivono infossati nei fondali incoerenti sabbiosi o fangosi. In queste specie i parapodi sono solitamente meno sviluppati (pur essendo presenti) ed il loro ruolo nel movimento è meno importante, gli strati della muscolatura circolare esterna e longitudinale interna sono ben sviluppati ed il verme li utilizza per muoversi con contrazioni peristaltiche con un movimento simile a quello del lombrico, a volte con varianti dovute alla presenza di **setti incompleti** per cui la peristasi si origina in seguito a cambiamenti di volume nei segmenti coinvolti.



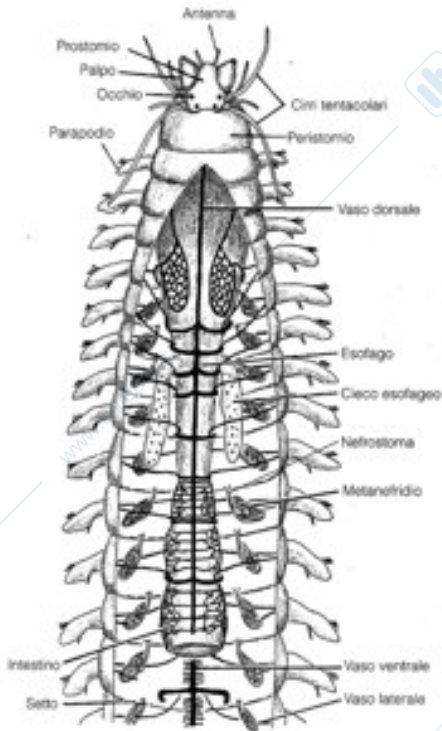
Un esempio di alimentazione da parte di un polichete tubicolo è quello fornito dal *Chetopterus variopedatus*. Questa specie ha una morfologia del corpo di tipo eteronomo in cui diversi segmenti nella metà anteriore del corpo sono modificati per permettere all'animale di alimentarsi per filtrazione. Il *Chetopterus* scava una galleria a «U» nella sabbia e rinforza le pareti con secrezioni mucose. Il corpo presenta una morfologia peculiare in cui diversi segmenti sono modificati per l'alimentazione. I primi 11 segmenti sono normali, a questi ne seguono alcuni molto modificati. Il 12° segmento ha una enorme estensione dei notopodi parapodiali a formare delle ali; questi, oltre ad aderire alle pareti del tubo, producono un velo di muco che ricopre tutta l'area sottesa dai due notopodi. Oltre questi si ritrova una zona con una coppa ciliata ed ancora oltre tre segmenti anch'essi modificati a formare dei ventagli che, battendo ritmicamente, richiamano acqua dall'ingresso del tubo. L'acqua che entra porta particelle alimentari che sono filtrate dal velo di muco posto fra le ali notopodiali del 12 segmento. Il velo si allunga ed infine si stacca e la pallina di muco con intrappolate le particelle alimentari viene raccolta dalla coppa ciliata e da qui inviata alla bocca tramite una doccia ciliata che percorre ventralmente il corpo dell'animale.



L'arenicola è un polichete che vive infossato nella sabbia con la parte anteriore rivolta verso la parte cieca della galleria. Il verme si nutre ingoiando sabbia e ricavando da questa il materiale organico. Periodicamente il verme si porta verso l'apertura del tubo e rilascia all'esterno le feci che, ricche di materiale

inorganico si osservano di solito come piccoli mucchi di sabbia sollevata. Il verme poi ritorna nella posizione con vigorose contrazioni del corpo per ricambiare l'acqua nel tubo e per riprendere l'alimentazione

Un altro modello di alimentazione è quello fornito dalle specie dei Palpata, Canalipalpata. Si tratta di specie sedentarie, come *Amphitrite ornata*, che hanno modificato i palpi sensoriali del prostomio in tanti palpi solcati e ciliati che distendono sul substrato con cui riescono a intercettare particelle alimentari che vi si depositano sopra. Le particelle sono trasportate verso la bocca dalla corrente ciliata del canale.



I parapodi degli anellidi possono essere più o meno sviluppati, avere forme differenti. Nella loro struttura di base sono formati da due parti, la superiore è il notopodio e quella inferiore il neuropodi, possono inoltre portare cirri e branchie. Entrambe solitamente sostenute da acicule, e ricoperte da numerose setole. Queste ultime possono avere forme e grandezze differenti, importanti anche da un punto di vista sistematico.

Il sistema digerente dei policheti è generalmente un tubo rettilineo che si estende dalla bocca, attraverso un corto esofago ed un lungo intestino dove avviene la digestione e l'assorbimento. Ciechi nella parte anteriore dell'intestino producono enzimi digestivi. Le abitudini alimentari dei policheti sono molto varie, da predatori a spazzini detritivori non selettivi e selettivi; i primi ingeriscono sedimento direttamente con la bocca, i secondi invece selezionano il cibo dal sedimento prima di ingerirlo. Le specie predatrici di solito sono armate con mascelle eversibili con cui catturano le prede. I sospensivori invece modificano i segmenti anteriori formando a volte vistose corone di tentacoli con cui recuperano particelle alimentari dalla colonna d'acqua oppure dalla corrente che le attraversa.

Nei policheti il sistema circolatorio di base è simile a quello degli oligocheti con un vaso dorsale e uno ventrale principali, tuttavia nei policheti la presenza di parapodi e branchie lo rende più esteso, come si può osservare nella figura in alto a sinistra dove è schematizzata la circolazione che interessa un parapode. In queste appendici laterale possono essere presenti anche le branchie o comunque l'estensione del parapode, a volte modificato allo scopo, è sito di scambio di gas per cui il plesso capillare è molto esteso.

MOLLUSCA

Il Phylum Mollusca è, per numero di specie, il secondo più grande fra gli animali dopo quello degli Arthropoda, contando più di 100000 specie forse si arriva a 150000 specie.

I molluschi sono animali prevalentemente marini, ma molti hanno invaso anche le acque dolci e le terre emerse con una grande varietà di forme e di adattamenti ecologici. Il Phylum comprende oggi 7 Classi alcune poco note al grande pubblico come gli **APLACOPHORA** (**Caudofoveati** e **Solenogastri**) ma altri talmente noti che sono ben riconoscibili anche a non specialisti come i **CEPHALOPODA** (**polpi, seppie e calamari**), **GASTROPODA** (**Chioccioline marine e terrestri, lumache**), **BIVALVIA** (**cozze, vongole, ostriche**). Altre classi sono **POLYPLACOPHORA, MONOPLACOPHORA e SCAPHOPODA**.

Si definiscono a volte animali con la «**CAVITÀ DEL MANTELLO**» dove il mantello (o **PALLIO**) è, in generale, la parete del corpo che racchiude e sovrasta la massa viscerale ed il cui margine forma una cavità, appunto la cavità del mantello, che ha e mantiene un contatto diretto con l'ambiente esterno, ad es l'acqua del mare. L'acqua o l'aria che entra nella cavità del mantello ad esempio bagna le «**BRANCIE**» o la «**PARETE VASCOLARIZZATA**» del mantello nei molluschi terrestri, permettendo la respirazione. Inoltre il mantello è in grado di secernere e costruire la conchiglia che copre e protegge il corpo dei molluschi. A volte si parla dei molluschi come «**animali con i piedi in testa**» facendo riferimento ai molluschi cefalopodi i quali, nella loro evoluzione hanno modificato «**il piede ancestrale**» sotto forma di suola strisciante in un sifone per il movimento a reazione (una parte) e nella corona di braccia e tentacoli che è posta proprio sulla testa del mollusco stesso.

I molluschi sono ovviamente animali **PROTOSTOMI, TRIBLASTICI e CELOMATI non Metamerici**.

Questi animali erano sicuramente presenti già nel Cambriano, i reperti fossili ne testimoniano la loro presenza in questo periodo grazie alla conchiglia che fossilizza facilmente, ma la loro evoluzione è sicuramente iniziata ancor

prima del cambriano, molto probabilmente da forme che ancora non avevano la conchiglia calcarea e con solo il corpo molle non hanno lasciato resti fossili. La loro diversificazione è iniziata prima della evoluzione della metameria che originò successivamente gli anellidi, tanto che la distribuzione del celoma in questi due Phyla è completamente differente. Negli anellidi il **CELOMA** è ben sviluppato perché ha un ruolo importante (come scheletro idraulico) nella locomozione mentre nei molluschi il celoma, non essendo implicato nel movimento che è prettamente muscolare, è molto ridotto e non funzionale a questo scopo. Molto probabilmente le varie linee evolutive dei molluschi iniziarono la loro radiazione più di 650 milioni di anni fa da un mollusco ancestrale forse rappresentato da un organismo che strisciava sul fondo del mare. Questo organismo aveva tutte quelle caratteristiche (**APOMORFIE**) ereditate dai suoi discendenti.

Fra le caratteristiche evolutive importanti ne citiamo al momento una, come esempio dell'evoluzione delle apomorfie dei molluschi: la conchiglia. La conchiglia secreta dal MANTELLO (fatta di CaCO_3) è presente come «semplici spine calcaree» infisse nel tessuto del mantello negli **Aplacofori**, formata da più parti nei **POLIPLACOPHORA**, diventa o nasce unica nei **MONOPLACOPHORA** e da questi (**PROBABILMENTE**) originarono i tipi di conchiglia che caratterizzano i **GASTEROPODA** (in questi inizialmente **planospirale** per poi trasformarsi nella più funzionale conchiglia a **spirale conica**), la conchiglia con due valve dei **BIVALVIA**, quella a «**zanna di elefante**» degli **SCAPHOPODA** mentre nei **CEPHALOPODA** la conchiglia è secreta esternamente nelle forme ancestrali (come nei **NAUTILOIDEI** attuali) ma viene internalizzata (secreta dal mantello ma verso l'interno) come nei **COLEOIDEI** ed in alcuni di essi è poi completamente persa (**POLPO**). Anche il rapporto fra il complesso «cefalo-pedale» e la massa viscerale cambia in maniera notevole in alcune delle linee evolutive.

Sebbene il movimento nei molluschi è prettamente muscolare e gli epiteli ciliati non siano più coinvolti nel movimento (considerato anche l'aumento in volume dei molluschi) tratti ciliati sono ancora ben rappresentati nei molluschi, sia interni che esterni; fra i vari ricordiamo le ciglia che ricoprono le branchie, funzionali per generare in molti casi il flusso di acqua, ma in certi casi (**BIVALVI**) funzionali nella filtrazione e raccolta degli alimenti.

Il sistema circolatorio è in generale un sistema aperto con l'arteria aorta che si apre nell'emocele, tuttavia in certe forme con un metabolismo ed una fisiologia molto accentuate come nei cefalopodi il sistema circolatorio diventa estremamente complesso (vedi più avanti).

La respirazione avviene tramite le **BRANCIE**; queste posizionate all'interno della cavità del mantello sono continuamente irrorate da un flusso di acqua generato dal movimento delle ciglia delle branchie stesse, o dai movimenti muscolari del mantello e della cavità. Nei molluschi terrestri (essenzialmente gasteropodi) la cavità del mantello è diventata un polmone e le parti interne sono riccamente vascolarizzate per permettere gli scambi di gas.

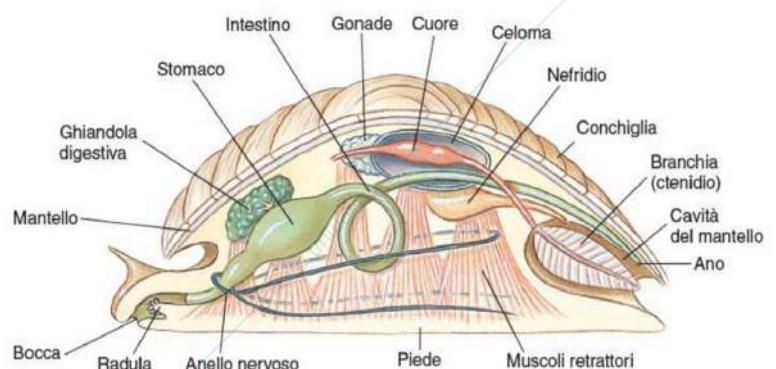
Le differenti strategie alimentari dei molluschi (filtratori, brucatori di vegetali e di detriti del fondo, carnivori predatori ecc) ha portato alla evoluzione di sistemi digerenti differenziati in base al tipo di dieta.

Il **rene metanefrico** è utilizzato per l'escrezione ed è connesso alla cavità pericardica che circonda il cuore. La **CAVITA' PERICARDICA** corrisponde alla **CAVITÀ CELOMATICA** generale dei molluschi.

La cavità del mantello, collegata direttamente all'esterno per permettere il flusso di acqua, oltre ad ospitare le branchie, è sede di sbocco verso l'esterno dell'apparato digerente con l'ano e dei nefridiopori. Il sistema nervoso dei molluschi è costituito da diversi gangli associati ad un anello nervoso periesofageo a cui sono connessi recettori sensoriali afferenti e da cui partono neuroni efferenti o motori (cordoni nervosi pedali e viscerali).

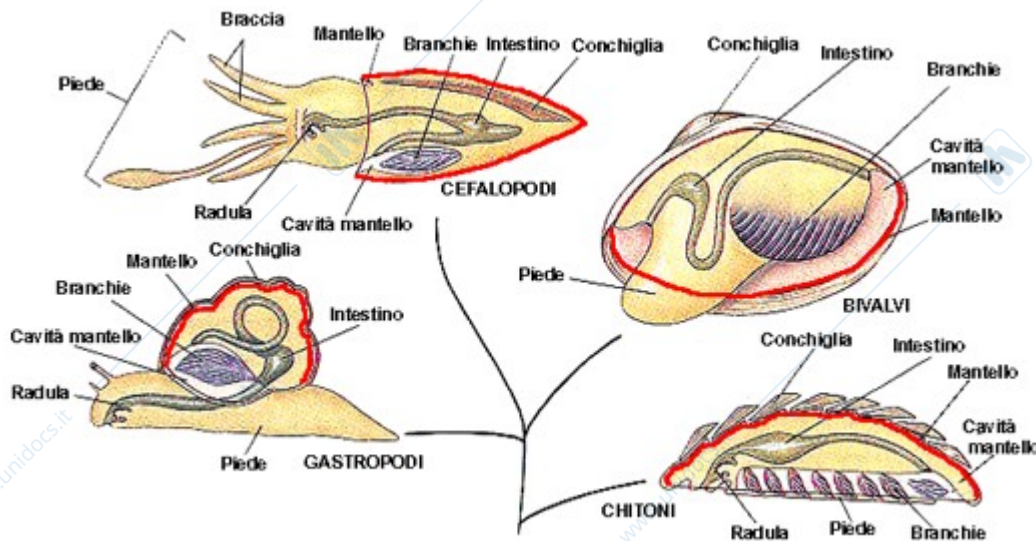
Per la descrizione dei molluschi generalmente si fa riferimento ad un **IPOPOTETICO MOLLUSCO ANCESTRALE**, una forma ipotetica che possedeva in partenza tutte le apomorfie con cui è strutturato un mollusco. Su questa base ipotetica si analizzano poi i cambiamenti evolutivi occorsi alle varie linee filitiche che dal mollusco ancestrale si sono originate.

Il mollusco ancestrale ha evoluto diverse apomorfie che lo hanno differenziato in maniera inequivocabile rispetto agli altri animali. Fra queste



ricordiamo il **MANTELLO**, la **CAVITÀ DEL MANTELLO**, la **CONCHIGLIA**, la **RADULA**, le **BRANCIE** e il **PIEDE MUSCOLARE**.

Altri caratteri importanti nella edificazione del mollusco sono: il SISTEMA NERVOSO, la CAVITÀ CELOMATICA RIDOTTA, il SISTEMA CIRCOLATORIO APERTO ed i METANEFRIDI.



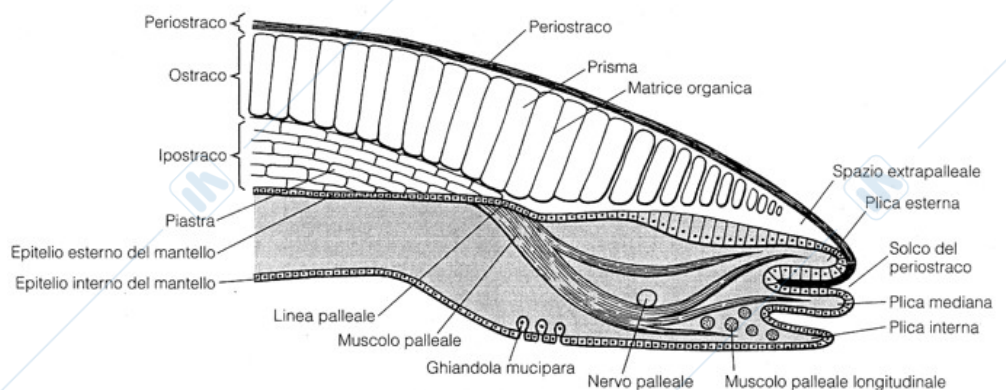
Il **MANTELLO** consiste nell'epitelio che ricopre la massa viscerale. È formato da un epidermide, spesso ciliato, con cellule colonnari che poggiano su uno strato muscolare circolare e su strati diagonali o longitudinali.

Il mantello secerne la conchiglia protettiva che ricopre il corpo dell'animale ed origina la cavità del mantello ed è sede di organi sensoriali specialmente sul suo margine.

Nei cefalopodi, come si vede esemplificato da un calamaro, il mantello corrisponde al sacco dei visceri, è visibile esternamente e la secrezione della conchiglia in questo caso è verso l'interno della cavità (la penna del calamaro o l'osso di seppia); negli altri 3 esempi (gasteropodi, bivalvi e poliplacofori) il mantello è interno alla conchiglia ed al limite è visibile il suo margine esterno che concorre alla crescita della conchiglia stessa.

La **CONCHIGLIA**, secreta dal mantello, si suppone sia stata originariamente una semplice copertura a forma di cappuccio posta dorsalmente al corpo del mollusco. Nel corso dell'evoluzione la sua forma si è modificata da semplici spicole infisse nel mantello come negli Aplacofori (caudofoveati e solenogastri) ad una conchiglia costituita da più piastre embricate come nei Poliplacofori fino ad una conchiglia unica come nei MONOPLACOFORI la quale ricorda molto quella del mollusco ancestrale. Da questa molto probabilmente si sono originate le conchiglie dei Placofori più evoluti.

Molto probabilmente nelle fasi iniziali dell'evoluzione della conchiglia questa consisteva di una spessa matrice organica fatta di chitina e proteine la quale ha funzionato da base su cui successivamente sono stati depositati sali di calcio. La conchiglia dei molluschi odierni, infatti, consiste di tre strati sovrapposti, uno esterno di materiale organico (proteico) definito **PERIOSTRACO** cui seguono internamente uno strato **calcareo prismatico** detto anche «**OSTRACO**» cui segue ancora più internamente (a contatto con il corpo del mollusco) lo **strato nacreo** o «**IPOSTRACO**» quest'ultimo è lo strato «madreperlaceo» liscio e lucente che si osserva nella conchiglia dei gasteropodi, cefalopodi e bivalvi odierni. Gli strati della conchiglia sono secreti continuamente dall'epiderma del mantello a mano a mano che il mollusco si accresce.



Nell'immagine vi è una ricostruzione di una sezione della conchiglia di un bivalve con i tre strati che compongono la conchiglia (**periostraco**, **ostraco** e **ipostraco**) ed il margine del mantello con i tre lobi o pliche. Infatti l'incrostamento della conchiglia avviene al margine del mantello stesso che presenta questi 3 lobi di cui la plica esterna insieme

all'epitelio esterno è impegnata nella costruzione e crescita della conchiglia; la plica interna è muscolarizzata e concorre nel mantenere in posizione il mantello e fare aderire le due parti; la plica mediana ha soprattutto funzione sensoriale portando fotocettori e chemiocettori.

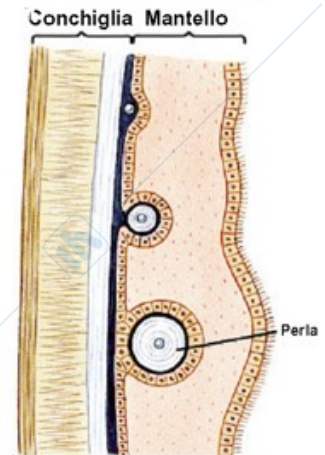
La capacità di formare la conchiglia da parte dell'epitelio esterno e del lobo esterno del mantello sono utilizzati anche come protezione per isolare eventuali corpi estranei che si insediano fra la conchiglia ed il mantello.

Granuli di sabbia o altro materiale che finisce in questa posizione viene reso innocuo avvolgendolo con strati di madreperla. In questo modo sono formate anche le perle delle ostriche perlifere.

Nei cefalopodi la conchiglia è stata internalizzata nella linea dei Coleoidei (calamari, seppie e polpi) mentre nei Nautiloidei la conchiglia è ancora esterna e planospirale. Nei Gasteropodi la conchiglia può mostrare forme differenti sebbene la più rappresentata è la forma a spirale conica tipica delle chioccioline con le spire che si avvolgono intorno ad un asse columellare.

Nei bivalvi la conchiglia è costituita da due valve (destra e sinistra) solitamente simmetriche unite fra loro da un legamento e chiuse dai muscoli adduttori che collegano le due valve.

Nei Chitoni (Poliplacofori) la conchiglia è formata da otto piastre embricate.



Il margine del mantello origina la «**CAVITÀ DEL MANTELLO**» o «CAVITÀ PALLEALE» o «PALLIALE» parte essenziale del corpo di un mollusco e, come si osserva nella figura, la cavità è collegata direttamente con l'ambiente esterno (es acqua di mare) con un'apertura. L'epitelio che tappezza la cavità è solitamente ciliato e ricco di cellule mucipare. Nel mollusco ancestrale la cavità del mantello era probabilmente posizionata posteriormente, nelle linee evolutive successive la sua posizione e conformazione è cambiata: ad esempio la cavità si sviluppa nella forma di due solchi laterali al piede ed al margine del mantello come nei Polioplacofori e Monoplacofori; nei gasteropodi la cavità palleale è spostata in avanti con una «**TORSIONE**» di 180° rispetto al mollusco ancestrale e così è rimasta in molti gasteropodi, in altri si osserva una detorsione (es nei Gasteropodi Opistobranchi) con una posizione della cavità latero posteriore. Nei cefalopodi coleoidei (seppie, calamari, polpo) la cavità del mantello è interna al sacco che contiene anche i visceri; in altri molluschi la cavità è ridotta o addirittura scomparsa.

Nei molluschi terrestri la cavità del mantello è trasformata in un **POLMONE**, con un'apertura più piccola che si apre e chiude seguendo il «ritmo respiratorio» determinato dai muscoli della cavità; la parete interna è vascolarizzata per permettere l'ossigenazione.

La cavità del mantello contiene diverse importanti strutture quali le branchie, le aperture anale e del nefridioporo ed organi di senso come gli OSFRADI capaci di valutare chimicamente la qualità dell'acqua che entra nella cavità del mantello con la corrente inalante.

Nel mollusco ancestrale si ipotizza la presenza di due o più **branchie** bipettinate la cui struttura è fatta da un asse longitudinale fissato alla parete della cavità del mantello. L'asse porta su entrambi i lati una serie di lamelle o filamenti branchiali appiattiti secondo una disposizione definita a «lamelle bipettinate». I singoli filamenti sono posti uno di seguito all'altro ma separati da uno spazio interfilamentare; ogni filamento presenta un margine frontale ed un margine abfrontale. L'insieme dei margini frontali delimita lo spazio della cavità definita «camera inalante» l'insieme dei margini abfrontali delimita lo spazio definito «camera esalante». Tutte le lamelle sono coperte da un epitelio ciliato il cui battito genera la corrente d'acqua che circola fra le lamelle delle branchie. L'asse porta vasi sanguigni afferenti ed efferenti ed il sangue passa attraverso le lamelle da quello afferente verso l'efferente con un movimento controcorrente al flusso di acqua che circola fra le lamelle, in questo modo l'efficienza dello scambio gassoso è notevolmente implementata.

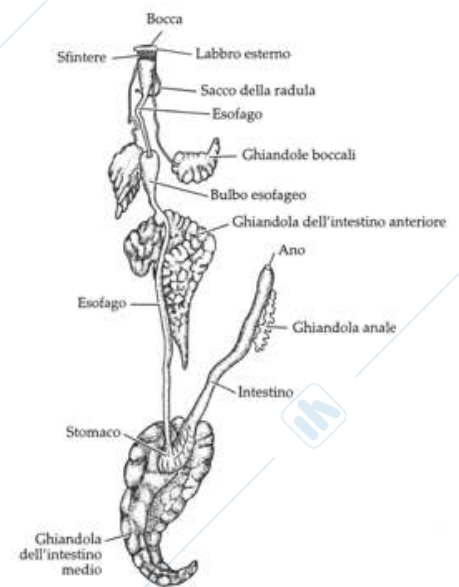
I modelli di branchie che si sono successivamente evolute nelle diverse linee evolutive riflettono particolari adattamenti; in molti molluschi le branchie sono monopettinate, con una sola fila di lamelle per asse, in altri invece i filamenti si sono notevolmente allungati, ripiegati e a volte fusi fra loro come nei molluschi bivalvi (vedi più avanti) dove le branchie non servono solo per l'ossigenazione del sangue ma anche per filtrare il nutrimento dalla corrente d'acqua. Nei cefalopodi la plicatura delle branchie bipettinate aumenta la superficie di scambio, vista la notevole quantità di ossigeno richiesta da questi molluschi molto attivi.

Nei cefalopodi Coleoidei (calamari, seppie e polpi) le branchie sono due (Coleoidei = Dibranchiati) bipettinate, plicate e poste nel «sacco» munite anche di cuori sanguigni branchiali per aumentare l'efficienza respiratoria; nei cefalopodi Nautiloidei (es. il Nautilus) le branchie sono 4 (definite per questo anche Tetrabranchiati); nei molluschi gasteropodi il numero e la posizione delle branchie dipende dal tipo di gasteropode; con la torsione la cavità del mantello è spostata anteriormente ed i gasteropodi più primitivi mantengono ancora due branchie; con la torsione e con la spiralizzazione

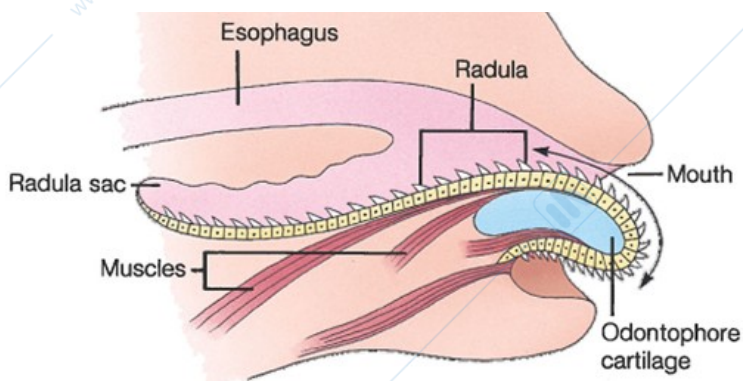
conica molti gasteropodi si trovano nella condizione di mantenere contemporaneamente l'igiene dell'area con lo smaltimento adeguato di feci e urine, l'equilibrio con il nuovo tipo di conchiglia, ed un'adeguata ossigenazione. Per ovviare a questi problemi i gasteropodi perdono parte della cavità del mantello e, soprattutto la branchia destra demandando alla sola branchia sinistra l'onere di ossigenare il corpo. Nei gastropodi terrestri le branchie sono perse e la cavità trasformata in polmone con un'apertura verso l'esterno detta «pneumatoforo»; nei gasteropodi Opisthobranchi si assiste ad una detorsione con il posizionamento della cavità e della branchia in posizione latero posteriore. Nei Chitoni (Poliplacofori) e nei monoplacofori la «cavità del mantello» è formata da due solchi laterali che contengono un numero di 5-8 branchie la cui ossigenazione avviene tramite una corrente d'acqua che fluisce dalla parte anteriore (testa) verso la parte posteriore scorrendo nei solchi laterali.

Il **sistema digerente** è completo ed inizia con la bocca e finisce con l'apertura anale che, nel mollusco ancestrale, sbocca nella cavità del mantello. La regionalizzazione del sistema digerente è notevole e diverse parti sono più o meno sviluppate dipendendo dal tipo di dieta. Nella regionalizzazione si divide il sistema digerente in una parte anteriore comprendente bocca, cavità boccale con sacco della radula e faringe, e intestino posteriore comprendente retto e ano; entrambe queste parti sono di origine ectodermica. La parte centrale comprendente esofago, stomaco, ciechi digerenti e intestino sono invece di origine endodermica. Solitamente sono presenti ghiandole salivari che con il loro secreto avvolgono il cibo; l'esofago immette il cibo nello stomaco rappresentato da un sacco con una parte espansa dove converge l'esofago ed una parte stretta dove nasce l'intestino.

Allo stomaco sono connessi ciechi digerenti (o ghiandole digerenti, fegato o epatopancreas) questi producono gli enzimi digestivi che poi nello stomaco effettuano la digestione extracellulare. L'assorbimento è effettuato dagli stessi ciechi digerenti dove avviene anche la fagocitosi e la digestione endocellulare. In molte specie di molluschi il sacco dello stomaco ha regioni differenziate che eseguono una cernita delle particelle ingerite, quelle piccole saranno dirette verso i ciechi per la digestione endocellulare, mentre le particelle più grandi saranno spinte nell'intestino per la digestione extracellulare. La parte stretta dello stomaco è detta sacco dello stilo ed è fatto di due regioni (tiflosoli) per la cernita della particelle. Nel sacco dello stilo in molte forme, in particolare nei bivalvi, lo stilo cristallino è costituito di enzimi; lo stilo girando avvolge il cordone di muco proveniente dall'esofago lo unisce ai suoi enzimi iniziando la digestione. Le pallottole fecali transitano nell'intestino e sono espulse all'esterno.



La **RADULA** è una delle sinapomorfie tipiche dei Molluschi. La radula è posta nel sacco della radula, un'invaginazione della parte ventrale della cavità boccale ed è l'organo mediante il quale i molluschi raschiano il fondo recuperando alghe e vegetali di cui si nutrono molti molluschi. In altri casi, come nei molluschi cefalopodi, la radula non recupera



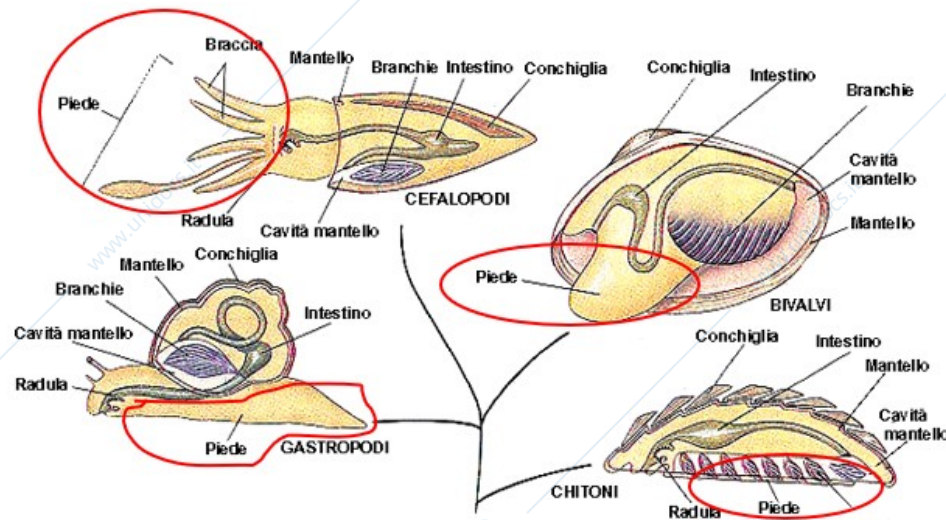
direttamente il cibo ma le parti delle prede di questi molluschi sono trascinati indietro nell'esofago dalla radula. La struttura della radula è costituita da un nastro di dentelli chitinosi il cui numero, forma e disposizione può cambiare nelle diverse specie.

La radula è tipica di tutti i molluschi, solo nei bivalvi è assente come conseguenza del tipo di alimentazione per filtrazione effettuato con le branchie per cui questa struttura non serve. Il nastro della radula poggia su un struttura cartilaginea detto ODONTOFORO. L'odontoforo

è muscolarizzato con muscoli protrattori che fanno estroflettere all'esterno l'odontoforo con la radula che viene spinta così sul substrato; l'azione invece dei muscoli retrattori fa ritirare l'odontoforo con la radula nella cavità boccale. Con questi movimenti ripetuti il mollusco raschia il substrato strappando alghe o vegetali di cui si nutre. L'uso continuo della radula porta ad usurare i dentelli chitinosi di cui è composta, ma ciò non è un problema perché il sacco della radula genera continuamente nuovi dentelli a mano a mano che questi vengono usurati.

Il **Sistema nervoso** dei molluschi è costituito di base da un anello nervoso esofageo da cui partono due paia di cordoni nervosi longitudinali diretti verso il piede e la massa viscerale. L'anello periesofageo è costituito da alcuni gangli; ogni ganglio è costituito da un insieme di corpi cellulari (corteccia) e da una medulla di assoni, tutto ricoperto e protetto da una capsula di connettivo. I gangli cerebrali ricevono nervi dagli occhi, dai tentacoli e dalle eventuali statocisti. I gangli cerebrali sono connessi ai gangli boccali, pedali e pleurali tramite connettivi. I gangli boccali innervano in particolare i muscoli della radula e dell'odontoforo. I nervi dei gangli pedali innervano il piede mentre quelli provenienti dai gangli pleurali innervano il mantello.

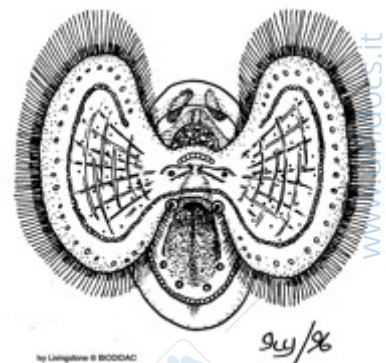
La **CAVITÀ CELOMATICA**, come già anticipato, non è molto estesa, le cavità del corpo in generale sono rappresentate da lacune emoceliche ed il celoma come tale resta limitato alla **CAVITÀ PERICARDICA** che circonda il cuore. Il sistema escretore è invece costituito in generale da due metanefridi i cui nefrostomi pescano nella cavità pericardica (celoma) con i nefridiopori che sboccano nella cavità del mantello.



I Molluschi si muovono mediante locomozione muscolare e nel mollusco ancestrale il piede è rappresentato dalla suola muscolare appiattita che striscia sul substrato. La **suola strisciante** è collegata alla conchiglia sovrastante da muscoli retrattori pedali che, contraendosi, tirano la conchiglia verso il piede nascondendo e proteggendo testa, i visceri ed il piede stesso sotto la conchiglia aderente al substrato. Nelle maggiori linee evolutive dei molluschi la suola strisciante è rimasta tale nei gasteropodi,

poliplacofori e monoplacofori, il cambio più imponente è avvenuto nei bivalvi e nei cefalopodi; nei bivalvi la suola strisciante si è trasformata in una **LAMA COMPRESSA** lateralmente come un adattamento alla natura fossoria, all'infossamento nei substrati sabbiosi o fangosi dei fondali. Nei cefalopodi l'ancestrale suola strisciante si è trasformata nel **SIFONE** e nella corona di **BRACCIA E TENTACOLI** che circonda la bocca e posti sulla testa. Il sifone è l'imbuto da cui esce forzata l'acqua dalla cavità del mantello e permette ai cefalopodi di muoversi con un movimento a reazione, veloce, rapido tanto da permettergli di catturare prede natanti come i pesci.

La **riproduzione** nei molluschi è generalmente gonocorica e con fecondazione esterna. La gonade è adesa alla cavità celomatica e a maturità rilascia i gameti nella cavità e da questa con i nefridi raggiungono l'esterno. In altri molluschi le vie genitali sono invece separate dalle vie urinarie. Lo sviluppo dello zigote avviene con una segmentazione spirale, la gastrulazione per invaginazione nelle specie con uova piccole, per epibolia nelle specie con uova grandi. Il blastoporo forma la bocca ed il mesoderma origina dalla cellula mesentoblastica 4d. La gastrula origina una larva **TROCOFORA** o **PSEUDOTROCOFORA** ma in molti molluschi lo stadio di trocofora è soppresso dalla comparsa della larva **VELIGER** caratterizzata da un piede, una conchiglia e due lobi laterali ciliati che nell'insieme formano il **VELUM** con il quale la larva nuota e si nutre.



Per una rassegna sistematica semplificata dei Molluschi facciamo riferimento semplicemente a tre gruppi (alla presenza e forma della conchiglia che ricopre e protegge il corpo dei molluschi):

- **Aplacophora** = sono senza conchiglia ed hanno due classi che sono quella dei *Caudofoveata* e *Solenogastres* dove il mantello produce molte semplici spicole calcaree infisse nell'epiderma.
- **Polyplacophora** = hanno una conchiglia divisa in otto placche embricate ed infisse nel mantello.
- **Conchifera**, che rappresentano la maggior parte dei molluschi con le 5 Classi dei *Monoplacophora*, *Scaphopoda*, *Gastropoda*, *Bivalvia* e *Cephalopoda* generalmente hanno una conchiglia unica sebbene poi, per adattamenti vari, questa assume forme e consistenza diverse, a volte secondariamente persa.

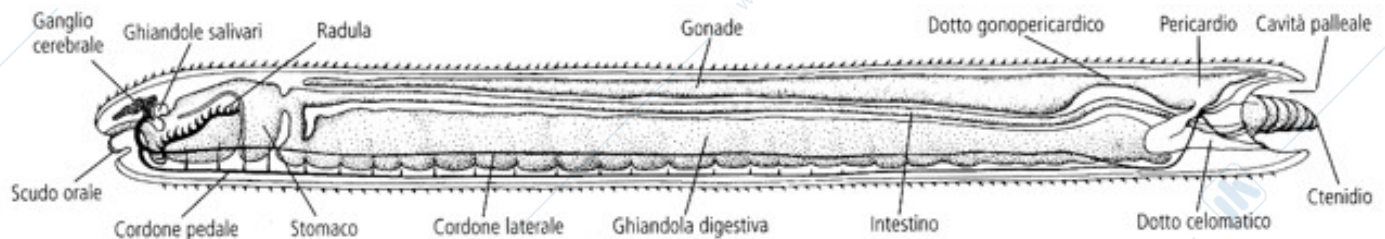
APLACOPHORA

La forma del corpo con cui si presentano questi molluschi farebbe pensare più ad un verme strisciante sul fondo del mare forse confondendoli con vermi marini come gli anellidi o qualcosa del genere. Tuttavia ad una analisi morfologica ed anatomica più attenta le sinapomorfie proprie del Phylum vengono alla luce e questi strani «vermi» possono essere a tutti gli effetti inclusi fra i molluschi.

Una delle due classi appartenenti a questo phylum sono i **CAUDOFOVEATA** (Altri autori lo indicano anche con il nome di **CHAETODERMOMORPHA**). Il corpo è allungato, vermiforme e cilindrico, non esiste una conchiglia ben formata, ma tutto il corpo è coperto da un'epiderma chitinoso, il «**MANTELLO**» la cui capacità secretiva è comunque già ben sviluppata in questi molluschi. Il mantello infatti non costruisce una conchiglia ma secerne molte spicole calcaree infisse nel mantello stesso che ricoprono la superficie dei caudofoveati. Sono privi di occhi e di altre strutture sensorie anteriori che di solito caratterizzano i molluschi come tentacoli e statocisti. Tuttavia la prova decisiva che si tratta di molluschi è data dalla presenza della **RADULA** nella cavità boccale, a volte la radula può essere assente, in tal caso la cavità boccale agisce come una pompa aspirando il cibo che incontra sul substrato. Il piede è, secondo molti Autori, assente, secondo altri è presente come uno «scudo pedale» o «orale» posto vicini la bocca.

Il mantello forma una «**cavità del mantello**» posteriore che ospita un paio di branchie bipettinate. I caudofoveati sono gonocorici e le gonadi rilasciano i gameti nella cavità pericardica e da qui, tramite i celomodotti, raggiungono l'esterno. Lo sviluppo può essere diretto o con la presenza di una larva lecitotrofica.

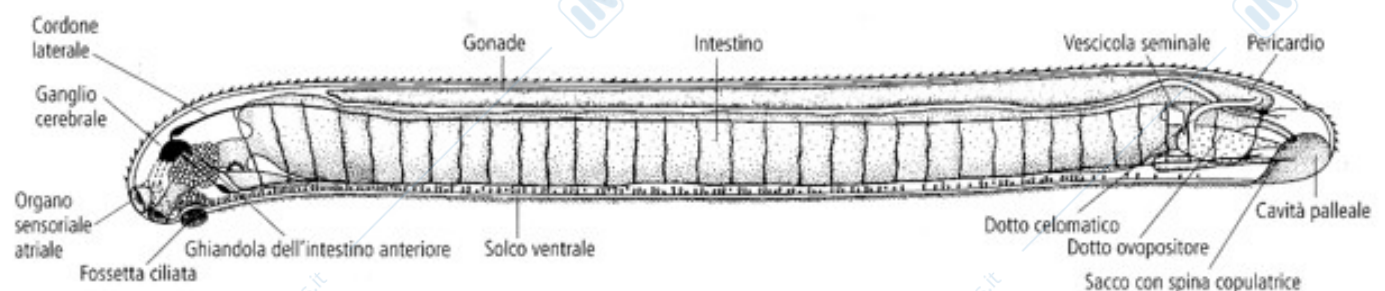
I caudofoveati vivono sul fondo (bentonici) a volte infossandosi nei sedimenti; la classe è la più piccola degli aplacofori con circa 150 specie lunghi da 3 mm fino a 15 cm.



Regionalizzazione del sistema digerente con un vistoso «cieco digerente» che viene indicata anche come «epato-pancreas» e l'intestino che si apre con l'ano nella cavità del mantello. Le gonadi molto sviluppate poste dorsalmente all'apparato digerente che con il dotto «gonopericardico» immettono i gameti nel pericardio e da qui, successivamente portati all'esterno con il «gonodotto» o «celomodotto» sempre nella cavità del mantello.

I **SOLENOGASTRES** (o NEOMENIOMORPHA) come i caudofoveati si presentano con un corpo allungato, vermiforme e cilindrico e, come i precedenti il mantello con il suo epiderma produce numerose spicole calcaree infisse nel mantello. Sotto l'epiderma si sviluppa una derma connettivo e sotto questo sono presenti fasci di muscolatura circolari, obliqui e longitudinali. A differenza dei caudofoveati i solenogastri presentano un piede sotto forma di una sottile lamina muscolare che si trova in una fessura longitudinale ventrale al corpo dell'animale. La radula può essere presente ma in certe specie è stata persa secondariamente. La cavità del mantello è posteriore con branchie secondarie sotto forma di papille respiratorie. La maggior parte delle specie è **ERMAFRODITA** con ricettacoli seminary, vescicole seminali e spicole copulatorie. Le due gonadi dorsali si aprono nel «pericardio» da cui poi sono portate esternamente da gonodotti dotati di vescicole e tratti ghiandolari. La fecondazione è interna.

La Classe include circa 180 specie esclusivamente marine con alcune che vivono a grandi profondità, fino a 5000m. Di solito tuttavia si ritrovano a «brucare» sulle colonie di antozoi (Cnidaria) cibandosi dei polipi di questi ultimi.



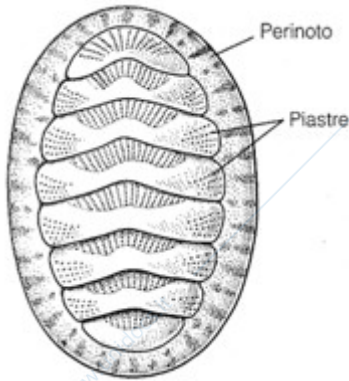
Mancano organi di senso come statocisti, tentacoli o occhi, può invece essere presente una fossetta ciliata pedale anteriore con probabile funzione chemio-recettiva ed un analogo organo sensoriale atriale posto sopra la bocca la cui funzione non è ancora chiarita. Nella parte posteriore c'è la cavità del mantello con papille respiratorie e le aperture dell'ano e del celomodotto.

Lo sviluppo dell'apparato digerente è simile a quello dei caudofoveati con una regionalizzazione delle strutture.

POLYPLACOPHORA

Comprendono i comuni CHITONI, molluschi marini che vivono solitamente lungo le coste in acque basse dove pascolano sul substrato roccioso. Solitamente appaiono come molluschi dal corpo appiattito, di forma ovale e con un ampio piede ventrale che, con i muscoli che lo collegano alle piastre della conchiglia gli permette di aderire tenacemente sul substrato. La conchiglia è particolare perché non è ancora unica ma formata da otto piastre dorsali, ovviamente secrete dal mantello.

Quest'ultimo sporge esternamente formando un margine detto **PERINOTO** che ricopre il margine delle 8 piastre.



Delle otto piastre la prima e l'ultima (1 e 8) sono con una loro propria morfologia mentre le altre 6 sono uguali. Ogni piastra è costituita da due parti il tegmentum che è la parte che sporge all'esterno, mentre l'articulamentum è la parte infissa nel mantello. Ogni piastra è connessa al piede da un paio di muscoli retrattori. I muscoli connessi alle piastre consentono all'animale di «appallottolarsi» quando staccato dal substrato.

La cavità del mantello non è posteriore come nel mollusco ancestrale ma si sviluppa come due solchi laterali compresi fra il piede ventrale e il margine del mantello. Le due cavità destra e sinistra contengono numerose branchie da 6 fino a 88, un gonoporo ed un nefridioporo.

L'escrezione è effettuata da due nefridi molto sviluppati ghiandolari e secretori, ognuno comunica con la cavità pericardica e poi sbocca con il nefridioporo nei solchi del mantello.

Sono privi di occhi, tentacoli e stili cristallini nello stomaco.

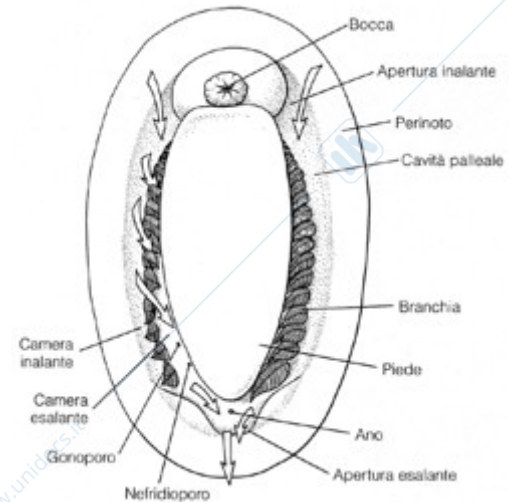
Il sistema nervoso è formato di base da un anello nervoso da cui partono nervi boccali, subradulari e due cordoni nervosi longitudinali pedale e viscerale.

La radula è presente e molto sviluppata in lunghezza con denti mineralizzati per resistere all'usura.

Le branchie sono coperte da ciglia e sono loro, con il loro battito, che

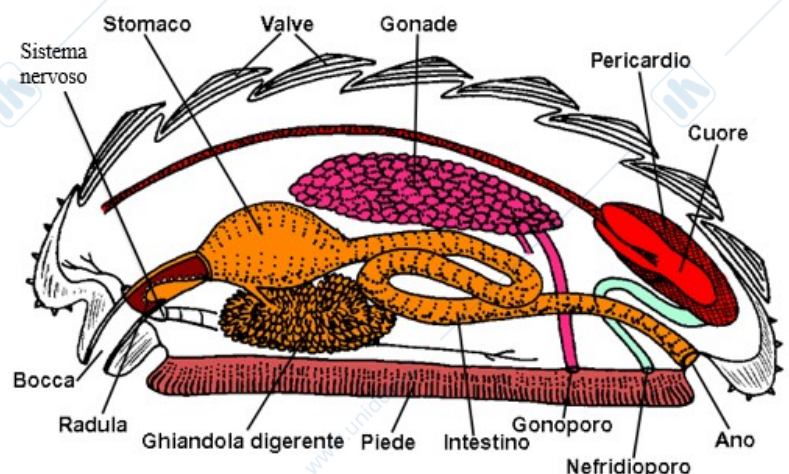
creano il flusso di acqua che entra anteriormente da una «apertura inalante» ed esce da una apertura posteriore. Il flusso esalante porta via anche le feci e le urine e disperde le uova; infatti vedete che nella parte posteriore sboccano le aperture proprio dell'ano, nefridiopori e gonopori.

Per quanto riguarda la branchia bipettinata dei chitoni vediamo che l'asse porta, come in altre branchie di altri molluschi, vasi afferenti ed efferenti ed il flusso del sangue nelle lamelle è contrario a quello dell'acqua, l'ossigenazione contro corrente è più efficiente.

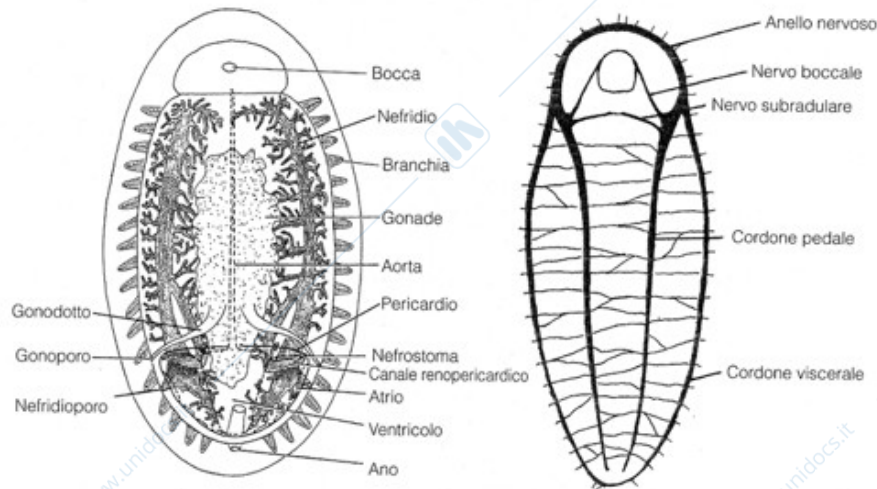


La maggior parte dei chitoni sono brucatori microfagi e si nutrono di alghe e di organismi che raccolgono dal substrato raschiando con la radula; altri chitoni sono macrofagi e si nutrono di alghe più grandi, altri ancora sono predatori e riescono a catturare piccoli crostacei con la parte anteriore del mantello modificato.

Il materiale raschiato con la radula viene amalgamato con la secrezione di ghiandole salivari e, attraverso l'esofago raggiunge lo stomaco. Nello stomaco, parte anteriore dell'intestino e nella ghiandola digerente avviene la digestione mediante enzimi prodotti e secreti dalla ghiandola digerente stessa (detta anche cieco digerente); i resti dell'alimentazione sono emessi con l'ano posto nella parte posteriore dietro il margine posteriore del piede.



Il sistema circolatorio è composto dal cuore posizionato dentro il celoma pericardico; il cuore è formato da 2 atri ed un ventricolo; gli atri ricevono il sangue ossigenato dalle branchie, che passa al ventricolo e da questo spinto nell'aorta dorsale che lo porta fino all'emocele cefalico; gli spazi emocelici (o seni emocelici) sono gli spazi fra gli organi interni a volte sotto forma di canali ben definiti connessi fra loro per una migliore circolazione del sangue, infine il sangue torna alle branchie con dei vasi afferenti e da queste di nuovo al cuore.



Nell'immagine a sinistra un chitone visto ventralmente dove è stato eliminato il piede per evidenziare le strutture sotto. Si notano lateralmente le numerose branchie poste nei due solchi della cavità del mantello. Si osservano inoltre i due voluminosi nefridi ognuno con due dotti, uno verso la cavità celomatica pericardica e l'altro che porta le urine all'esterno attraverso il nefridioporo. Al centro ben visibile la grossa gonade con due ovidotti che sboccano anch'essi nella cavità del mantello. La riproduzione è anfignonica (sessi separati) i maschi e le femmine disperdono i gameti nell'ambiente dove

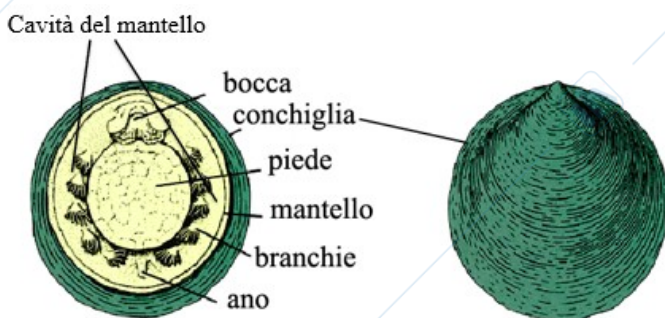
avviene la fecondazione. Dall'uovo fuoriesce dopo lo sviluppo embrionale una larva trocofora lecitotrofica (lecitotrofica significa che si nutrono per poco tempo) che poi si porta al fondo del mare dove metamorfosa nell'individuo adulto.

La figura a destra illustra invece il sistema nervoso nelle sue componenti principali. Esso consiste in un anello nervoso periesofageo che circonda l'esofago a da cui originano nervi boccali e subradulari. Dall'anello originano anche i due cordoni nervosi longitudinali viscerali e pedali connessi fra di loro da commessure trasversali. Gli organi di senso principali dei chitoni sono gli **ESTETI**, l'organo **SUBRADULARE** e i **RECETTORI DEL MANTELLO**. Gli esteti sono organi di senso «**composti**» alloggiati in sottili perforazioni del **tegmentum** delle piastre della conchiglia; la loro funzione è conosciuta per quanto riguarda componente fotosensibile, per le altre parti non si conosce molto, forse sono chemiorecettori o meccanorecettori. I recettori del mantello hanno invece una funzione tattile.

CONCHIFERA

Con la Classe dei **MONOPLACOPHORA** iniziamo la descrizione dei **CONCHIFERA** ovvero i molluschi in cui la conchiglia è generalmente unica. La Classe dei monoplacofori era conosciuta soprattutto grazie ai reperti fossili, alcuni risalenti fino al periodo Cambiano, più di 500 milioni di anni; fu quindi una enorme sorpresa quando alla metà degli anni 50, durante una spedizione scientifica nell'Oceano al largo del Costa Rica vennero dragati a più di 3000 metri di profondità alcuni esemplari viventi di questa classe. La prima specie descritta fu *Neopilina galathaeae* proprio in onore della nave scientifica «Galathea» con cui fu ritrovata nel 1952.

Oggi sono conosciute 25 specie di monoplacofori tutti caratterizzati da una conchiglia unica di forma ovale non più lunga di 4 cm con l'apice rivolto anteriormente.

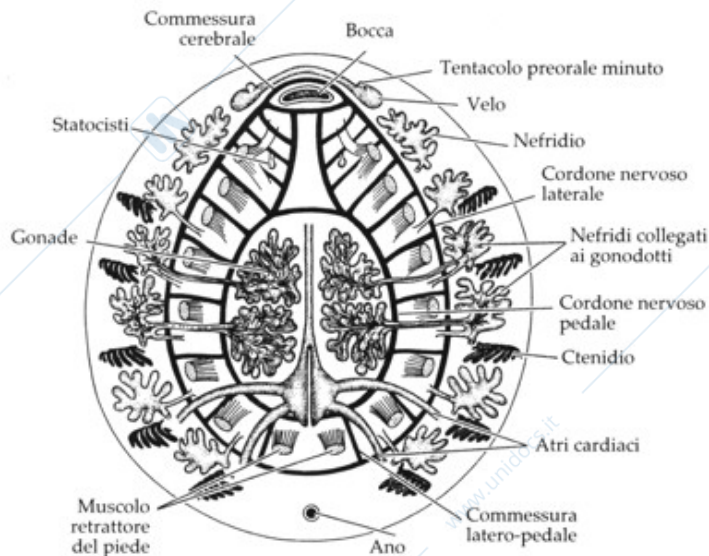


Ventralmente si osserva un piede che si collega alla conchiglia con 8 muscoli retrattori. Anche nei monoplacofori, come nei polioplacofori in precedenza, la cavità del mantello è rappresentata dai solchi posti fra il piede ed il margine laterale del mantello; la cavità del mantello contiene 5-6 paia di branchie monopettinate; la bocca è piccola ma ben visibile anteriormente, l'apertura anale è posteriore dove convergono i flussi di acqua esalante dei solchi del mantello.

I monoplacofori sono a sessi separati, le gonadi sono 2 paia poste al centro del corpo dei monoplacofori. Ogni gonade, circondata dal celoma gonocelico, ha un gonodotto che lo collega ad uno dei nefridi centrali e, da questi, con il nefridioporo i gameti sono condotti all'esterno. Non si conosce come avviene lo sviluppo, le specie conosciute sono, per molti aspetti totalmente ignote, vivendo a grandi profondità è difficile studiarle. Il cuore, circondato dal celoma pericardico, è costituito da due paia di atri e da un ventricolo che con l'arteria aorta spinge il sangue nella cavità

emocelica anteriore. Vi è anche la presenza di 8 paia di muscoli, il primo di questi sdoppiato in due fasci. Le otto paia di muscoli collegano il piede alla conchiglia e la loro contrazione permette all'animale di aderire tenacemente al substrato.

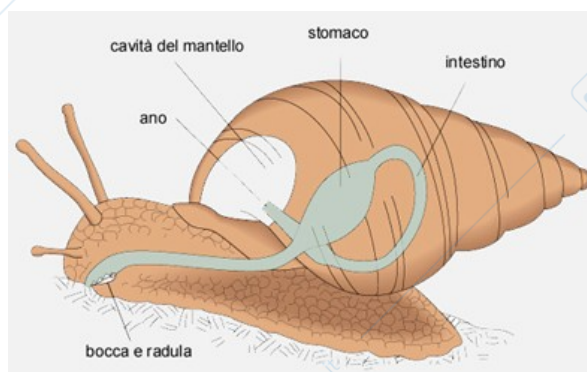
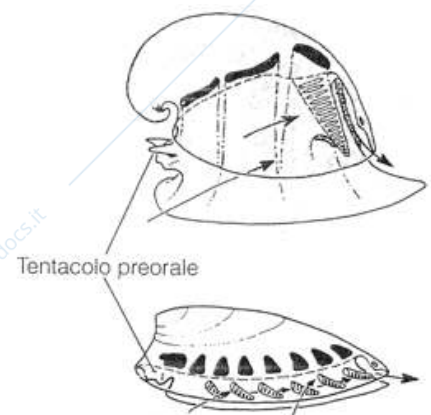
I monoplacofori sono anche loro brucatori e si cibano di microrganismi che raschiano con la **radula** sui substrati duri dei fondali. Il sistema digerente è simile a quello visto in precedenza nei chitoni, dalla cavità boccale l'esofago (con



ghiandole esofagee) porta allo stomaco ciliato in cui sboccano due ciechi digerenti che presumibilmente producono enzimi per la digestione extracellulare ed endocellulare come avviene negli altri molluschi. Dallo stomaco si diparte il lungo intestino che compie una spirale in senso antiorario prima di connettersi con l'intestino retto e da qui all'ano.

Lo studio dei fossili sembra indicare l'esistenza di due linee:

- **Tergomya** con conchiglia bassa, 5-8 paia di muscoli e 5-6 paia di branchie creduto estinto nel Devoniano circa 400 milioni di anni; a questa linea molto probabilmente sono da ricondurre le specie viventi sopravvissute fino ad oggi.
- **Cyclomya**. Anche questa linea si estinse nel periodo Devoniano. Sulla base dei fossili ritrovati la conchiglia si è allungata e spiralata secondo una spirale piana che si avvolge sulla testa, i muscoli sono ridotti in numero così le branchie che molto probabilmente si riducono a due e posizionate posteriormente. Questa breve descrizione dei ciclomiani ricorda molto il «mollusco ancestrale» e molti malacologi specialisti ed evolucionisti vedono proprio in questa linea filetica quella da cui sono originati gli altri Conchifera in particolare i Gasteropodi e i Cefalopodi.



La Classe **GASTROPODA** comprende specie molto conosciute come le chioccioline dei giardini e degli orti, le lumache senza guscio e le innumerevoli specie che si trovano nei mari di tutto il mondo che, nel corso dei decenni, hanno alimentato in molte persone la passione per il collezionismo. In tal senso e per le specie considerate «rare» ha anche alimentato un mercato con prezzi a volte molto elevati. Noi le apprezziamo per il loro valore zoologico ed ecologico ed il prelievo per altri scopi può determinare la loro scomparsa dagli ecosistemi.

Il numero di specie di Gastropodi è un indice del successo evolutivo del gruppo; sono conosciute più di 60000 specie viventi

ma oltre 15000 sono le specie fossili descritte. La loro evoluzione è molto probabilmente iniziata nel periodo Cambriano e fra i molti caratteri che hanno portato alla loro evoluzione sicuramente due di essi hanno avuto una parte determinante: la **TORSIONE** e la **SPIRALIZZAZIONE CONICA** della conchiglia su cui ci soffermeremo nelle diapositive successive.

Lo sviluppo dei gasteropodi include una larva **VELIGER** ed è proprio a questo stadio dello sviluppo che si attua la torsione che in pratica è una rotazione di 180° in senso antiorario della massa viscerale comprendente ovviamente conchiglia, visceri e cavità del mantello, quest'ultima prima della rotazione era posteriore, con la rotazione viene spostata anteriormente. Il complesso testa piede invece resta nella posizione originaria.

La torsione sposta la cavità del mantello da posteriore ad anteriore ed ovviamente porta dei vantaggi alle specie che l'hanno ereditata altrimenti la selezione naturale avrebbe eliminato questo carattere, quali siano questi vantaggi è ancora oggetto di discussione. La torsione porta anche degli inconvenienti poiché con la cavità del mantello anteriore diventano anteriori anche l'ano con le aperture dei nefridi che possono inquinare la bocca e la testa.

Le soluzioni evolutive adottate per risolvere i problemi di inquinamento sono la formazione di un foro all'apice della conchiglia non spiralata o formazione di «fori» sulla conchiglia; con queste soluzioni l'acqua entra, ossigena le branchie, passa sulle aperture anali e dei nefridi ed esce con la corrente esalante da queste aperture della conchiglia. Oppure la conchiglia è spiralata conica e riposizionata sul piede e ciò ha determinato la perdita della branchia destra ed a questo punto il flusso di acqua entra da sinistra, passa sulla branchia poi sulle aperture anale e nefridiale ed esce dal lato destro; in questo modo i problemi di igiene sono stati risolti.

Un altro importante carattere evoluto dai gasteropodi è la spiralizzazione conica della conchiglia. Molto probabilmente la spiralizzazione conica è originata a partire da una conchiglia con spiralizzazione piana (planospirale). Gli specialisti si sono da sempre domandati se ci fosse una relazione diretta fra la **TORSIONE** e la **SPIRALIZZAZIONE CONICA**.

Evoluzione della conchiglia

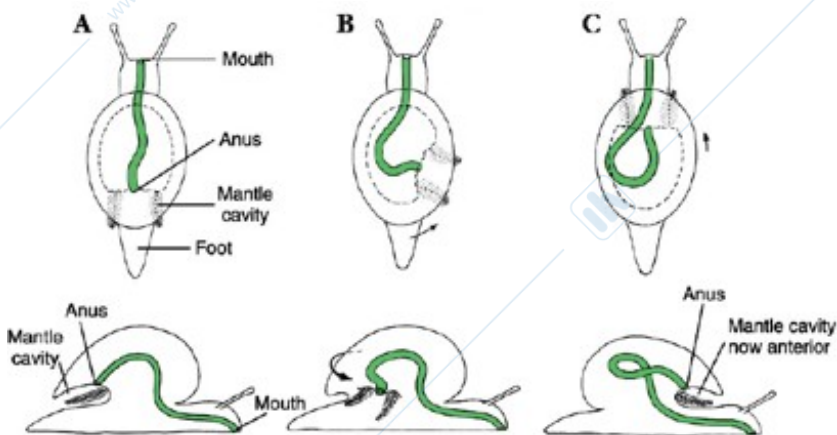
I monoplacofori **CYCLOMYA** sono il gruppo da cui sarebbe partita l'evoluzione degli altri conchiferi, gasteropodi e cefalopodi in particolare.

L'evoluzione inizia a partire da una conchiglia bassa si è via via sollevata per aumentare il suo volume e permettere lo sviluppo degli organi interni. Fossili testimoniano della presenza di conchiglie coniche lunghe, molto alte. Queste probabilmente erano poco funzionali forse perché poco equilibrate e difficili da spostare in spazi ristretti o fra le piante acquatiche per cui la soluzione più pratica fu quella di accrescere la conchiglia ed avvolgerla a spirale.

Si arriva quindi ad un modello di monoplacoforo, con una conchiglia planospirale simmetrica definita **ESOGASTRICA** perché le spire pesano sulla testa.

Da questo modello di monoplacoforo pre-gasteropode si è «probabilmente» originato il «**PROTOGASTEROPODE**» per mezzo di una «**TORSIONE**» in senso antiorario del complesso «**PALLIO VISCERALE**» rispetto al complesso «**CEFALO PEDALE**» che, rappresenta la linea evolutiva dei **GASTROPODA**.

VISCERALE» rispetto al complesso «**CEFALO PEDALE**» che, rappresenta la linea evolutiva dei **GASTROPODA**.



Fasi della torsione che dal monoplacoforo di partenza (A) porta alla formazione del Gasteropode (C).

Da notare la cavità del mantello con le branchie (o cavità pallele) che da posteriore diventa anteriore. Notare inoltre il cambio del sistema digerente che da rettilineo si ripiega ad «U» e l'ano contenuto nella cavità del mantello che da posteriore diventa anteriore determinando problemi di inquinamento alla bocca ed alla testa con gli organi sensoriali qui presenti.

Non è ancora chiaro quali sono i vantaggi adattivi che la torsione ha conferito al suo portatore, le ipotesi proposte sono diverse:

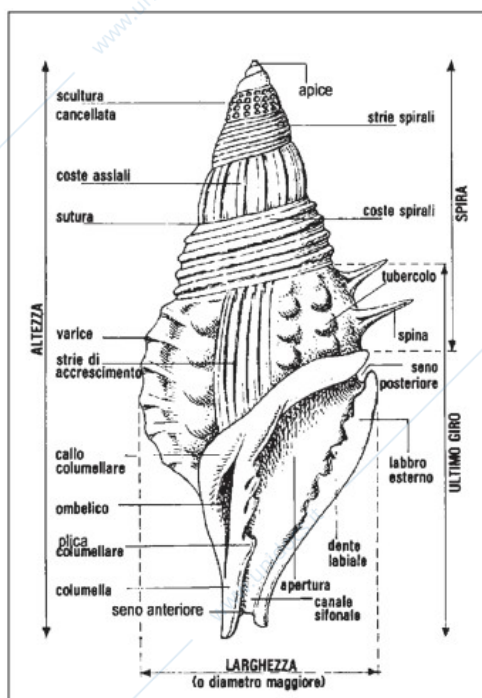
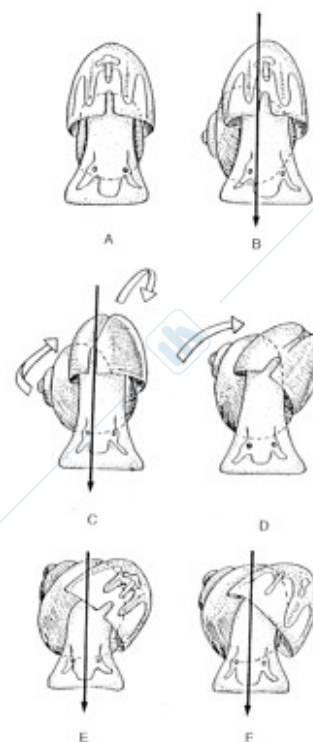
1) La cavità del mantello posta adesso anteriormente offre uno spazio maggiore sia alla larva che all'adulto in cui ritirare la testa ed il piede in caso di pericolo. Se si considera inoltre che nell'evoluzione dei gasteropodi si è inoltre formato un opercolo adeso al piede che chiude l'apertura della conchiglia la funzionalità generale è ancora maggiore.

La critica a questa ipotesi è che la piccola larva veliger, può essere mangiata intera, quindi torsione o meno sarebbe indifferente. Se vantaggio esiste in tal senso è probabilmente solo per l'adulto.

- 2) La posizione anteriore della cavità del mantello favorirebbe un migliore scorrimento dell'acqua e di conseguenza una migliore ossigenazione delle branchie.
- 3) La posizione anteriore della cavità del mantello pone anche «L'OSFRADIO» organo che saggia l'acqua e rileva odori e qualità dell'acqua può favorire il suo portatore, ad esempio nei molluschi gasteropodi predatori che avvertono in maniera migliore le eventuali prede.
- 4) La torsione ha modificato anche il centro di gravità del mollusco fornendo un vantaggio nel senso dell'equilibrio e della motilità.
- 5) L'avvolgimento endogastrico (con le spire che gravitano sulla parte posteriore) favorisce il movimento rispetto a molluschi con avvolgimento esogastrico, per il quale, con le spire anteriori, potrebbe essere stato difficoltoso spingere la conchiglia fra i sedimenti o farsi spazio fra le alghe.

L'altro carattere che i molluschi gasteropodi hanno evoluto è la conchiglia a spirale conica (**elicoidale**). I «**probabili**» passi che hanno trasformato la conchiglia esogastrica a spirale piana dei primi gasteropodi nella conchiglia a spirale conica sono:

- A) Gasteropode con conchiglia esogastrica planospirale che secondo le ipotesi accrescendosi ulteriormente diventava più fragile ed ingombrante da spostare; il centro di gravità in conchiglie planospirali molto larghe poneva problemi di equilibrio.
- B) La sperimentazione evolutiva ha quindi portato il gasteropode primordiale a sperimentare un ulteriore tipo di conchiglia con avvolgimento non più planospirale ma a spirale conica.
La differenza negli avvolgimenti è: nella spirale piana ogni spira avvolge la precedente e mantiene una simmetria bilaterale.
Nell'avvolgimento conico invece ogni spira si avvolge intorno ad un asse (**definito columellare**) ed ogni spira sovrasta e avvolge parzialmente (o totalmente) la precedente. Si ottiene un avvolgimento **conico spirale asimmetrico**. In questo modo sono migliorate le condizioni di robustezza della conchiglia ma la sua asimmetria pone problemi di equilibrio e di mobilità.
- C) Per risolvere i problemi di equilibrio dovuti alla asimmetria della conchiglia questa con tutto il suo contenuto viscerale viene ad essere riposizionata sul piede con un movimento dell'apice della conchiglia indietro ed in alto.
- D) La morfologia del mollusco gasteropode dopo che la conchiglia è divenuta a spirale conica ed il suo riposizionamento.

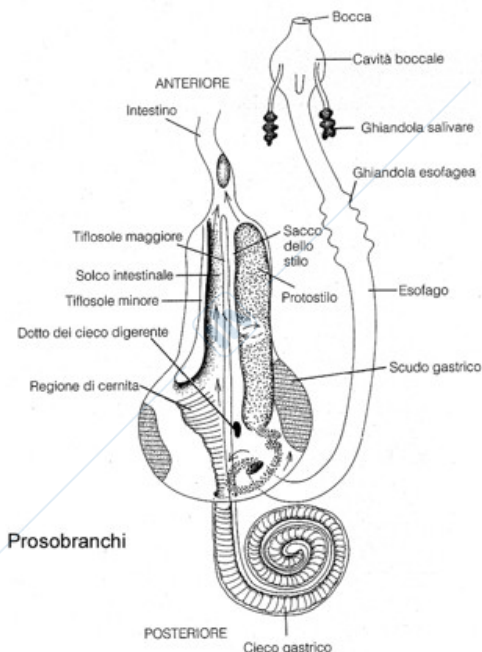


Una conchiglia di un gasteropode con l'apertura bordata dal labbro esterno ed interno ha l'apice che comprende la prima spira detta anche «**protoconca**» e le varie spire che si avvolgono attorno alla «**COLUMELLA**» o asse columellare visibile nello spaccato centrale; in basso il canale sifonale.

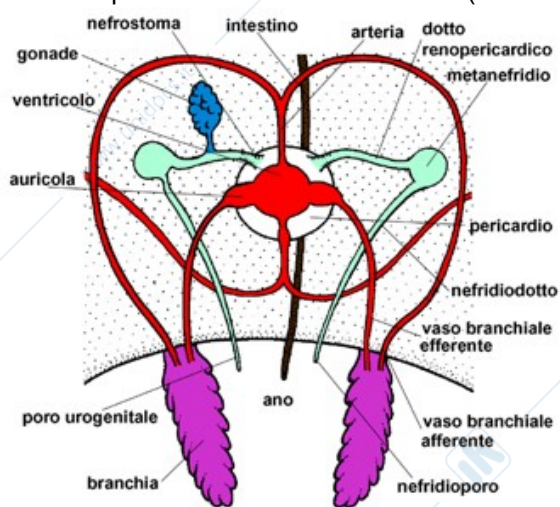
In relazione al tipo di avvolgimento che può essere «**DESTROSO**» o «**SINISTRORSO**». Molto semplice da definire praticamente: si prende la conchiglia in mano e guardandola con l'apertura verso chi la guarda e l'apice verso l'alto, se l'apertura è a destra l'avvolgimento è destrorso se invece l'apertura è a sinistra l'avvolgimento è sinistrorso.

Fra le varie conseguenze della torsione è l'incrocio che si ha dei nervi viscerali passando da una condizione definita di **EUTINEURIA** prima della torsione ad una condizione di **STREPTONEURIA** (o **CHIASTONEURIA**) propria dei gasteropodi dopo la torsione con l'incrocio dei nervi viscerali che generano un «8».

La torsione porta il sistema digerente ad essere ripiegato ad U. La bocca immette nella cavità boccale che porta la tasca della radula e lo sbocco di ghiandole salivari. L'esofago con le ghiandole esofagee immette nello stomaco posteriormente a causa della torsione è ruotato di 180°. Lo stomaco è la sede della digestione extracellulare ed i ciechi sono la sede dell'assorbimento e della digestione endocellulare. La morfologia dello stomaco può cambiare a seconda del tipo di alimentazione. Nelle specie carnivore è più semplice, nelle specie che si nutrono di piccole particelle può essere presente uno stilo cristallino secreto dal sacco dello stilo e fatto di enzimi digestivi. Dallo stomaco esce l'intestino che si apre con la parte terminale, il retto, nella parte destra della cavità del mantello.



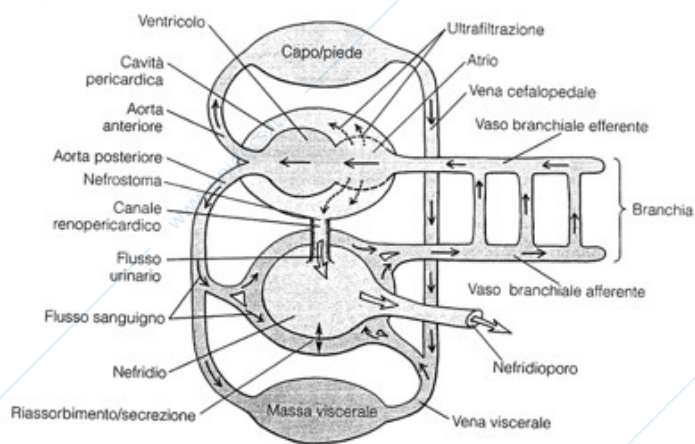
Uno schema generalizzato del sistema circolatorio aperto primitivo: il cuore in questo caso mantiene due atrii (condizione diotocardica) ed un ventricolo. Dalle branchie un vaso efferente porta il sangue agli atrii (o auricole) e da queste



al ventricolo che spinge il sangue nelle arterie che si aprono nei seni emocelici che bagnano gli organi interni. Nello schema generalizzato il sangue refluo torna alle branchie mediante vasi afferenti ed il percorso si ripete.

Il cuore è circondato dal celoma pericardico in cui pescano i nefrostomi dei dotto renopericardici che si uniscono al metanefridio che riversa l'urina nella cavità del mantello mediante i nefridiodotti. Una gonade si vede collegata con il suo dotto al reno-pericardico sinistro.

Nel caso di un sistema più complesso il sangue con il vaso branchiale efferente arriva all'atrio del cuore, transita nel ventricolo e da qui spinto con l'aorta nel sistema emocelico che bagna gli organi interni. Il sangue entra nel rene (nefridio) che per assorbimento e secrezione porta alla formazione del filtrato finale; a questo si aggiunge anche il filtrato proveniente tramite il tratto renopericardico dal celoma pericardico. L'urina formata viene riversata all'esterno nella cavità del mantello attraverso il nefridioporo. Il filtrato nei gasteropodi marini contiene ammoniaca, nelle specie dulciacquicole può essere ammoniaca o urea mentre le specie terrestri sono uricoteliche.



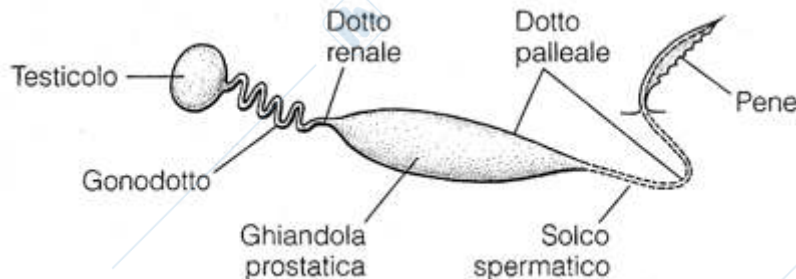
La sistematica dei Gasteropodi divide il gruppo in 3 classi principali:

1) Sottoclasse **Prosobranchia**

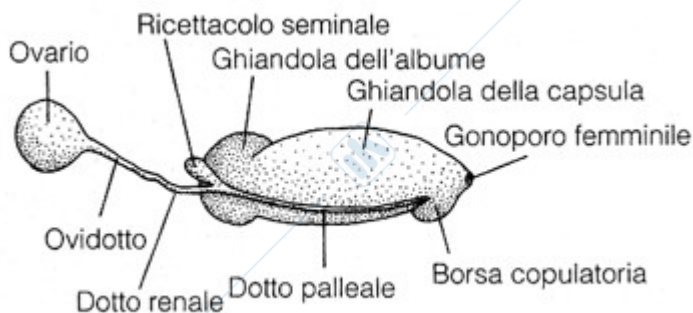
La forma della conchiglia nei prosobranchi è spiralata ma può essere anche di altre forme (ad esempio appiattita come nelle patelle o di forma tubulare). La cavità del mantello è anteriore e contiene le branchie, osfradi, statocisti; il capo porta tentacoli ed alla base gli occhi. gli osfradi sono delle strutture sensorie che hanno il compito di saggiare la qualità dell'acqua che entra nella cavità del mantello. Il cuore può essere con due atrii (diotocardi) o con un solo atrio (monotocardi). Il piede è una suola strisciante con l'opercolo corneo o calcareo utilizzato per chiudere la conchiglia in caso di pericolo; la radula di forma variabile a volte può essere assente. Il sistema nervoso torto di tipo streptoneurale. I prosobranchi sono gonocorici e la gonade con un gonocelo celomatico che comunica con un dotto nella cavità del mantello. Generalmente è presente lo stadio larvale di veliger.

I prosobranchi sono gonocorici con generalmente la sola gonade destra; nei prosobranchi più primitivi i gameti sono rilasciati nella cavità del mantello da dove raggiungono l'ambiente esterno dove avviene la fecondazione. Negli altri prosobranchi la fecondazione è interna. L'anatomia dei sistemi può cambiare in maniera marcata nei vari gruppi.

L'apparato maschile consiste in un testicolo da cui gli spermatozoi scendono attraverso il gonodotto che funziona anche da zona di accumulo degli spermatozoi; questi passano attraverso la ghiandola prostatica dove sono unite alle sue secrezioni e da qui passati alla femmina tramite il pene, solitamente sotto forma di pacchetti di spermatozoi detti «spermatofores».



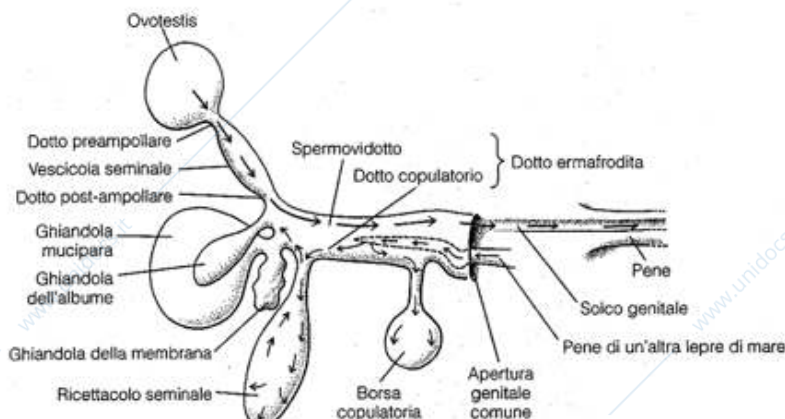
L'apparato femminile con un ovidotto che si unisce al residuo di dotto renale. Nel caso in figura dal dotto renale le uova transitano nel dotto paleale che è una parte della cavità del mantello modificata che origina ghiandole che infarciscono l'uovo di materiale nutritivo per lo sviluppo successivo dell'uovo come la ghiandola dell'albumine, e ghiandole che uniscono strati di protezione all'uovo (ghiandola della capsula) ed inoltre la borsa copulatoria ed il ricettacolo seminale che servono per la conservazione degli spermatozoi ricevuti dal maschio.



2) Sottoclasse **Opisthobranchia**

Fra di essi si ritrovano specie di grandi dimensioni come le Aplisia (ordine Anaspidea), le comuni lepri di mare, alcune pesano anche due Kg e sono lunghe 60 cm, la conchiglia è estremamente ridotta e nascosta nel mantello; molto comuni e ricercate dagli appassionati di fotografia subacquea sono i Nudibranchia, le lumache di mare con i loro meravigliosi colori.

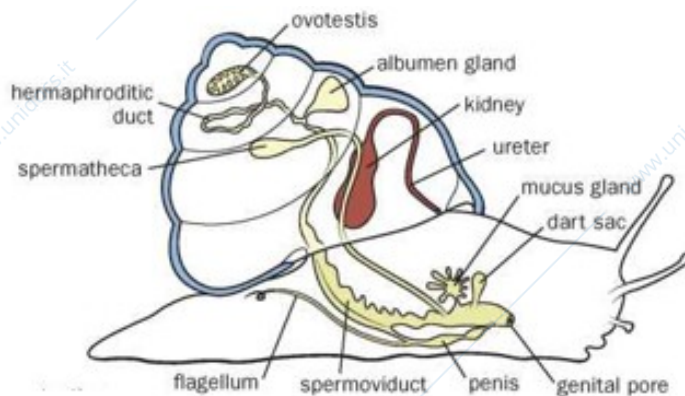
L'apparato genitale ermafrodita con un ovotestis che alternativamente in tempi diversi produce uova o spermatozoi. Gli spermatozoi prodotti ad esempio scorrono nello spermiovidotto e nel dotto copulatorio a seconda se «escono» o «entrano»; quelli in uscita con il pene sono trasferiti ad un altro individuo che li trattiene prima nella borsa copulatoria (per breve tempo) e poi nel ricettacolo seminale e da qui saranno utilizzati per fecondare le uova. Queste ultime scendono dall'ovotestis, vengono infarcite di sostanze di riserva, fecondate e ricoperte da membrane protettive; sono generalmente deposte come cordoni o masse mucillaginose o gelatinose.



3) Sottoclasse **Pulmonata**

Includono le forme più note di «chioccioline» in generale, fra cui le «rigatelle» e le «escargot» molto apprezzate da un punto di vista alimentare. La elicità è divenuta una pratica redditizia. La caratteristica più importante del gruppo è avere trasformato la cavità del mantello in un polmone riccamente vascolarizzato che permette lo scambio diretto dei gas sia nell'ambiente terrestre che in quello dulciacquicolo. La conchiglia è generalmente presente, perduta in alcune forme, come le «lumache».

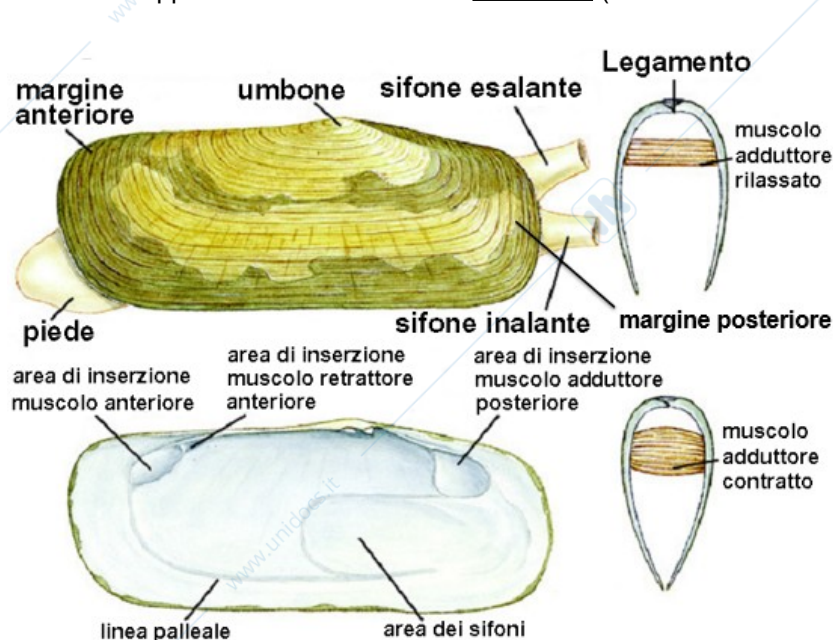
Si ha lo sviluppo del sistema riproduttore ermafrodita che consta di un ovotestis che produce alternativamente, in tempi differenti uova e spermatozoi, come negli opisthobranchi precedenti. Un dotto ermafroditico comune conduce i gameti verso lo spermovidotto e da qui gli spermatozoi verso il complesso flagellum pene che trasferisce gli spermatozoi ad un altro individuo. Le uova si raccolgono nella zona dove convergono il dotto della ghiandola mucosa e della spermateca che contiene gli spermatozoi di un altro individuo. Le uova fecondate e protette da secrezioni di rivestimento hanno uno sviluppo diretto. Da notare il sacco del dardo, sacco che contiene delle spicole che uno dei due individui in accoppiamento «spara» verso il partner ed a seguito di questo l'individuo che ha lanciato il dardo inizia la copula, mentre l'altro resta fermo e riceve gli spermatozoi, un comportamento alquanto bizzarro che secondo gli specialisti potrebbe avere un significato per distinguere un «maschio» e una «femmina» nonostante siano ermafroditi.



Molti Autori riuniscono insieme queste due Sottoclassi nel gruppo degli **Euthyneura** facendo riferimento al fatto che in entrambe le Sottoclassi si assiste ad una «**DETORSIONE**» della cavità del mantello e, quindi alla detorsione del sistema nervoso che da «Streptoneuro» ritorna «Eutineuro». Questa condizione si osserva bene negli opisthobranchi, per i Pulmonati, la detorsione è parziale il sistema nervoso è tornato Eutineuro anche a causa del semplice accorciamento dei nervi.

Sia gli opisthobranchi che i pulmonati sono ermafroditi ma la maturazione dei gameti nello stesso esemplare è in tempi differenti per cui gli esemplari devono fare scambio reciproco degli spermatozoi.

I molluschi appartenenti alla classe dei **BIVALVIA** (bivalvi detti anche **lamellibranchi** o **pelecipodi** ovvero con il



pie a forma di ascia) sono facilmente riconoscibili per la presenza di una conchiglia divisa in due parti dette «**VALVE**». A questo gruppo appartengono specie ben conosciute, molte infatti hanno un grande interesse commerciale e sono allevate e gradite ai consumatori per la prelibatezza del loro contenuto; gli allevamenti di «cozze» e «ostriche» sono diffusi in molte parti così anche le aree costiere dove altre specie, come le «vongole» o «telline» possono essere pescate con facilità.

Le specie del gruppo possono avere le due valve uguali (**equivalvi**) ma ce ne sono molte altre con le valve differenti (**inequivalvi**); in

tutti i casi le due valve sono unite insieme ed il fatto che si vedano due valve non significa che ci sono due conchiglie, la conchiglia è «**unica**».

Le valve sono tenute insieme da uno o due legamenti di natura proteica ed elastica. Quando il legamento è uno solo, solitamente è quello esterno, quando sono due uno è interno l'altro esterno. Quando l'animale serra le due valve con i **MUSCOLI ADDUTTORI**, il legamento elastico acquista energia potenziale che viene rilasciata aprendo le valve quando i muscoli adduttori si rilassano. Solitamente nell'area del legamento è presente una «**CERNIERA**» con denti che incastrandosi fra loro impediscono il movimento laterale delle valve, i denti possono essere numerosi e simili fra loro (cerniera **tassodonte**) oppure in numero minore ma diversi e specializzati (cerniera **eterodonte**).

I muscoli adduttori servono «**SOLO**» per chiudere le valve, non per aprirle, a questo pensa il legamento come indicato dalla figura a destra della diapositiva.

Il corpo è molto modificato rispetto alla descrizione del mollusco ancestrale per i seguenti caratteri:

- 1) Non c'è un capo distinto ma un'area boccale eventualmente con palpi boccali (detti anche labiali) per ingerire le particelle alimentari.
- 2) La nutrizione per filtrazione di particelle rende «inutile» l'uso della radula che quindi in questi gruppo è stata persa **secondariamente**.
- 3) Il piede strisciante del mollusco ancestrale si è trasformato in un piede compresso lateralmente con cui solitamente le specie si infossano nei fondali sabbiosi o fangosi.
- 4) Le branchie bipettinate hanno lamelle molto allungate perché, oltre che per gli scambi gassosi, sono utilizzati per filtrare l'acqua a scopo alimentare.
- 5) La cavità del mantello è molto sviluppata, a volte i bordi si accostano e si fondono e, nella parte posteriore, possono originare i sifoni inalante ed esalante che direzionano l'entrata e l'uscita dell'acqua dalla cavità.
- 6) Organi di senso quali statocisti e occhi sono presenti soprattutto sul margine del mantello.

Altri caratteri dei bivalvi si osservano in questa diapositiva; i bivalvi «equivalvi» sono dotati di simmetria bilaterale che si manifesta anche negli organi interni.

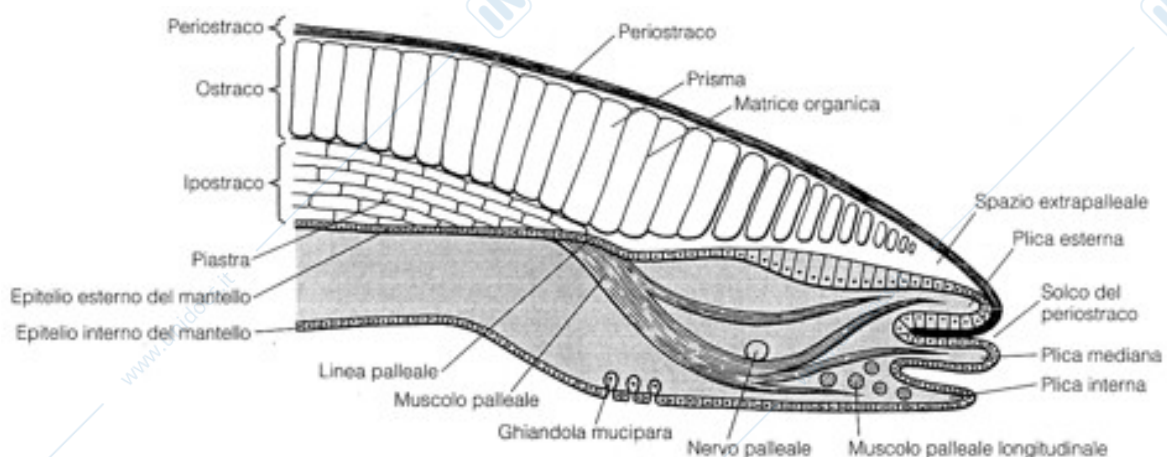
Nella conchiglia si individua «l'**UMBONE**» che rappresenta la parte più vecchia della conchiglia e dall'umbone la conchiglia si accresce secondo linee concentriche di accrescimento.

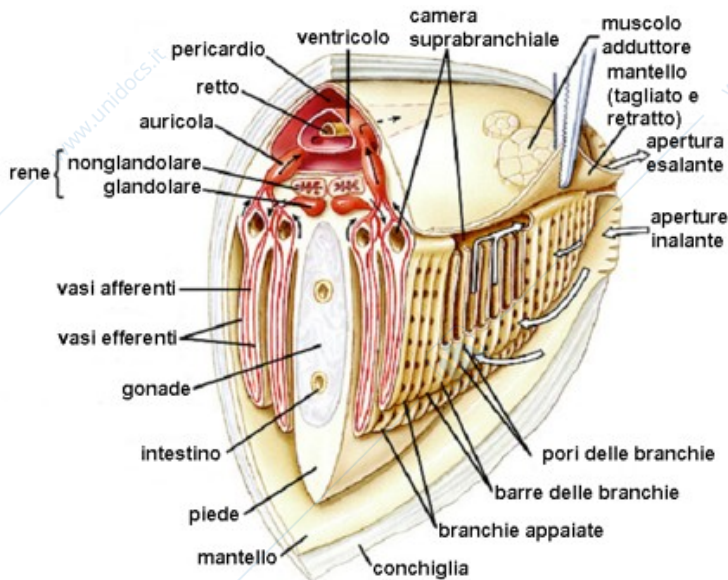
Nella conchiglia si riconosce una parte dorsale, quella dell'umbone ed una parte ventrale opposta alla precedente. Si riconosce inoltre un margine anteriore dove solitamente sporge il piede ed un margine posteriore dove sporgono i sifoni.

La conchiglia internamente è rivestita dallo strato madreperlaceo e porta le impronte dei muscoli adduttori anteriori e posteriori che possono essere di uguale spessore e grandezza condizione **ISOMIARIA**, possono essere di grandezza differente, condizione **ANISOMIARIA**, ne può restare solo uno, condizione **MONOMIARIA**. I muscoli adduttori hanno una muscolatura mista, scheletrica e liscia; la parte muscolare scheletrica determina la chiusura rapida della conchiglia mentre la parte liscia ne determina la chiusura prolungata nel tempo.

I muscoli adduttori chiudono le valve, il legamento elastico le riapre.

Sezione della conchiglia di un bivalve con i tre strati che compongono la conchiglia (**periostraco, ostraco e ipostraco**) ed il margine del mantello con i tre lobi o pliche. Di queste ultime la plica esterna insieme all'epitelio esterno è impegnata nella costruzione e crescita della conchiglia; la plica interna è muscolarizzata e concorre nel mantenere in posizione il mantello e fare aderire le due parti; la plica mediana ha soprattutto funzione sensoriale portando fotocettori e chemiorecettori.





Anatomia bivalva:

La conchiglia è secreta dal mantello che, inoltre, ricopre tutti gli organi interni e forma la cavità del mantello dove sono posizionate le branchie ed il piede.

La massa viscerale è posta dorsalmente, nella sezione è visibile la cavità celomatica pericardica, il ventricolo con le auricole (o atri) cui convergono i vasi efferenti delle due voluminose branchie. Da notare l'intestino retto che passa attraverso il ventricolo del cuore.

Fra le branchie è posizionato il piede.

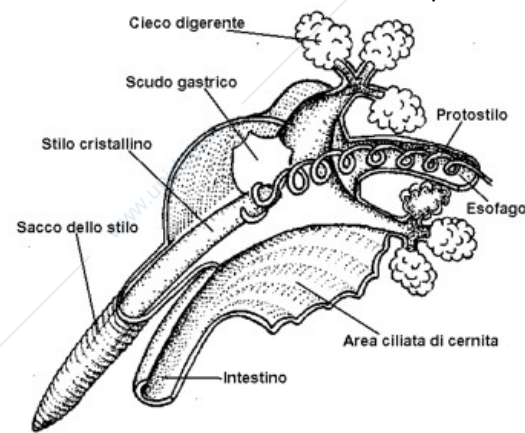
Nella parte posteriore si osservano le aperture inalante ed esalante dei sifoni attraverso i quali entra ed esce l'acqua

Il flusso di acqua entra nella cavità del mantello

attraverso il sifone **INALANTE** ed il flusso che esce con il sifone **ESALANTE**. Il flusso di acqua all'interno della cavità del mantello è promosso dalle cellule ciliate delle branchie stesse le quali provvedono anche alla cernita delle particelle alimentari da inviare alla bocca.

La **bocca** è solitamente una fessura circondata da 4 palpi boccali, la cavità boccale non contiene la radula come adattamento ad una alimentazione per filtrazione; l'esofago immette in un ampio stomaco da cui infine emerge l'intestino che con la parte rettale passa attraverso il ventricolo del cuore per poi aprirsi nella cavità del mantello in corrispondenza del sifone esalante.

Lo **stomaco** ha una forma a sacco e comunica anteriormente con l'esofago e nella parte posteriore con l'intestino. Nello stomaco sono presenti campi ciliati di cernita delle particelle che arrivano dall'esofago immerse nel cordone di muco alimentare. Le particelle minerali sono

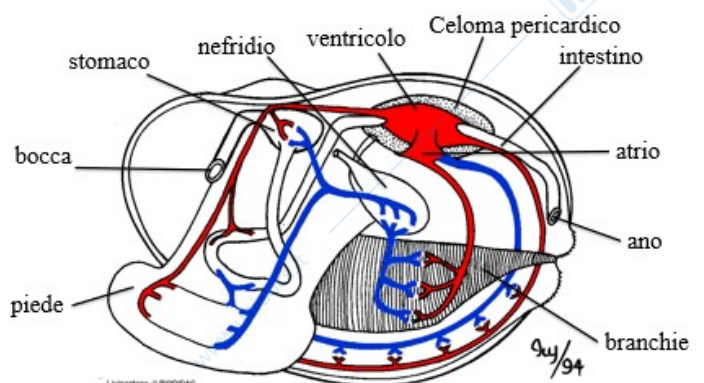
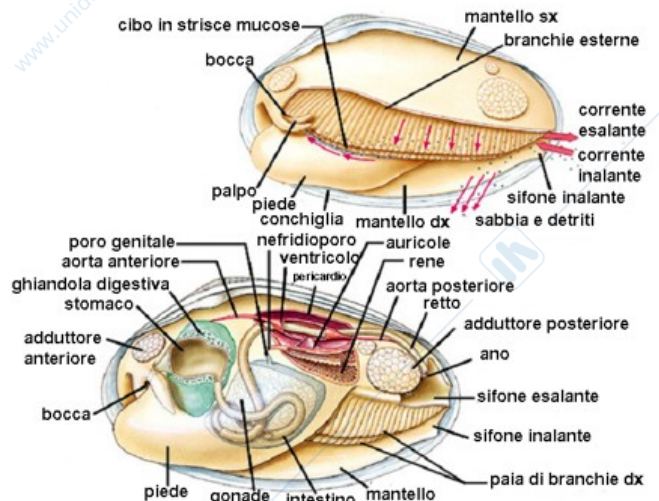


indirizzate verso l'intestino per essere espulse mentre quelle alimentari sono miscelate con gli enzimi digestivi. Un vistoso sacco dello stilo è presente nello stomaco. L'epitelio del sacco è secernente e produce lo stilo stesso, un bastoncino fatto di enzimi digestivi, in particolare amilasi, glicogenasi e lipasi.

Lo stilo cristallino viene fatto ruotare su se stesso e toccando uno scudo gastrico chitinoso rimescola il cibo e libera gli enzimi di cui è costituito. Le proteasi sono invece attive all'interno delle ghiandole digerenti (generalmente sono due, dette anche ciechi intestinali) dove la digestione è endocellulare e dove avviene anche grossa parte dell'assorbimento.

Il **cuore** è formato da due atri e un ventricolo. Gli atri ricevono il sangue refluo dalle branchie che passa nel ventricolo il quale lo spinge con le arterie ai vari organi. Il sistema circolatorio è aperto, il sangue bagna gli organi immersi negli emoceli, da questi è drenato da vasi che lo riportano alle branchie e da qui di nuovo al cuore.

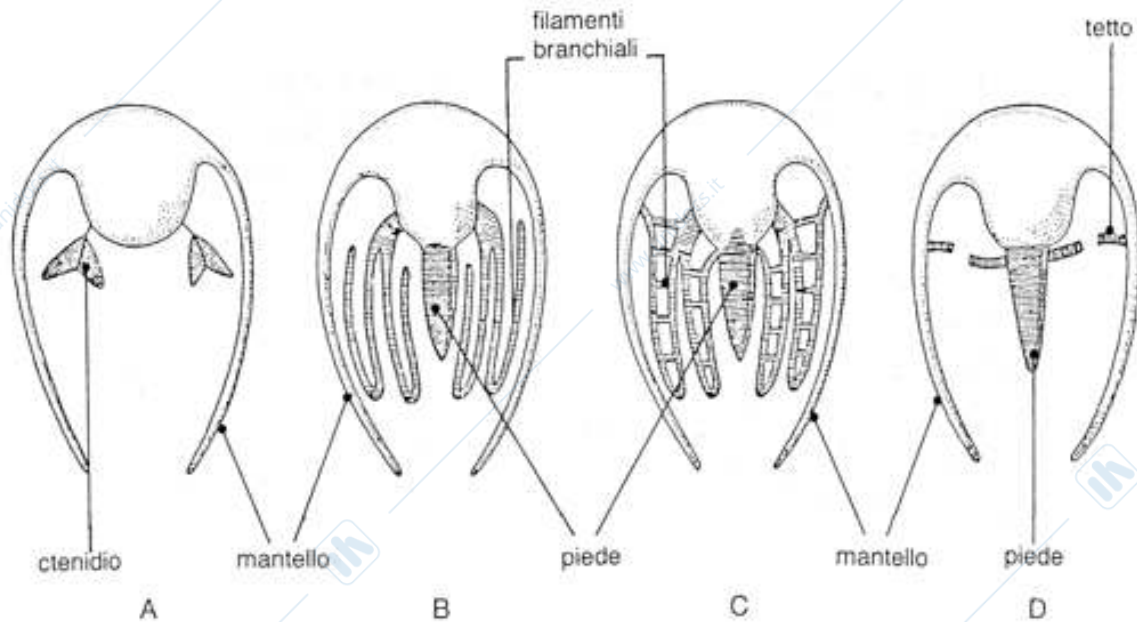
Il **nefridio** che con il suo nefrostoma (dotto renopericardico) pesca all'interno del celoma pericardico. L'urina si forma per filtrazione del sangue sia dalle ghiandole pericardiche che producono l'urina primaria la quale, attraverso il dotto ciliato reno-pericardico



entra nel nefridio. Il nefridio modifica l'urina primaria recuperando materiali ancora utili ed aggiungendo le secrezioni che preleva dal sangue che giunge al nefridio dalla vena renale. L'urina finale viene espulsa nella camera esalante.

Il **sistema nervoso** dei bivalvi è meno complicato degli altri conchiferi per via della riduzione della testa. Il sistema nervoso è costituito in definitiva da tre gangli collegati fra di loro: **cerebropleurali** localizzati vicino l'esofago, controllano gli organi del bivalve della parte anteriore (muscolo adduttore anteriore, mantello anteriore, occhi, palpi labiali, intestino anteriore); i **gangli pedali** posizionati fra la massa viscerale ed il piede innervano i muscoli retrattori pedali anteriori ed il piede; i **gangli viscerali** posizionati vicino il muscolo adduttore posteriore innervano il mantello, le branchie, gli osfradi, e gran parte dei visceri come il cuore, gonadi nefridi e intestino.

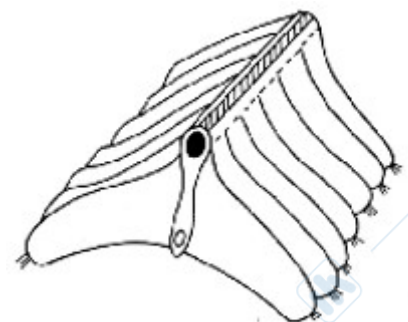
Gli organi di senso dei bivalvi sono dati dalle statocisti, organi per l'equilibrio posti generalmente nel piede o nei gangli pedali. Il margine del mantello nella plica mediana sono solitamente presenti gli occhi o ocelli in grado di rilevare ombre o cambi nell'intensità della luce, avvertendo dell'arrivo di un predatore.



L'evoluzione delle branchie è a partire dal modello dei bivalvi considerato più primitivo quello dei Protobranchi che letteralmente significa «prime branchie».

Il modello delle «**PROTOBRANCHIE**» ricorda le branchie bipettinate del mollusco ancestrale. Un asse longitudinale con lamelle branchiali corte su un lato e l'altro dell'asse.

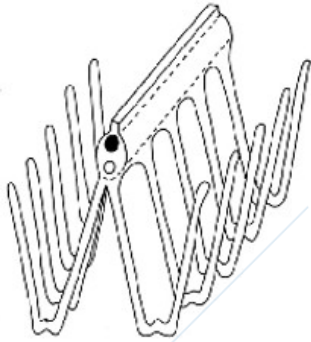
Le branchie in questo gruppo di bivalvi sono utilizzate essenzialmente per la respirazione; l'alimentazione in questo gruppo di bivalvi è fatta raccogliendo particelle alimentari mediante palpi e tentacoli dei palpi che, con le ciglia ed il muco che le ricopre raccolgono particelle alimentari dal substrato portandole alla bocca. Un'area di cernita sul palpo separa le particelle alimentari da quelle minerali. In questi bivalvi le branchie sono poste nella parte posteriore del mantello e la corrente d'acqua inalante entra anteriormente, fluisce sulle branchie ed esce posteriormente.



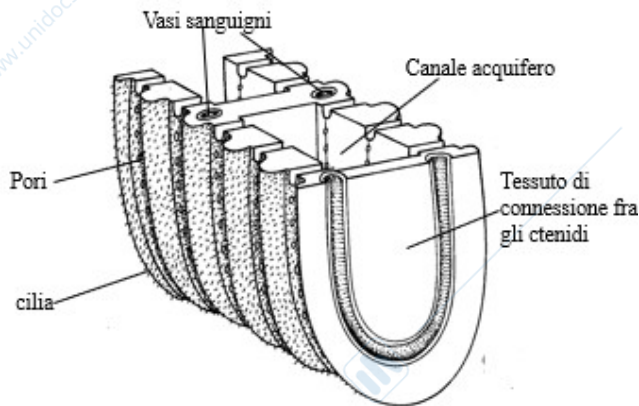
Nei bivalvi che utilizzano le branchie sia per la respirazione che per la filtrazione a scopo alimentare l'evoluzione ha portato ad un modello di branchie definite **LAMELLIBRANCIE** in cui ogni lamella della protobranchia bipettinata ancestrale si è allungata prima in senso discendente e poi in senso ascendente originando una «**W**» come nel modello B della figura. L'aumento in lunghezza dei filamenti ovviamente incrementa in maniera notevole la superficie di scambio gassoso (respirazione) ma soprattutto diventa adatta per la filtrazione dell'acqua ed il recupero di particelle alimentari. L'asse longitudinale adesso sulla superficie interna del mantello si allunga ed occupa gran parte della cavità del mantello.

I lamellibranchi hanno nel tempo evoluto diversi modelli:

- 1) Il modello dei **FILIBRANCHI** in cui i filamenti branchiali sono tenuti insieme da giunzioni fra le ciglia che, ovviamente, ricoprono i filamenti. Ricordo che sono le **CIGLIA** con il loro battito che generano il flusso di acqua nella cavità del mantello e, inoltre recuperano le particelle alimentari.



- 2) Il modello degli **EULAMELLIBRANCHI**, ritenuto il più evoluto, efficiente e diffuso fra i bivalvi. In questo modello i filamenti branchiali si fissano fra loro per mezzo di ponti tissutali che, oltre ad aumentare ancora di più la superficie, rende il complesso molto più stabile.

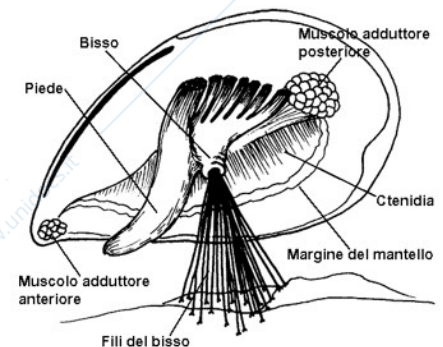


- 3) Un terzo modello è quello dei **SEPTIBRANCHI**, in questo le branchie sono scomparse, lo scambio gassoso avviene attraverso le superfici interne del mantello, e la cavità stessa del mantello è suddivisa da un setto muscolare perforato che divide la cavità in una parte inalante ed una esalante; questo modello è proprio delle specie di bivalvi predatori che catturano le prede aspirandole con la contrazione del setto muscolare.

L'habitat preferito di molte specie di bivalvi sono i fondali incoerenti sabbiosi o fangosi dove le specie possono infossarsi. Nel movimento che porta all'infossamento del bivalve nella sabbia concorrono diverse parti, fra queste: la conchiglia, i muscoli retrattori del piede, i muscoli circolari e trasversali del piede, i muscoli adduttori della conchiglia e l'emocele (gli spazi interni di sangue o emolinfa). Le fasi di infossamento sono riassunte come nella sequenza delle figure in alto:

- A) La conchiglia si apre, i muscoli adduttori sono rilassati e la conchiglia aderisce alla sabbia, i muscoli retrattori pedali sono rilassati mentre i muscoli circolari del piede si contraggono e fanno allungare e penetrare il piede nella sabbia.
- B) I muscoli circolari del piede continuano a contrarsi spingendo il sangue all'estremità del piede che così si espande e funziona da ancoraggio per la fase successiva. I sifoni del bivalve si fermano, i muscoli adduttori si contraggono e la conchiglia si richiude così da espellere l'acqua che ammorbidisce il sedimento circostante.
- C) I muscoli retrattori anteriore e posteriore del piede si contraggono alternativamente in modo da fare oscillare la conchiglia che, tenuta ancorata con l'estremità espansa del piede, penetra nel substrato.

Non tutti i bivalvi si infossano in substrati molli e incoerenti, molti si fissano su substrati duri come fanno certe specie di ostriche e la famosa «acquasantiera» *Tridacna gigas* o come fa il comune mitilo (*Mitilus galloprovincialis*). Il piccolo mitilo, dopo la fase di vita natante come veliger, si fissa al substrato con i «**FILI DEL BISSO**», per fare questo utilizza la punta del piede che viene immersa nella ghiandola del bisso posta alla sua base. La ghiandola del bisso produce una secrezione proteica liquida, quando il piede immerge la sua estremità nella ghiandola prende una goccia di secrezione che trasforma in un filamento attaccando l'estremità libera al



substrato. La secrezione proteica a contatto con l'acqua solidifica formando filamenti resistenti. Il mitilo ripete più volte l'operazione fino ad ottenere il classico ciuffo del bisso che tiene ancorato il mitilo al substrato.

La maggior parte dei bivalvi sono gonocorici e di solito la fecondazione è esterna; alcune specie fanno fecondazione interna ed alcuni gruppi sono ermafroditi. La gonadi pari avvolgono le anse intestinali. I gameti nelle forme più evolute raggiungo l'esterno tramite un dotto proprio della gonade. Nelle forme più primitive un dotto gonopericardico porta i gameti nel pericardio e poi da qui con il nefridio raggiungono l'esterno. L'uovo fecondato sviluppa e libera una larva natante la **TROCOFORA**; alla trocofora segue la larva **VELIGER** la quale continua la dispersione nell'ambiente finché sceglie un posto idoneo in cui fissarsi e metamorfosare.

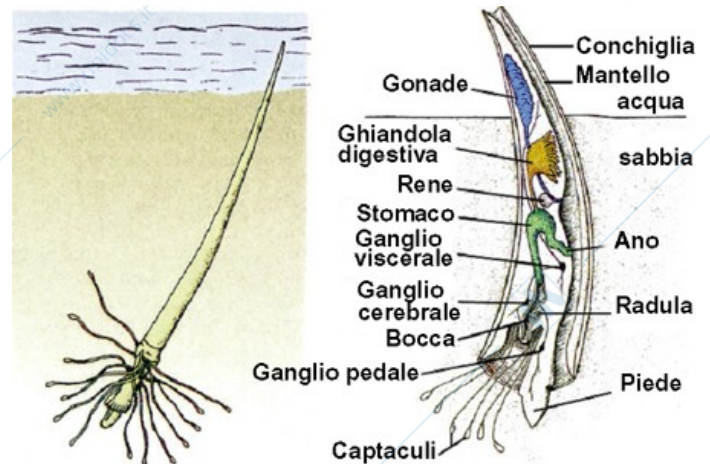
La classe dei bivalvi si divide in:

- Sottoclasse **Protobranchia** con le branchie bipettinate primitive.
- Sottoclasse **Metabranchia** (con le branchie adattate all'alimentazione) e i suoi due superordini **Filibranchia** ed **Eulamellibranchia**.

La Classe **SCAPHOPODA** comprende circa 500 specie viventi ma oltre 900 sono le specie fossili conosciute. La conchiglia ha la forma di un lungo e stretto tronco di cono allungato e leggermente curvato con due estremità, una più grande da cui sporge l'animale (da vivo è infisso nel substrato incoerente, sabbia o fango) mentre l'apertura più stretta sporge nell'interfaccia substrato/acqua.

La testa è rudimentale, l'interno della conchiglia è occupato dai visceri e da una cavità del mantello in cui non sono presenti le branchie, gli scambi gassosi avvengono attraverso la superficie interna del mantello, l'acqua penetra grazie al battito delle ciglia delle cellule del mantello.

La radula è presente e nello stomaco è presente lo stilo cristallino. Dall'apertura maggiore immersa nel substrato emergono il piede (utilizzato per infossarsi) e molti tentacoli definiti «**captaculi**» mediante i quali vengono recuperate le particelle alimentari di cui si nutrono. Gli scaphopodi sono a sessi separati e la gonade posizionata nella parte più stretta della conchiglia libera nell'ambiente i gameti, la fecondazione è esterna e dall'uovo emerge una larva trocofora che metamorfosa in veliger che poi a sua volta metamorfosa insediandosi sul fondo.



La classe dei **CEPHALOPODA** include circa 700 viventi e circa 10000 specie fossili; questa classe annovera alcune delle specie di animali più conosciute come i polpi, calamari, seppie e seppioline la cui importanza, anche in questo caso, è anche economica essendo molti di questi ricercati ed apprezzati per la loro bontà. Il nome «cefalopoda» significa letteralmente «con i piedi in testa» perchè come si osserva facilmente la testa porta una serie di «**braccia e tentacoli**» che l'animale utilizza per muoversi, nuotare o catturare le prede. Molte specie sono legate al fondo dei mari per le proprie attività, ma molte sono diventate pelagiche e si muovono molto velocemente e competendo con i pesci loro prede o predatori. La velocità è acquisita grazie alla presenza di un «**SIFONE**» evoluzione insieme alle braccia e tentacoli, di quello che era il piede strisciante del mollusco ancestrale. Il sifone permette di muoversi velocemente grazie al movimento a reazione che produce. La vita molto attiva di queste specie ha portato all'evoluzione quindi di sistemi sensoriali e di movimento molto sviluppati.

L'evoluzione dei cefalopodi iniziò molto probabilmente circa 510 milioni di anni fa, nel Cambriano superiore, da piccoli molluschi da cui si differenziarono successivamente le linee viventi ed estinte dei cefalopodi. Le circa 700 specie sono nella maggioranza carnivore e solitamente dotate nella bocca di un paio di mascelle, «**il becco corneo**» con cui tranciano bocconi della preda. Il boccone viene poi spinto nell'esofago dalla «**radula**». Alcune specie sono velenose, come il polpo dagli anelli blu, *Hapalochlaena lunulata*, o della piccola seppia *Metasepia pfefferi*, entrambe con colorazioni aposemantiche di avvertimento.

Fra i cefalopodi troviamo specie con dimensioni limitate come la piccola *Idiosepius notoides* lunga appena 1,6 cm ma anche i più grandi invertebrati viventi come il calamaro colossale *Mesonychoteuthis hamiltoni* che può raggiungere i 10 m di lunghezza ed il peso di circa 490 Kg.

I cefalopodi possono essere con o senza conchiglia. Nei **Nautiloidei** la conchiglia è esterna, grande e planospirale ed i Nautiloidei sono i soli molluschi cefalopodi che hanno conservato una conchiglia esterna così ben strutturata. Negli altri molluschi cefalopodi la conchiglia si è ridotta o scomparsa come nei cefalopodi **Coleoidei** (vedi più avanti) ottopodi (polpo); in altri coleoidei la conchiglia è deposta dal mantello internamente e può essere più o meno sviluppata come il classico «**osso di seppia**» o la «**penna**» dei totani e calamari.

Il **MANTELLO** nei cefalopodi è rappresentato dal vistoso «cappuccio o sacco muscolare» che contiene i visceri e la cavità del mantello con le branchie. Tanto per restare nel semplice nel calamaro è la parte che viene tagliata ad anelli per essere mangiata frita. Il mantello è di natura muscolare e con i suoi continui atti di contrazione e rilassamento permette il flusso e reflusso di acqua dal mantello.

Le braccia possono essere molte, come nel *Nautilus* e circondano la bocca, oppure limitate ad otto braccia (come nei polpi) o ad otto braccia e due tentacoli più lunghi con cui catturano le prede (calamari e seppie).

Il sistema nervoso nei cefalopodi è altamente sviluppato come in nessun altro invertebrato. I gangli del sistema nervoso centrale sono riuniti e protetti da una capsula cartilaginea e ricevono segnali da uno sviluppato ed esteso sistema sensoriale dove spiccano, per complessità, gli occhi, molto simili agli occhi dei vertebrati. Un sistema nervoso così ben strutturato è in relazione allo stile di vita molto attivo, da predatori, che i cefalopodi hanno evoluto.

Come il sistema nervoso, anche il sistema respiratorio e circolatorio risultano complessi ed altamente adattati ad uno stile di vita molto attivo e ad un tasso metabolico molto sostenuto.

Nella evoluzione della conchiglia dei cefalopodi gli specialisti di solito fanno riferimento a due gruppi: «**cefalopodi ectococcleati**» e «**cefalopodi endococcleati**».

Ai cefalopodi ectococcleati appartengono quelli con una conchiglia calcarea esterna ben sviluppata come si osserva nei **Nautiloidei** odierni come *Nautilus* (vedi oltre) e negli **Ammonoidea** estinti (le Ammoniti).

Ai cefalopodi endococcleati appartengono invece i cefalopodi in cui la conchiglia è stata internalizzata e corrispondono in definitiva agli odierni cefalopodi **Coleoidei**.

L'evoluzione è probabilmente iniziata da un progenitore simile ad un «nautiloideo» con conchiglia diritta e concamerata che fu internalizzata come nelle forme primitive dei Belemnoidi (*Belemnites*). In queste forme la conchiglia interna è divisa in tre parti: il **fragmocono** che con la ripartizione in camere in cui gas e acqua sono sostituite alternativamente per regolare il galleggiamento; il rostro pesante racchiudeva in parte il **fragmocono** e bilanciava il centro di gravità dell'animale; infine il «**proostraco**» su cui si inseriva la muscolatura del mantello e proteggeva gli organi interni.

Da questa conchiglia si sono evolute le altre conchiglie interne secondo quattro linee evolutive: nella linea degli Spirulida (*Spirula*) la conchiglia interna è costituita dal fragmocono avvolto planospirale (rostro e proostraco scompaiono); nella linea dei Sepiida (*Sepia*) resta il fragmocono (è praticamente l'osso di seppia) che con le piccole concamerazioni di cui è formato consente alla seppia di compensare il galleggiamento. Nella linea dei Teuthoidea (i calamari) la conchiglia è estremamente ridotta, resta solo la parte chitinoso dorsale, il gladio o penna dei calamari. La quarta linea evolutiva è quella degli Octopoda (polpi) la conchiglia è vestigiale o totalmente scomparsa.

La Classe dei Cephalopoda include 3 Sottoclassi:

1) **Ammonoidea**

Estinti con robusta conchiglia esterna.

2) **Nautiloidea**

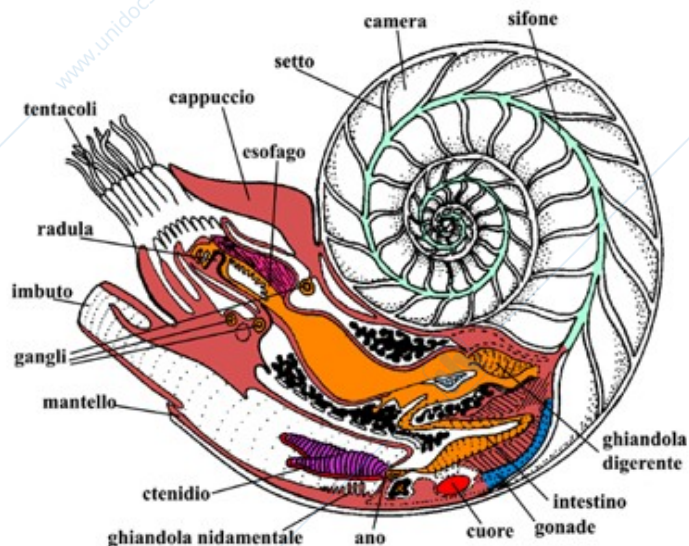
La conchiglia è settata e planospirale; durante la crescita l'animale ingrandisce la camera in cui vive, depone un setto ed occupa la camera nuova definita «**camera del corpo**».

Le restanti camere sono collegate al mantello da un sifone (detto anche sifuncolo) con tessuto (da non confondere con l'altro sifone o imbuto che serve per il movimento, la scelta del nome non è perfetta). Il sifone/sifuncolo, con un meccanismo osmotico, permette all'animale di riempire o svuotare di acqua le camere permettendogli di compensare il galleggiamento nella colonna d'acqua.

Le spire sono avvolte sulla testa del Nautilus secondo un avvolgimento **esogastrico**.

La conchiglia del Nautilus è formato dai tre strati tipici dei molluschi, uno strato esterno organico di periostraco, e due successivi interni di carbonato, quello intermedio prismatico e quello interno madreperlaceo.

Dalla conchiglia sporge il capo dell'animale con i tentacoli (circa 90) privi di ventose. Un cappuccio cefalico protettivo può chiudere l'apertura della conchiglia. I tentacoli circondano la bocca che immette nella cavità boccale con il sacco della radula. L'esofago è espanso e forma un ingluvie dove immagazzina i bocconi e dove inizia la digestione, prima di immettere il cibo nello stomaco. Nello stomaco avviene la digestione che è extracellulare; nello stomaco sono riversati gli enzimi prodotti dalla ghiandola digerente e dal pancreas. L'assorbimento avviene nella ghiandola digerente.



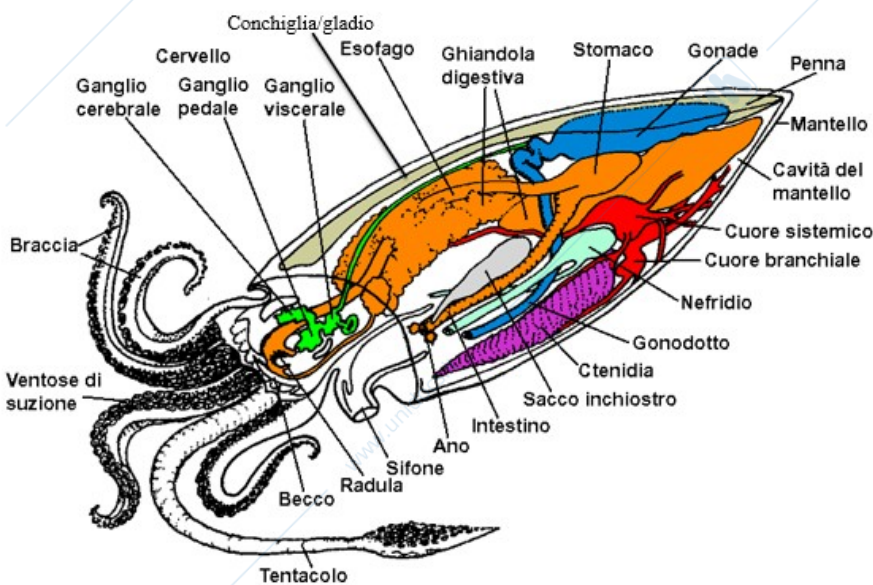
Il mantello ovviamente ricopre tutto il corpo dell'animale e forma la cavità del mantello dove sono posizionate due paia di branchie (Tetrabranchiati); la cavità del mantello è collegata all'imbuto (o sifone) che nei Nautiloidei non è una struttura unica ma è costituito da due lembi che si uniscono a formare il sifone; la spinta a reazione è data dall'acqua espulsa a forza attraverso l'imbuto dalla cavità del mantello dovuta alla retrazione del corpo all'interno della camera.

I nautiloidei sono gonocorici, possono vivere fino a 20 anni e raggiungono la maturità verso i 7-10 anni. Il maschio trasferisce una spermatofora (pacchetto di spermatozoi) nella cavità del mantello. La femmina deposita cementando le uova su superfici dure dove sviluppano in circa 10 mesi, lo sviluppo più lungo fra i cefalopodi.

3) Coleoidea. Rappresentano la sottoclasse più grande e comprende seppie, polpi e calamari con conchiglia interna o assente. Hanno un solo paio di branchie per questo sono definiti anche **Dibranchiata**.

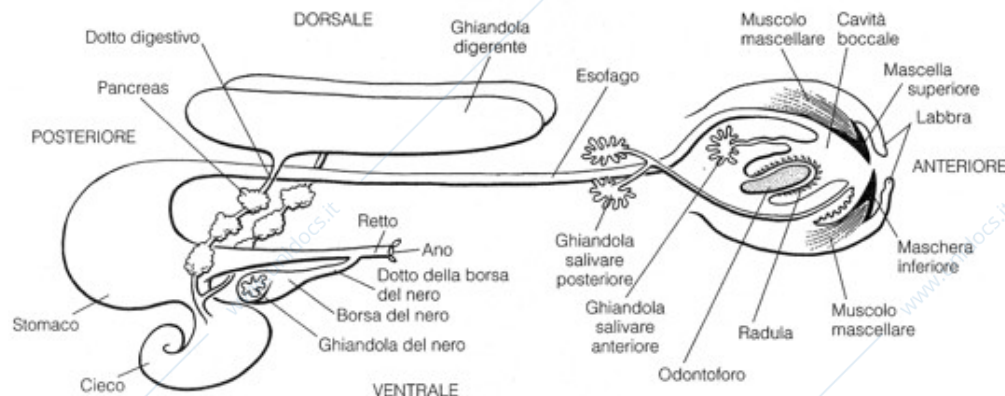
Per la descrizione dei cefalopodi coleoidei prendiamo il classico calamaro.

I cefalopodi coleoidei sono divisi fra **DECABRACHIA** (con 10 braccia) e **OCTOPODIFORMES** (forme con otto piedi/braccia).



Il calamaro è un Decabrachiato poiché presenta una corona con 8 braccia con ventose e 2 lunghe braccia tentacolari con le ventose nella parte distale dilatata specializzate per la cattura delle prede. Il sacco del mantello, muscolare e allungato e con forma idrodinamica, tenuto in posizione dalla presenza della penna o gladio, resto corneo chitinoso della conchiglia ancestrale. Pinne laterali stabilizzano ed equilibrano il corpo in acqua nonché concorrono al movimento del calamaro.

Il complesso braccia/tentacoli circonda la bocca; i tentacoli catturano la preda che poi viene tenuta stretta dalle 8 braccia.



L'apparto digerente dei coleoidei è molto ben strutturato, tipico di un mollusco con una dieta alimentare da predatore. La bocca è armata di due robuste mascelle costituite di proteine tannate e di chitina con cui strappa bocconi delle prede; la radula presente nella cavità boccale spinge nell'esofago i

bocconi. Ghiandole salivari e mucipare riversano il loro secreto sui bocconi; ulteriori ghiandole salivari posteriori producono veleno e enzimi proteolitici. L'esofago, molto lungo conduce gli alimenti allo stomaco. Allo stomaco convergono gli enzimi prodotti dalle ghiandole digestive, una parte della quale ha funzioni che ricordano il pancreas e dal cieco intestinale. La digestione è essenzialmente extracellulare e avviene nello stomaco e nel cieco intestinale. L'intestino si ripiega e si porta anteriormente dove sbocca con l'apertura anale in prossimità dell'apertura interna del sifone.

La cavità del mantello ospita due branchie (i **Coleoidea** sono detti anche **Dibranchiata**) molto più ampie che in altre classi di molluschi vista la loro grande attività. Alle branchie dei coleoidei sono associati cuori branchiali di supporto. Il cuore sistemico e la circolazione sono molto complessi ed associati ai nefridi come in altri molluschi.

Gonodotto, nefridio, intestino e ghiandola del nero sboccano in corrispondenza del sifone che, con la corrente esalante porta all'esterno i resti dell'alimentazione e del metabolismo proteico.

La ghiandola del nero produce una secrezione con alcaloidi scura che espulsa all'esterno crea una cortina fumogena e irritante per i predatori.

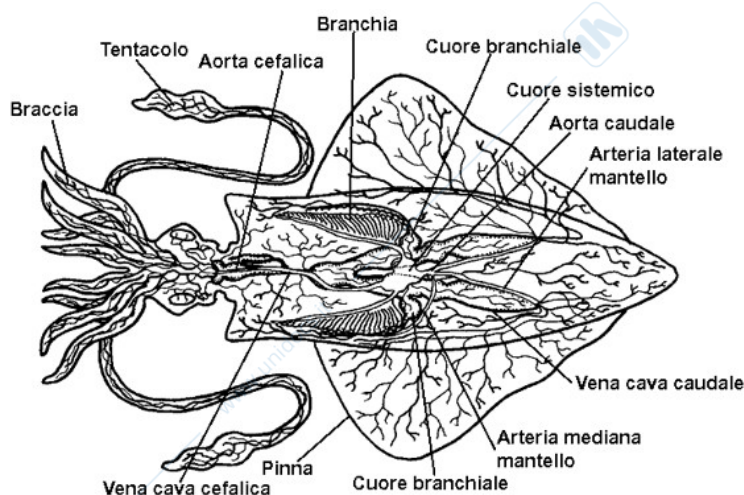
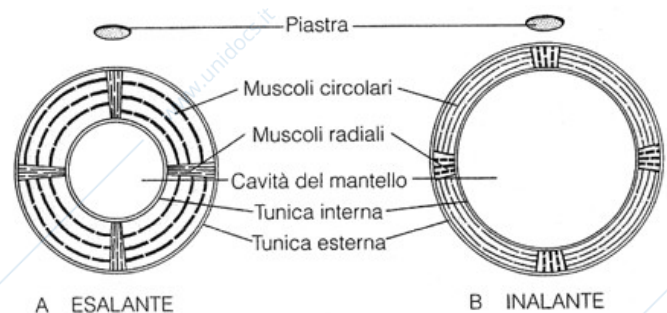
Il **SIFONE** posto ventralmente fra la testa ed il mantello è una struttura a forma di tronco di cono con l'apertura maggiore che entra nella cavità del mantello mentre l'apertura più piccola è rivolta all'esterno. Il sifone, come le braccia ed i tentacoli è derivato dalla evoluzione del piede strisciante del mollusco ancestrale e la sua funzione è quella di funzionare come un «ugello» in cui l'acqua spinta dalla cavità del mantello lo attraversa generando il movimento a reazione veloce dei cefalopodi.

La maggior parte dei cefalopodi ha scelto uno stile di vita da animali pelagici natanti per cui il nuoto e, soprattutto la velocità nell'acqua, è essenziale per competere con prede e predatori (pesci) altrettanto veloci. Le strutture che assicurano il movimento devono essere molto perfezionate. Sifone e mantello e strutture che assicurano la loro perfetta aderenza sono illustrate nella diapositiva. Il sacco del mantello muscolare con i suoi movimenti di contrazione e rilassamento assicura il ricambio di acqua all'interno della cavità. Quando la muscolatura del mantello si rilassa la cavità si riempie di acqua che fluisce internamente passando fra il margine del mantello e la testa; quando il mantello si contrae l'acqua viene spinta all'esterno passando attraverso il sifone che quindi fa muovere l'animale a reazione. La velocità dipende dal tipo di contrazione, rapida, lenta ecc. Una contrazione rapida e forte permette l'uscita violenta dal sifone e permette all'animale di muoversi velocemente. Perché questo sistema sia efficiente nell'area della testa, del sifone e del mantello sono presenti dispositivi cartilaginei di aggancio che mantengono le strutture nella giusta posizione come quelle indicate nella diapositiva (cartilagini dell'imbuto, articolazioni del mantello), il margine del mantello aderisce alla testa ed il flusso in uscita «non sfiata» lateralmente ma esce solo attraverso il sifone.

Il mantello è costituito da fasci muscolari circolari e radiali avvolti da una tunica connettiva esterna ed interna.

L'animale rilassa e contrae la muscolatura permettendo l'entrata (lateralmente al margine del mantello) e l'uscita dell'acqua dal mantello attraverso l'imbuto con movimenti «normali» «tranquilli».

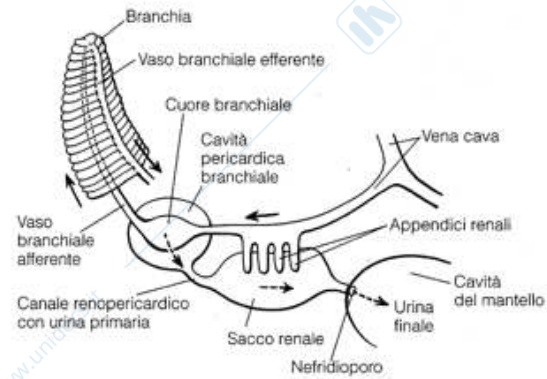
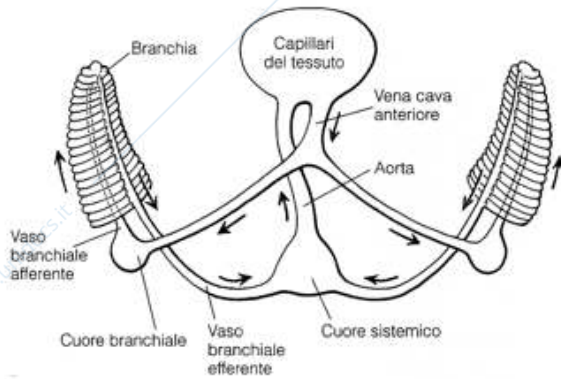
Nel movimento veloce il rilassamento è maggiore per via di una contrazione forzata dei muscoli radiali, in questo modo si ottiene un volume massimo di acqua nella cavità per poi espellerla con forza contraendo i muscoli circolari, l'animale raggiunge così la massima velocità.



Questi animali molto attivi e quindi con un metabolismo molto elevato la distribuzione di ossigeno e nutrienti deve essere più efficiente per cui nei cefalopodi il **sistema circolatorio** diventa chiuso, come nei vertebrati, con un letto capillare esteso arterioso e venoso e non con seni emocelici come in altri molluschi. Il cuore sistemico è formato da due atri e da un ventricolo con una spessa componente muscolare; cuori di supporto sono anche posti nei vasi afferenti alle branchie (cuori branchiali). Dal ventricolo esce un'arteria aorta che poi ramifica dirigendosi ai vari distretti corporei.

Il sangue refluo dalle branchie con il vaso efferente entra negli atri destro e sinistro, passa al ventricolo che lo spinge nell'aorta verso il letto capillare dei tessuti; da questi il sangue, raccolto con la vena cava anteriore, è spinto verso le branchie dove vi entra, spinto dai cuori branchiali, con il vaso afferente.

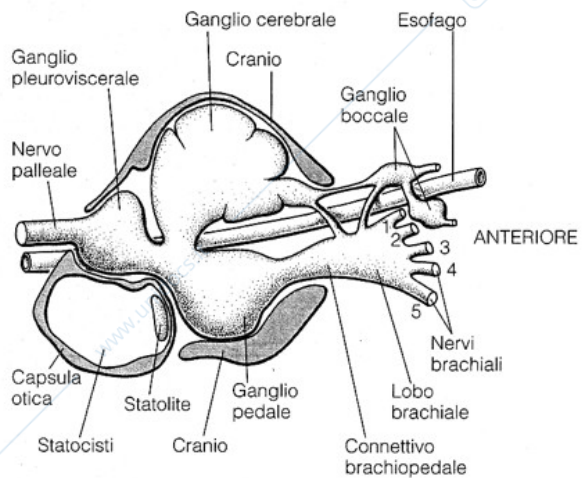
Il sangue attraverso la vena cava torna verso le branchie; la vena nel suo percorso verso la branchia forma appendici che entrano a contatto con il **SACCO RENALE** (o **NEFRIDIO**) e prosegue entrando nel cuore branchiale. Il cuore branchiale con il suo celoma pericardico ha cellule per la filtrazione del sangue (**PODOCITI**); nella cavità pericardica branchiale si forma l'urina primaria la quale, attraverso il dotto reno-pericardico, passa nel sacco renale. Qui l'urina primaria viene ulteriormente filtrata e si recuperano attraverso le appendici renali soluti e sostanze ancora utili. L'attività secretoria dei nefridi aggiunge altre sostanze nocive e così l'urina concentrata viene espulsa nella cavità del mantello attraverso il nefridioporo.



Il **sistema nervoso** e gli organi di senso nei cefalopodi sono fra i più complessi fra gli invertebrati, ed alcuni per efficienza sono comparabili a quelli dei vertebrati.

La correlazione fra il sistema nervoso e l'abilità locomotoria dei molluschi cefalopodi è molto sviluppata. Il sistema nervoso è molto concentrato e con simmetria bilaterale.

Il cervello è racchiuso nella scatola cranica cartilaginea ed è circumesofageo. Si può dividere in una parte dorsale (ganglio cerebrale) di natura prettamente sensoriale ed una ventrale che controlla i movimenti dell'animale (ganglio pedale). La parte dorsale sensoriale elabora segnali provenienti dagli occhi, statocisti e dall'epitelio olfattivo. Un ganglio boccale innerva la muscolatura della bocca mentre i gangli pedali inviano nervi alle braccia, tentacoli e il sifone.

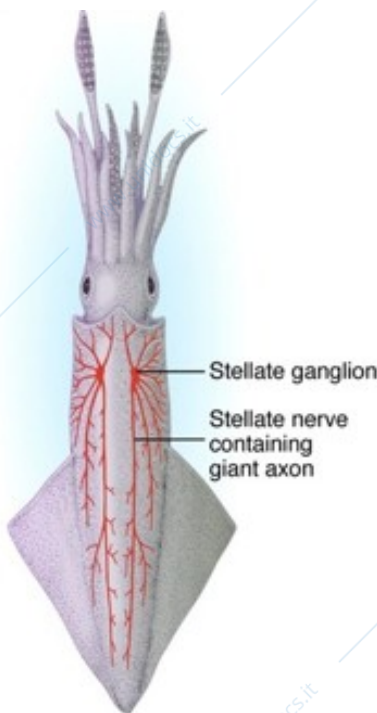


Quest'ultima particolarità è interessante perché è una dimostrazione che braccia, tentacoli ed imbuto innervati dallo stesso ganglio dimostrano la medesima derivazione ancestrale.

I gangli pleuroviscerali detti anche pallioviscerali (connessi ai gangli pedali) inviano nervi palleali (del mantello) e si connettono a due grandi gangli stellati da cui radiano nervi che si portano alla muscolatura del mantello.

I movimenti rapidi ad esempio quelli di fuga da un predatore sono invece determinati da neuroni motori giganti che emergono dai gangli stellati. La reazione di fuga è rapida e potente perché l'impulso che arriva tramite i neuroni motori giganti è trasmesso molto più velocemente considerato il diametro più grande di questi neuroni.

Fra i vari organi di senso l'occhio dei cefalopodi è sicuramente il più evoluto fra gli invertebrati, simile per complessità all'occhio dei vertebrati. **L'occhio** è protetto da una capsula cartilaginea connessa al cranio. Le parti dell'occhio, come nei vertebrati, comprendono la cornea, l'iride (che regola la quantità di luce in entrata), la lente, la retina sulla parte



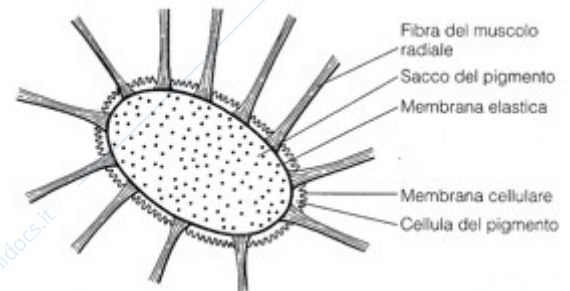
posteriore dell'occhio. I recettori sono rivolti verso la fonte di luce. Gli assoni dei fotorecettori si riuniscono nel ganglio ottico posto vicino il ganglio cerebrale.

L'occhio dei cefalopodi è sensibile alla luce polarizzata, ha un solo pigmento per cui non possono vedere a colori, hanno notevoli profondità di fuoco.

Altri organi di senso importanti sono le **statocisti** con cui ricevono informazioni sulla posizione del corpo e consistono in una cavità con cellule meccanorecettori ciliati ed uno statolite centrale. Lo statolite muovendosi in relazione alla posizione del corpo stimola le cellule sensoriali dello statolite.

La chemiorecezione è da contatto per il gusto e a distanza per l'olfatto. Epiteli olfattivi sono posti lateralmente alla testa.

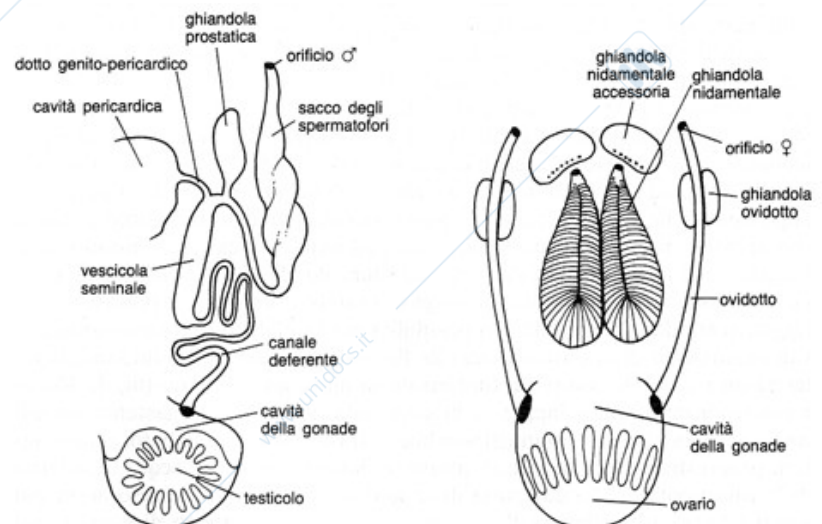
Il tegumento dei cefalopodi è costituito da un epiderma sottile sostenuto da un derma sottostante. Nel derma sono presenti molti organi cromatici di tipo differenti che nell'insieme sono capaci di modificare continuamente l'assetto cromatico dei cefalopodi. I **cromatofori** sono costituiti da una cellula con membrana plasmatica molto ripiegata; inoltre è presente un sacco centrale del pigmento e da numerosi piccoli muscoli in grado di restringere o allargare il sacco del pigmento. Il sacco dilatato mette in risalto il pigmento, se invece i muscoli si rilassano il pigmento si concentra ed il colore è meno evidente. Le capacità mimetiche di seppie e polpi sono ben note. Ma gli specialisti con i loro studi hanno evidenziato anche altri aspetti legati al cambio del colore, molti comportamentali legati allo stato di stress, paura, ecc



I cefalopodi sono **gonocorici**.

L'**apparato maschile** consta di un testicolo con cavità gonocelica da cui emerge il canale deferente che porta gli spermatozoi alla vescicola seminale dove gli spermatozoi sono immagazzinati temporaneamente. La vescicola seminale mantiene una connessione con la cavità pericardica tramite il dotto genito pericardico. Gli spermatozoi non sono trasferiti liberi ma uniti in pacchetti detti «**SPERMATOFORE**» che sono formate nel sacco delle spermatozoi.

L'animale prepara tanti di questi pacchetti che poi trasferisce alla femmina della stessa specie inserendole nella cavità del mantello usando una della braccia che è modificata in una serie di ventose molto piccole e strette, questo braccio si chiama "ectocotile".



L'**apparato femminile** consta di un ovario con ovidotto e ghiandole annesse; sono inoltre presenti ulteriori ghiandole nidamentali che rivestono le uova di ulteriori coperture gelatinose. Le uova sono fecondate nella cavità del mantello. Le uova possono essere deposte in cordone gelatinosi, singolarmente su uno stelo oppure libere di galleggiare nell'acqua. Solitamente gli adulti muoiono dopo essersi riprodotti, a volte le femmine, come negli Octopus, muoiono dopo avere portato a termine le cure alle uova. Solo fra i nautiloidei gli esemplari possono vivere più a lungo e riprodursi più volte.